

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗА ВПЛИВУ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО ПОПЕЛУ ТА ВЕРМИГУМАТУ

Я. В. ШПАК, І. Р. ЗАПІСОЦЬКА, В. І. БАРАНОВ, О. І. ТЕРЕК

Кафедра фізіології та екології рослин,
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: yaroslavcofizros@gmail.com

Досліджено вплив кам'яновугільного попелу з відвалів Добротвірської теплоелектростанції та вермигумату, одержаного із копролітів дощових черв'яків на фітотоксичність породних відвалів кам'яновугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району. Для біотестування використовували насіння і проростки суданської трави *Sorghum bicolor subsp. drummondii* (Nees ex Steud.). Помічено збільшення довжини пагона і кореня проростків суданської трави за впливу додавання попелу окремо та разом з вермигуматом до субстратів породних відвалів. Застосування лише вермигумату не спричинило достовірних змін вищезгаданих морфометричних параметрів проростків *Sorghum bicolor subsp. drummondii*. Встановлено, що додавання попелу та вермигумату до субстратів породних відвалів збільшує вміст і співвідношення хлорофілів *a/b* у листках проростків. Натомість, обидва досліджені меліоранти зменшували загальний вміст фенольних сполук та окремо визначених антоціанів. Збільшення вмісту і співвідношення хлорофілів *a/b* у поєднанні зі зменшенням вмісту фенольних сполук свідчить про зменшення стресу для рослин, спричиненого фітотоксичністю. З'ясовано, що використання кам'яновугільного попелу разом з вермигуматом знижує фітотоксичність породних відвалів ефективніше, ніж застосування тільки попелу.

Ключові слова: фітотоксичність, суданська трава, породні відвали кам'яновугільних шахт, кам'яновугільний попіл, вермигумат.

Вступ. Породні відвали кам'яновугільних шахт (ПВКВШ) розташовані на території Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР), несприятливі для росту більшості рослин, оскільки мають сильну кислотність, високий вміст важких металів, провальну водопроникність та дефіцит поживних речовин. Для оптимальної рекультивациі ПВКВШ необхідно підвищувати рН субстратів внесенням промислових відходів-нейтралізаторів кислотності та проводити штучне ґрунтоутворення з подальшою фітомеліорацією.

На відміну від породних відвалів ЧГПР кам'яновугільний попіл із відвалів Добротвірської теплоелектростанції (ДТЕС) має лужне значення рН завдяки наявності сполук кальцію. Попіл із відвалів ДТЕС економічно доцільно використовувати для зменшення кислотності породних відвалів ЧГПР завдяки невеликій відстані та хорошому транспортному (зокрема залізничному) сполученню між цими промисловими об'єктами (Баранов, Книш, 2007; Баранов, 2008; Баранов, Бая та ін., 2014). Для зв'язування важких металів субстратів ПВКВШ у малорухомі сполуки застосування вермигумат (ВГ), тобто гумат екстрагований з копролітів дощових черв'яків. Внаслідок полімеризації продуктів розкладу органіки у їхньому

кишечнику формуються гумінові кислоти (Гармаш, 2003; Sinha, 2009; Zularisam, Zahirah et al., 2010; Буцяк, 2012), спроможні утворювати малорухомі комплексні сполуки з важкими металами (Байдина, 1994; Алексеева, 2002). Однак внесення вермигумату не здатне нейтралізувати кислотність до прийнятної для більшості покритонасінних рослин рівня, тому постає необхідність використовувати його в поєднанні з економічно доцільним нейтралізатором кислотності — кам'яновугільним попелом з ДТЕС.

Мета роботи — біотестування впливу роздільного і сумісного застосування кам'яновугільного попелу та вермигумату на фітотоксичність субстратів ПВКВШ.

Матеріали та методи дослідження. Зразки чорної (не перегорілої) та червоної (перегорілої) породи відбирали з відвалів Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ), розташованої у Сокальському районі Львівської області, а КВП, акумульований під час роботи повітроочисного обладнання, з відвалів ДТЕС, розташованої в смт. Добротвір Кам'янка-Бузького району Львівської області. Для дослідження впливу КВП на кислотність субстратів вимірювали рН КВП, чорної та червоної порід ПВКВШ без додавання та з додаванням 5-ти % КВП за масою на

приладі «Иономер универсальный ЭВ-74» (Білорусь, «Гомельский завод измерительных приборов») у 5-тикратній повторюваності за температури води +18,5°C, рН дистильованої води 5,5 та вмісті твердої речовини 100 г/л.

