

ЛІСОВІДТВОРЕННЯ, АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ,
ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ

УДК 630.232.32

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.138.2021.59>



О. М. ДАНИЛЕНКО¹, Н. Ю. ВИСОЦЬКА², П. Б. ТАРНОПІЛЬСЬКИЙ²,
М. Г. РУМЯНЦЕВ²

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА РІСТ І МАСУ СІЯНЦІВ
ДУБА ЗВИЧАЙНОГО У ПІВДЕННО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

¹Державне підприємство «Харківська лісова науково-дослідна станція»

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Наведено результати досліджень впливу регуляторів росту рослин на біометричні показники та масу однорічних сіянців дуба звичайного (*Quercus robur* L.) із закритою кореневою системою. Сіянци вирощено в контейнерах із агроволокна в умовах відкритого ґрунту. Виявлено, що під час передвисівної обробки жолудів найефективнішими є варіанти застосування «Агростимуліну» у концентрації 8 мл·л⁻¹, «Чаркору» – 4 мл·л⁻¹ та «Триману-1» – 150 мг·л⁻¹. Найбільший позитивний вплив на біометричні показники та масу однорічних сіянців під час вирощування (трикратне підживлювання сіянців регуляторами росту рослин упродовж вегетаційного періоду) відзначено у варіантах, де застосовували «Мегафол» у концентрації 1 мл·л⁻¹ та «Радіфарм» – 2,5 мл·л⁻¹. Результати проведених досліджень свідчать про доцільність застосування досліджуваних регуляторів росту рослин під час вирощування сіянців дуба звичайного із закритою кореневою системою в умовах відкритого ґрунту та подальшого їхнього використання під час лісовідновлення й лісорозведення в Південно-східному Лісостепу України.

Ключові слова: жолуди, *Quercus robur*, сіянци із закритою кореневою системою, біометричні показники.

Вступ. Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) є однією з головних лісоутворювальних порід України. У лісовому фонді країни насадження з його участю займають площу близько 1,7 млн га, зокрема в межах Лівобережного Лісостепу України понад 284 тис. га. Упродовж 2000–2016 рр. площа дубняків штучного походження збільшилася на 1,0 тис. га, а природного – зменшилася на 8,0 тис. га (Tkach et al. 2019). Щорічні обсяги лісовідновлення дуба звичайного на підприємствах Держлісагентства України в середньому становлять 6,3 тис. га на рік. Унаслідок розбалансованості вікової структури насаджень і переважання лісостанів VII–IX класів віку за площею в найближчі 20–40 років очікується суттєве збільшення площ лісокультурного фонду, оскільки досягнуть віку стиглості насадження, які створено в повоєнний час на значних площах, а це потребуватиме інтенсивного розвитку технологій вирощування садивного матеріалу, зокрема дуба звичайного.

У сучасних умовах збільшення посушливості клімату необхідне впровадження методів вирощування високоякісного садивного матеріалу для лісовідновлення та лісорозведення, що забезпечуватиме високі приживлюваність й інтенсивність росту культур та успішну конкуренцію сіянців із небажаною трав'яною рослинністю (Yashchuk & Shlonchak 2019). Одним зі шляхів вирішення цього питання є використання для створення лісових культур сіянців із закритою кореневою системою (ЗКС).

В Україні та за її межами як засіб інтенсифікації вирощування садивного матеріалу (СМ) активно застосовують різні біологічно-активні речовини, зокрема фітогормони – регулятори росту й розвитку рослин (РРР). Їхнє застосування в сільському та лісовому господарстві дає результати, яких не можна досягнути іншими способами. Використання цих препаратів дає змогу суттєво підвищити стійкість рослин проти стресових факторів біотичної та абіотичної природи і в кінцевому результаті збільшити врожай та поліпшити його якість (Veshchytsky et al. 2006, Jaillais & Chory 2010, Rademacher 2015, Ruffo et al. 2015, Fahad et al. 2016, Bhatla 2018, Tesfahun 2018, Xu et al. 2018, Horbas 2019, Neill et al. 2019, Yashchuk & Shlonchak 2019, Benítez et al. 2020, Savuschyk et al. 2020).

Під РРР розуміють природні та синтетичні органічні речовини, яким властива значна біологічна активність і які у малих дозах змінюють фізіологічні, біохімічні та ростові процеси в рослинах і не спричиняють токсичної дії. Зокрема, під час взаємодії з клітинами

рослин вони включаються в обмін речовин та активізують фізіолого-біохімічні процеси, підвищуючи рівень їхньої життєдіяльності (за Veshchytsky et al. 2006). Основні PPP містять ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизову кислоту та етилен; крім того, до фітогормонів належать так звані нетрадиційні фітогормони: брасиностероїди, саліцилова й жасмонова кислоти. Серед них найбільш детально вивченими є ауксини. Доведено, що вони беруть участь у регуляції різноманітних ростових і формоутворювальних процесів, зокрема стимулюють розтягування клітин і активують ферменти, які відповідають за міцність клітинної стінки (Veshchytsky et al. 2006, Rademacher 2015, Ruffo et al. 2015, Tesfahun 2018, Benítez et al. 2020).

