

**ВПЛИВ НОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ВМІСТ ПІГМЕНТІВ
ФОТОСИНТЕЗУ ТА РОЗЧИННИХ ВУГЛЕВОДІВ У РОСЛИН
POLYGONUM CUSPIDATUM SIEB. ET ZUC. ЗА УМОВ РОСТУ
НА СУБСТРАТАХ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

С. Ващук¹, Д. Рахметов², О. Романчук¹, В. Баранов¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна

²Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка

вул. Тімірязєвська, 1, Київ 01014, Україна

e-mail: sergijvaschuk@gmail.com

Проаналізовано вміст пігментів фотосинтезу та водорозчинних вуглеводів у гірчаку японському (*Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zuc) за умов росту на субстратах породного відвалу вугільних шахт при обприскуванні гібереліном, Цирконом, Епіном-екстра, Мочевином-К1. Позитивний вплив регуляторів росту на рослини гірчаку, які ростуть на субстратах відвалу, здійснюється шляхом збільшення вмісту хлорофілів і каротиноїдів. Вміст водорозчинних вуглеводів за дії регуляторів виявився практично незмінним.

Ключові слова: гірчак японський (*Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zuc), субстрати породних відвалів вугільних шахт, пігменти фотосинтезу, розчинні вуглеводи, регулятори росту (гіберелін, Циркон, Епін-екстра, Мочевин-К1).

Техногенно девастовані території – терикони, утворені в результаті діяльності вугільної промисловості, створюють цілий комплекс негативного впливу на навколишнє середовище [2, 3, 20]. Для зменшення цього впливу відвали вугільних шахт необхідно рекультивувати [13] в три етапи: підготовчий, гірничо-технічний і біологічний. Саме біологічний етап рекультивації визначає швидкість відновлення техногенного ландшафту. Для ренатуралізації порушених територій шляхом озеленення рекомендується використовувати нанесення родючого шару ґрунту для кращого росту рослин, але цей процес економічно не вигідний, адже потребує багато зусиль і коштів. Тому на сьогоднішній час розробляються більш дешеві методи рекультивації відвалів, зокрема фіторекультивация. Одним із можливих прийомів прискорення фіторекультивації є обробка рослин регуляторами росту, які стимулюють їх ріст, покращують антиоксидантні властивості, стійкість до стресів [9, 15, 22, 27, 28].

У даній роботі для стимуляції росту рослин гірчаку, які ростуть на субстратах породного відвалу вугільних шахт, застосовували гіберелову кислоту (ГК) та нові регулятори – Епін-екстра, Циркон і Мочевин-К1.

Епін-екстра синтетичний брасиностероїд, аналог природного фітогормону (виробництво Росії) має антистресовий і адаптогенний ефект [7, 10, 11, 21] У препараті Циркон, також виробництва Росії, діючою речовиною є суміш гідроксикоричних кислот, які отримують із рослинної сировини ехінацеї пурпурової. Біологічна активність Циркону значною мірою обумовлена антиоксидантними властивостями, характерними для фенольних сполук. За його дії активація процесів росту і ризогенезу рослин спостерігається на ранніх етапах розвитку. Крім стимуляції росту, Циркон у рослинах виконує функції імуномодулятора й антистресового адаптогена [16, 19].

До складу Мочевину-К1 (виробництво НВО «Агронауковець», патент №45214А 15.05.2002, Україна), входить суміш різних речовин, які виконують функції добрив і регулятора росту – органічні кислоти трикарбонового циклу в поєднанні з органічним азотом. Препарат посилює ріст кореневої системи, збільшує біомасу рослин і покращує їхню імунну систему [29, 30].

