

УДК 581.92: 633.85: 631.811.98

## ВПЛИВ РЕГОПЛАНТУ І СТИМПО НА ВМІСТ ВІЛЬНИХ АМІНОКИСЛОТ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У *BRASSICA NAPUS L.* ЗА ВИРОЩУВАННЯ НА ТЕХНОЗЕМАХ

© 2019 р. С. Ю. Макогоненко, В. І. Баранов, О. І. Терек

*Львівський національний університет ім. Івана Франка*

*(Львів, Україна)*

При вирощуванні рослин на техноземах, у тому числі з метою фітореMediaції, перспективним є використання регуляторів росту (РР) з адаптогенними властивостями. У роботі порівнювали вплив нових регуляторів росту виробництва Державного технологічного центру «Агробіотех» Стимпо і Регопланту з дією гіберелової кислоти як класичного фітогормону і РР другого покоління Трептолему на метаболічні показники у 14-добових рослин ріпаку (*Brassica napus L.*) за вирощування на субстратах породного відвалу вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району Львівської області. Вивчали вміст вільних амінокислот, імінокислоти проліну та інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). У варіантах з обробкою РР, особливо Стимпо і Регоплантом, виявлено зниження вмісту продукту ПОЛ малонового діальдегіду і збільшення кількості вільних амінокислот та проліну у рослин, що вирощувалися в несприятливих ґрунтових умовах. Отримані результати вказують на перспективність використання Стимпо і Регопланту при фіторекультивациї породних відвалів вугільних шахт.

**Ключові слова:** *Brassica napus*, Стимпо, Регоплант, субстрати породних відвалів, амінокислоти, пролін, пероксидне окиснення ліпідів

Відвали породи Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР) на даний час є одними із основних техногенних забруднювачів території Львівської області. Породним відвалам властиві нетиповий рельєф, провальна проникність для води, невеликий вміст органічних сполук, висока кислотність та різний вміст рухомих форм важких металів (ВМ) у червоній та чорній породах (Баранов та ін., 2008; 2010). Червона порода є перегорілою і має змінені структурно-текстурні особливості, різноманітні відтінки, що свідчить про складні літологічні та петрографічні перетворення, які відбувалися у процесі термального метаморфізму. Чорна порода є неперегорілою і для неї характерний природний чорно-сірий колір (Баранов та ін., 2012).

Забруднення ґрунтів території, прилеглих до ЧГПР, відбувається внаслідок утворення у субстратах сірчаної кислоти за рахунок окис-

нення піриту атмосферним киснем та підкислення нею ґрунтового розчину до рН 2,5-3,5 (Терещук, 2007). Фітотоксичність породи пов'язана як з її кислотою реакцією, так і з наявністю легкорозчинних солей ВМ (Трохова, 2007), при цьому кислотно-лужні умови породи впливають на процеси адсорбції важких металів твердою фазою ґрунту (Клименко, 2012). У подальшому це може призводити до інтенсивнішої фіксації ВМ рослинами на відвалах внаслідок більшої рухомості їх форм у ґрунтових водах.

Запобігання забрудненню ґрунтів ЧГПР важкими металами можна вбачати не тільки в удосконаленні технологій видобутку вугілля (Масевська, 2005), але і у проведенні фіторекультивациї ґрунтів (Макогоненко та ін., 2018). Для цього проводиться пошук способів повернення ґрунтів до початкового стану шляхом підбору та вирощування рослин-гіперакумуляторів, які б накопичували ВМ у своїй біомасі у великій кількості (Pollard, 2000; Левик, 2010; Самохвалова, 2014).

Адреса для кореспонденції: Терек Ольга Іштванівна,  
Львівський національний університет ім. Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна;  
e-mail: prof.olga.terek@gmail.com

Проте, навіть із застосуванням рослин-акумуляторів, процес вилучення ВМ із субстратів відвалів ЧГПР є довготривалим і вимагає створення різних ефективних біотехнологій як для підтримання життєдіяльності рослин, так і для повернення ґрунтів до початкового стану. Одним із напрямів таких біотехнологій є використання регуляторів росту (РР) для підвищення стійкості даних рослин до несприятливих умов середовища (Грицаєнко та ін., 2008; Пonomаренко, 2013).

