

ВІДГУК

на дисертацію Шпака Ярослава Васильовича

"Фітостресорність породних відвалів кам'яновугільних шахт за впливу попелу ТЕС і гумату калію", поданої на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 06.03.16 – екологія

Актуальність теми

Збереження довкілля, відновлення та раціональне використання природних ресурсів в Україні у зв'язку з тривалою, інтенсивною, часто безсистемною і неконтрольною їх експлуатацією є проблемою надзвичайно актуальною. Експлуатація родовищ і використання отриманої сировини часто супроводжується істотними змінами у структурно-функціональній організації природних екосистем. Червоноградський гірничопромисловий район належить до найбільш проблемних регіонів України з огляду на обсяги і характер техногенних трансформацій території. Концентрація об'єктів видобутку вугілля, його збагачення і використання є причиною виникнення складного комплексу проблем, пов'язаних з техногенними порушеннями природного середовища. Серед проблем – масштабні трансформації рельєфу, зміна гідрологічного режиму території, формування техногенних субстратів з незадовільними для відновлення рослинного покриву параметрами, забруднення прилеглих територій токсичними сполуками тощо.

Передумовою ревіталізації таких природно-техногенних комплексів є глибоке і комплексне вивчення властивостей техногенних субстратів, дослідження їх реального впливу на фітобіоту та розробка способів покращення їхніх агрохімічних параметрів. Використання модельного рослинного об'єкту для оцінки негативного впливу техногенного субстрату на фітобіоту є цілком логічним і доволі часто застосовується у наукових дослідженнях. Отримані результати щодо реакції таких модельних об'єктів надалі є основою для розробки практичних заходів з рекультивації відвалів, зменшення негативного їх впливу на прилеглі території, раціонального використання земельних ресурсів.

Відтак, вивчення фітостресорності техногенних субстратів є актуальним як у теоретичному, так і практичному аспектах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота є результатом наукових досліджень, які проводились в рамках державної бюджетної наукової теми: «Використання відходів промислових підприємств Львівської області та бактеріальних препаратів при фітомеліорації породних відвалів вугільних шахт» (№ державної реєстрації – 0113U001898) під час навчання здобувача у аспірантурі на кафедрі фізіології та екології рослин біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка у 2014-2017 рр.

Наукова новизна отриманих результатів

У роботі вперше досліджено ефективність сумісного використання кам'яновугільного попелу ТЕС з гуматами Калію для оптимізації агрохімічних

параметрів техногенних субстратів ЦЗФ «Червоноградська». Виявлено виразну позитивну синергетичну дію цих меліорантів щодо рН субстратів та вмісту рухомих форм Плюмбуму. Встановлено їхній позитивний вплив на динаміку росту коренів і вміст хлорофілу *a* в листках модельного об'єкту *Sorghum bicolor*. Виявлено високий вміст рухомих амонійних сполук в субстраті сіро-чорної породи відвалу і зроблено висновок щодо недоцільності використання азотних добрив для покращення її агрохімічних властивостей. Проведено кореляційний аналіз вмісту рухомих форм макроелементів і важких металів у субстраті породного відвалу Червоноградського ГПР з їх валовим вмістом в органах рослин модельного виду з C₄ типом фотосинтезу.

Практичне значення одержаних результатів

Результати досліджень істотно доповнюють дані щодо агрохімічних властивостей субстратів породних відвалів ЦЗФ «Червоноградська». Адаптовано методики визначення хімічних елементів у субстратах відвалів. Запропоновано рекомендації щодо сумісного меліоративного застосування кам'яновугільного попелу Добротвірської ТЕС і гуматів Калію на породних відвалах вуглевидобувних і переробних підприємствах західних областей України. Відповідні матеріали передано до використання на збагачувальній фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія».

Отримані в процесі досліджень результати є актуальними для використання в освітньому процесі навчальних закладів різного рівня акредитації та під час підготовки спеціалізованих довідників та визначників.

Достовірність результатів, положень і висновків підтверджується кваліфікованим підходом дисертанта до розробки теми. Зокрема, дотриманням методичних положень, послідовним виконанням програмних пунктів роботи, достатнім обсягом теоретичного та польового матеріалів, зібраних упродовж досліджень. Робота базується на власних польових дослідженнях та теоретичних узагальненнях.