Метою роботи було дослідити вміст пігментів фотосинтезу і розчинних вуглеводів у органах гірчака японського за умов росту на субстратах відвалу, із застосуванням обприскування рослин регуляторами росту.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження був гірчак японський (*Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc), який здатен продукувати значну фітомасу, нагромаджувати важкі метали і рости в екстремальних едафічних умовах породних відвалів вугільних шахт [6]. Субстрати для вирощування рослин були відібрані на відвалі Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) «Червоноградська» Сокальського району Львівської області. Рослини гірчака японського викопували у ботанічному саді ЛНУ ім. І. Франка (м. Львів) та пересаджували у горщики зі субстратами породного відвалу – чорним (неперогорілим) і червоним (перегорілим), за контроль слугувала суміш торф-пісок (1:1). Через 2 тижні рослини обприскували регуляторами росту і ще через тиждень після цього визначали вміст пігментів фотосинтезу та вуглеводів у листках. Визначення пігментів фотосинтезу проводили в ацетоновому витягу спектрофотометричним методом, з обрахунком їхнього вмісту за формулами Ветштейна [17]. Вміст водорозчинних вуглеводів визначали фотометричним методом за Дюбойсом [18]. Отримані результати опрацьовували методами статистичного аналізу [14].

Результати і їхнє обговорення

У різних умовах довкілля вміст пігментів фотосинтезу може значно відрізнятись [4, 8], тому цей показник можна використовувати як індикатор життєздатності рослин в екстремальних умовах навколишнього середовища [23–25].

Таблиця 1

Вплив обробки регуляторами росту на вміст пігментів фотосинтезу в гірчаку японського за умов росту на субстратах відвалу

Регулятор росту	Хлорофіл <i>a</i>		Хлорофіл <i>b</i>		<i>a+b</i>		Каротиноїди		<i>a/b</i> мг/г
	мг/г	%*	мг/г	%*	мг/г	%*	мг/г	%*	
Торф-пісок (1:1)									
Контроль	0,808±0,008	100	0,507±0,012	100	1,316±0,020	100	0,378±0,001	100	1,594
ГК	0,889±0,016	111	0,352±0,014	69	1,250±0,070	95	0,214±0,049	57	2,554
Епін-екстра	0,816±0,012	101	0,333±0,032	66	1,148±0,024	87	0,308±0,003	81	2,452
Циркон	0,438±0,011	54	0,368±0,019	73	0,806±0,026	61	0,319±0,003	84	1,192
Мочевин-К1	0,772±0,007	96	0,307±0,010	61	1,079±0,002	82	0,457±0,001	121	2,516
Червоний субстрат									
Контроль	0,330±0,017	100	0,206±0,026	100	0,535±0,015	100	0,237±0,010	100	1,601
ГК	0,880±0,006	267	0,512±0,021	249	1,391±0,023	260	0,443±0,008	187	1,719
Епін-екстра	0,900±0,005	273	0,483±0,022	234	1,383±0,019	259	0,446±0,005	188	1,893
Циркон	0,793±0,001	240	0,546±0,060	265	1,339±0,061	250	0,454±0,005	192	1,454
Мочевин-К1	0,838±0,005	254	0,399±0,014	194	1,237±0,017	231	0,429±0,003	181	2,100
Чорний субстрат									
Контроль	0,494±0,005	100	0,372±0,024	100	0,866±0,022	100	0,308±0,004	100	1,328
ГК	0,677±0,007	137	0,360±0,011	97	1,038±0,018	120	0,353±0,007	115	1,879
Епін-екстра	0,617±0,015	125	0,288±0,055	77	0,905±0,124	105	0,307±0,055	100	2,143
Циркон	0,705±0,009	143	0,394±0,026	106	1,098±0,026	127	0,452±0,001	147	1,790
Мочевин-К1	0,722±0,007	146	0,232±0,017	62	0,954±0,021	110	0,442±0,002	144	3,106

Примітка. %* в таблиці – % до контролю.

Результати визначення вмісту пігментів фотосинтезу в гірчаку японському подані у табл. 1. Вміст хлорофілів у гірчаку за росту на субстратах відвалу без обприскування регуляторами росту зменшувався майже удвічі порівняно із контролем (ріст на торфі), що можна пояснити їхнім прямим руйнуванням за дії кислотності субстратів чи внаслідок інгібування процесів метаболізму внаслідок токсичної дії важких металів або сумісної дії цих чинників [1].