Державним міжвідомчим агротехнологічним центром «Агробіотех» створено препарати третього покоління – «Регоплант» і «Стимпо», які є РР природного походження з широким спектром дії та біозахисним ефектом. Основним діючим компонентом даних препаратів є продукти життєдіяльності грибів – мікроміцетів і продукти життєдіяльності бактерії *Streptomyces avermectilis*, а саме – авермектин, а також макро- і мікроелементи (Анішин та ін., 2011). У мікроелементній композиції Регопланту наявні бор і молібден, які відсутні у Стимпо.

Трептолем – напівсинтетичний РР другого покоління виробництва «Агробіотех», що містить крім речовин природного походження ще 2,6-диметилпіридин-1-оксид та бурштинову кислоту, але у його складі відсутні мікроелементи. Гіберелова кислота була вибрана нами для досліджень як класичний стимулятор росту рослин.

Дослідження проводили з використанням рослин ріпаку (*Brassica napus* L.), які є відносно стійкими до дії більшості ВМ та здатні накопичувати кадмій і цинк у своїй біомасі (Гащишин та ін., 2012; 2014). Це дозволяє вирощувати їх як рослини-акумулятори ВМ, що може сприяти швидшому очищенню субстратів відвалу від них. Однак, поки що лишається не з'ясованим, як буде змінюватися метаболізм цих рослин за умов сумісної дії важких металів та інших стресових чинників субстратів породного відвалу і впливу РР.

У зв'язку з викладеним метою нашої роботи було вивчення впливу Стимпо і Регопланту в порівнянні із гібереловою кислотою та Трептолемом на вміст вільних амінокислот, імінокислоти проліну та перебіг реакцій пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у рослин *B. napus* за росту на субстратах відвалів ЧГПР.

## **МЕТОДИКА**

У наших попередніх роботах було встановлено оптимальні концентрації досліджуваних РР для проростків ріпаку, що чинили най-

більш помітний позитивний вплив на ростові показники і вміст фотосинтетичних пігментів фотосинтезу. Вони становили для Стимпо 0,1 мл/л, для Регопланту – 0,25 мл/л (Макогоненко та ін., 2018). Оптимальні концентрації ГК (10 мг/л) і Трептолему (1 мл/л) були взяті з літературних джерел (Гащишин та ін., 2012; Пиріг, 2016).

Насіння замочували протягом 1 години у розчинах вищезазначених концентрацій, а потім промивали дистильованою водою. Пророщування насіння проводилось в чашках Петрі у темному термостаті при температурі 22°C протягом 3 діб, після чого проростки висаджували на чорний та червоний субстрати породного відвалу Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) на 14 діб. Субстрати відбирали у 2017 р. на відвалі ЦЗФ в с. Сілець Сокальського району Львівської області. Контролем було замочене у дистильованій воді насіння і висаджене у садовий ґрунт (СГ).

Біохімічні аналізи проводили на 14 добу росту рослин. Вміст вільних амінокислот визначали, екстрагуючи їх з рослинного матеріалу 10% оцтовою кислотою, після чого додавали нінгідрин, 1% аскорбінову кислоту та 60% спирт. Вимірювання проводили спектрофотометричним методом при довжині хвилі 580 нм і перераховували в мг/100 г сирової маси (Починюк, 1976).

Вміст проліну визначали у рослинному матеріалі, екстрагуючи його 3% 5-сульфосаліциловою кислотою, після чого до екстракту додавали розчини льодяної оцтової кислоти та нінгідрину. Оптичну густину реакційної суміші визначали при довжині хвилі 520 нм (Мокроносів, 1989), і перераховували в мкг/100 г сирової маси.

