



УДК 581.1: 662.271.4: 631.812 – 408.2: 549.23: 577.122.3: 577.112.

## **ЗМІНИ ВМІСТУ СІРКИ, ВІЛЬНИХ АМІНОКИСЛОТ І БІЛКА В РОСЛИНАХ РІПАКУ, ПІДЖИВЛЕНИХ КАПСУЛЬОВАНИМИ ДОБРИВАМИ НА СУБСТРАТАХ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

**В. І. Баранов<sup>1</sup>, М. Я. Гавриляк<sup>2</sup>, Я. В. Телегус<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail: biofr@franko.lviv.ua*

*<sup>2</sup>Львівська комерційна академія, вул. Самчука, 9, Львів 79005, Україна  
e-mail: academy@lac.lviv.ua <http://www.lac.lviv.ua>*

*<sup>3</sup>Інститут біології тварин НАНУ України, вул. Стуса, 38, Львів 79034, Україна  
e-mail: inenbiol@mail.lviv.ua*

Проведено аналіз вмісту важких металів і сірки в субстратах породного відвалу. Визначено вплив традиційної та капсульованої нітроамофоски на вміст сірки, вільних амінокислот і білка в рослинах ріпаку за умов росту на субстратах відвалу. Виявлені відмінності у вмісті амінокислот, амідів, сечовини у рослинах за дії добрив. Встановлено нагромадження у рослинах основних амінокислот, особливо аргініну, а також амідів (глутаміну й аспарагіну), яке відбувалося на фоні зменшення вмісту сечовини. Показано ефективність підживлення рослин ріпаку капсульованими добривами удвічі менших концентрацій, ніж застосовувана доза промислових добрив.

**Ключові слова:** породний відвал вугільних шахт, ріпак, капсульовані добрива, амінокислоти, білок, сечовина, сірка, важкі метали.

### **ВСТУП**

Площі, які займають породні відвали вугільних шахт, є одними з найбільших серед антропогенно порушених ґрунтів не тільки в Україні, але й в усьому світі [19].

У Львівсько-Волинському вугільному басейні по Львівській області породні відвали займають більше 270 га землі, на яких зберігається більше 100 млн м<sup>3</sup> пустих порід [6, 14]. Породний відвал Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) має площу 76 га і висоту 68 м. У породах відвалу в багатьох місцях відбору (відібрано 212 проб) вміст важких металів перевищує ГДК в багато разів, водні стоки з відвалу мають високу кислотність (рН 2,7–3,5), за рахунок утворення сірчаної кислоти при окисненні піриту, вміст якого сягає в породах 1–4%. За мінералогічним складом ґрунт відвалу складається з алевритистих і алевритових аргілітів, із яких лише

25–30% є перегорілими, а вміст органічної маси становить 1–2% [2, 3], тобто едафічні умови відвалу є достатньо несприятливими для росту рослин. У Сокальському районі збільшується захворюваність населення. Для прикладу, кількість дітей, хворих на гіпоплазію зубів, перевищує середні цифри по Україні. Крім цього, ушкоджується рослинність, забруднюються води, повітряний басейн і ґрунти [28], що викликає необхідність рекультивації ґрунтів відвалів. За державними програмами і правилами рекультивації відвалів [21, 25, 27] рекультивація має здійснюватися шляхом нанесення до 0,5 м шару ґрунту та наступного заліснення і залуження, однак в умовах сучасної економічної кризи класична рекультивація є економічно неможливою. Екологічно дієвим і економічно вигідним виходом із цього становища є фіторекультивація [10, 22]. Однак розвиток фіторекультивації в Україні, як і в усьому світі, стримується через малий асортимент стійких рослин, здатних накопичувати важкі метали і завдяки цьому поступово очищувати ґрунти від них [1], забезпечуючи зниження негативного тиску на середовище. У зв'язку з цим виникає завдання підбору стійких рослин, які б відповідали певним вимогам: швидкі темпи росту і нагромадження вегетативної маси; здатність розвивати потужну кореневу систему; здатність поглинати і нагромаджувати важкі метали. Крім цього, важливо, щоб ці рослини не поїдали свійські чи дикі тварини. До певної міри цим вимогам відповідають технічні олійні культури, зокрема ріпак.

