

ЕФЕКТ ДІЇ ІНДОЛІЛМАСЛЯНОЇ КИСЛОТИ І ГЛИНУВАННЯ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ТА СОСНИ ЖОРСТКОЇ В УМОВАХ РОСТУ НА ТЕХНОГЕННИХ СУБСТРАТАХ

В. Баранов, С. Ващук, Л. Карпінєць, І. Микієвич

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: baranovlwiv@gmail.com; volodymyr.baranov@lnu.edu.ua*

Вивчено вплив різних концентрацій індолілмасляної кислоти (ІМК) за глинування кореневої системи на морфометричні показники саджанців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на породному відвалі вугільних шахт і сосни жорсткої (*Pinus rigida* Mill.) в умовах росту на техногенних субстратах відвалу в модельних дослідах. Виявлено, що застосування методу глинування кореневої системи сосни за одночасного додавання ІМК сприяє значному збільшенню ростових параметрів надземної фітомаси та розвитку кореневої системи як у модельних, так і в польових дослідах. Найбільшу кількість коренів у сосни жорсткої (лабораторні умови) стимулювали концентрації ІМК – 100 та 200 мг/кг глини на чорному субстраті (296 %), а масу коренів цих же концентрацій – на червоному субстраті (795 % та 788 % відповідно). На чорному субстраті усі концентрації індолілмасляної кислоти (50, 100, 200 мг/кг глини) значно краще стимулювали довжину пагона, зокрема, ІМК 100 мг/кг глини (244 %). На червоному субстраті за дії усіх співвідношень ІМК до глини ріст пагона був повільнішим, ніж на чорному. Проте спостерігали значне нагромадження його біомаси, зокрема, за концентрації ІМК 100 мг/кг глини – 554 %.

Досліджено, що саджанці сосни звичайної, які росли на породному відвалі Центральної збагачувальної фабрики впродовж 2 і 3 років, за використання глинування й індолілмасляної кислоти у різних концентраціях також збільшували свої морфометричні параметри.

Виявлено, що у 2-річних саджанців хвойного дерева максимальну фітомасу пагона (438 %) встановлено за співвідношення ІМК до глини – 100 мг/кг глини. Індолілмасляна кислота у концентраціях 100 та 200 мг/кг глини суттєво вплинула на формування біомаси коренів у рослин – 748 % та 690 % відповідно.

На 3-й рік росту сосни звичайної на техногенних субстратах спостерігали значне нагромадження маси кореня за концентрації індолілмасляної кислоти 100 та 200 мг/кг глини (1168–1189 % відповідно). Надземна фітомаса була найбільшою (777 %) за концентрації ІМК 100 мг/кг глини. Встановлено, що оптимальною концентрацією для онтогенезу рослин є індолілмасляна кислота у співвідношенні 100 мг/кг глини як у модельних, так і в польових дослідах.

Ключові слова: породний відвал, глинування, індолілмасляна кислота, сосна звичайна, сосна жорстка

Проблема адаптації і стійкості рослин унаслідок забруднення навколишнього середовища є одним із актуальних питань під час вивчення фізіології та екології рослин [11, 14, 16, 22]. Особливо це стосується трансформованих територій, утворених у результаті активної вугледобувної діяльності. При цьому із надр землі виноситься нехарактерна за фізико-хімічним і механічним складом для поверхні літосфери материнська порода, з якої формують відвали – насипи різної форми й висоти, що потребують рекультиватії. Фіторекультиватія є найбільш економічно та екологічно вигідним способом відновлення

модифікованих територій [7]. Це, зокрема, стосується і породного відвалу Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ), який розташований поблизу с. Сілець Сокальського р-ну Львівської обл. Умови відвалу є несприятливими для росту рослин – значний вміст важких металів, висока кислотність, вітрова ерозія, майже повна відсутність органічної маси [1]. Тому слід підбирати для фіторекультивациі рослини, стійкі до екстремальних умов середовища існування. Таким представником флори на породному відвалі є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) – одна із піонерних деревних рослин, яка трапляється окремими екземплярами на різних експозиціях і положеннях відвалу. Однак унаслідок сукупної дії стресових абіотичних чинників на трансформованій території ріст сосни сповільнений.