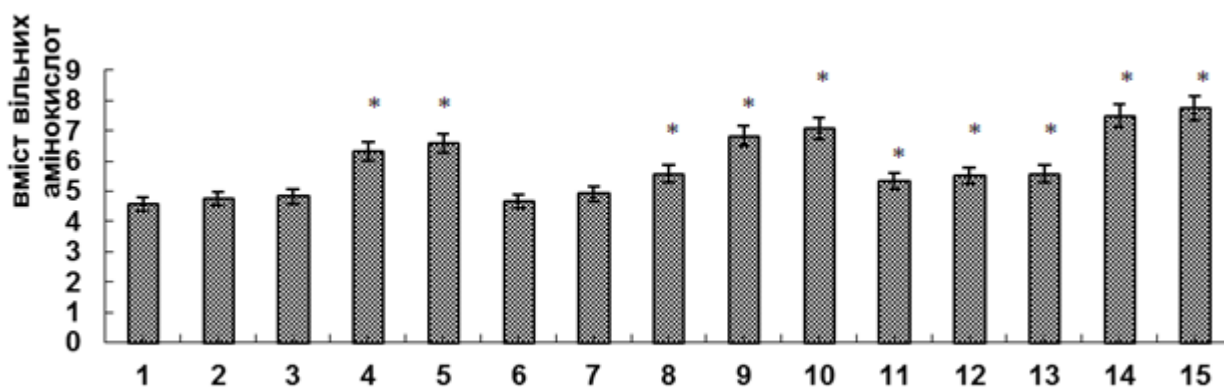
Визначення інтенсивності ПОЛ проводили спектрофотометричним методом за вмістом малонового діальдегіду за реакцією з 2-тіобарбітуровою кислотою (Heath, Packer, 1968).

Досліди проводили у триразовому повторенні. Статистичну обробку результатів проводили за програмами Microsoft Excel та Statist.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

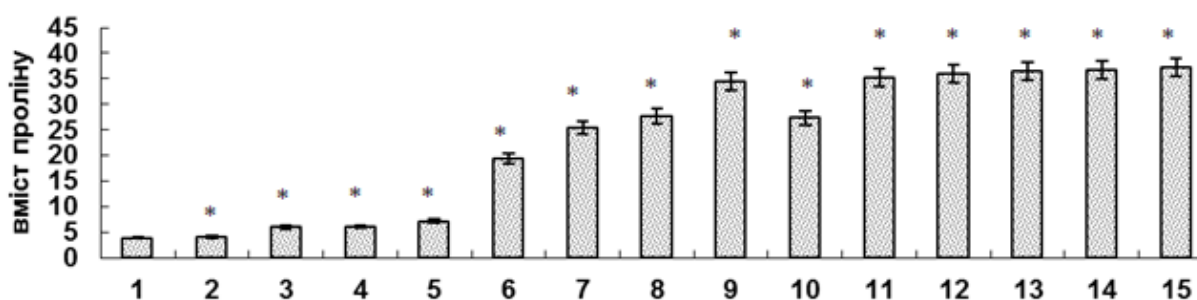
Виявлено збільшення вмісту вільних амінокислот у рослин під впливом РР як на садовому ґрунті (СГ), так і на субстратах ЧГПР порівняно з контролем (СГ). При порівнянні впливу на рослини ріпаку Трептолему та ГК з Стимпо та Регоплантом, виявилось, що обробка останніми збільшувала вміст вільних амінокис-

## ВПЛИВ РЕГОПЛАНТУ І СТИМПО



**Рис. 1.** Вміст вільних амінокислот (мг/100г сирової маси) у листках *V. napus* за умов росту на субстратах відвалу ЧГПР і впливу регуляторів росту.

Тут і на рис. 2, 3: 1 – контроль – садовий ґрунт (СГ); 2 – СГ + гіберелова кислота (ГК); 3 – СГ + Трептолем; 4 – СГ + Стимпо; 5 – СГ + Регоплант; 6 – червоний субстрат; 7 – червоний субстрат + ГК; 8 – червоний субстрат + Трептолем; 9 – червоний субстрат + Стимпо; 10 – червоний субстрат + Регоплант; 11 – чорний субстрат; 12 – чорний субстрат + ГК; 13 – чорний субстрат + Трептолем; 14 – чорний субстрат + Стимпо; 15 – чорний субстрат + Регоплант. \* –  $P < 0,05$  в порівнянні з контролем (СГ).