Цю концентрацію використовували для запобігання перевищення ГДК (Державні санітарні правила і норми України, 1999) токсичних металів у субстратах із додаванням КВП (Баранов, Книш, 2007; Баранов, Бая та ін., 2014).

Вермигумат використовували у вигляді 0,01 %-го водного розчину, який застосовують у сільському господарстві для стимуляції росту рослин (Орлов, 1993). Дослідний вермигумат одержували екстракцією розчином калію гідроксиду із копролітів дощових черв'яків породи «Старатель», селекції професора А. М. Ігоніна, які, згідно з його даними (Ігонин, 2004), в середньому мають значення рН близько 6,8-7,2; вміст сухої органічної речовини 40-60 % та такий хімічний склад: гумус 10-12 %; N 0,9-3 %; P 1,3-2,5; K 1,2-2,5 %; Ca 4,5-8 %; Mg 0,5-2,3 %; Fe 0,5-2,5 %; Cu 3,5-5,1 %; Mn 60-80 мг/кг; Zn 28-35 мг/кг.

Дослідження здійснювали з проростками суданської трави *S. bicolor* subsp. *drummondii*, які росли протягом 11-ти діб у чашках Петрі в термостаті за температури 23°C, а потім 10 діб за 12-тигодинного штучного освітлення і температури 20±2°C. Для дослідження в чашки Петрі, закладали по 25 насінин, взятих у 3-х кратній повторюваності.

Як еталон використовували проростки, які росли в чашках Петрі з піском, насиченим 15-ма мл повного поживного розчину Гельрігеля (Гродзинский, 1973). Дослідні рослини вирощували на субстратах ПВКВШ з роздільним чи сумісним додаванням КВП та вермигумату. За контроль слугували рослини, вирощені на субстратах ПВКВШ без додавання меліорантів.

Для дослідження закладали такі варіанти:

- 1) пісок (5 г) + розчин Гельрігеля (15 мл);
- 2) червона (перегоріла) порода (5г) + дистильована вода (15 мл);
- 3) червона порода (4,75 г) + КВП (0,25г) + дистильована вода (15 мл);
- 4) червона порода (5 г) + ВГ 0,01 %-й (15 мл);
- 5) червона порода (4,75 г) + КВП (0,25 г) + ВГ 0,01 %-й (15 мл);
- 6) чорна (не перегоріла) порода (5 г) + дистильована вода (15 мл);
- 7) чорна порода (4,75 г) + КВП (0,25 г) + дистильована вода (15 мл);
- 8) чорна порода (5г) + ВГ 0,01 %-й (15 мл);

9) чорна порода (4,75 г) + КВП (0,25 г) + ВГ 0,01 %-й (15 мл).

Вплив дослідних субстратів на енергію проростання насіння *S. bicolor* subsp. *drummondii* встановлювали через 4 доби, а на схожість через 10 діб згідно ГОСТ 12038-84. Морфометричні параметри визначали на 11-ту добу. Вміст пігментів фотосинтезу (Гавриленко, 1975) та загальний вміст фенольних сполук (Запрометов, 1971) визначали у витяжках із листків, гомогенізованих 96-ти %-м етанолом на 21-шу добу росту. Вміст антоціанів визначали у витяжці з листків проростків у 96-ти %-му етанолі та концентрованої хлоридної кислоти у співвідношенні 99:1 (Егорова, 2012).

Математичну обробку даних здійснювали за допомогою програми MS Excell 2007. Для перевірки статистично достовірних відмінностей між варіантами експерименту розраховували *t*-критерій Стьюдента (Лакин, 1990).

