

**ВПЛИВ ГІБЕРЕЛОВОЇ КИСЛОТИ, СТИМПО Й РЕГОПЛАНТУ
НА ВМІСТ НІТРАТІВ І АМІАКУ В ПРОРОСТКАХ *HELIANTHUS ANNUUS* L.
ТА *BRASSICA NAPUS* L. ЗА РОСТУ НА СУБСТРАТАХ
ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

С. Макогоненко, В. Баранов, О. Терек

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: mcsofa@ukr.net*

Досліджували дію гіберелової кислоти як представника класичних регуляторів росту, а також двох нових регуляторів росту Стимпо та Регопланту українського виробництва (виробник ДП МНТЦ «Агробіотех») на вміст нітратів і аміаку в 14-добових проростках *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L. Дослід проводили на проростках, що росли на ґрунтових субстратах породних відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району. Дані регулятори є новою розробкою третього покоління з широким спектром дії та біозахисним ефектом. Їх раніше не застосовували як стимуляторів росту і можливих протекторних сполук під час фіторекультивациї техноземів. Тому важливо було дослідити їхній вплив на показники азотного метаболізму проростків у несприятливих едафічних умовах відвалу. Було виявлено збільшення вмісту нітратів і зменшення вмісту аміаку. Це свідчить про зміни азотного обміну у процесі росту молодих проростків соняшника та ріпаку за дії Стимпо і Регопланту, а також сприяння їхньому росту на субстратах породного відвалу. Отримані результати вказують на перспективність подальшого застосування регуляторів росту під час фіторекультивациї породних відвалів.

Ключові слова: Стимпо, Регоплант, гіберелова кислота, *Helianthus annuus* L., *Brassica napus* L.

На території України міститься велика кількість вугільних шахт, відходи яких у вигляді відвалів займають великі території, забруднюючи все навколо, зокрема, наявними у них важкими металами, які ведуть і до загострення хронічних хвороб у людей, і до виникнення у людей схильності до нових хвороб, зокрема, до патології емалі зубів – гіпоплазії та флюорозу [17], а у рослин – навіть до видозмін рослинного покриву на даних територіях [4]. За дії вітру й опадів відбуваються зсуви породи, спостерігається постійне вимивання дощами важких металів у ґрунтові води, що впливає на якість ґрунтових вод, атмосферу, здійснює негативний вплив на рослинність як безпосередньо на відвалах, так і у навколишніх селах [4, 14, 17].

Центральна збагачувальна фабрика (ЦЗФ) є якраз одним із таких підприємств Червоноградського гірничовидобувного району (ЧГПР). Збільшення об'єму супутньої породи під час видобутку і переробки вугілля на ЦЗФ призвело до появи нових відвалів. Територія ЦЗФ займає 180 км², на якій розташовані 12 вугільних шахт і прилегла територія, що відведена під породні відвали, площею 211 га [4]. На території ЦЗФ наявні як перегоріла порода червоного кольору, так і сира, чорна порода, яка постійно за дії тиску та високої температури трансформується на відвалах у червону. На териконах вугільних шахт температура субстратів за активної інсоляції може сягати 60–65 °С на поверхні, а оскільки для даних субстратів характерною є практично провальна водопроникність, то влітку води на глибині 30–50 см майже немає. Досипання нової породи створює тут терикони із

нахилом схилів до 40° та підвищенням на 40–70 м над рівнем оточуючої території [4, 14]. Під час аналізу субстратів ЦЗФ і ґрунтів оточуючих територій виявлено великий вміст важких металів не тільки на території фабрики, але і на території навколо неї, де в окремих місцях відбору проб ГДК важких металів перевищує допустимі норми у 5–7 разів [9, 17].

Враховуючи наведені факти, вказані території потребують негайної фіторекультивациї, яка є процесом очищення ґрунтів даної території завдяки висаджуванню рослин – акумуляторів важких металів і їхньої трансформації у менш шкідливі форми з метою повернення даної території до повторного використання. Одними із таких відносно стійких фіторекультиваторів є обрані нами рослини *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L. [3, 6]. Проте ріст і розвиток будь-якої рослини як у звичайних умовах, так і за росту на відвалах порід вугільної промисловості потребує внесення добрив, засобів їхнього захисту від шкідників і захворювань, а також застосування регуляторів росту рослин [4, 10].