Регулятори росту рослин набули доволі широкого використання в лісовому господарстві України під час вирощування сіянців хвойних порід (Vedmid 2001, Yavorovskyy 2004, Ugarov et al. 2005, Siryk et al. 2006, Veshchytsky et al. 2006, Borisova 2008, Popov 2008, Matsiakh et al. 2012, Zibtseva et al. 2012, Bazan & Oleksiychenko 2013, Hudyma et al. 2014, Taranenko 2015, Yashchuk & Shlonchak 2019, Savuschyk et al. 2020).

Виявлено (Yavorovskyy 2004, Siryk et al. 2006, Matsiakh et al. 2012, Taranenko 2015, Yashchuk & Shlonchak 2019, Savuschyk et al. 2020) позитивний вплив окремих PPP на енергію проростання і схожість насіння, які перевершують контроль (без оброблення PPP). Так, наприклад, після оброблення насіння сосни звичайної препаратом «Емістим С» енергія проростання збільшилася на 30–50 % (Siryk et al. 2006), після оброблення насіння сосни звичайної препаратом «Триман-1» схожість підвищилася на 5–37 % (Yavorovskyy 2004), оброблення насіння ялини європейської препаратом «Триман-1» збільшило схожість на 21–26 %, «Агростимулін» – на 8 %, «Емістим С» – на 6 % та «Івін» – на 4 % (Matsiakh et al. 2012).

Багато дослідників (Vedmid 2001, Veshchytsky et al. 2006, Borisova 2008, Zibtseva et al. 2012, Hudyma et al. 2014, Taranenko 2015, Yashchuk & Shlonchak 2019, Savuschyk et al. 2020) визначили кращу ґрунтову схожість насіння, приживлюваність і біометричні показники до трирічного віку сіянців хвойних порід, насіння яких перед висіванням обробляли різними PPP, порівнюючи з контролем (без оброблення PPP). Так, наприклад, приживлюваність сіянців сосни звичайної збільшувалася на 10–20 % (Vedmid 2001, Borisova 2008), біометричні показники й маса сіянців та окремих їхніх органів і частин – в 1,3–5,0 разу (Veshchytsky et al. 2006, Zibtseva et al. 2012, Hudyma et al. 2014, Taranenko 2015, Yashchuk & Shlonchak 2019, Savuschyk et al. 2020).

Для вирощування сіянців дуба звичайного застосування PPP ще не набуло широкого розповсюдження. Саме ці обставини й зумовлюють актуальність проведених досліджень.

Мета дослідження – оцінити вплив регуляторів росту рослин на біометричні показники та масу однорічних сіянців дуба звичайного із закритою кореневою системою, вирощених в умовах відкритого ґрунту в південно-східному Лісостепу України.

Матеріали й методи. Дослідження ефективності впливу регуляторів росту на ріст сіянців дуба звичайного із ЗКС проводили в умовах відкритого ґрунту в теплично-розсадницькому відділенні селекційно-насінницького комплексу Південного лісництва державного підприємства «Харківська лісова науково-дослідна станція» (ДП «Харківська ЛНДС»). Для вирощування сіянців дуба використовували циліндричні контейнери з агроволокна, що мали такі розміри: висота – 28 см, діаметр – 8 см, об'єм – 1407 см³. Склад субстрату для заповнення – суміш темно-сірого середньосуглинкового ґрунту, заготовленого в умовах свіжої діброви (D₂), і торфу перехідного типу фрезерної заготівлі у співвідношенні за об'ємом 3:1. Дослідження проводили з метою вдосконалення режимів і способів вирощування сіянців дуба із ЗКС.

Під час вирощування сіянців проведено передвисівне намочування жолудів упродовж 12 год. у водних розчинах PPP «Агростимулін», «Чаркор», «Триман-1» у більших і менших концентраціях щодо норм, які рекомендовано виробником. Дослідження проводили у 2017 р. Загалом закладено 12 дослідних варіантів і контроль. Повторюваність кожного із варіантів –

трикратна. Контролем був варіант із замочуванням жолудів у дистильованій воді на 12 год. Кількість жолудів у кожній із повторностей варіантів та на контролі становила по 100 шт. (загалом 3700 шт.).

Варіанти досліду були такими:

1. Концентрації розчину «Агростимулін» – 2, 4, 8 і 16 мл·л⁻¹.
2. Концентрації розчину «Чаркор» – 1, 2, 4 і 8 мл·л⁻¹.
3. Концентрації розчину «Триман-1» – 50, 100, 150 і 200 мг·л⁻¹.

Трикратне підживлення (кореневе або позакореневе) сіяньців упродовж вегетаційного періоду проводили такими PPP: «Триман-1», «Humin Plus», «Фумар», «Грейнактив-С», «Реаком», «Мегафол» та «Радіфарм». Використовували концентрації, дещо вищі та нижчих від концентрації розчинів, рекомендованих виробником: перше підживлення – через два тижні після появи сходів; друге – після масової появи листя; третє – в період інтенсивного росту сіяньців. Дослідження проводили впродовж 2010–2020 рр. Загалом закладено вісім дослідних варіантів із різними концентраціями і контрольний варіант без застосування PPP. У кожному варіанті використано по 90 л розчину (для трикратного підживлення на один короб – близько 600 сіяньців). Загалом у дослідних варіантах вирощено близько 5 тис. шт. сіяньців без урахування контрольних варіантів.