Результати та їх обговорення. У наших попередніх дослідженнях виявлено, що додавання 5 % КВП за масою з рН 7,4±0,1 достовірно (при P≤0,05 та n=5) підвищувало рН субстратів ПВКВШ, зокрема рН чорної породи з 3,3±0,1 до 4,3±0,1, а червоної з 4,1±0,1 до 4,8±0,1. Дану закономірність можна пов'язати з наявністю у попелі з ДТЕС кальцію, катіони якого зв'язують аніони оксидів сульфуру. Згідно з даними (Баранов, Бая та ін., 2014) взятий нами КВП містив близько 4,5 % СаО.

Не виявлено впливу контрольних і дослідних субстратів на енергію проростання та схожість насіння *S. bicolor* subsp. *drummondii* відносно еталона (Рис.1), що узгоджується з дослідженням, згідно якого сульфурвмісні субстрати з ПВКВШ Південноафриканської Республіки із рН=3,8 не впливали на енергію проростання (4-та доба) та схожість (10-та доба) насіння іншого підвиду *Sorghum bicolor* L. - *S. bicolor* subsp. *bicolor* Moench (Muller, 2014).

За росту проростків *S. bicolor* subsp. *drummondii* на субстратах ПВКВШ помічено значне зменшення морфометричних параметрів щодо еталона. Додавання КВП до субстратів із породних відвалів статистично достовірно збільшило довжину пагона і кореня проростків. Додавання вермигумату до субстратів з ПВКВШ не спричинило статистично достовірних змін морфометричних параметрів відносно контролю. Також не виявлено перетину межі стандартного відхилення між значеннями морфометричних параметрів проростків, вирощених на субстратах із сумісним додаванням попелу та вермигумату і проростків, вирощених на субстратах із додаванням тільки попелу (рис. 2).

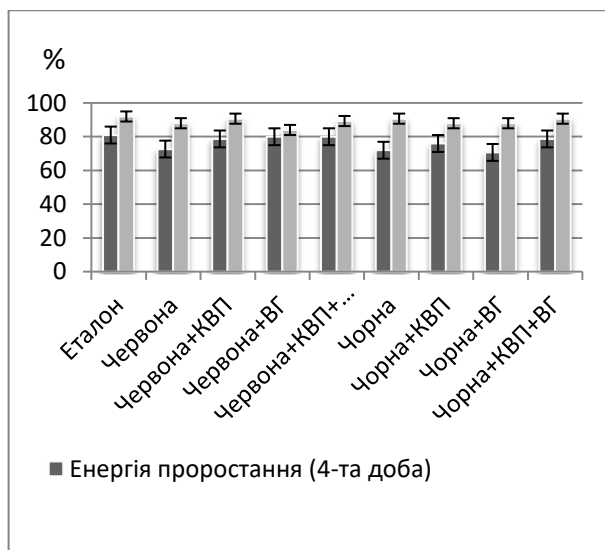


Рис. 1. Енергія проростання і схожість насіння суданської трави за впливу кам'яновугільного попелу (КВП) та вермигумату (ВГ) до субстратів ПМКВШ (n=75)

Fig.1. Germination energy and germination of Sudan grass' seeds under the effect of coal fly ash (CFA) and vermicompost' humate (VH) to substrates from rock dumps of coal mines (n=75)

Примітка (*) тут і далі: достовірна відмінність значень біопараметрів проростків за росту на субстратах з ПМКВШ із додаванням меліорантів відносно значень проростків, які росли на субстратах з ПМКВШ без додавання меліорантів, при $p (*) \leq 0,05$.

Відомо, що зміна вмісту хлорофілів і їхнього співвідношення є наслідком змін фізіологічних процесів у рослинному організмі і тому використовується для біоіндикації впливу стрес-факторів та заходів щодо їх зниження (Lichtenthaler, 1987; Бессонова, 1992; Gratao, Polle et al., 2005). Виявлено знижений вміст