**Рис. 2.** Вміст проліну (мг/100 г сирової маси) у листках *V. napus* за умов росту на субстратах відвалу ЧГПР і впливу регуляторів росту.

Позначення варіантів, як на рис. 1. \* –  $P < 0,05$  в порівнянні з контролем (СГ).

лот помітніше, незалежно від варіанта субстрату для росту рослин. При цьому зростання вмісту амінокислот відбувалось більше за росту рослин на чорному субстраті, ніж на червоному, а дія Регопланту була дещо сильнішою, ніж Стимпо (рис. 1).

Відомо, що пролін є поліфункціональним низькомолекулярним протектором і бере участь в адаптації рослин до умов довкілля. Тому був досліджений його вміст за умов росту рослин на субстратах відвалів ЧГПР (рис. 2). Само по собі вирощування рослин на червоному і особливо на чорному субстратах призводило до зростання вмісту проліну відносно контролю (СГ). За обробки РР рослин, як на садовому ґрунті, так і на субстратах ЧГПР вміст цієї амінокислоти зростає, причому більшою мірою у рослин за росту на чорному субстраті, ніж на

перегорілому субстраті у порівнянні з контролем (СГ). При порівнянні впливу ГК та Трептолему із Стимпо та Регоплантом більший вміст проліну виявлено за дії Стимпо та Регопланту, причому вплив Регопланту на рослини був сильніший, ніж Стимпо на СГ та червоному субстраті. Винятком були лише рослини, оброблені Регоплантом за росту на червоній породі, тоді як на чорній породі дія усіх РР практично не відрізнялася: вміст проліну в усіх варіантах збільшувався порівняно з величиною варіанта з вирощуванням рослин на СГ.

Генерація активних форм кисню при стресах може спричинити ушкодження мембранних структур, зумовлене вільнорадикальним пероксидним окисненням ліпідів. Зважаючи на це, досліджували вміст МДА у пророст-

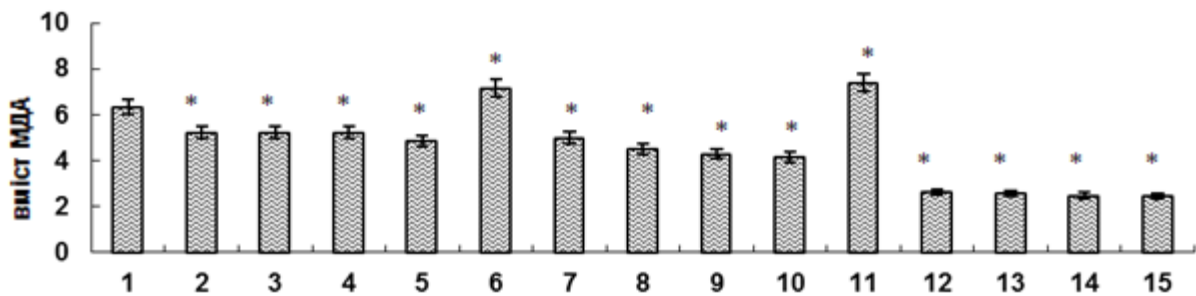


Рис. 3. Вміст МДА (ммоль/г сирової маси) у листках *V. parvis* за умов росту на субстратах відвалу ЧГПР і впливу регуляторів росту.

Позначення варіантів, як на рис. 1. \* –  $P < 0,05$  в порівнянні з контролем (СГ).

ках за їх вирощування на субстратах відвалів ЧГПР і дії РР.

При вирощуванні рослин за стресових умов відзначалося збільшення вмісту МДА. Під впливом РР спостерігалось зниження інтенсивності ПОЛ як за росту рослин на СГ, так і на субстратах породного відвалу (рис. 3). При цьому вплив новітніх РР був суттєвішим порівняно із дією ГК та Трептолему. Обробка Регоплантом ефективніше знижувала вміст МДА у рослинах порівняно з дією Стимпо. За характером впливу всі три українські регулятори росту не поступалися дії ГК, особливо це стосується Регопланту і Стимпо, за обробки якими активність ПОЛ у рослин ріпаку була найменшою, проте, як і в попередньому випадку, більш помітно це було за росту рослин на червоній породі, ніж на чорній.