Оскільки відвали характеризуються малим вмістом біофільних елементів, то, згідно з вимогами рекультивації відвалів [21], перед висаджуванням дерев або посівами трав доцільно здійснювати їх підживлення мінеральними добривами. Однак специфічні умови їхнього рельєфу, наявність схилів, що спричиняє стікання води з відвалів ставлять під сумнів ефективність використання традиційних, швидкорозчинних добрив. Такий стан справ спонукав до вивчення перспективності використання капсульованих добрив. Показником метаболізму рослин, який досить чітко відгукується на стресові умови, є азотний обмін, про інтенсивність якого можна судити, зокрема, за змінами амінокислотного складу. Метою роботи було вивчення вмісту важких металів і сірки у ґрунті як показників його токсичності, надходження сірки в рослини і зміни вільних амінокислот (АК), інших азотовмісних сполук у проростках ріпаку за дії традиційних і капсульованих добрив в умовах росту на ґрунтах породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єктом дослідження був ріпак ярий сорту Микитинецький. Рослини вирощували в пластикових ящиках, у які на 25–30 см (умовно орний шар) насипали ґрунт відвалу – чорного (неперегоріла порода) або червоного (перегоріла порода) кольору. В дослідних варіантах у породу додавали традиційну нітроамофоску (НАФ) або капсульовану нітроамофоску (КАПС) з розрахунку 2 і 1 г/кг породи відповідно, за такою схемою: 1. Контроль – торф:пісок (1:1); 2. Червона порода; 3. Чорна порода; 4. Червона порода + НАФ (2 г/кг ґрунту); 5. Чорна порода + НАФ (2 г/кг ґрунту); 6. Червона порода + КАПС (1 г/кг ґрунту); 7. Чорна порода + КАПС (1 г/кг ґрунту). На ґрунт насипали шар торфу 1 см, висівали насіння, яке зверху покривали шаром торфу 1 см. Рослини вирощували у липні за умов природного освітлення протягом 30 діб, після чого відбирали проби надземної частини проростків ріпаку для аналізу вільних амінокислот (АК) і сірки. Для визначення вмісту АК 1 г наважки розтирали в рідкому азоті, заливали 5 мл хлороформу для екстракції пігментів.

Екстракцію проводили протягом 12 год за температури 4°C. Після екстракції пігментів хлороформ зливали, а залишок висушували у потоці холодного повітря. До гомогенату доливали 5 мл літєвого буферу рН 2,2 такого складу: LiOH × H<sub>2</sub>O – 5 г, HCl 37% – 9 мл, рідкий фенол – 1 мл, тїодїетанол – 20 мл (для запобігання руйнуванню сірковмісних амінокислот), вода – до 1 л. Після настоювання у буфері 12 год за температури 4°C гомогенат центрифугували при 8000 об/хв. Осад відкидали, а до супернатанту додавали 40 мг сульфосаліцилової кислоти для осадження білків, перемішували і залишали на холодї на годину, після чого центрифугували. Отриманий супернатант застосовували для визначення вмісту АК на амінокислотному аналізаторі L-6001 фірми „Biotronik”, використовуючи програму для фізіологічних рідин [11, 23].