У технологічному центрі «Агробіотех» створено біорегулятори третього покоління – «Регоплант» і «Стимпо» широкого спектра дії з біозахисним ефектом. В основі дії цих регуляторів є синергетичний ефект дії продуктів культивування грибів – мікроміцетів із кореневої системи женьшеню й аверсектину – продукту життєдіяльності бактерії *Streptomyces avermetilis*, здатного покращувати фізіологічні показники рослин як за звичайних, так і за стресових умов [2, 7, 12]. Їхній вплив на ріст і метаболізм рослин під час вирощування на техноземах вивчений мало. Тому метою нашої роботи було дослідити вплив Стимпо і Регопланту, порівняно з класичним регулятором росту гібереловою кислотою, на вміст нітратів і аміаку у проростків досліджуваних культур за умов росту на субстратах відвалів ЦЗФ.

Матеріали та методи

Попередньо було вивчено вплив різних концентрацій регуляторів росту (РР) – оптимальною для гібереліну виявилася концентрація 10 мг/л для обох культур. Оптимальні концентрації Стимпо і Регопланту були різними – для ріпаку 0,1 мл/л Стимпо і 0,25 мл/л Регопланту, а для проростків соняшника – 0,5 мл/л Стимпо і 0,1 мл/л Регопланту.

Насіння соняшника і ріпаку замочували у розчинах регуляторів росту вищенаведених концентрацій на одну годину, промивали дистильованою водою, пророщували в темному термостаті за температури 22 °С протягом 3 діб і далі вирощували на садовому ґрунті й чорному (неперегорілому) та червоному (перегорілому) субстратах породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ протягом 14 діб, після чого визначали вміст нітратів, аміаку.

Нітрати екстрагували 1 % CH_3COOH і визначали фотометричним методом із реактивом Грісса на приладі КФК–3 за довжини хвилі 540 нм і перераховували на 100 г сирової маси зразка [13]. Аміак екстрагували водою і визначали з реактивом Несслера фотометричним методом згідно з [1] на КФК–3 за довжини хвилі 410 нм і обчислювали в мг/100 г сирової маси рослинного матеріалу. Кількісна вибірка була 3-кратною. Для статистичної обробки даних використовували програми Statist і Excel.

Результати і їхнє обговорення

Фіторекультивация земель породних відвалів відбувається за участю стійких до важких металів рослин [15]. Згідно з літературними даними, рослини *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L. є відносно стійкими до високих температур і вмісту важких металів [3, 6]. Вміст нітратів у рослинах визначається загальними потребами підтримувати баланс сигнальних азотовмісних сполук для регулювання та запуску системних механізмів стійкості незалежно від типу зовнішнього впливу, оскільки оксиди азоту відіграють суттєву роль у реакціях рослин на дію абіотичних (гіпер- і гіпотермічного) та біотичного стресів [5, 8, 16].

Тому на першому етапі досліджень було вивчено вплив оптимальних концентрацій РР на вміст нітратів у проростків *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L. (табл. 1). Розрахунки проводили стосовно садового ґрунту, червоної та чорної породи, приймаючи кожен із субстратів за контрольний варіант.

Таблиця 1

Вміст нітратів у проростків *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L.
за росту на субстратах відвалу вугільних шахт

Варіант	Вміст нітратів, мг / 100 г сирової речовини / %	
	соняшник	ріпак
Контроль – садовий ґрунт (СГ)	61,9±9,2 / 100	37,5±4,2 / 100
СГ+ГК	133,3±13,4 / 215	77,2±8,4 / 206
СГ + С	158,3±4,2 / 256	102,2±10,6 / 273
СГ + Р	168,05±8,45 / 271	107,8±9,2 / 287
Червона порода – Чер. п.	172,2±12,4 / 100	113,3±13,4 / 100
Чер.п. + ГК	177,8±5,6 / 103	162,5±4,2 / 143
Чер.п. + С	259,7±8,5 / 151	259,7±13,9 / 229
Чер.п. + Р	283,3±13,4 / 165	273,6±8,5 / 241
Чорна порода – Ч. п.	288,9±15,3 / 100	148,1±12,9 / 100
Ч.п. + ГК	294,4±13,7 / 102	158,3±13,4 / 107
Ч.п. + С	319,4±8,5 / 111	244,4±8,5 / 165
Ч.п. + Р	325,0±4,2 / 113	313,89±19,44 / 212