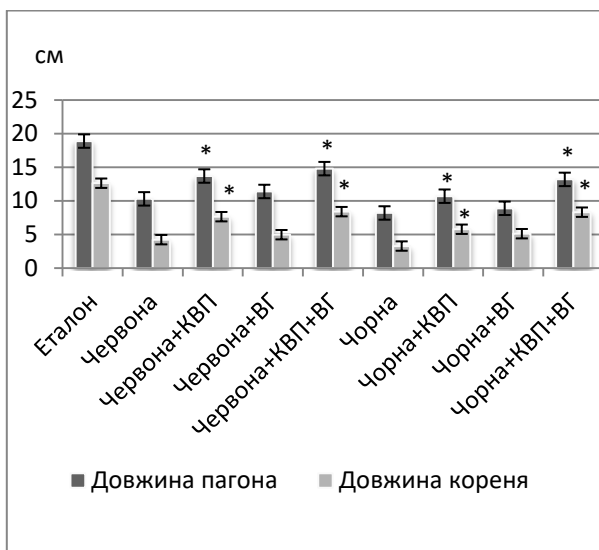


Рис. 2. Морфометричні параметри проростків суданської трави за впливу КВП та ВГ до субстратів із породних відвалів кам'яновугільних шахт (n=15)

Fig.2. Morphometric parameters of Sudan grass' seedlings under the effect of coal fly ash (CFA) and vermicompost' humate (VH) to substrates from rock dumps of coal mines (n=15)

Note: Asterisks (*) here and next indicates statistically significant difference values of seedlings which grew on substrates with ameliorants' addition with regard to values of seedlings which grew on substrates without ameliorants' addition ($p \leq 0.05$).

хлорофілу *a* та співвідношення хлорофілів *a/b* у листках проростків *S.bicolor* subsp. *drummondii* за росту на субстратах ПМКВШ щодо еталону. Сумісне застосування обох дослідних меліорантів підвищило вміст хлорофілу *a* та співвідношення хлорофілів *a/b* ефективніше, ніж роздільне (табл.).

Таблиця
Біохімічні параметри у сирій масі листків суданської трави за впливу кам'яновугільного попелу (КВП) та вермигумату (ВГ) до субстратів з ПМКВШ (n=3)

Table
Biochemical parameters in wet mass of Sudan grass' leaves under the effect of coal fly ash (CFA) and vermicompost' humate (VH) to substrates from rock dumps of coal mines (n=3)

Варіант експерименту	Хлорофіл <i>a</i> , мкг/г	Хлорофіл <i>b</i> , мкг/г	Хлорофіли <i>a/b</i>	Антоціани, мг/г	Феноли, мг/г
Еталон	723±10	228±4	3,17±0,02	2,45±0,08	140±7
Червона порода	421±6	186±13	2,27±0,13	4,26±0,09	210±11
Червона порода+КВП	497±6*	205±7	2,43±0,06	3,77±0,10*	178±5
Червона порода+ВГ	435±7	140±9	3,50±0,16*	3,97±0,09	193±4
Червона порода+КВП+ВГ	569±11*	211±6	2,69±0,03	3,25±0,07*	160±5*
Чорна порода	261±4	266±9	0,98±0,04	4,73±0,11	236±6
Чорна порода+КВП	320±7*	280±9	1,18±0,05	4,23±0,09*	214±4
Чорна порода+ВГ	383±5*	154±11*	2,49±0,15*	4,56±0,08	209±5*
Чорна порода+КВП+ВГ	418±7*	194±6*	2,15±0,04*	3,85±0,08*	172±4*

За впливу стрес-факторів у клітинах рослин підвищується вміст фенольних сполук (Sakihama, Cohen et al., 2002; Gratao, Polle et al., 2005; Posmyk, Kontek et al., 2009). Додавання КВП до субстратів ПВКВШ призвело до зменшення загального вмісту фенольних сполук та окремо визначених антоціанів унаслідок зниження кислотності і відповідно фітотоксичності субстратів. Додавання вермигумату зменшило загальний вміст фенольних сполук і вміст антоціанів у клітинах рослин, можливо, через переведення сполук важких металів субстратів з ПВКВШ у малорухомі форми (Байдина, 1994; Алексеева, 2002). Проростки, які росли на субстратах із попелом і вермигуматом, містили фенольних сполук та зокрема антоціанів, менше, ніж на субстратах тільки із попелом чи вермигуматом, що можна пояснити взаємним підсиленням ефективності обох меліорантів, тобто проявом синергізму дії цих сполук (табл.).

Висновки. Отже, застосування кам'яновугільного попелу з ДТЕС для зменшення фітотоксичності породних відвалів ЧГПР у поєднанні з вермигуматом ефективніше, ніж застосування лише попелу.