На сьогодні активно проводяться дослідження з використанням регуляторів росту рослин (РРР), і хоча пріоритетними у цьому напрямі є препарати, виготовлені на основі природної сировини [10, 13, 20], досить широко використовуються і синтетичні препарати. Їх розглядають як екзогенні засоби, що дають змогу нейтралізувати негативний вплив чинників зовнішнього середовища на рослинні організми. Накопичений досвід свідчить про позитивну дію стимуляторів росту на фізіологічні та біохімічні процеси рослин [15].

У практиці рослинництва для активації коренеутворення у живців і регенерації їхньої кореневої системи досить часто використовують ауксин – індолілоцтову кислоту (ІОК) [17]. Одним із синтетичних гомологів ауксину є індолілмасляна кислота (ІМК), яка має більшу здатність стимулювати утворення коренів, ніж ауксин [18]. Відомо, що ІМК активує поділ клітин паренхіми, а це сприяє диференціації корневих зачатків у базальній частині тканини [2, 23]. На основі результатів досліджень встановлено, що ІМК індукувала ризогенез у рослин, проявляла у них високу регенераційну здатність і зменшувала період вкорінювання [6, 19].

Із літературних джерел відомо також про проведення глинування коріння деревних рослин із використанням регуляторів росту [5, 8, 12, 21]. Роботи В. Верзілова та інших [3, 4] показали, що регулятори сприяли росту кореневої системи живців рослин як у перший, так і в подальші роки їхнього онтогенезу. У дорослих пересаджених дерев за обробки стимуляторами швидко регенерувалася коренева система і збільшувався приріст надземних частин рослин упродовж років. Водночас актуальним є вивчення регуляції росту і розвитку рослин на порушених територіях, зокрема, на породних відвалах вугільних шахт.

Мета даної роботи - застосувати методику глинування кореневої системи з використанням ІМК у саджанців сосни звичайної та сосни жорсткої для аналізу морфометричних показників рослин у лабораторних умовах і за росту на техногенних субстратах породного відвалу ЦЗФ, а також встановити оптимальну концентрацію ІМК.

Матеріали та методи

У модельних дослідах використовували саджанці сосни жорсткої, які пересаджували у горщики з червоним (перегорілим) і чорним (неперегорілим) субстратами відвалу. Попередньо кореневу систему рослин поміщали у глиняну суміш з ІМК різних концентрацій. За контроль приймали саджанці, які вирощували на суміші торф+пісок (1:1).

Для визначення оптимальної концентрації ІМК брали такі її співвідношення: 50, 100 та 200 мг регулятора росту / кг сухої глини, додаючи воду до утворення сметаноподібного стану. Після цього саджанці умочували в цю суміш. Контролем слугували рослини без використання глинування та додавання ІМК.

Також саджанці сосни звичайної висаджували навесні на території породного відвалу ЦЗФ за попередньо описаною схемою (модельний дослід). Вимірювали ростові показники та біомасу коренів і пагонів рослин у жовтні-листопаді на 2-й і 3-й роки росту на техногенному субстраті. Отримані результати опрацьовували методами статистичного аналізу в пакеті програм “Excell” і “Statistica” [9].

Результати і їхнє обговорення

За проведеним аналізом встановлено, що індолілмасляна кислота чинила позитивний ефект на морфометричні показники сосен (жорсткої та звичайної) як у модельних, так і в польових дослідах за всіх концентрацій, і, що важливо, краще саме на субстратах відвалу (табл. 1, 2).