Примітка: СГ – садовий ґрунт; С – Стимпо; Р – Реґоплант; Чер.п. – червона порода; Ч. п. – чорна порода; ГК – гіберелова кислота

Виявлено зростання вмісту нітратів у 14-добових проростків обох культур у всіх варіантах, зокрема, у варіантах, що росли на породах, причому Стимпо і Реґоплант викликали більше зростання нітратів, ніж ГК.

Оскільки ще одною поживною формою азоту в рослинному організмі є аміак, то наступним етапом нашого дослідження було визначення його вмісту (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст аміаку у проростків *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L.
за росту на субстратах відвалу

Варіант	Аміак мг/ кг сирової речовини	
	соняшник	ріпак
Контроль – садовий ґрунт (СГ)	8,1±0,04 / 100	7,3±0,03 / 100
СГ+ГК	6,1±0,03 / 75	6,8±0,03 / 93
СГ + С	2,5±0,04 / 31	3,8±0,04 / 52
СГ + Р	2,1±0,04 / 11	2,5±0,04 / 34
Червона порода – Чер. п.	19,7±0,04 / 100	17,9±0,03 / 100
Чер.п. + ГК	17,6±0,03 / 89	15,4±0,04 / 86
Чер.п. + С	11,7± 0,04 / 59	12,1±0,04 / 68
Чер.п. + Р	10,4±0,04 / 53	10,8±0,04 / 60
Чорна порода – Ч. п.	15,4±0,04 / 100	17,6±0,03 / 100
Ч.п. + ГК	14,3±0,03 / 93	15,5±0,04 / 88
Ч.п. + С	9,6±0,03 / 62	9,3±0,03 / 53
Ч.п. + Р	7,3±0,03 / 47	6,9±0,03 / 39

Примітка: СГ – садовий ґрунт; С – Стимпо; Р – Реґоплант; Чер.п. – червона порода; Ч. п. – чорна порода; ГК – гіберелова кислота

Виявлено зниження вмісту аміаку в 14-добових проростків у всіх варіантах, зокрема, у варіантах, які росли на породах за впливу РР. Поясненням отриманих результатів може бути різна кислотність субстратів, на яких вирощували проростки. Як відомо, NH_4^+ краще поглинається за нейтральної або слаболужної реакції середовища, а в кислому середовищі його поглинання спадає, NO_3^- навпаки, краще поглинаються за кислого рН, оскільки для протонного котранспорту потрібно багато протонів [11]. У наших дослідях чорна порода мала рН 3,3, тоді як червона мала менше значення кислотності з рН 4,5, відповідно зі зміною кислотності змінювалося поглинання нітратів і аміаку.

За дії Стимпо і Регопланту спостерігали збільшення вмісту нітратів у проростках, порівняно з контрольними проростками на породах без впливу регуляторів росту. Поглинання аміаку на субстратах трохи збільшувалося за дії ГК і зменшувалося за дії Стимпо та Регопланту.

Таким чином, дія Стимпо та Регопланту сприяє адаптації проростків до несприятливих едафічних умов середовища на початкових фазах розвитку, коли рослини ще мають малий вміст вуглеводів і коли краще засвоюється нітратний азот. Засвоєнню амонію заважає відсутність органічних кислот, які утворюються з вуглеводів та у процесі дихання і необхідні для нейтралізації надлишку аміаку шляхом перетворення їх у амінокислоти й аміді [11].