Основні положення роботи і результати досліджень апробовані на XII, XIII та XV Міжнародних наукових конференціях студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології» (Львів, 2015-2017, 2019 рр.), XI і XII Науковій конференції «Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного парку» (Шацьк 2015, 2016 рр.) і 65-й науково-технічній конференції «Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем» (Львів, 2015 р.).

Наукова цінність дисертації зумовлена актуальністю теми, достовірністю отриманих результатів досліджень, їхнім практичним і теоретичним значенням.

Публікації результатів досліджень

За темою дисертації опубліковано 12 наукових праць, у тому числі 6 статей, з яких 5 у фахових виданнях України, які входять до переліку МОН України. Одна публікація в іноземному виданні «Traektoriâ Nauki/Path of Science», яке входить до міжнародних наукометричних баз даних «CrossRef», «Copernicus», «DOAJ», «J-Gate», а також 6 тез доповідей.

Структура та обсяг роботи

Дисертаційна робота містить анотацію, вступ, огляд літературних джерел, методику досліджень, 3 основних експериментальних розділи, висновки, список цитованої літератури (всього 237 найменувань, з яких 103 кирилицею) та додатки. Матеріал викладено на 173 сторінках машинописного тексту, з яких основний текст роботи становить 112 сторінок. Робота містить 27 рисунків і 35 таблиць.

За змістом роботи.

Анотація (стор. 2-16)

У стислій формі українською та англійською мовою представлено основні позиції, які відображають суть дисертаційної роботи.

Зауваження:

Не зрозумілим є вираз «...спричинило значну нормалізацію морфометричних параметрів».

Вступ (стор. 17-23)

У вступі стисло обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, мету і завдання досліджень, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Засвідчено внесок здобувача та апробацію результатів досліджень, публікації, зв'язок роботи з науковими програмами.

Об'єктом дослідження є субстрати породного відвалу ЦЗФ «Червоноградська» за впливу кам'яновугільного попелу Добротвірської ТЕС і гуматів (вермигумату та «ГКВ-45») Калію.

Предмет дослідження – зміна фітостресорності (негативного впливу на екофізіологічні параметри рослин) субстратів породного відвалу за впливу попелу ТЕС і гуматів Калію з використанням суданської трави *Sorghum bicolor* subsp. *drummondii* (Nees ex Steud.) як біотесту.

Методи досліджень - детально описані у відповідному підрозділі і включають хімічні та біохімічні методи, ґрунтознавчі аналітичні та методи математично-статистичної обробки даних.

Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

складається з 7 підрозділів. А саме:

1.1 Вплив породних відвалів вуглевидобутку на довкілля (стор. 24-25).

Наведено дані щодо обсягів і особливостей впливу породних відвалів вугільної видобувної і переробної промисловості на довкілля. Зроблено акценти

на ерозійні процеси, забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і ґрунтових вод продуктами вивітрювання.

1.2 Фітостресорність і біотестування породних відвалів вуглевидобутку (стор. 25-27).

Виокремлено основні чинники, які зумовлюють фітостресорність породних відвалів кам'яновугільних шахт. Це низьке значення рН, високий вміст рухомих форм токсичних металів і металоїдів, несприятливі мікрокліматичні умови, дефіцит вологи і необхідних мікроелементів.

У підрозділах

1.3 Вплив Плюмбуму та Хрому на біоту (стор. 28-31) і

1.4 Роль Кальцію, Калію та Фосфору в рослинному організмі (стор. 31-33).

опрацьовано літературні джерела щодо впливу і ролі зазначених хімічних елементів у функціонуванні рослинних організмів.

1.5 Значення Нітрогену та Карбону для системи ґрунт-рослина (стор. 33-34).

У підрозділі подається загальна характеристика ролі цих елементів у життєдіяльності рослин.

1.6 Вплив кам'яновугільних ТЕС на довкілля і використання їх попелу (стор. 34-36).

У підрозділі проводиться аналіз загального впливу діяльності ТЕС на довкілля. Здійснено огляд впливу Добротвірської ТЕС, що розташована у Львівській області і де нагромаджено понад 10,6 млн. т золи та шлаку. Вказано на перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів на прилеглих територіях, а також перевищення природного радіаційного фону через наявність радіоактивних ізотопів у золі відвалів.

1.7 Роль гумінових речовин у системі ґрунт-рослина та використання препаратів на їх основі (стор. 37-40).