Для визначення ВМ (проби ґрунту відбирали перед посадкою рослин) рослини спалювали у муфельній печі при 450°C. Рухомі форми ВМ екстрагували амонїїно-ацетатним буфером рН 4,8 і визначали їх вміст на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 („Селмі”, Україна) у пропан-бутановому полум’ї з використанням електротермічного атомізатора „Графіт-2” [20]. Вміст сірки визначали за допомогою рентгенівського спектроскопа типу „Е – link – Microzond”. Як мікрозондовий прилад використовувався дисперсійний (Si(Li) детектор) мікроаналізатор-приставка до мікроскопа фірми „Link-analytical”, діаметр плями електронного променя становив 1 мкм. Інтенсивність характеристичного рентгенівського випромінювання під час запису спектрів становила 2000 імпл/с [6, 12]. Вміст білка визначали за методом Бредфорда [18].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Амінокислоти є активними учасниками метаболїзму, від яких залежить і ріст рослин. Сума і вміст окремих амінокислот можуть бути показниками інтенсивності росту, особливо в умовах стресу [9, 24, 32]. У данїй роботї важко видїлити домінуючий стресовий фактор, оскільки умови ґрунту відвалу являють собою дію багатofакторного стресу, компонентами якого є вплив важких металів, висока кислотність, наявність сірки, інших сполук [2,3].

Наявність сірки, за рахунок якої створюється висока кислотність, як і наявність важких металів, є одними з основних причин появи негативних властивостей ґрунту. Тому першим етапом було визначення їх вмісту у зразках відвалу (табл. 1). У ґрунті породного відвалу ЦЗФ вміст піриту, а, відповідно, і сірки становить досить значну величину. Як показали М. Зборщик і В. Осокін [16], якщо кількість сірки, отриманої за окиснення піриту тїоновими бактерїями, зростає до концентрації 286 г/м<sup>3</sup> повітря, то вона може самозайматись. Наявність менших кількостей сірки

Таблиця 1. Вміст важких металів і сірки у золї ґрунтів породного відвалу, мг/кг

Table 1. Content of heavy metal and sulphur in ashes of substrate of the dump soil, mg/kg

Колір породи	Вміст, мг/кг									
	Cr	Cu	Pb	Fe	Co	Ni	Cd	Zn	Mn	S
Червона	3,09	1,07	8,32	28,7	193,7	53,1	1,75	15,3	110,3	5650
Чорна	2,02	2,93	7,01	34,0	571,7	24,9	3,35	4,95	70,1	7480
ГДК	100	2,1	6,0	–	5	32	0,5 (ОДК)	23	500 (при рН =4)	0,4 (по H <sub>2</sub> S)

не загрожує самозайманням, але внаслідок розкладу піриту спричинює утворення концентрованої сірчаної кислоти, яка під час опадів реагує з водою, унаслідок чого створюється висока температура. Про вміст сірки в газовому середовищі всередині відвалу на даний час невідомо. Раніше ми повідомляли про потенційну небезпеку, яку можуть становити породні відвали вугільних шахт через високий вміст сірки у їхній товщі [4]

Вміст сірки і багатьох важких металів розрізнявся залежно від виду породи: кількість сірки була більшою у чорній породі, порівняно з червоною (табл.1). Крім того, вміст окремих важких металів перевищував ГДК [26].

Більша кількість сірки містилась у проростках, що росли на чорній породі, де був більший вміст сірки, а в червоній породі і в проростках на ній концентрація сірки була меншою.

На ґрунтах, підживлених добривами, вміст сірки у проростках за дії традиційної нітроамофоски (НАФ) знижувався на чорній породі та зростав на червоній. За дії капсульованого добрива (КАПС) спостерігалася та ж закономірність, але меншою мірою, тобто за дії НАФ вміст сірки у проростках ріпаку був більшим, ніж за дії КАПС (табл. 2).

**Таблиця 2. Вміст сірки у 30-добових проростків ріпаку за умов росту на ґрунтах породного відвалу, мг/100 г маси сирової речовини**

**Table 2. Content of sulphur in 30-days seedlings of rape growth on the dump soil, mg/100 g wet weight**

Варіант/колір породи	M±m	t	% до контролю (торфу)	% до контролю (породи)
Торф	74,48±3,27		100	
Чорна	127,21±18,57	2,79	170,8	100
Червона	78,58±9,25	0,41	105,5	100
Чорна+НАФ	88,78±2,57	3,43	119,2	69,8
Червона+НАФ	103,74±1,80	7,81	139,3	132,02
Чорна+КАПС	80,62±4,44	1,10	108,2	63,38
Червона+КАПС	80,61±2,70	1,44	108,2	102,6