Список літератури:

- Алексеева А.С. Влияние применения нетрадиционных органических удобрений на накопления тяжелых металлов и биологическую активность дерново-подзолистых супесчаных почв / А.С.Алексеева. // автореферат диссертации на соискание ученой степени к.б.н. (06.01.04. агрохимия). - М.: МГУ. - 2002. - 145 с.
- Байдина Н.Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно загрязненной почве / Н.Л. Байдина // Почвоведение. - 1994. - Вып. 9.- С. 108-112.
- Баранов В. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ «Львівсистеменерго» як суб'єкта озеленення / В.Баранов // Вісник Львів. Ун-ту. Серія біологічна. - 2008. - Вып. 2. - С.172-178.
- Баранов В.І. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ «Львівсистеменерго» та їх вплив на проростання насіння / В.І.Баранов, Книш І. Б. // Матер. V міжнар. наук. конф. «Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку». - Донецьк. - 2007. - С. 36.
- Баранов В. Токсикологічний аналіз води дренажних каналів і золи золівідвалів Добротвірської ТЕС / В. Баранов, А. Бая, Л. Боднар, І. Блайда, О. Карпенко // Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. - 2014. - Вып. 65. - С. 238-244.
- Бессонова В.П. Вплив важких металів на пігментну систему листка / В.П. Бессонова // Укр.ботан.журнал.-1992. -Т.49. - Вып. 2. - С.63-66.
- Бешлей З. Порівняльний морфометричний аналіз рослин сорго алепського за умов росту на субстратах породного відвалу з додаванням нетрадиційних добрив / З. Бешлей, С. Бешлей, В. Баранов, О. Терек // Modern Phytomorphology. -2015. - Вып. 6. - С. 347-348.
- Буцяк А. А. Використання біогумусу для підвищення родючості ґрунту і одержання екологічно безпечної продукції / А. А. Буцяк // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. - 2012. - Т. 14. -Вып. 2. - С. 33-36.
- Гавриленко В.Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Учебное пособие / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина. - М.: Высшая школа. - 1975. - 392 с.
- Гармаш С.М. Экологический способ утилизации растительных отходов АПК методом вермикультивирования / С. М. Гармаш // Вісник Дніпропетровського аграрного університету. Дніпропетровськ. - 2003. - № 2.- С. 65-68.
- Гродзинский А. М. Краткий справочник по физиологии растений. 2-е изд. / А. М. Гродзинский, Д. М. Гродзинский. -К.: «Наукова думка». -1973. - 592 с.
- ГОСТ 12038-84. Методы определения всхожести и энергии прорастания // Семена сельскохозяйственных культур . Часть 1. - М.: Изд-во стандартов. -1984. - 57 с.
- Орлов Д. С. Гуминовые вещества в биосфере / Д. С. Орлов - М.: Наука. - 1993. - 237 с.
- Егорова А.В. Изучение возможностей комплексного использования плодов черной смородины (Ribes nigrum L.) / А.В. Егорова, В.А. Куркин, А. М. Каримова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.-2012. - Т 14. - Вып. 1. - С. 2215-2217.
- Запромёттов М.Н. Определение суммы фенольных соединений с использованием реактива Фолина-Дениса / М.Н. Запромёттов // Биохимические методы в физиологии растений. - М.: Наука. - 1971. - с.191.
- Игонин А.М. Черви-гумус-урожай / А.М. Игонин // Достижение науки и техники АПК. - 2004. - Вып. 4. - С. 2-3.
- Лакин Г.В. Биометрия / Г. В. Лакин. – М.: Высшая школа. - 1990. – 352 с.
- Gratao P. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier / P. Gratao, A. Polle, P. Lea, R. Azevedo // Functional Plant Biology. - 2005. - V. 32. - P. 481-484.
- Muller I. Seed viability and re-growth of grasses used for mine waste rehabilitation / I. Muller // Dissertation for the degree Magister Scientiae in Environmental Sciences. -Potchefstroom Campus of the North-West University. - 2014. - 143 p.
- Posmyk M. Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress / M. Posmyk, R. Kontek, K. Janas // Ecotoxicology and Environmental Safety. - 2009. - V. 72. (2). - P. 596–602
- Lichtenthaler H. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes / H. Lichtenthaler // Methods in Enzymology. - 1987. - V. (148). - P. 350-382.
- Sakihama Y., Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants / Y. Sakihama, M. Cohen,