Вільні амінокислоти за впливу різних стресів виконують регуляторні та протекторні функції (Баранов та ін., 2012; Довгаюк-Семенюк та ін., 2016). Збільшення їх вмісту у рослинах за росту на чорному субстраті порівняно з червоним, на нашу думку, відбувається внаслідок більшої кислотності чорного субстрату і, як результат, більш токсичної дії важких металів (Баранов та ін., 2011). Тому збільшення вмісту амінокислот у рослинах за росту на субстратах відвалу, які характеризуються перевищенням гранично допустимих концентрацій ВМ, є позитивним явищем, оскільки вони можуть виконувати протекторні функції (Hildebrandt et al., 2015) та виступають у ролі буферу і стабілізують внутрішньоклітинний рН (Kramer, 2003; Сыщиков, 2007).

Стимульовані РР зміни вмісту вільних амінокислот сприяють процесу адаптації рослин до дії едафічних стресових факторів (Довгаюк-Семенюк та ін., 2016). Слід зазначити, що досліджені нами показники свідчать про зни-

ження ушкоджень мембранних структур рослинних клітин (Щербаченко, 2014).

Таким чином, за дії Стимпо та Регопланту на рослини ріпаку за росту на субстратах породного відвалу збільшувався вміст амінокислот, зокрема проліну, та одночасно знижувалась інтенсивність ПОЛ. Ці дані та отримані раніше ефекти посилення росту рослин на техноземах під впливом Стимпо та Регопланту вказують на можливість їх використання при вирощуванні ріпаку як фітореemediанту.

## ЛІТЕРАТУРА

- Анішин Л.А., Пономаренко С.П., Грицаєнко З.М. 2011. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню. Київ : 40 с.
- Баранов В.І. 2008. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ Львівсистеменерго як об'єкта для озеленення. Вісн. Львів. ун-ту. 46 : 172-178.
- Баранов В.І., Книш І.М., Блайда І.А., Ващук С.П., Гавриляк М.С. 2012. Очерет звичайний – фітореemediант важких металів у дренажних каналах відвалів вугільних шахт. Біологічні Студії. 6 (1) : 93-100.
- Баранов В.І., Гузь М.М., Гавриляк М.Я., Бешлей С.В., Ващук С.П. 2010. Вплив регуляторів росту і капсульованих добрив на морфометричні показники саджанців сосни, які ростуть на породних відвалах вугільних шахт. Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць. 20 (2) : 8-15.
- Баранов В., Бешлей С., Ващук С., Безносюк С., Мікієвич І., Фецько З. 2011. Визначення токсичної дії важких металів і кислотності на рослини ріпаку як факторів впливу субстратів ґрунту породних відвалів. Біологічні Студії / Studia Biologica. 5 (1) : 17-24.
- Баранов В., Бешлей С., Телегус Я. 2012. Деякі біохімічні показники адаптації кунічника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) до умов едафо-