Сумарний вміст амінокислот (АК) був майже однаковий у проростках на обох породах, які вважалися контрольним варіантом, а за дії НАФ і КАПС також майже однаково збільшувався на червоній породі, але зменшувався на чорній. Аналізом вмісту сірковмісних амінокислот виявлено їхнє значне нагромадження у проростках, вирощуваних на чорній породі, порівняно з вмістом у проростках, що росли на червоній. Це корелювало з вмістом сірки у ґрунті і проростках за цих умов. За дії НАФ сума сірковмісних АК дещо знижувалась у проростках із червоної та істотно з чорної породи. За дії КАПС сумарний вміст сірковмісних амінокислот у рослин ріпаку, що росли як на червоній породі, так і на чорній, наближався до відповідних контрольних значень (табл. 3), що можна пояснити певною стабілізацією їхнього метаболізму чи навіть прискореним використанням цього класу амінокислот, можливо, для зв'язування надлишку сірки, або, що не виключено, для зв'язування важких металів.

Таблиця 3. Вміст вільних амінокислот у 30-добових проростках ріпаку за дії традиційних і капсульованих добрив

Table 3. The effect of the capsulated fertilizers on the content of free aminoacids in 30-days seedlings of rape

Амінокислота / Варіант	Концентрація в мкМ/1g/% до контролю					
	Червона порода	Чорна порода	Червона+ НАФ	Чорна+ НАФ	Червона+ КАПС	Чорна+ КАПС
Фосфосерин	0,83	0,78	0,63/73,3	0,53/68,3	0,718/86,7	0,708/90,8
Таурин	0,06	0,05	0,06/105,5	0,0	0,001/1,82	0,060/122,4
Аспарагінова кислота	7,80	7,99	5,91/75,8	2,96/37,0	6,590/84,5	5,190/64,9
Гідроксипролін	28,02	31,86	26,49/94,5	20,72/65,0	23,053/82,3	17,370/54,5
Треонін	0,72	1,06	1,41/194,7	1,24/116,1	1,169/161,9	0,952/89,5
Серин	1,15	1,53	3,47/300,9	3,28/214,0	3,449/298,9	2,481/161,7
Глутамінова кислота	7,93	7,04	7,14/89,9	7,329/92,4	8,363/105,5	6,519/92,7
$\alpha$ -аміноадипінова кислота	0,45	0,365	0,21/46,4	0,14/37,5	0,384/86,1	0,250/68,5
Пролін	13,8	13,67	13,88/100,7	15,79/115,5	18,8/136,3	15,53/113,6
Гліцин	1,76	1,97	4,11/233,8	1,37/69,9	3,398/193,5	2,658/135,2
Аланін	1,24	1,55	3,17/256,4	1,76/114,1	2,353/190,5	1,903/123,2
Цитрулін	0,03	0,024	0,25/903,6	0,08/316,7	0,196/700,0	0,170/708,3
Валін	0,95	1,07	0,81/85,3	0,62/65,1	1,98/208,1	1,714/160,6
Цистин	0,12	0,74	0,13/104,9	0,116/15,6	0,21/175,4	0,181/24,4
Метіонін	0,26	0,18	0,25/94,3	0,147/82,1	0,245/93,2	0,225/125,7
Цистатіонін	0,19	0,08	0,09/48,7	0,059/71,1	0,142/76,8	0,11/132,5
Ізолейцин	0,37	0,46	0,46/124,3	0,284/62,1	0,443/120,7	0,279/61,1
Лейцин	0,94	0,49	0,53/55,9	0,440/90,5	0,979/104,1	0,887/182,5
Тирозин	0,24	0,13	0,07/28,8	0,199/149,6	0,25/104,6	0,205/154,1
Фенілаланін	0,17	0,17	0,21/122,5	0,19/113,7	0,226/133,7	0,284/169,0
Гомоцистин	0,04	0,11	0,08/193,0	0,091/87,7	0,085/197,7	0,083/75,5
$\gamma$ -аміномасляна кислота	1,47	1,64	0,37/25,1	0,324/19,8	0,365/24,9	0,521/31,8
Орнітин	0,03	0,06	0,48/1411,7	0,225/409,1	0,271/797,1	0,186/338,2
Лізін	0,93	0,76	2,06/221,5	1,461/192,5	1,543/165,7	1,305/171,9
Гістидин	0,46	0,57	0,96/208,5	0,712/124,7	1,060/231,4	0,695/121,7
Аргінін	0,415	0,760	12,99/3129,2	6,880/905,3	10,2/2458,8	8,288/109,1
Сума сірковмісних амінокислот	0,668	1,052	0,61/90,9	0,413/39,26	0,686/102,7	0,659/62,64
Сумарний вміст амінокислот	70,36	75,09	86,18/122,5	66,95/89,15	86,39/122,8	68,75/91,55