Проведено загальний аналіз походження, складу і властивостей гумінових, речовин, гумінових і фульвових кислот та їх застосування для меліорації фітостресорних субстратів.

1.8 Самозаростання та фітомеліорація породних відвалів вуглевидобутку (стор. 40-46).

Проведено аналіз літературних джерел на предмет вивчення процесів самозаростання породних відвалів вуглевидобувних підприємств Червоноградського ГПР. Здійснено огляд способів і методів рекультивациі, фіто меліорації, механізми фіторемедіації, які застосовуються на об'єктах досліджень. Зазначено ефективність меліорації субстратів породних відвалів за допомогою кам'яновугільного попелу ТЕС і гумінових препаратів.

Зауваження до розділу:

1. Не зрозуміло, до якого об'єкту чи об'єктів відноситься інформація щодо об'ємів емісії пилу і солей з поверхні відвалу;
2. Інформація про еволюцію угруповань, конкуренцію та екологічну нішу у такому обсязі і за змістом є недоречною;

3. Не цілком вдалим є вираз ступінь «деструкції девастрованого ландшафту»;
4. Наведене визначення еколого-морфологічних особливостей піонерних рослин не є вдалим;
5. Термін «озеленення» у даному контексті вжитий недоречно;
6. Не зрозумілим є змістове навантаження виразу «розроблення потенційно родючого ґрунту», а також «Рослинний покрив на основній площі однорідний за складом лісів, лук і боліт»;
7. На стор. 50 інформація про об'єми видобутку вугілля і продуктованих відходів не є актуальною і, відтак, зайвою.

Розділ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Складається з 12 підрозділів.

2.1. Характеристика району дослідження (стор. 47-54).

Наведено загальну характеристику території Червоноградського ГПР щодо адміністративного поділу та геоботанічного районування, кліматичних умов, поширених ґрунтів тощо. Підрозділ містить інформацію про обсяги виробництва основних вуглевидобувних і вуглепереробних підприємств та кількість нагромаджених відходів.

2.2. Відбір і підготовка матеріалів (стор 55).

2.3. Вирощування суданської трави на субстратах породного відвалу за впливу попелу ТЕС і гуматів Калію (стор. 55-60).

Містить 3 субпідрозділи з детальним описом організації процесу і експериментального вирощування модельного *Sorghum bicolor*. А саме:

2.3.1. Вирощування суданської трави на субстратах породного відвалу за впливу попелу ТЕС і вермигумату Калію в умовах чашок Петрі

2.3.2. Вирощування суданської трави на субстратах породного відвалу за впливу попелу ТЕС в умовах мікрокосмів.

2.3.3. Вирощування суданської трави на субстратах породного відвалу за впливу попелу ТЕС і гумату Калію «ГКВ-45» в напівпольових умовах

Підрозділи

2.4. Визначення пластидних пігментів і фенольних сполук (стор. 60-62),

2.5. Визначення актуальної кислотності субстратів (стор. 62),

2.6. Визначення Плюмбуму та Хрому в субстратах і рослинах (стор. 62-63),

2.7. Визначення Кальцію, Калію та Фосфору в субстратах і рослинах (стор. 63-65),

2.8. Визначення Нітрогену в субстратах і рослинах (стор. 65-67),

2.9. Визначення органічного Карбону в субстратах і рослинах (стор. 63-65)

містять інформацію про методику досліджень вмісту зазначених сполук і хімічних елементів у субстраті та рослинному матеріалі.

Підрозділ

2.10. Біотестування потенційного алелопатичного впливу суданської трави з використанням крес-салату (стор. 68-69)

присвячений висвітленню методики вивчення можливого негативного впливу вирощування *Sorghum bicolor* на проростки крес-салату *Lepidium sativum* L.

2.11. Обчислення меліораційного ефекту

У підрозділі наведено методику оцінки меліоративного ефекту *Sorghum bicolor* на хімічний склад субстрату породного відвалу з використанням морфометричних параметрів крес-салату (стор 69-70).

2.12. Статистичний аналіз результатів (стор 70-71).

Зауваження до розділу:

1. Відомості щодо кількості видобутку вугілля у даному випадку не коректні.
2. Не достатньо аргументований вибір на користь *Sorghum bicolor*.