- S. Grace, H. Yamasaki // *Toxicology*. - 2002. V. 177(1). - P. 67-80.
23. Sinha R. Earthworms Vermicompost: A Powerful Crop Nutrient over the Conventional Compost & Protective Soil Conditioner against the Destructive Chemical Fertilizers for Food Safety and Security / R. Sinha // *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.* - 2009. - V. 5. - P. 1-55.
 24. Zularisam A. Production of Biofertilizer from Vermicomposting Process of Municipal Sewage Sludge / A. Zularisam, Z. Zahirah, I. Zakaria, M. Syukri, A. Anwar, M. Sakinah // *Journal of Applied Science*. - 2010 -V. 10 (7). - P. 580-584.
 25. Державні санітарні правила та норми [Електронний ресурс] // Державна санітарно-епідеміологічна служба України. – 1999. – Режим доступу до ресурсу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4010>.
- References:**
1. Alekseeva A.S. The effect of nonconventional organic fertilizers' applying on the accumulation of heavy metals and biological activity of sod-podzolic sandy loam soil / A.S. Alekseeva. // Author's thesis for the degree of Ph.D. (06.01.04. Agricultural Chemistry). - Moscow: Moscow State University. - 2002. - 145 p.
 2. Baidina N. L. Inactivation of heavy metals in humus and zeolites in the technogenic contaminated soil / N. L. Baidina // *Pedology*. - 1994. - V. 9. - P. 108-112.
 3. Baranov V. Ecological description of dump coal mines CEP JSC "Lvivsystemenerho" as the subject of landscaping / V. Baranov // *Bulletin of Lviv. Univ. Biology Series*. - 2008. - V. 2. - P. 172-178.
 4. Baranov V. Toxicological analysis of drainage ditches' water and dump' ash of Dobrotvir TPP / V. Baranov, A. Banya, L. Bodnar, J. Blayda, A. Karpenko // *Bulletin of Lviv Univ. Biology Series*. - 2014. - V. 65. - P. 238-244.
 5. Baranov V.I. Chemical and mineralogical composition of the rock dump coal mines CEP "Lvivsystemenerho" and their effects on seed germination / V. I. Baranov, Knysh I.B. // *Mater. of V Intern. Science. Conf. "Industrial botany: Status and Prospects."* - Donetsk. - 2007. - 36 P.
 6. Beshley Z. Comparative morphometric analysis of Johnson grass plants in conditions of growth on substrates of waste dump with the addition of non-traditional fertilizers / Z. Beschley, S. Beshley, V. Baranov, O. Terek // *Modern Phytomorphology*. - 2015. - V. 6. - P. 347-348.
 7. Bessonova V.P. The impact of heavy metals on the leaf pigment system / V.P. Bessonova // *Ukrainian botanical journal*. - 1992. - V. 49 (2). - P. 63-66.
 8. Butsyak A. A. Using of vermicompost to improve soil fertility and obtaining of environmentally safe products / A. A. Butsyak // *Scientific Bulletin of S. Z. Gzhutskyy LNUVMB*. - 2012. -V. 14 (2). P. 33-36.
 9. Egorova A. V. Study of possibilities of black currant fruits' integrated using (*Ribes nigrum* L.) / A.V. Egorova, V.A. Kurkin, A. M. Karimov // *Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012. - V. 14 (1). - P. 2215-2217.
 10. Garmash S.M. Ecological way AIC plant wastes' utilization by vermicultivation method / S.M. Garmash // *News of Dnipropetrovsk Agricultural University. Dnipropetrovsk*. - 2003. - V. 2. - P. 65-68.
 11. Gavrilenko V.F. Large workshop of plant physiology. Photosynthesis. Breath. Textbook / V.F. Gavrilenko, M.E. Ladygina, L.M. Handobina.- Moscow: «Vysshaya shkola». -1975. - 392 p.
 12. Gratao P. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier / P. Gratao, A. Polle, P. Lea, R. Azevedo // *Functional Plant Biology*. - 2005. -V. 32. - P. 481-484.
 13. Grodzinskiy AM Short Guide to Plant Physiology. 2nd ed. / A. M. Grodzinskiy, D.M. Grodzinskiy. -Kyiv: "Naukova Dumka". - 1973. - 592 p.
 14. Igonin A.M. Worms-humus-harvest / A.M, Igonin // *science and agribusiness technology*. - 2004. - V. 4. -P. 2-3.
 15. Lakin G.V. Biometry / G.V. Lakin. - Moscow: «Vysshaya shkola» - 1990. - 352 p.
 16. Lichtenthaler H. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes / H. Lichtenthaler // *Methods in Enzymology*. - 1987. - V. 148. - P. 350-382.
 17. Muller I. Seed viability and re-growth of grasses used for mine waste rehabilitation / I. Muller // *Dissertation for the degree Magister Scientiae in Environmental Sciences*. -Potchefstroom Campus of the North-West University. - 2014. -143 p.
 18. Orlov D.S. Humic substances in the biosphere / D.S. Orlov - Moscow: «Nauka». - 1993. - 237 p.
 19. Posmyk M. Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress / M. Posmyk, R. Kontek, K. Janas // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. - 2009. - V. 72 (2). - P. 596–602.
 20. Sakihama Y., Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants / Y. Sakihama, M. Cohen, S. Grace, H. Yamasaki // *Toxicology*. - 2002. -Vol. 177(1). - P. 67-80.
 21. Sinha R. Earthworms Vermicompost: A Powerful Crop Nutrient over the Conventional Compost & Protective Soil Conditioner against the Destructive Chemical Fertilizers for Food Safety and Security / R. Sinha // *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.* - 2009. - V. 5. - P. 1-55.
 22. State Standard 12038-84. Methods for determining the germination and germination energy // *Seeds of agricultural crops. Part 1* - Moscow: Publishing House of Standards. - 1984. - 57 p.
 23. Zapromětov M.N. Determination of total phenolic compounds using the Folin-Denis reagent / M. N. Zapromětov // *Biochemical methods in plant physiology*. - Moscow: «Nauka». - 1971. - p. 191.
 24. Zularisam A. Production of Biofertilizer from Vermicomposting Process of Municipal Sewage Sludge / A. Zularisam, Z. Zahirah, I. Zakaria, M. Syukri, A. Anwar, M. Sakinah // *Journal of Applied Science*. - 2010 -V. 10 (7). - P. 580-584.
 25. State sanitary rules and norms [electronic resource] // State Sanitary and Epidemiological Service of Ukraine. - 1999. - Access to the property: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4010>.