Найбільші зміни вмісту АК відбувалися, вочевидь, за рахунок орнітину, цитруліну, що вказує на зміни активності циклу сечовини (циклу Кребса–Хензелейта). На користь цього ж свідчить і значне збільшення вмісту аргініну, який може утворюватися з цитруліну [14], особливо на червоній породі та менше на чорній. Крім збільшення вмісту аргініну, спостерігали також нагромадження групи основних амінокислот – гістидину, лізину, що може пояснюватися також захисною реакцією рослин на кислотність ґрунтів.

Вміст лізину збільшувався у рослин на обох породах та за дії обох добрив. Це могло відбуватись за рахунок зниження вмісту аспарагінової кислоти і, можливо, за рахунок  $\alpha$ -аміноадипінової кислоти, перетворення якої до лізину було показано у *Neurospora* [5]. Зміни вмісту проліну, який вважається свого роду антистресовою сполукою [9, 30], були незначними в бік нагромадження за дії добрив, а вміст його оксиформи – гідроксипроліну – навпаки, знижувався, до того ж сильніше в проростках із чорної породи за дії обох добрив. Зниження вмісту гідроксипроліну, можливо, пояснюється його включенням до складу оксипролінвмісних білків, необхідних для проходження всіх фаз клітинного циклу [31]. На користь такого припущення свідчить і той факт, що при стимуляції росту за дії добрив відбувається збільшення вмісту білка, яке забезпечується, можливо, за рахунок білків цього типу.

У пагонах рослин ріпаку на червоній породі збільшувався вміст аміаку, хоча цей показник можна вважати лише відносним, оскільки при екстракції літєвим буфером він міг зв'язувати аміак із повітря. Збільшення вмісту аміаку, як і збільшення вмісту групи основних амінокислот, можна розглядати як захисну відповідь рослин на кислотну реакцію ґрунтів. Сумарний вміст обох амідів – глютаміну й аспарагіну – також збільшувався, однак більше ніж 3-кратне збільшення їхнього вмісту змушує задуматися про джерело постачання аміаку (табл. 4). У даному випадку зростання вмісту амідів і окремих амінокислот могло відбуватися за рахунок аміаку сечовини, яка трапляється у багатьох рослин [8], оскільки за дії добрив на червоній породі спостерігалось досить значне зменшення її вмісту, що знову-таки вказує на активну участь циклу сечовини у синтезі амінокислот і амідів. У рослин із чорної породи ці зміни були менш показовими, що, можливо, пояснюється негативним впливом збільшеної концентрації сірки. Ця ж причина пояснює і відсутність таурину за дії НАФ на чорній породі. До речі, досліді Шевякової на бавовнику [29] показали, що при збільшеній концентрації сірки повністю зникав таурин. Вміст  $\gamma$ -аміномасляної кислоти (ГАМК) може підвищуватись за дії різного типу стресів, у зв'язку з тим, що вона сприяє відновленню активності мембран органелів клітин після стресів. Була висловлена думка, що у стресових умовах ГАМК може виконувати функції запасання азоту, якщо це не може відбуватися за рахунок утворення амінокислот або амідів [12], наприклад, глютаму або глютаміну, однак вміст ГАМК у рослинах ріпаку, порівнюючи з вмістом сечовини, є достатньо малим і знижується за дії добрив, як і вміст глютаму. Вміст же глютаміну у рослинах ріпаку зростає, тому запасним депо аміаку, на наш погляд, виступає в основному сечовина та компоненти її циклу.