Таким чином, виявлено зв'язок поглинання нітратів і аміаку від рН субстратів і зворотний зв'язок між їхнім поглинанням у проростків соняшника та ріпаку як у контролі, так і більшою мірою за дії регуляторів росту, що підвищувало їхні адаптаційні властивості до несприятливих едафічних умов породного відвалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. С. 153–159.
2. Бабаянц А. В., Гриценко З. М., Пономаренко С. П. Біостимулятори (регулятори росту) рослин. К.: МНТЦ Агробіотех, 2013–2014. С. 3, 10, 12, 15.
3. Бакун В. Р., Ковальська О. Р., Пацула О. І. Протекторна роль трептолему у рослин ріпака та соняшника за дії іонів свинцю // Молодь і поступ біології: зб. тез IV Міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів. Львів, 2008. С. 373–374.
4. Баранов В. І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ “Львів-системенерго“ як об'єкта для озеленення // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 46. С. 172–178.
5. Войтович О. М. Стрес-індуковані зміни активності NO – сигнальної системи в проростках *Pisum sativum* L. // Ботаніка та екологія рослин. Вісн. Запоріж. ун-ту. 2009. № 2. С. 5–8.
6. Гаццишин В. Р., Пацула О. І., Терек О. І. Накопичення важких металів у *Brassica napus* L. і *Helianthus annuus* L. під впливом солей цинку та регулятора росту трептолему // Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46. № 4. С. 343–350.
7. Гриценко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П. та ін. Біологічно активні речовини в рослинництві. Умань, 2008. С. 179–191.
8. Дмитриев А. П. Сигнальная роль оксида азота у растений // Цитология и генетика. 2004. № 4. С. 67–75.
9. Книш І. Б., Харкевич В. В. Розподіл вмісту хімічних елементів у породах териконів Червоноградського гірничопромислового району // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 2003. Вип. 17. С. 148–158.
10. Олійник О. О., Фурман В. М., Солодка Т. М., Вакуленчук С. І. Вивчення ефективності допосівної обробки насіння стимуляторами росту рослин // Вісн. Нац. ун-ту водного господарства та природокористування. 2013. № 4(64). С. 112–118.

11. *Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В.* та ін. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова книга, 2006. С. 264–266.
12. *Пономаренко С. П.* Регуляторы роста растений / Институт биоорганической химии. К., 2003. 319 с.
13. *Починок Х. Н.* Методы биохимического анализа растений. К.: Наук. думка, 1976. 96 с.
14. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2015 році. Департамент екології та природних ресурсів. Львів, 2015. http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rotsi/Lvivska_2015.pdf
15. *Сметанин В. И.* Рекультивация земель: обзор технологий. М.: Экология и промышленность России, 2004. С. 42–45.
16. *Тарчевский И. А.* Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
17. *Грахтенберг И.* Опыт изучения биогеохимической провинции одного из горнопромышленных районов Западной Украины: книга о ядах и отравлениях. Очерки токсикологии. К.: Наук. думка, 2000. С. 213–225.

Стаття: надійшла до редакції 27.11.17

доопрацьована 13.03.18

прийнята до друку 16.03.18

**INFLUENCE OF GIBBERELIC ACID, STIMPO AND REGOPLANT
ON NITRATE AND AMMONIA CONTENT IN SPROUTS OF *HELIANTHUS
ANNUUS* L. AND *BRASSICA NAPUS* L. AT GROWTH ON THE SOIL
SUBSTRATES OF COAL MINE WASTE DUMPS**

S. Makogonenko, V. Baranov, O. Terek

*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: mcsofia@ukr.net*

The effect of gibberellic acid as a classical growth regulators and the two new growth regulators of Ukrainian production Stimpo and Regoplant (producer of the SE ISTC Agrobiotech) on the content of nitrates and ammonian in the 14 - daily seedlings of *Helianthus annuus* L. and *Brassica napus* L. investigated. The experiment was conducted on seedlings grown on the soil substrates of the waste dumps of the coal mines of the Chervonograd mining-industrial area. These regulators are third generation of the regulators with a wide spectrum of action and a bio-protective effect. They have not previously been used as growth stimulators and possible protector compounds for phytorecultivation of the waste dumps of the coal mines. Therefore, it was important to investigate their influence on the indicators of nitrogen metabolism in the seedlings at the unfavorable edaphic conditions of the dump. It was set increasing in the content of nitrates and decreasing content of ammoniain in the plants. This indicates a changing in the nitrogen metabolism during the growth of sunflower and rapeseed seedlings for the influence of Stimpo and the Regoplant. As well as stimulating their growth on the substrates of the waste dump. The obtained results indicate the prospect of further application of growth regulators at the phytorecultivation of waste dump.

Keywords: Stimpo, Regoplant, gibberellic acid, *Helianthus annuus* L., *Brassica napus* L.