Найбільшу кількість коренів у сосни жорсткої (лабораторні умови) стимулювали концентрації ІМК – 100 та 200 мг/кг глини на чорному субстраті (296 %), а масу коренів цих же концентрацій – на червоному субстраті (795 % та 788 % відповідно) (табл. 1). Окрім того, на чорному та червоному субстратах за дії ІМК у співвідношенні 100 та 200 мг/кг глини довжина кореня сосни зменшувалась, порівняно з контролем (торф+пісок 1:1), але була вищою, ніж довжина кореня рослин на обох породах без додавання глини та ІМК. У проростків, які росли на варіанті торф+пісок (1:1), за дії різних концентрацій ІМК різниці між ростовими параметрами пагона щодо контролю не спостерігали. Однак на чорному субстраті всі концентрації ІМК у комбінації з глиною значно краще стимулювали довжину надземної частини рослин, зокрема, ІМК 100 мг/кг глини (244 %). На червоному субстраті за дії усіх співвідношень ІМК до глини ріст пагона був повільнішим, ніж на чорному, зате спостерігали значне нагромадження його біомаси, зокрема, за концентрації ІМК 100 мг/кг глини – 554 %. У варіанті торф+пісок (1:1) за цієї ж концентрації ІМК накопичення надземної частини рослин становило 169 %.

Таблиця 1

Морфометричні показники сосни жорсткої на різних типах субстратів

Варіант/ (ІМК мг/кг глини)	Довжина пагона, см		Маса пагона, мг		Довжина кореня, см		Маса кореня, мг		Кількість коренів, шт.	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
Торф+пісок (1:1)										
Контроль	11,76±0,73	100	0,45±0,05	100	9,22±1,08	100	0,22±0,01	100	7,00±0,80	100
50	11,94±0,23	102	0,74 ±0,10	128	11,82±1,60	164	0,40 ±0,03	191	7,20± 0,37	103
100	11,72±0,98	100	0,96 ±0,14	169	15,60±1,17	213	0,49±0,06	223	7,80 ± 0,70	111
200	11,84±0,98	101	0,95±0,13	170	15,64±1,17	211	0,48±0,06	218	8,00 ± 0,45	114
Чорний субстрат										
Контроль	7,42±0,54	100	0,40±0,04	100	14,42±1,24	100	0,40±0,04	100	5,40±0,75	100
50	12,54±1,04	169	0,82±0,12	205	15,36±0,95	107	0,86±0,12	215	10,00±0,89	185
100	18,10±0,90	244	1,39±0,16	348	20,80±1,38	144	1,64±0,16	410	16,00±0,71	296
200	17,80±1,07	240	1,41±0,16	353	20,08±1,92	139	1,64±0,16	410	16,00±1,30	296
Червоний субстрат										
Контроль	10,28±1,19	100	0,57±0,08	100	8,80±1,01	100	0,43±0,05	100	7,60±0,87	100
50	12,96±1,01	126	0,89±0,11	156	17,82±0,60	203	1,07±0,09	249	11,20±1,07	147
100	14,26±1,27	139	3,16±0,14	554	18,10±2,09	206	3,42±0,39	795	13,20±1,16	174
200	13,70±1,05	133	3,13±0,12	549	17,98±1,36	204	3,39±0,27	788	13,40±1,21	176

Результати аналізу свідчать, що саджанці сосни звичайної, які росли на породному відвалі ЦЗФ упродовж 2 і 3 років, за використання глинування та ІМК у різних концентраціях, також збільшували свої морфометричні параметри (табл. 2).

Виявлено, що у 2-річних саджанців сосни звичайної морфометричні показники були вищими у всіх варіантах, порівняно з контролем. Довжина пагона збільшувалася з підвищенням концентрації ІМК від 108 % до 140 %, його максимальну масу (438 %) встановлено за співвідношення ІМК до глини 100 мг/кг глини. Індолілмасляна кислота у концентраціях 100 та 200 мг/кг глини суттєво вплинула на формування біомаси кореня у рослин – 748 % і 690 % відповідно та менше (168 % за дії обох концентрацій) – на довжину кореня.

На 3-й рік росту сосни у модифікованому середовищі надземна фітомаса була найбільшою (777 %) за концентрації ІМК 100 мг/кг глини. Слід зазначити, що ІМК найменше стимулювала ростові параметри пагона, зате суттєво впливала на формування підземної частини рослини. Так, значне нагромадження маси кореня спостерігали за концентрації ІМК 100 та 200 мг/кг глини – 1168–1189 % відповідно.