Наступним етапом було вивчення змін вмісту білка за дії добрив. Як виявилось вміст білка підвищувався у рослин за дії обох добрив (табл. 5), однак якщо у рослин із червоної породи нагромадження білка приблизно збігалось зі збільшенням вмісту амінокислот, то у рослин із чорної породи за дії НАФ зі зменшенням вмісту амінокислот спостерігалось збільшення вмісту білка, а за дії КАПС вміст як амінокислот, так і білка незначно зменшувався.

**Таблиця 4. Вміст азотомісних нінгідринпозитивних сполук у 30-добових рослинах ріпаку за дії традиційних і капсульованих добрив****Table 4. The effect of traditional and capsulated fertilizers on the content of nitrogen-containing ninhydrin-positive compounds in 30-days seedlings of rape**

Сполука	Концентрація у $\mu\text{M}$ / 1g/% до контролю					
	Червона порода	Чорна порода	Червона+ НАФ	Чорна+ НАФ	Червона+ КАПС	Чорна+ КАПС
Аміак	2,820	3,552	5,637/199,89	3,884/109,34	5,767/204,5	5,862/165,03
Сечовина	31,66	29,86	19,15/60,48	20,02/67,04	24,85/78,5	29,33/98,22
Глутамін	5,527	7,645	14,99/271,2	7,146/93,5	16,487/298,3	10,657/139,4
Аспарагін	1,115	9,152	6,84/613,5	3,830/41,85	4,623/414,6	3,447/37,66
Сума амідів	6,642	16,797	21,83/328,7	10,976/65,35	21,11/317,8	14,104/83,9
Фосфоретаноламін	0,120	0,116	0,14/116,7	0,109/93,96	0,151/125,8	0,218/187,9
Етаноламін	3,589	3,097	2,76/76,8	2,871/92,7	2,936/81,8	2,964/95,7
Сума азотомісних сполук	44,83	53,42	49,52/110,5	37,86/70,87	54,91/122,48	52,48/98,2
Сума сполук (з амінокислотами)	115,19	128,51	135,69/117,8	104,81/81,55	141,30/122,6	121,24/94,34

**Таблиця 5. Вміст білка у 30-добових рослинах ріпаку за дії традиційних і капсульованих добрив, мг/100 г сирої маси****Table 5. The effect of the traditional and capsulated fertilizers on the content of protein in 30-days seedlings of rape, mg/100 g wet weight**

Червона порода	Чорна порода	Червона + НАФ	Чорна + НАФ	Червона + КАПС	Чорна + КАПС
49,7 $\pm$ 0,21	57,51 $\pm$ 1,17	62,30 $\pm$ 0,56	65,06 $\pm$ 1,13	64,20 $\pm$ 2,33	55,39 $\pm$ 2,16

Слід відзначити, що вплив зменшеної удвоє дози капсульованих добрив на вміст білка й амінокислот не поступався дії повної дози традиційного добрива на червоній породі, але не на чорній, що може пояснюватися більшим вмістом сірки у рослинах ріпаку з чорної породи та порушенням нормального ходу метаболізму при цьому.

Крім цього, показано, що капсульовані добрива за фізіологічним ефектом, зокрема, щодо синтезу білків, навіть у двічі меншій концентрації не поступаються традиційним, що вказує на доцільність їх використання на червоних породах у специфічних умовах відвалів вугільних шахт при здешевленні їхньої вартості за рахунок зменшення використовуваної дози.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що захисними реакціями рослин ріпаку в умовах великої концентрації сірки у породах відвалів вугільних шахт є нагромадження основних амінокислот – найбільшою мірою аргініну, а також гістидину і лізину, та амідів (глутатіону й аспарагіну), яке, найімовірніше, відбувається за рахунок аміаку сечовини.