Варіанти досліду були такими:

1. У 2010 р. – трикратне підживлення сіяньців PPP «Триман» у концентрації 100 мг·л⁻¹.
2. У 2011 р. – трикратне підживлення сіяньців PPP «Фумар» у концентрації 1 мг·л⁻¹.
3. У 2013 р. – трикратне підживлення сіяньців PPP «Реаком» у концентрації 2,5 мг·л⁻¹; «Humin plus» у концентрації 2 мл·л⁻¹; «Грейнактив-С» у концентрації 10 мл·л⁻¹.
4. У 2014 р. – трикратне підживлення сіяньців PPP «Humin plus» у концентрації 2 мл·л⁻¹.
5. У 2020 р. – трикратне підживлення сіяньців PPP «Мегафол» у концентрації 1 мл·л⁻¹ та «Радіфарм» у концентрації 2,5 мл·л⁻¹.

Ефективність застосування PPP під час вирощування сіяньців дуба із ЗКС оцінювали за їхніми біометричними показниками та масою. Із цією метою у 30 сіяньців кожного варіанту відмивали коріння від залишків ґрунту, вимірювали висоту сіяньців (см), діаметр кореневої шийки (мм), визначали масу (г) надземної та підземної (коріння) частин у повітряно-сухому стані. Повітряно-суху масу визначали після висушування зразків у лабораторній шафі впродовж 24 год. за температури 105°C до постійної маси.

Одержані дані обробляли методами математичної статистики (Lapach et al. 2001) за допомогою пакету програм MS Excel. Достовірність різниці між контролем і дослідними варіантами перевіряли на 5 і 1 % рівнях значущості.

Результати та обговорення. Результати проведених досліджень щодо вирощування сіяньців дуба в контейнерах з агроволокна на субстраті, що є сумішшю темно-сірого середньосуглинкового ґрунту, заготовленого в умовах свіжої діброви (D₂), і торфу перехідного типу фрезерної заготівлі у співвідношенні за об'ємом 3:1, свідчать, що значення висоти і діаметра однорічних сіяньців суттєвіше збільшилися у варіантах із передвисівним намочуванням жолудів у розчинах препаратів «Агростимулін» з концентрацією 4 та 8 мл·л⁻¹, «Чаркор» – 2 та 4 мл·л⁻¹ і «Триман-1» – 100 та 150 мг·л⁻¹ (табл. 1).

У відносних показниках різниця у варіантах із застосуванням PPP «Агростимулін» у порівнянні з контролем за висотою змінюється в межах від 5 до 24 % і за діаметром – від 7 до 22 %; «Чаркор» – відповідно, від 1 до 25 % і від 3 до 25 % та «Триман-1» – від 6 до 22 % і від 4 до 21 %. Виявлено, що збільшення або зменшення концентрації PPP у водному розчині за варіантами дослідів, порівнюючи з концентраціями у варіантах, де визначено максимальні збільшення біометричних характеристик сіяньців за висотою та діаметром, призводить до зменшення середніх значень показників відносно контрольних. Достовірно перевершує контроль за висотою лише один варіант «Агростимулін» (8 мл·л⁻¹), а за діаметром – три варіанти: «Агростимулін» (8 мл·л⁻¹), «Чаркор» (4 мл·л⁻¹) та «Триман-1» (150 мг·л⁻¹).

Під час передвисівної обробки жолудів найефективнішими виявилися варіанти використання PPP «Агростимулін» у концентрації 8 мл·л⁻¹, «Чаркор» – 4 мл·л⁻¹ і «Триман-1» – 150 мг·л⁻¹ (див. табл. 1). Зазначені концентрації PPP є близькими до концентрацій розчинів, що рекомендовані виробником. Регулятори росту рослин у наведених концентраціях сприяли інтенсивнішому збільшенню маси надземної частини й коріння, ніж висоти та діаметра кореневої шийки сіянців. Так, у разі намочування жолудів у розчинах PPP маса надземної частини перевищувала контроль на 24–29 %, підземної частини (коріння) – на 26–49 % (рис. 1), а висота й діаметр кореневої шийки – на 22–25% та 21–25% відповідно (табл. 1).

Мінливість показників у вибірках є значною майже в усіх варіантах, за висотою та діаметром коефіцієнт варіації (CV) перевищує 20 % (див. табл. 1). Дослідним шляхом визначено, що під час проведення лісівничих досліджень коефіцієнти варіації показників висоти дерев у складі насадження становлять 8–12 %, діаметрів дерев – 25–30 % (Trul 1966). У нашому досліді мінливість показників під час вирощування садивного матеріалу є більшою, оскільки жолуді були зібрані з різних дерев та мали різний розмір, тому різнилися за схожістю та енергією проростання.