При обприскуванні регуляторами росту спостерігали збільшення вмісту хлорофілу *a* за росту на обох субстратах і хлорофілу *b* на червоному субстраті, що свідчить про активацію метаболізму рослин. На чорному субстраті вміст хлорофілу *b* був на рівні контролю або меншим за дії Епін-екстра та Мочевину-К1, оскільки цей субстрат є неперегорілим і більш токсичним для рослин унаслідок більшого вмісту важких металів.

Співвідношення хлорофіл *a/b*, яке свідчить про пристосованість рослин до певного режиму освітлення, збільшується у всіх варіантах (крім Циркону на суміші торф-пісок і червоному субстраті) стосовно необроблених рослин, що вказує на збільшення світлолюбності рослин після обприскування регуляторами.

Ще одним важливим класом пігментів є каротиноїди, які мають антиоксидантні властивості й захищають хлорофіли від фотовицвітання. За умов росту гірчака на субстратах відвалу спостерігалось зменшення вмісту каротиноїдів у його листках порівняно з торфвою сумішшю, а при обприскуванні регуляторами росту відбувалося їхнє збільшення, особливо на червоному субстраті, за рахунок чого, вочевидь, і зростає вміст хлорофілів. Отже, при обприскуванні ГК та новими регуляторами росту спостерігалось підвищення вмісту хлорофілів і каротиноїдів, що сприятиме накопиченню органічної маси у рослин гірчаку.

Що стосується впливу регуляторів на вміст пігментів фотосинтезу в рослин, які росли на торфвій суміші, то їхня кількість у більшості варіантів була на рівні контролю (табл. 1). Можна припустити, що ці рослини мали достатню кількість ендогенних фітогормонів, тому екзогенні регулятори не мали особливого впливу на метаболізм пігментів [26].

Адаптація рослин до стресорів включає в себе також нагромадження різноманітних сполук, для яких властива поліфункціональність дії. До таких сполук належать, зокрема, розчинні вуглеводи, які є продуктами фотосинтезу. Вони здатні зв'язувати воду і затримувати її в клітині, крім того, утворюючи комплекси з білками та нуклеїновими кислотами, вуглеводи стабілізують їхні молекули в несприятливих умовах [5]. Вміст розчинних вуглеводів також залежить від виду рослини, стадії онтогенезу, умов росту тощо. Тому наступним етапом нашої роботи було вивчення вмісту розчинних вуглеводів у листках рослин гірчаку (табл. 2).

Вміст водорозчинних вуглеводів у гірчаку японському за умов росту на субстратах породного відвалу й торфі в разі обприскування регуляторами росту дещо зменшувався або перебував на рівні контролю (табл. 2), що, можливо, пояснюється їх використанням на синтез полісахаридів у процесі росту.

Виявлено, що позитивний вплив регуляторів росту на рослини гірчаку, які вирощували на субстратах породного відвалу вугільних шахт, відбувається шляхом збільшення вмісту хлорофілів і каротиноїдів. Вміст водорозчинних вуглеводів виявився практично незмінним у досліджуваного виду, що, можливо, пояснюється їх використанням на синтез полісахаридів у процесі стимуляції росту за дії регуляторів.

Таблиця 2

Вміст водорозчинних вуглеводів у листках гірчаку японського за умов росту на субстратах породного відвалу в разі обробки регуляторами росту

Тип субстрату/регулятор росту	Мг/г сирової маси(M±m)	% до контролю
Торф-пісок (1:1)		
Контроль	4,59±0,02	100±0,44
ГК	4,48±0,05	98±1,09
Епін-екстра	4,61±0,31	100±6,72
Циркон	5,01±0,29	109±6,31
Мочевин-К1	4,68±0,18	102±3,92
Червоний субстрат		
Контроль	5,15±0,02	100±0,39
ГК	4,84±0,11	94±2,14
Епін-екстра	4,69±0,12	91±2,33
Циркон	4,77±0,26	93±5,07
Мочевин-К1	4,55±0,14	88±2,71
Чорний субстрат		
Контроль	4,96±0,22	100±4,44
ГК	5,48±0,08	110±1,61
Епін-екстра	4,98±0,21	100±4,22
Циркон	4,06±0,17	82±3,43
Мочевин-К1	4,91±0,14	99±2,82

Таким чином, для вирощування гірчаку японського на породних відвалах вугільних шахт доцільно застосовувати використані в роботі нові регулятори росту (Циркон, Епін-екстра, Мочевин-К1) для покращення метаболічних процесів цих рослин.