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях. Москва: Агропромиздат, 1987. 140 с.
2. Баранов В.І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ „Львівсистем-енерго” як об’єкта для озеленення. **Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.**, 2008; 46: 172–178.
3. Баранов В.І., Книш І.Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ “Львівсистеменерго” та їх вплив на проростання насіння. В кн.: **Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку**. Матеріали V міжнар. наук. конф. Донецьк: 2007. С. 36.
4. Баранов В.І., Настасяк І.М. Фізіологічна оцінка перспектив використання органо-мінерального добрива Агробеллум для цілей рекультивації порушених земель. В кн.: **Міжнар. Еколог. форум „Eco Solution. New Technology”**. Міжнар. конф. “Відходи і технології їх переробки”. Львів: Виставковий центр „Lemberg”. 5–6 червня 2008 р. 2.
5. **Биохимия растений**. Под ред. Дж. Боннера. Москва: Мир, 1965. 624 с.
6. Галушка В.П., Третяк П.Р. Екологічні проблеми шахтарського краю. В кн.: **Охорона природи та раціональне природокористування**. Лісівнича академія наук України. Наукові праці, 2007; 5: 98–102.
7. Гоулдстейн Дж., Эчлин Д. П. и др. **Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ**: в 2-х кн. Кн. 2. Пер. с англ. Москва: Мир, 1984. 348 с.
8. Гребинский С. **Биохимия растений**. Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1967. 272 с.
9. Григорюк І.П., Нижник Т.П., Войцешина Н.І., Мицко В.М. Вплив водного стресу і полістимуліну на вміст амінокислот у листках, урожай та якість бульб картоплі. **Физиология и биохимия культ. растений**, 2005; 37(4): 349–355.
10. Гуральчук Ж.З., Гудков І.М. ФітореMediaція та її роль в очищенні ґрунтів від важких металів та радіонуклідів. **Физиология и биохимия культ. растений**. 2005; 37(5): 371–383.
11. Дэвени Т., Гергей Я. **Аминокислоты, пептиды и белки**. Москва: Мир, 1976. С. 173–186.
12. Землянухин А.А., Иванов Б.Ф., Ершова А.Н. Организация метаболизма гамма-аминомасляной кислоты в растениях. **Успехи современной биологии**, 1979; 2: 185–189.
13. **Количественный электронно-зондовый микроанализ**: Пер. с англ. Под ред. В.Скотта, Г.Лава. Москва: Мир, 1986. 352 с.
14. Кретович В.Л. **Обмен азота в растениях**. Москва: Наука, 1972. 527 с.
15. Львівсько-Волинський вугільний басейн [Електрон. ресурс]. <http://www.uk.wikipedia.org/wiki>
16. Лісовенко М. Двобій з Мінотавром. **Урядовий кур’єр**, 2007: 25 груд.
17. Майстер А. **Биохимия аминокислот**. Москва: Изд-во иностр. лит., 1961. 530 с.
18. Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. **Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин**. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 49–50.
19. **Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1996 році**. Скорочений виклад. Київ: Вид-во Раєвського, 1998. 96 с.
20. **Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства**: Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: ЦИНАО, 1992. 32 с.
21. **Правила проведення біологічної рекультивації породних відвалів вугільних шахт України**. Видання офіційне. Київ: Мінвуглепром України, 2007. 30 с.
22. Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами. **Физиология растений**, 2003; 50(5): 764–780.
23. Плешков Б.П. **Практикум по биохимии растений**. Изд. 2-е. Москва: Колос, 1976. С. 115–117.
24. Петинов Н.С., Берко Н.Ф. Содержание свободных аминокислот в связи с ростовыми процессами кукурузы в условиях различного водоснабжения. **Физиология растений**, 1985; 32(1): 169–175.



25. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В. **Агроекологія**. Полтава: Друк ФОП Говоров С.В., 2008. 256 с.
26. Сторожук В.М., Батлук В.А., Назарук М.М. **Промислова екологія**. Львів: Українська академія друкарства, 2005. С. 159–160.
27. Сургай Н.С., Буслик В.Н. Рекультивация породных отвалов закрывающихся шахт Львовско-Волынского угольного бассейна. **Уголь Украины**, 2000; 6: 27–29.
28. Трахтенберг И. **Книга о ядах и отравлениях. Очерки токсикологии**. Київ: Наук. думка, 2000. 366 с.
29. Шевякова Н.И. Метаболизм серы в растениях. Москва: Наука, 1979. С. 106–107.
30. Windsor E. J. Biol. Chem. 1951; 192: 607. (цит. за: Майстер А. 1961).
31. Liso R., Innocenti A.M., Bitonti B.M., Arrigoni O. Ascorbic Acid-Induced Progression of Quiescent Centre Cells from G1 to S Phase. **New Phitol**, 1988; 110: 469–471.
32. Turner N.C., Berg J.E. Plant-water relation and adaptation to stress. **Plant and Soil**, 1981; 58(1/3): 97–131.

---

## CHANGES OF CONTENT OF SULPHUR, FREE AMINO ACIDS AND PROTEIN AT PLANTS RAPE FOR ACTIONS OF KAPSULED FERTILIZERS ON SUBSTRATE OF COAL MINE'S DUMP SOIL

V. I. Baranov<sup>1</sup>, M. J. Gavriljak<sup>2</sup>, J. V. Telegus<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine

<sup>2</sup>Lviv Comertion Academy, 9, Samchuk St., Lviv 79005, Ukraine

<sup>3</sup>Institute Biology of Animals, 38, Stus St., Lviv 79034, Ukraine

The analysis of content of heavy metals and sulphur is conducted in substrate of the dump soil. Influence is certain traditional and capsuled NPK on maintenance of sulphur, free amino acids and protein in plants of rape on conditions of growth on substrate of the dump. Differences found were in the synthesis of amino acids, amides, urea and ammonia, *protein* at the action of fertilizers. The increment of basic amino acid levels, especially arginine, as well as amides, glutamine and asparagine in plants was demonstrated on the background of decline of urea content. Efficiency of capsulated fertilizer of rapeseed plants with twice lower concentration than classic dose of fertilization.

**Key words:** coal mine rock dump, rape, capsuled fertilizers, aminoacids, urea, protein, sulphur, heavy metals.

## ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ, СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ И БЕЛКА В РАСТЕНИЯХ РАПСА ПРИ ПОДКОРМКЕ КАПСУЛИРОВАННЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА СУБСТРАТАХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В. И. Баранов<sup>1</sup>, М. Я. Гавриляк<sup>2</sup>, Я. В. Телегус<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Львовский национальный университет имени Ивана Франко  
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина

<sup>2</sup>Львовская коммерческая академия, ул. Самчука, 9, Львов 79005, Украина

<sup>3</sup>Институт биологии животных НААН Украины, ул. Стуса, 38, Львов 79034, Украина

Проведен анализ содержания тяжелых металлов и серы в субстратах породного отвала. Определено влияние традиционной и капсулированной нитроаммофоски на содержание серы, свободных аминокислот и белка в растениях рапса при росте на субстратах отвала. Выявлены отличия в синтезе аминокислот, амидов и мочевины при действии удобрений. Установлено накопление в растениях основных аминокислот, особенно аргинина, а также амидов (глутамина и аспарагина), которое происходило на фоне уменьшения содержания мочевины. Показана эффективность удобрения растений рапса капсулированными удобрениями вдвое меньшей концентрации, чем применяемая доза промышленного удобрения.

**Ключевые слова:** породный отвал угольных шахт, рапс, капсулированные удобрения, аминокислоты, белок, мочевина, сера, тяжелые металлы.

Одержано: 11.02.2010