Таблиця 1

Вплив передвисівного обробування жолудів дуба звичайного розчинами PPP на середні висоти та діаметр однорічних сіянців із ЗКС

Варіант досліду (концентрація PPP)	Висота, см				Діаметр, мм			
	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}
Контроль (без PPP)	18,1 ± 1,03	100	26,9	–	3,3 ± 0,12	100	19,9	–
«Агростимулін» (2 мл·л ⁻¹)	19,0 ± 0,78	105	22,5	1,63	3,5 ± 0,21	107	32,9	1,79
«Агростимулін» (4 мл·л ⁻¹)	21,0 ± 0,80	116	20,9	2,14	3,8 ± 0,27	115	38,9	2,56
«Агростимулін» (8 мл·л ⁻¹)	22,4 ± 1,04	124	25,4	2,98	4,0 ± 0,30	122	34,2	3,22
«Агростимулін» (16 мл·л ⁻¹)	19,7 ± 0,83	109	23,1	1,84	3,6 ± 0,22	108	33,5	1,88
«Чаркор» (1 мл·л ⁻¹)	18,3 ± 0,82	101	24,5	0,31	3,3 ± 0,07	100	11,6	–
«Чаркор» (2 мл·л ⁻¹)	21,5 ± 1,06	119	27,0	2,61	3,9 ± 0,29	118	40,7	2,5
«Чаркор» (4 мл·л ⁻¹)	22,6 ± 1,21	125	29,3	2,27	4,1 ± 0,34	125	40,1	3,55
«Чаркор» (8 мл·л ⁻¹)	18,3 ± 0,96	101	28,7	0,29	3,4 ± 0,18	103	29,0	1,02
«Триман-1» (50 мг·л ⁻¹)	19,2 ± 1,51	106	25,7	1,26	3,4 ± 0,18	104	29,0	0,88
«Триман-1» (100 мг·л ⁻¹)	21,7 ± 1,13	120	28,5	2,03	3,9 ± 0,40	118	28,1	2,72
«Триман-1» (150 мг·л ⁻¹)	22,1 ± 1,02	122	25,3	2,65	4,0 ± 0,59	121	39,7	4,71
«Триман-1» (200 мг·л ⁻¹)	19,7 ± 0,89	109	24,7	2,03	3,7 ± 0,20	111	29,6	2,32

Примітка: $M \pm m$ – середнє значення вимірюваного показника та його стандартне відхилення; t_{ϕ} – t -критерій Стьюдента, % (перевищення вимірюваного показника проти контролю у відсотках) ($t_{0,01} = 2,68$; $t_{0,05} = 2,01$).

Найбільшу масу надземної частини середнього однорічного сіянцю дуба визначено у варіанті «Триман-1» 150 мг·л⁻¹, вона становить 1,51 г і перевищує контроль на 29 %; дещо меншими є маси сіянців у варіантах «Чаркор» 4 мл·л⁻¹ і «Агростимулін» 8 мл·л⁻¹ – 1,47 г (26 %) і 1,45 г (24 %) відповідно (рис. 1).

Найбільшу масу підземної частини (коріння) середнього однорічного сіянцю дуба із ЗКС також виявлено у варіанті «Триман-1» 150 мг·л⁻¹, вона становить 6,11 г і перевищує контрольний показник на 49 %; дещо меншою є маса коренів сіянців у варіантах «Агростимулін» 8 мл·л⁻¹ і «Чаркор» 4 мл·л⁻¹ – 5,41 г (32 %) і 5,17 г (26 %) відповідно. Загальна маса сіянців варіює в межах 5,27–7,62 г. Найбільшою вона є у варіанті «Триман-1» 150 мг·л⁻¹, а найменшою – на контролі. Трикратне підживлення сіянців дуба із ЗКС випробовуваними розчинами PPP упродовж вегетаційного періоду суттєво вплинуло на біометричні (ростові) показники сіянців (табл. 2). Їхня середня висота у варіантах дослідів варіювала в межах 18,1–34,1 см та перевершувала цей показник на контрольних варіантах за

роками обліку на 10–73 %. Достовірно перевершували контроль п'ять дослідних варіантів. Рівень мінливості ростових показників сіянців – від слабкого до високого (див. табл. 2).