Таблиця 2

Морфометричні показники саджанців сосни звичайної
за умов росту на породному відвалі ЦЗФ

Варіант (ІМК мг/кг глини)	Довжина пагона, см		Маса пагона, мг		Довжина кореня, см		Маса кореня, мг	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
2-й рік росту на відвалі								
Контроль	12,08±0,93	100	3,67±0,51	100	19,98±1,18	100	0,80±0,05	100
50	13,08±0,56	108	5,56±0,62	151	22,96±0,23	115	1,64±0,18	205
100	16,70±0,67	138	16,06±1,80	438	33,50±1,66	168	5,98±0,72	748
200	16,86±0,95	140	15,67±1,49	427	33,52±2,40	168	5,52±0,55	690
3-й рік росту на відвалі								
Контроль	15,0±1,07	100	8,25±0,49	100	26,68±1,24	100	2,76±0,25	100
50	18,58±0,62	124	11,13±0,82	135	28,68±1,54	107	5,24±0,64	190
100	17,90±0,30	119	64,10±3,42	777	36,44±1,67	137	32,25±1,26	1168
200	17,98±0,87	120	62,23±4,06	754	36,80±1,58	138	32,83±1,19	1189

Таким чином, застосування методу глинування кореневої системи сосни за одночасного додавання ІМК сприяє збільшенню ростових показників надземної фітомаси та розвитку кореневої системи як у модельних, так і в польових дослідках, причому цей показник краще виражений на субстратах відвалу. Значний приріст спостерігали за масою кореня, що підтверджує літературні дані стосовно позитивного впливу ІМК на процес ризогенезу. Із використаних нами концентрацій ІМК оптимальною є 100 мг/кг глини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баранов В. І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ «Львівсистеменерго» як об'єкта для озеленення // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 46. С. 172–178.
2. Бутенко Р. Г. Культура клеток растений и биотехнология. М.: Наука, 1986. 236 с.
3. Верзилов В. Ф. Стимуляторы роста в зеленом строительстве. М., 1955. 96 с.
4. Верзилов В. Ф., Рункова Л. В. Влияние условий среды на интенсивность дыхания

- черенков, обработанных гетероауксином // ДАН СССР. 1959. Т. 124. № 2. С. 36–40.
5. Гамбург К. З., Кулаева О. Н., Муромцев Г. С. и др. Регуляторы роста растений / под ред. Г. С. Муромцева. М.: Колос, 1979. 246 с.
 6. Глухов О., Довбиш Н. Збереження сортової та формової різноманітності малопоширених деревних листяних рослин шляхом штучної репродукції // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2004. Вип. 36. С. 160–164.
 7. Гуральчук Ж. З., Гудков І. М. ФітореMediaція та її роль в очищенні ґрунтів від важких металів та радіонуклідів // Физиология и биохимия культ. растений. 2005. Т. 37. № 5. С. 371–383.
 8. Кочерженко И. Е. Использование синтетических ростовых веществ в питомничьем хозяйстве // Бюлл. по культурам влажных субтропиков. 1943. № 10. С. 48–59.
 9. Лакин Г. Ф. Биометрия: уч. пособ. для биол. спец. вузов: 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.
 10. Моргун В. В., Яворська В. К., Драгозов І. В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні // Физиология и биохимия культ. растений. 2002. № 5. С. 371–376.
 11. Мусієнко М. М. Екологія. Охорона природи. К.: Знання, 2002. 550 с.
 12. Поликарпова Ф. Я. Размножение плодовых и ягодных культур зелеными черенками, 2-е изд. М.: Агропромиздат, 1990. С. 96.
 13. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин – вагомий резерв урожаю 2009 // Посібник українського хлібороба. 2009. С. 102–104.
 14. Ситник К. М. Ботаніка. Порядок денний на ХХІ століття. Фізіологія // Укр. ботан. журнал. 2000. Т. 57. № 2. С. 113–118.
 15. Тараненко Ю. М. Вплив регуляторів росту рослин на посівну якість насіння сосни звичайної // Наук. вісн. НУБіП України. 2011. 164 (3). С. 213–220.
 16. Терек О. І. Механізми адаптації та стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля // Журнал агробіології та екології. 2004. Т. 1. № 1–2. С. 41–56.
 17. Терек О. І. Ріст і розвиток рослин: навч. посіб. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. 248 с.
 18. Турецкая Р. Х. Физиология корнеобразования у черенков и стимуляторы роста. М., 1961. 318 с.
 19. Худолєєва Л. В., Куцоконь Н. К., Нестеренко О. Г. та ін. Введення в культуру *in vitro* клонів тополь та верб, перспективних для відновлюваної енергетики // Біол. системи. 2017. Т. 9. Вип. 1. С. 18–22.
 20. Яворська В. К., Драгозов І. В., Крючкова Л. О. та ін. Регулятори росту на основі природної сировини та їх застосування в рослинництві / Інститут фізіології рослин і генетики НАН України. К.: Логос, 2006. 177 с.
 21. Plank D. K. Rooting response of slash pine seedlings to indolebutyric acid // Journal Forestry. 1939. 37. P. 497–498.
 22. Schultz E. D., Mooney H. A. Biodiversity and Ecosystem Function. Berlin: Springer-Verlag, 1993. P. 228–245.
 23. Skoog F., Miller C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue cultures *in vitro* // 11-th. Symp. Soc. Exp. Biol. 1957. Vol. 2. P. 118–131.