Основні аналітичні розділи:

РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ ПОПЕЛУ ДОБРОТВІРСЬКОЇ ТЕС І ВЕРМИГУМАТУ КАЛІЮ НА ФІТОСТРЕСОРНІСТЬ СУБСТРАТІВ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ ЦЗФ «ЧЕРВОНОГРАДСЬКА»

містить підрозділи

3.1 Екофізіологічні параметри суданської трави за росту на субстраті оранжево-червоної перегорілої породи з додаванням попелу ТЕС і вермигумату Калію (стор 72-78).

3.2 Морфометричні параметри, вміст хлорофілів і фенольних сполук суданської трави за росту на субстраті сіро-чорної неперегорілої породи з додаванням попелу ТЕС і вермигумату Калію (стор 79-85).

У розділі, зокрема, представлені результати досліджень енергії проростання і схожості насіння *Sorghum bicolor* на субстраті перегорілої породи. При цьому, виявлено істотне пригнічення росту проростків модельного виду. Додавання попелу Добровірської ТЕС до цієї породи сприяє збільшенню активності росту підземних структур, що може бути результатом зниження фітостресорності. Натомість, застосування тільки вермигумату та його внесення разом з попелом не вплинуло на морфометричні параметри суданської трави відносно контрольного субстрату перегорілої породи без додавання меліорантів. Внесення вермигумату до субстрату перегорілої породи спричинило достовірне підвищення вмісту хлорофілу *a* і *b*, та збільшення співвідношення хлорофіл *a*/хлорофіл *b*. Застосування обох дослідних меліорантів також мало наслідком підвищення вмісту хлорофілу *a* і збільшення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b*.

Додавання попелу окремо і разом з вермигуматом достовірно зменшило вміст антоціанів у листках суданської трави, що також свідчить про зниження фітостресу.

Зауваження до розділу:

1. Оскільки в роботі тестувався лише один вид (*Sorghum bicolor* subsp. *drummondii*), то недоречно вести мову про можливість «відкинути» непридатні для фітомеліорації види рослин».

2. На стор 75-76 речення не пояснює наявність кореляційного зв'язку між вмістом фенольних сполук і вмістом хлорофілу *a* на прикладі табл. 3.2 і 3.3.

РОЗДІЛ 4 ФІТОСТРЕСОРНІСТЬ СУБСТРАТІВ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ ЗА ВПЛИВУ ПОПЕЛУ ТЕС В УМОВАХ МІКРОКОСМУ «ЗЕМНОВОДНА КОЛОНА»

У підрозділах

4.1 Морфометричні параметри, вміст пігментів фотосинтезу і фенольних сполук суданської трави за росту на субстраті перегорілої породи з додаванням попелу ТЕС (стор 86-90).

4.2 Екофізіологічні параметри суданської трави за росту на субстраті неперегорілої породи з додаванням попелу ТЕС (стор 90-95).

наведені результати, які отримані в умовах мікрокосмів, і засвідчують вищу фітостресорність субстрату сіро-чорної неперегорілої породи, ніж оранжево-червоної перегорілої породи. Встановлено, що внесення кам'яновугільного попелу Добротвірської ТЕС до породи відвалу ЦЗФ «Червоноградська» істотно підвищує темпи росту і покращує екофізіологічні параметри *Sorghum bicolor*.

РОЗДІЛ 5 ВПЛИВ ПОПЕЛУ ДОБРОТВІРСЬКОЇ ТЕС І ГУМАТУ КАЛІЮ «ГКВ-45» НА ФІТОСТРЕСОРНІСТЬ СУБСТРАТІВ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ

складається з підрозділів

5.1 Вміст пластидних пігментів і морфометричні параметри суданської трави за росту на субстраті перегорілої породи з додаванням попелу ТЕС і гумату Калію (стор 96-103).

5.2 Екофізіологічні параметри субстрату неперегорілої породи, суданської трави та крес-салату за впливу попелу ТЕС і гумату Калію (стор 103-138).

Загалом, у розділі наведено результати вирощування *Sorghum bicolor* протягом 95 діб у наближених до польових умовах. Вказано на відмінності щодо фітостресорності різних техногенних субстратів. Підтверджено більшу ефективність сумісного меліоративного ефекту від внесення попелу і гумату Калію «ГКВ-45» на обох різновидах порід відвалу ЦЗФ «Червоноградська». Підтверджено стійкість *Sorghum bicolor* до дії едафічних стрес-факторів відвалів вуглевидобутку та його позитивну реакцію на застосування зазначених меліорантів. Це дозволяє розглядати даний вид як перспективний біотест і потенційний фітомеліорант відвалів ЦЗФ «Червоноградська».