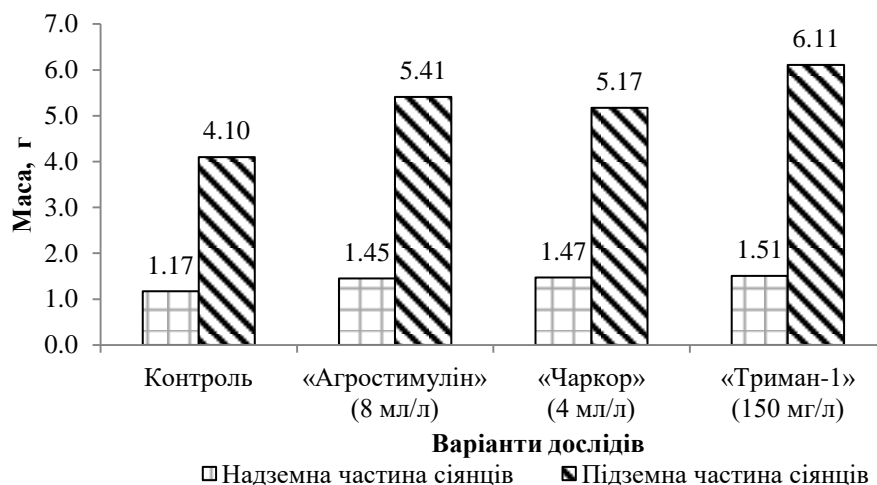


Рис. 1 – Маса середнього однорічного сіянцю дуба звичайного із ЗКС у разі передвисівного оброблення жолудів розчинами РРР

Середній діаметр сіянців у варіантах дослідів варіював у межах 3,8–6,3 мм та перевищував діаметр контролю у різні роки на 2–43 % (див. табл. 2). Водночас достовірно перевершували контроль чотири дослідні варіанти.

Проте ростові показники сіянців не повною мірою характеризують їхню якість, оскільки життєздатність рослин залежить також від величини асиміляційного апарату та розвитку коріння. Важливими є маса надземної і підземної (коріння) частин сіянців у повітряно-сухому стані.

Таблиця 2

Вплив трикратного підживлення розчинами РРР на середні висоту та діаметр однорічних сіянців дуба звичайного із ЗКС за роками обліків

Варіант дослідів (концентрація РРР)	Висота, см				Діаметр, мм			
	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}
Станом на вересень 2010 р.								
Контроль	11,8 ± 0,47	100	21,8	–	3,0 ± 0,08	100	14,6	–
«Триман» (100 мг·л ⁻¹)	18,1 ± 0,53	153	16,0	8,9	3,8 ± 0,11	127	15,9	5,9
Станом на вересень 2011 р.								
Контроль	14,0 ± 0,42	100	16,4	–	3,2 ± 0,11	100	18,8	–
«Фумар» (1 мг·л ⁻¹)	20,9 ± 0,51	149	13,4	10,78	4,5 ± 0,08	141	9,7	9,56
Станом на вересень 2013 р.								
Контроль	21,9 ± 0,90	100	22,5	–	5,5 ± 0,24	100	23,9	–
ВКС (відкрита коренева система, умови відкритого грунту)	23,8 ± 1,12	1,09	25,8	1,34	5,7 ± 0,18	104	17,2	0,67
«Реаком» (2,5 мг·л ⁻¹)	25,3 ± 1,30	116	28,1	2,15	5,6 ± 0,21	102	20,5	0,31
«Humin plus» (2 мл·л ⁻¹)	24,0 ± 1,10	110	25,1	1,48	6,3 ± 0,22	115	19,1	2,46
«Грейнактив-С» (10 мл·л ⁻¹)	24,8 ± 0,92	113	20,3	2,25	5,4 ± 0,19	98	19,3	-0,33

Закінчення табл. 2

Варіант досліджу (концентрація PPP)	Висота, см				Діаметр, мм			
	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}
Станом на вересень 2014 р.								
Контроль	17,3 ± 1,01	100	32,0	–	3,0 ± 0,10	100	18,3	–
«Humin Plus» (2 мл·л ⁻¹)	30,0 ± 1,70	173	31,0	6,42	4,3 ± 0,14	143	17,8	7,86
Станом на вересень 2020 р.								
Контроль	21,9 ± 0,71	100	17,8	–	4,3 ± 0,08	100	10,2	–
«Мегафол» (1 мл·л ⁻¹)	30,3 ± 1,16	138	21,0	6,21	4,9 ± 0,09	114	10,1	5,33
«Радіфарм» (2,5 мл·л ⁻¹)	34,1 ± 0,88	156	14,1	10,8	4,5 ± 0,08	105	9,7	1,67

Примітка: $M \pm m$ – середнє значення вимірюваного показника та його стандартне відхилення; t_{ϕ} – t -критерій Стюдента, % (перевищення вимірюваного показника проти контролю у відсотках) ($t_{0,01} = 2,68$; $t_{0,05} = 2,01$).

Середня маса надземної частини одного сіянцю в повітряно-сухому стані становила від 1,09 г (варіант «Триман» з концентрацією 100 мг·л⁻¹) до 2,28 г (варіант «Радіфарм» із концентрацією 2,5 мл·л⁻¹); на контролі маса залежно від року досліджень становила 0,64–1,33 г, причому достовірно перевершували контроль чотири дослідні варіанти (табл. 3).

Середнє значення CV для повітряно-сухої маси надземної частини сіянців за всіма варіантами досліджу становить 28,4 % (CV змінюється від 17,8 % до 37,1 % – від середнього до високого (за шкалою Мамаєва) рівня мінливості вибірок), а підземної частини (коріння) – 42,5 % (CV знаходиться в межах від 13,9 % до 49,7 % – від середнього до дуже високого рівня мінливості вибірок).