## ВПЛИВ РЕГОПЛАНТУ І СТИМПО

- топу відвалів вугільних шахт. Вісн. Львів. ун-ту. 58 : 292-299.
- Гащишин В.Р., Пацула О.І., Терек О.І. 2012. Вплив іонів цинку та міді на вміст пероксиду водню й активність каталази та пероксидази рослин *Brassica napus* L. Укр. ботан. журн. 69 (5) : 743-750.
- Гащишин В.Р., Пацула О.І., Терек О.І. 2014. Накопичення важких металів у *Brassica napus* L. і *Helianthus annuus* L. під впливом солей цинку та регулятора росту трептолему. Физиология растений и генетика. 46 (4) : 343-350.
- Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І.Б. 2008. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ: 352 с.
- Довгаюк-Семенюк М.В., Величко О.І., Терек О.І. 2016. Вміст вільних амінокислот у конюшини лучної за дії умов нафтозабрудненого ґрунту. Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 10 (2) : 115-122.
- Клименко Т.К. 2012. Вплив ґрунтових властивостей на розподіл валових форм важких металів ґрунтових урбосистем м. Дніпродзержинська. Збірник наукових праць. 38 : 222-227.
- Левик В. 2010. Фітотоксична оцінка ґрунтів на територіях підземної виплавки сірки Передкарпатського сірконосного басейну. Вісн. Львів. ун-ту. 52 : 70-76.
- Макогоненко С.Ю., Баранов В.І., Карпинець Л.І. 2018. Вплив Стимпо і Регопланту на ріст, вміст пігментів фотосинтезу і білку у проростків ріпаку за росту на техноземах. Проблеми екологічної біотехнології. 1 : 1-13.
- Маєвська Н.В. 2005. Державне управління екологізацією надрокористування у вугільній промисловості України. Університетські наукові записки. 1-2 : 276-284.
- Мокроносів А.Т. 1989. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения. Москва 459 с.
- Пономаренко С.П., Циганкова В.А., Блюм Я.Б., Галкін А.П. 2013. Новий напрямок у рослинництві – застосування природних полікомпонентних регуляторів росту рослин з біозахисним ефектом. Наука та інновації. 9 (5) : 69-77.
- Починок Х.Н. 1976. Методы биохимического анализа растений Київ : 83 с.
- Пиріг О.В. 2016. Збільшення вірусної стійкості рослин люпину жовтого під дією мікробних препаратів та фізіологічно активних речовин. С.-г. мікробіологія. 24 : 59-63.
- Самохвалова В.Л. 2014. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. Біологічні студії / *Studia Biologica*. 8 (1) : 217-236.
- Терещук О. 2007. Вплив відвалів гірничопродобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району. Вісник Львів ун-ту. 34 : 279-285.
- Трохова О.Н. 2007. К вопросу фитотоксичности породы промышленных отвалов Донбаса. Промышленная ботаника. 7: 80-84.
- Щербаченко О.І. 2014. Важкі метали як токсичний фактор забруднення природного середовища. Стійкість і адаптація рослин до їх впливу. Наукові записки Державного природознавчого музею. 30 : 232
- Hildebrandt T.M., Nesi A.N., Araujo W.L., Braun H.P. 2015. amino acid catabolism in plants. *Mol. Plant*. 8 : 1563-1579.
- Heath R.L., Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archive Biochem. Biophys.* 125: 189-198.
- Kramer U. 2003. Phytoremediation to phytochelatin – plant trace metal homeostasis. *New Phytologist*. 158 : 1-9.
- Pollard A.J. 2000 Metal hyperaccumulation: a model system for coevolutionary studies. *New Phytol.* 146 : 179-181.

## REFERENCES

- Anishin L.A., Ponomarenko S.P., Grytsaenko Z.M. Regulatory growth regulators. *Rekomendatsiyi po zastosuvannnyu (Plant growth regulators. Recommendations for use)*. Kyiv : 40 p.
- Baranov V.I. 2008. Ecological description of the waste heap of coal mines of the TsPF of Lvivstemenergo as an object for planting greenery. *Visn. Lviv. Univ. (Visn. Lviv. un-tu.)*. 46 : 172-178.
- Baranov V.I., Knysh I.M., Blida I.A., Vaschuk S.P., Gavrylyak M.S. 2012. The usual ocheret is a phytoremediate of heavy metals in drainage channels of dumps of coal mines. *Biologichni Studiyi / Studia Biologica*. 6 (1) : 93-100.
- Baranov V.I., Guz M.M., Gavrylyak M.Ya., Beshley S.V., Vaschuk S.P. 2010. Influence of growth regulators and capsulated fertilizers on morphometric indices of pine seedlings growing on rock dumps in coal mines. *Scientific herald of NLTU of Ukraine: Collection of scientific and technical works. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny: Zbirnyk naukovotekhnichnykh prats.* 20 (2) : 8-15.
- Baranov V., Beshley S., Vashchuk S., Beznosyuk C., Mykiyevych I., Fetsko Z. 2011. Determination of toxic effects of heavy metals and acidity on rape plants as factors of influence of soil substrates of waste heaps. *(Biologichni studiyi / Studia Biologica)*. 5 (1): 17-24.
- Baranov V., Beshley S., Telehus Y.A. 2012. Some biochemical indices of the adaptation of groundwater (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) to the conditions of the edaphope of dumps of coal mines. *Visn. Lviv. Univ. (Visn. Lviv. un-tu.)*. 58 : 292-299.
- Hashchyshyn V.R., Patsula O.I., Terek O.I. 2012. Influence of zinc and copper ions on hydrogen peroxide