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. Т. 46. С. 172–178.
2. Баранов В. І., Книш І. Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ «Львівсистеменерго» та їх вплив на проростання насіння // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: матеріали V Міжнар. наук. конф. (Донецьк, 2007.) С. 36–37.
3. Башуцька У. Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. Львів: РВВ НЛТУ України, 2006. 178 с.
4. Бессонова В. П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез. Днепропетровск: ДДАУ, 2006. 208 с.
5. Биохимия растений / под ред. Л.А. Красильниковой. Ростов-на-Дону: Феникс; Харьков: Торсинг, 2004. 224 с.
6. Ващук С., Баранов В., Баня А. та ін. Накопичення важких металів у органах рослин гірчака японського (*Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc) та кремени гібридної (*Petasites hybridus* L.) за дії витяжок субстратів відвалу вугільних шахт // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2012. Вип. 60. С. 182–189.
7. Воронина Л. П. Оценка экзогенного действия фитогормона 24-эпибрасинолида и его взаимодействия с гиббереллином (Аз) // Полифункциональность действия брасинолидов. М.: НЭСТ М, 2007. С. 128–139.
8. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.
9. Деева В. П., Санько Н. В. Роль регуляторов роста в повышении адаптивных свойств отдельных генотипов к стрессовым факторам // Физиология растений и экология на рубеже веков: материалы конф. Ярославль, 2003. С. 197.
10. Калитуха Л. Н., Кабанникова Л. Ф., Чайка М. Т. Влияние брасинолида на процессы роста и накопление фотосинтетических пигментов в проростках тритикале // Доклады АН Белоруссии, 1997. Т. 41. № 4. С. 69–72.

11. *Калитухо Л. Н., Макаров В. Н., Пишбытко Н. Л., Кабашишникова.* / Влияние brassinosterоидов на физиолого-биохимические характеристики проростков пшеницы // Тез. докл. 4-го съезда Общества физиологов растений. М., 1999. Т. 2. С. 590.
12. *Косулина Л. Г., Луценко С. К., Аксенова В. А.* Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1993. 235 с.
13. *Кучерявий В. П., Геник Я. В., Дида А. П., Колодко М. М.* Рекультивация та фітомеліорація: навч.-метод. посібн. Львів: Вид-во НЛТУ України, 2006. 116 с.
14. *Лакин Г. Ф.* Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.
15. *Ламан Н. А.* Регуляторы роста и развития растений: достижения и перспективы // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы IV Междунар. науч. конф. Минск: Сельхозиздат, 2005. С. 1–3.
16. *Малеванная Н. Н.* Препарат циркон – иммуномодулятор нового типа // Применение препарата циркон в производстве сельскохозяйственной продукции: тез. докл. науч.-практ. конф. М., 2004. С. 17–20.
17. *Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С.* Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. С. 49–50.
18. *Плешков Б. П.* Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. С. 115–117.
19. *Рункова Л. В., Мельникова М. Н., Александрова В. С.* Действие циркона на трудноукореняемые растения // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: тез. докл. 2-й Междунар. конф. Минск, 2001. С. 218.
20. *Попович В. В.* Характеристика осередків самозаймання породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району // Наук. вісн. УкрДЛТУ, 2009. 19(12). С. 77–82.
21. *Прусакова Л. Д., Чижова С. И.* Применение brassinosterоидов в экстремальных для растений условиях // Агрохимия. 2005. № 7. С. 87–94.
22. *Серегина И. И.* Возможность применения регуляторов роста для снижения негативного действия кадмия на рост, развитие и продуктивность яровой пшеницы // Агрохимия. 2004. № 1. С. 71–74.
23. *Смирнов И. А.* Структура хлоропластов и факторы среды. М.: Наука, 1986. 269 с.
24. *Суслова В. В., Николаевский М. С.* Влияние кислых газов на пигментный состав листьев древесных и газонных растений // Учен. зап. Пермск. ун-та. Пермь, 1971. С. 138–145.
25. *Таран Н. Ю.* Каротиноїди фотосинтетичних тканин за умов посухи // Физиология и биохимия культ. растений. 1999. Т. 31. № 6. С. 414–422.
26. *Терек О. І.* Ріст і розвиток рослин: навч. посібник. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. 248 с.
27. *Терек О. І., Величко О. І., Яворська Н. Й.* Механізми адаптації проростків сої до стресових умов за дії регуляторів росту Емістиму С та Агростимуліну // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2006. Вип. 41. С. 132–136.
28. *Терьохіна Л. А.* Дія регуляторів росту на насінневу продуктивність та якість насіння рослин моркви // Овочівництво і баштанництво. Харків: ІОБ УААН, 2008. Вип. 54. С. 45–51.
29. http://meteorit.at.ua/index/super_udobrenie_quotmochevin_kquot/0-7
30. <http://www.agronauk.narod.ru/>