Таблиця 3

Вплив трикратного підживлення розчинами PPP на повітряно-суху масу однорічних сіянців дуба звичайного із ЗКС і ВКС за роками обліків

Варіант досліджу (концентрація PPP)	Умовні позначення	Повітряно-суха маса сіянців, г							
		надземної частини				підземної частини (коріння)			
		$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}
Станом на вересень 2010 р.									
Контроль	K1	0,64 ± 0,04	100	34,2	–	3,06 ± 0,64	100	37,6	–
«Триман» (100 мг·л ⁻¹)	1	1,09 ± 0,06	170	30,1	8,18	5,51 ± 1,09	180	49,7	2,31
Станом на вересень 2011 р.									
Контроль	K2	0,92 ± 0,06	100	35,7	–	4,65 ± 0,24	100	28,3	–
«Фумар» (1 мг·л ⁻¹)	2	1,21 ± 0,15	132	36,2	1,83	5,51 ± 0,65	118	48,7	1,23
Станом на вересень 2013 р.									
Контроль	K3	1,33 ± 0,09	100	37,1	–	6,20 ± 0,56	100	49,5	–
ВКС (умови відкритого ґрунту)	Квкс	1,53 ± 0,20	115	25,1	0,91	4,18 ± 0,65	67	45,9	-2,28
«Реаком» (2,5 мг·л ⁻¹)	3	1,46 ± 0,06	110	22,5	1,2	5,90 ± 0,15	95	13,9	-0,49
«Humin plus» (2 мл·л ⁻¹)	4	1,53 ± 0,05	115	17,9	1,94	9,00 ± 0,56	145	34,1	3,41
«Грейнактив-С» (10 мл·л ⁻¹)	5	1,41 ± 0,17	106	27,2	0,42	6,65 ± 0,92	107	49,4	0,41

Варіант досліду (концентрація PPP)	Умовні позначення	Повітряно-суха маса сіяньців, г							
		надземної частини				підземної частини (коріння)			
		$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	CV	t_{ϕ}
Станом на вересень 2014 р.									
Контроль	К4	0,91 ± 0,11	100	30,1	–	4,08 ± 0,49	100	47,0	–
«Humin Plus» (2 мл·л ⁻¹)	6	1,48 ± 0,11	163	29,6	3,75	4,88 ± 0,45	120	49,4	1,2
Станом на вересень 2020 р.									
Контроль	К5	1,27 ± 0,09	100	30,2	–	5,10 ± 0,46	100	49,4	–
«Мегафол» (1 мл·л ⁻¹)	7	2,16 ± 0,16	170	20,3	4,84	6,80 ± 0,59	133	47,5	2,27
«Радіфарм» (2,5 мл·л ⁻¹)	8	2,28 ± 0,19	180	21,6	4,8	7,40 ± 0,61	145	45,2	3,01

Примітка: $M \pm m$ – середнє значення вимірюваного показника та його стандартне відхилення; t_{ϕ} – t -критерій Стьюдента, % (перевищення вимірюваного показника проти контролю у відсотках) ($t_{0,01} = 2,68$; $t_{0,05} = 2,01$).

Середня маса коренів сіяньців дуба звичайного в повітряно-сухому стані варіювала від 4,88 г (варіант «Humin Plus» з концентрацією 2 мг·л⁻¹ у 2014 р.) до 9,00 г (варіант «Humin Plus» з концентрацією 2 мг·л⁻¹ у 2013 р.), а на контролі маса в різні роки досліджень становила 3,06–6,20 г. Статистично значуще максимальне перевищення маси коріння сіяньців зафіксовано лише у двох варіантах дослідів.

Одним із основних завдань вирощування сіяньців із ЗКС є забезпечення оптимальних умов для розвитку кореневих систем та максимальне їхнє збереження під час створення лісових культур, що забезпечує високу приживлюваність та подальший інтенсивний ріст. Важливою характеристикою є співвідношення мас кореневої (К) і надземної (Н) частин сіяньців (К/Н) та частка маси кореневої системи відносно загальної маси сіяньцю (% К). Результати розрахунків зазначених показників у варіантах із застосуванням підживлення розчинами PPP показано на рисунку 2.