- content and activity of catalase and peroxidase of plants *Brassica napus* L. Ukr. Bot. J. (Ukr. botan. zhurn.). 69 (5) : 743-750.
- Hashchyshyn V.R., Patsula O.I., Terek O.I. 2014. The accumulation of heavy metals in *Brassica napus* L. and *Helianthus annuus* L. under the influence of zinc salts and growth regulators treptolemu. Fiziol. rast. genet. 46 (4) : 343-350.
- Hrytsayenko Z.M., Ponomarenko S.P., Karpenko V.P., Leontyuk I.B. 2008. Biologichno aktyvni rehovyny v roslynnystvvi (Biologically active substances in crop production). Kyiv: 352 p.
- Dovgayuk-Semenyuk M.V., Velichko O.I., Terek O.I. 2016. The content of free amino acids in the clover of dark matter under the conditions of oil-contaminated soil. Biological Studios / Studia Biologica. Biologichni studiyi / Studia Biologica. 10 (2) : 115-122.
- Klymenko T.K. 2012. Influence of soil properties on the distribution of gross forms of heavy metals in soils of urbosyseems in the csty of Dneprodzerzhinsk. Collection of scientific works. (Zbirnyk naukovykh prats) 38 : 222-227.
- Levyk V. 2010. Phytotoxic evaluation of soils in the territories of the underground smelting of sulfur of the Carpathian sulfur dioxide basin. Visn. Lviv. Un. (Visn. Lviv. un-tu.). 52 : 70-76.
- Makogonenko S.Yu., Baranov V.I., Karpinets L.I. 2018. Influence of Stimulus and Rigoplant on growth, content of pigments of photosynthesis and protein in rape seedlings for growth on technosomes. Problems of Environmental Biotechnology. (Problemy ekolohichnoyi biotekhnolohiyi). 1 : 1-13.
- Mayevska N.V. 2005. State management of environmental management of subsoil use in the coal industry of Ukraine. University Scientific Notes. (Universytetski naukovi zapysky). 1-2 : 276-284.
- Mokronosov A.T. 1989. Fotosintez i bioproduktivnost': metody opredeleniya (Photosynthesis and bioproductivity. Methods of determination). Moscow : 459 p.
- Ponomarenko S.P., Tsigankova V.A., Blum Ya.B., Galkin A.P. 2013. A new trend in crop production is the application of natural fields of component growth regulators of plants with a bio-protective effect. Science and Innovation. (Nauka ta innovatsiyi). 9 (5) : 69-77.
- Pochinok K.N. 1976. Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy (Methods of biochemical analysis of plants). Kyiv : 83 p.
- Pyrih O.V. 2016. Increase of viral resistance of plants of lupine yellow under the influence of microbial preparations and physiologically active substances. Agricultural Microbiology. (Silskohospodarska mikrobiolohiya.). 24 : 59-63.
- Samokhvalova V.L. 2014. Biological methods of remediation of soils contaminated with heavy metals. Biological Studios / Studia Biologica. (Biologichni studiyi / Studia Biologica.). 8 (1) : 217-236.
- Tereshchuk O. 2007. The Influence of Mining Industry Dumps on the Environment of the Novovolynsk Mining Industrial Area. Visnyk Lviv Univ. (Visnyk Lviv un-tu). 34 : 279-285.
- Trokhova O.N. 2007. On the issue of phytotoxicity of the Donbas industrial waste dumps. Industrial Botany (Promyshlennaya botanika). 7 : 80-84.
- Shcherbachenko O.I. 2014. Heavy metals as a toxic factor of pollution of the natural environment. Sustainability and adaptation of plants to their influence. Scientific notes of the State Natural History Museum. (Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodovnavchoho muzeyu.). 30 : 232.
- Hildebrandt T.M., Nesi A.N., Araujo W.L., Braun H.P. 2015. amino acid catabolism in plants. Mol. Plant. 8 : 1563-1579.
- Heath R.L., Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archive Biochem. Biophys. 125: 189-198.
- Kramer U. 2003. Phytoremediation to phytochelatin – plant trace metal homeostasis. New Phytologist. 158 : 1-9.
- Pollard A.J. 2000 Metal hyperaccumulation: a model system for coevolutionary studies. New Phytol. 146 : 179-181.