THE PHYTOTOXICITY OF WASTE DUMP COAL MINES UNDER EFFECT OF STONE POWDER AND VERMIHUMATE

Y. V. Shpak, V. I. Baranov, I. R. Zapisotska, O. I. Terek

The effect of coal fly ash from Dobrotvir TPP and vermihumate derived from earthquake worms on the phytotoxicity of waste dump coal mines from Chervonograd coal mining region (Ukraine) was studied. Sudan grass Sorghum bicolor subsp. drummondii (Nees ex Steud.) in conditions of Petri dishes was used for biotesting. An increasing of shoot and root length of seedlings under the effect of fly ash in cases of it's separately adding and combined with vermihumate to the substrates of waste dumps coal mines had been observed. Instead, vermihumate's adding didn't effect on the above mentioned morphometric parameters of Sudan grass. It was founded that adding of both studied ameliorants increases in content and ratio of chlorophylls a/b in seedlings' leaves. However, both of investigated substances decreased the content of total phenolic compounds and separately determined anthocyanins. Increasing in chlorophyll content and their ratio in combination with decreasing phenolic compounds' content is evidence of reducing stress for plants caused by phytotoxicity. The study results show that application of fly ash from Dobrotvir TPP with vermihumate reduces the phytotoxicity more effective than separate application of fly ash.

Keywords: phytotoxicity, waste dumps, coal fly ash, vermihumate, Sudan grass.

Отримано редколегією 14.12.2016