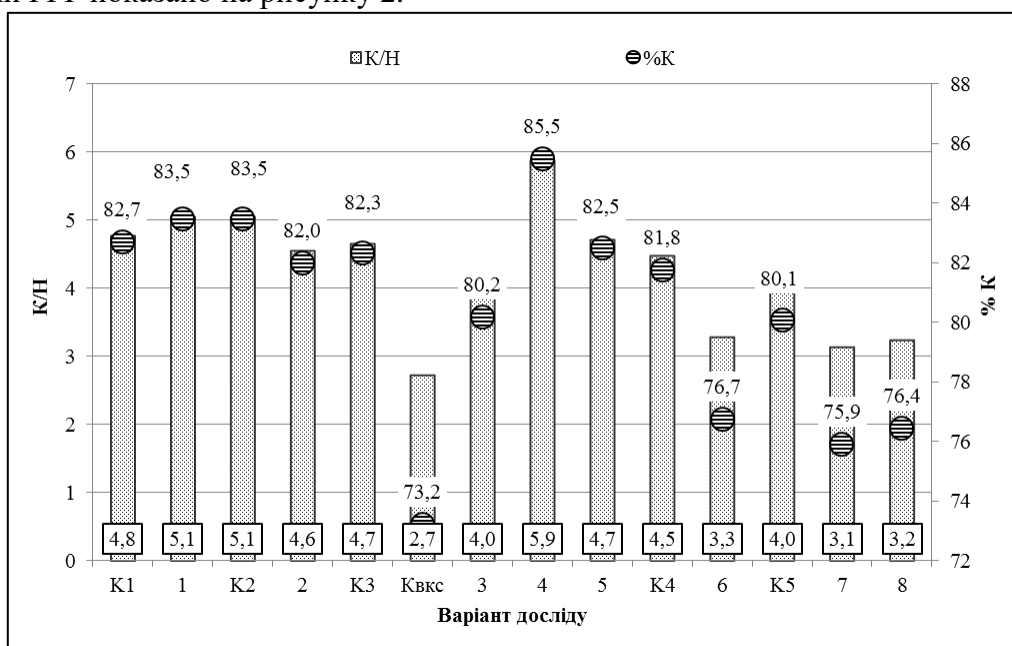


Рис. 2 – Співвідношення мас коріння і стовбурця сіяньців та частка маси коріння від загальної маси сіяньців дуба в дослідів із застосуванням PPP

Високі значення характеристик сіяньців (К/Н та % К) можуть опосередковано свідчити про кращу приживлюваність у сухіших типах умов місцезростання. Найвищі значення цих показників зафіксовано у варіанті «Humin plus» (2 мл·л⁻¹) у 2013 році – 5,9 та 85,5 % відповідно. У цьому ж році як контроль із відкритою кореневою системою (Квкс) визначено масу сіяньців, вирощених в умовах відкритого ґрунту (див. табл. 3). Сіяньці дуба викопували лопатою вручну, без підрізання коріння, що забезпечувало максимальне збереження корневих систем. Співвідношення К/Н у контрольному варіанті не перевищувало 3,0, тоді як у всіх варіантах із ЗКС воно становило понад 3,0. Також у варіанті Квкс найнижчим був показник відносної маси коріння сіяньців – 73,2 %, що свідчить про переваги сіяньців із ЗКС.

Висновки. Під час передвисівного оброблення жолудів дуба найефективнішими виявилися варіанти, де застосовували «Агростимулін» у концентрації 8 мл·л⁻¹, «Чаркор» у концентрації 4 мл·л⁻¹ та «Триман-1» у концентрації 150 мг·л⁻¹. Регулятори росту рослин у цих концентраціях більшою мірою сприяли росту сіяньців за висотою і діаметром кореневої шийки та накопиченню маси їхніх надземної й підземної (коріння) частин.

Найбільший позитивний вплив на біометричні показники та масу однорічних сіяньців під час вирощування (трикратне підживлення сіяньців розчинами регуляторів росту рослин впродовж вегетаційного періоду) відзначено у варіантах, де застосовували «Мегафол» у концентрації 1 мл·л⁻¹ та «Радіфарм» у концентрації 2,5 мл·л⁻¹.

Результати проведених досліджень свідчать про доцільність застосування досліджуваних регуляторів росту рослин під час вирощування сіяньців дуба звичайного із закритою кореневою системою в умовах відкритого ґрунту та подальшого їхнього використання під час лісовідновлення й лісорозведення. Актуальним питанням залишаються подальші дослідження особливостей росту дослідних лісових культур, створених сіяньцями із ЗКС, на лісокультурній площі в умовах Південно-східного Лісостепу України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bazan, T. A. and Oleksiyenko, N. O. 2013. Influence of growth biostimulants on sowing qualities of Scots pine seeds. In: Forests, parks: technologies present and future. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kyiv, NULES of Ukraine, p. 97–98 (in Ukrainian).
- Benítez, G. I., Dueñas, L. A. K, Martínez, M. E. et al. 2020. Identification and quantification of plant growth regulators and antioxidant compounds in aqueous extracts of *Padina durvillaei* and *Ulva lactuca*. *Agronomy*, 10(6): 866. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060866>
- Bhatla, S. C. 2018. Plant growth regulators: An overview. In: *Plant Physiology, Development and Metabolism*. Singapore, Springer, p. 559–568. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_14
- Borisova, 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: 159–164 (in Ukrainian).
- Fahad, S., Hussain, S., Saud, S., et al. 2016. Exogenously applied plant growth regulators enhance the morpho-physiological growth and yield of rice under high temperature. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1250. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01250>
- Horbas, S. M. 2019. The influence of plant growth regulators on black currant reproduction (*Ribes nigrum* L.). *Taurian Scientific Bulletin*, 109(1): 22–26. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.4>
- Hudyma, V. M., Sholonkevich, I. M., Lysenko, M. O. 2014. The effect of the European spruce seeds treatment by systemic effect chemicals on subsequent growth of its seedlings. *Scientific Bulletin of UNFU*, 24.3: 33–37 (in Ukrainian).
- Jaillais, Y. and Chory, J. 2010. Unraveling the paradoxes of plant hormone signaling integration. *Nat. Struct. & Mol. Biol.*, 17: 642–645. <https://doi.org/10.1038/nsmb0610-642>
- Lapach, S. N., Chubenco, A. V., Babych, P. N. 2001. *Statistical methods in biomedical research using Excel*. Kyiv, Morion, 408 p. (in Russian).
- Matsiakh, I. P., Kramarets, V. O., Gut, R. T. 2012. The influence of growth stimulants of seed germination of European spruce. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22.5: 34–38 (in Ukrainian).
- Neill, E. M., Byrd, M. C. R., Billman, T. et al. 2019. Plant growth regulators interact with elevated temperature to alter heat stress signaling via the Unfolded Protein Response in maize. *Sci Rep.*, 9: 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. Extended abstract of PhD thesis. Kharkiv, 22 p. (in Ukrainian).

- Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34: 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
- Ruffo, M. L., Gentry, L. F., Henninger, A. S., Seebauer, J. R., Below, F. E. 2015. Evaluating management factor contributions to reduce corn yield gaps. *Agron. J.*, 107: 495. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0355>
- Savuschyk, 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 (in Ukrainian).
- Siryk, V. V., Veshchytsky, V. A., Mokrynsky, V. M. 2006. Influence of some biologically active substances on growth and development of seedlings of Scots pine. *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 4(5): 1–8 (in Ukrainian).
- Taranenko, Yu. M. 2015. Growth and condition of pine plantations, created by the planting material grown using plant growth regulators. *Forestry and Forest Melioration*, 127: 131–138 (in Ukrainian).
- Tesfahun, W. 2018. A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agric.*, 4: 1–9. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1525169>
- Tkach, V., Rumiantsev, M., Kobets, O., Luk'yanets, V., Musienko, S. 2019. Ukrainian plain oak forests and their natural regeneration. *Forestry Studies*, 71: 17–29. <https://doi.org/10.2478/fsmu-2019-0010>
- Trul, O. A. 1966. Mathematical statistics in forestry. Minsk, Vysshaya shkola, 234 p. (in Russian).
- Ugarov, V. N., Borisova, V. V., Popov, A. F. 2005. The use of the Baikal EM-1-U product for cultivation of Scots pine seedlings. *Hope of the Planet*, 3: 3–6 (in Russian).
- 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: 209–217 (in Ukrainian).
- Veshchytsky, V. A., Dulnev, P. G., Sirik, V. V. 2006. Application problems of plant growth regulators at cultivation of planting material of wood species. [Electronic resource]. *Scientific reports of NAU*, 4(5). Available from: <http://nd.nubip.edu.ua/2006-4/06wawsar.html> (accessed 01.04.2021) (in Ukrainian).
- Xu, C. S., Jiang, Z., Shen, W., Zou, S. H. 2018. Toxicological characteristics of plant growth regulators and their impact on male reproductive health. *National journal of andrology*, 24(4): 370–375.
- 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: 43–46 (in Ukrainian).
- Yavorovskyy, P. P. 2004. Improving agricultural techniques for growing planting material of ornamental plants. Extended abstract of PhD thesis. Kyiv, 20 p. (in Ukrainian).
- Zibseva, O. V., Yashchuk, I. V., Savych, N. V. 2012. Testing of EM technology during the cultivation of seedlings of Scots pine. *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 171(2): 135–138 (in Ukrainian).

Danylenko O. M.¹, Vysotska N. Yu.², Tarnopilsky P. B.², Rumiantsev M. H.²

INFLUENCE OF PLANT GROWTH REGULATORS ON THE GROWTH AND WEIGHT OF ENGLISH OAK SEEDLINGS IN THE SOUTH-EASTERN FOREST-STEPPE IN UKRAINE

¹State Enterprise 'Kharkiv Forest Research Station'

²Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

The article reports the results on the effect of plant growth regulators on biometrics and weight of one-year-old containerized seedlings of English oak (*Quercus robur* L.). The seedlings were grown in agrofiber containers in open ground. It was found that during pre-sowing treatment of oak acorns, the most effective were the variants where Agrostymulin was used in a concentration of 8 ml·l⁻¹, Charkor in a concentration of 4 ml·l⁻¹ and Tryman-1 in a concentration of 150 mg·l⁻¹. The greatest positive effect on biometrics and air-dry weight of one-year-old seedlings was observed in the variants where Megafol was used at a concentration of 1 ml·l⁻¹ and Radifarm at 2.5 ml·l⁻¹ during cultivation (triple feeding with plant growth regulators during the growing season). The study reports the viability of using plant growth regulators during the cultivation of containerized oak seedlings in the open ground and their further use during reforestation and afforestation in the South-Eastern Forest-Steppe in Ukraine.

Key words: acorns, *Quercus robur*, containerized seedlings, plant biometrics.

E-mail: dandik86@gmail.com; vysotska_n@ukr.net; tarnopylsky@gmail.com; maxrum-89@ukr.net

Одержано редколегією 06.04.2021