*Надійшла до редакції  
16.07.2018 p.*

## **ВПЛИВ РЕГОПЛАНТУ І СТИМПО**

### **INFLUENCE OF REGOPLANT AND STIMPO ON CONTENT OF FREE AMINO ACIDS AND INTENSITY OF LIPID PEROXIDATION IN *BRASSICA NAPUS* L. AT CULTIVATION ON TECHNOZEM**

S. Yu. Makogonenko, V. I. Baranov, O. I. Terek

*Ivan Franko National University of Lviv  
(Lviv, Ukraine)  
E-mail: prof.olga.terek@gmail.com*

The influence of Stimpo and Regoplant, produced by the State Technology Center Agrobiotech, with a wide spectrum of action and a bio-protective effect was compared with the action of gibberellic acid as a classical growth regulator and growth regulator of the second generation – Treptolem on metabolic parameters of the 14-day *Brassica napus* L. plants at growth on the substrates of the waste heap of coal mines of the Chervonohrad mining region in Lviv region. The content of free amino acids, in particular, proline, and lipid peroxidation activity, which are indicators of plant resistance to stress conditions, were studied. Reduced content of malonic dialdehyde and increased content of free amino acids and proline was revealed, which indicates a decrease in the negative effect on the structure and function of cell membranes and an increase of plant resistance to unfavorable conditions of the waste dump under the influence of growth regulators. The obtained results point to the prospect of using the Stimpo and Regoplant during fitorecultivation of coal mines waste heaps.

**Key words:** *Brassica napus, Stimpo, Regoplant, substrates of coal dumps, amino acids, proline, lipid peroxidation*

### **ВЛИЯНИЕ РЕГОПЛАНТА И СТИМПО НА СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У *BRASSICA NAPUS* L. ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ТЕХНОЗЕМАХ**

С. Ю. Макогоненко, В. И. Баранов, О. И. Терек

*Львовский национальный университет им. Ивана Франко  
(Львов, Украина)  
E-mail: prof.olga.terek@gmail.com*

При выращивании растений на техноземах, в том числе с целью фиторемедиации, перспективным является использование регуляторов роста (РР) с адаптогенными свойствами. В работе сравнивали влияние новых регуляторов роста производства Государственного технологического центра «Агробиотех» Стимпо и Регопланта с действием гибберелловой кислоты как классического фитогормона и РР второго поколения Трептолема на метаболические показатели у 14-суточных растений рапса (*Brassica napus* L.) при выращивании на субстратах породного отвала угольных шахт Червоноградского горнопромышленного района Львовской области. Изучали содержание свободных аминокислот, иминокислоты пролина и интенсивность пероксидного окисления липидов (ПОЛ). В вариантах с обработкой РР, особенно Стимпо и Регоплантом, выявлено снижение содержания продукта ПОЛ малонового диальдегида и увеличение количества свободных аминокислот и пролина у растений, которые выращивались в неблагоприятных грунтовых условиях. Полученные результаты указывают на перспективность использования Стимпо и Регопланта при фиторекультивации породных отвалов угольных шахт.

**Ключевые слова:** *Brassica napus, Стимпо, Регоплант, субстраты породных отвалов, аминокислоты, пролин, пероксидное окисление липидов*