Стаття надійшла до редакції 11.10.21

доопрацьована 04.12.21

прийнята до друку 06.12.21

EFFECT OF THE INDOLEBUTYRIC ACID AND THE CLAYING ACTIVITY ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE SCOTCH PINE AND THE PITCH PINE IN GROWTH CONDITIONS ON TECHNOGENIC SUBSTRATES**V. Baranov, S. Vashchuk, L. Karpinets, M. Mykiyevich**

*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: baranovlwiw@gmail.com; volodymyr.baranov@lnu.edu.ua*

The influence of different concentrations of the indolebutyric acid (IBA) during the claying of the root system on morphometric rates of the scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings on the waste heap of coal mines and the pitch pine (*Pinus rigida* Mill.) in the conditions of growth on technogenic substrates of a dump in model experiments was studied.

It was found that the application of the claying method of the pine root system with the simultaneous addition of the IBA contributes to a significant increase of the growth parameters of aboveground phytomass and development of the root system both model and field experiments.

The largest number of roots in the pitch pine (laboratory conditions) was stimulated concentrations of the IBA – 100 and 200 mg / kg of clay on a black substrate (296 %), and of the roots mass of the same concentrations – on the red substrate (795 % and 788 %, respectively). On the black substrate all concentrations of the indolebutyric acid (50, 100, 200 mg / kg of clay) much better stimulated shoot length, in particular the IBA of 100 mg / kg of clay (244 %).

On the red substrate under the action of the IBA all the ratios to clay shoot growth was slower than on the black. However, a significant accumulation of his biomass was observed, in particular at a concentration of the IBA 100 mg / kg of clay – 554 %.

It was studied that of the scotch pine seedlings, which grew on the waste heap of the Central Concentrating Factory during 2 and 3 years, also increased their morphometric parameters with using of clay and the indolebutyric acid in different concentrations.

It was found that in 2-year-old spruce seedlings the maximum phytomass of the shoot (438 %) was set at the ratio of IBA to clay – 100 mg / kg of clay. Indolebutyric acid at concentrations of 100 and 200 mg / kg of clay significantly affected on formation of root biomass in plants – 748 % and 690 %, respectively. In the 3-rd year of growth of the scotch pine on technogenic substrates, a significant accumulation of the root mass was observed at concentrations of indolebutyric acid of 100 and 200 mg / kg of clay – 1168–1189 %, respectively.

Aboveground phytomass was the largest (777 %) at a concentration 100 mg / kg of clay. It is established that the optimal concentration for plant ontogenesis is the indolebutyric acid at the ratio of 100 mg / kg of clay in both model and field experiments.

Keywords: waste heap, claying, indolebutyric acid, scotch pine, pitch pine