Стаття: надійшла до редакції 15.01.13

доопрацьована 29.04.13

прийнята до друку 30.04.13

**EFFECT OF NEW GROWTH REGULATORS ON THE CONTENT
OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND SOLUBLE
CARBOHYDRATES IN *POLYGONUM CUSPIDATUM* SIEB. ET ZUC.
PLANTS UNDER GROWTH ON THE COAL ROCK DUMPS**

S. Vashchuk¹, D. Rakhmetov², O. Romanchuk¹, V. Baranov¹

¹*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine*

²*M.M. Grishko National Botanical Garden of Kyiv
1, Timiryazevska St., Kyiv 01014, Ukraine
e-mail: sergijvaschuk@gmail.com*

It was analyzed the content of photosynthetic pigments and soluble carbohydrates in *Polygonum cuspidatum* Sieb. Et Zuc under growth on the substrates of coal rock dumps and effect of gibberellin, zircon, Epin-extra, Mochevin-K1. The positive influence of growth regulators on *P. cuspidatum*, growing on substrates of coal rock dumps, is done by increasing of chlorophylls and carotenoids content. The content of water-soluble carbohydrates after action of growth regulators was almost unchanged.

Keywords: Polygonum cuspidatum Sieb. Et Zuc, substrates of coal rock dumps, photosynthetic pigments, soluble carbohydrates, growth regulators (gibberellin, Zircon, Epin-extra, Mochevin-K1).

**ВЛИЯНИЕ НОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА СОДЕРЖАНИЕ
ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА И РАСТВОРИМЫХ УГЛЕВОДОВ
У РАСТЕНИЙ *POLYGONUM CUSPIDATUM* SIEB. ET ZUC ПРИ РОСТЕ
НА СУБСТРАТАХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

С. Ващук¹, Д. Рахметов², О. Романчук¹, В. Баранов¹

¹*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина*

²*Национальный ботанический сад имени Н.Н. Гришко
ул. Тимирязевская, 1, Киев 01014, Украина
e-mail: sergijvaschuk@gmail.com*

Проанализировано содержание пигментов фотосинтеза и водорастворимых углеводов у горца японского (*Polygonum cuspidatum* Sieb. Et Zuc) в условиях роста на субстратах породного отвала угольных шахт при опрыскивании гиббереллином, Цирконом, Эпином-экстра, Мочевинном-K1. Показано, что положительное влияние регуляторов роста на растения горца, растущих на субстратах отвала, происходит путем увеличения количества хлорофиллов и каротиноидов. Уровень водорастворимых углеводов оказался у данного вида практически неизменным.

Ключевые слова: горец японский (*Polygonum cuspidatum* Sieb. Et Zuc), субстраты породных отвалов угольных шахт, пигменты фотосинтеза, растворимые углеводы, регуляторы роста (гиббереллин, Циркон, Эпин-экстра, Мочевин-K1).