Зауваження до розділу:

1. На сторінках 96 і 97 посилання на літературні джерела щодо негативного впливу дефіциту макроелементів на ріст стебел озимої пшениці [41], підвищених концентрацій Плюмбуму на онтогенез рослин вівса та ячменю [47], а також Хрому на фізіологічні параметри кукурудзи [132] в основному розділі є недоречним.

До загальних зауважень слід віднести також використання для аналізу діаграм розлогіх пояснень з використанням складних для сприйняття речень, хоча діаграми і підписи до них є зрозумілими і цілком достатніми.

Для пояснень у тексті достатньо було навести конкретні найбільш інформативні показники. Тим більше, що діаграми у основних розділах є однотипними.

Недоречним є систематичне використання невдалого словосполучення «значно нормалізовує». Помилковим є використання протягом усієї роботи повної латинської назви модельного виду *Sorghum bicolor* subsp. *drummondii*, а не скороченої форми після першого згадування повної назви. Дискусійним є підхід, за яким формувались розділи 3 - 5, у яких представлені основні результати досліджень. Рекомендації щодо вирощування суданської трави для меліорації породних відвалів Центральної збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» не є в повній мірі аргументованими.

ВИСНОВКИ (стор. 139-141).

Складаються з 10 позицій. Зокрема Автор доходить висновку, що:

1. Морфометричні параметри *Sorghum bicolor* subsp. *drummondii* на субстратах породного відвалу істотно покращуються внаслідок внесення попелу ТЕС і гуматів Калію, а сумісний вплив цих меліорантів є ефективнішим, ніж роздільний.
2. Вміст і співвідношення пластидних пігментів у листках *Sorghum bicolor* на субстратах породного відвалу істотно різняться від значень отриманих при вирощуванні на еталонному - умовно чистому субстраті. Додавання попелу ТЕС і гуматів Калію до відвальної породи вирівнює і врівноважує ці параметри.
3. *Sorghum bicolor* за росту на субстратах породного відвалу характеризується значним підвищенням вмісту фенольних сполук у порівнянні з рослинами, вирощуваними на контрольному субстраті. Додавання попелу і гуматів Калію знижує вміст цих сполук; їх сумісний вплив ефективніший, ніж роздільний.
4. Додавання до субстрату неперегорілої породи попелу ТЕС підвищує рН з 3,6 до 4,3; додавання гумату Калію «ГКВ-45» – до 4,0, а сумісний вплив обох меліорантів до 4,4.
5. Внесення гумату Калію «ГКВ-45» знижує вміст Рb у субстраті до 10 мг/кг, а його сумісне додавання з попелом – до 8 мг/кг. Додавання попелу ТЕС до субстрату неперегорілої породи знижує вміст рухомого Хрому з 44 до 30 мг/кг, а в поєднанні з гуматом – до 27 мг/кг.
6. Сумісне додавання попелу ТЕС і гумату Калію «ГКВ-45» до неперегорілої породи знижує валовий вміст Плюмбуму та Хрому в *Sorghum bicolor* ефективніше, ніж роздільне.
7. Додавання попелу ТЕС і гумату Калію «ГКВ-45» до неперегорілої породи призводить до підвищення вмісту рухомих форм Кальцію, Калію та Фосфору.
8. Це також збільшує валовий вміст макроелементів у листках і коренях *Sorghum bicolor*.
9. Результати досліджень дозволяють рекомендувати застосування кам'яновугільного попелу Добротвірської ТЕС сумісно з гуматами Калію для меліорації породного відвалу ЦЗФ «Червоноградська».

Висновки

У дисертаційній роботі узагальнено результати досліджень різних авторів щодо впливу породних відвалів вуглевидобутку на довкілля і досвід проведення фітомеліоративних заходів. Експериментально досліджено вплив кам'яновугільного попелу Добротвірської ТЕС і гуматів Калію (а саме, вермигумату та «ГКВ-45») на фітостресорність субстратів породного відвалу ЦЗФ «Червоноградська» на прикладі *Sorghum bicolor* subsp. *drummondii*.

Проблема розробки ефективних методів рекультивації порушених територій безсумнівно є актуальною. Отримані дисертантом теоретичні висновки є вагомим внеском у розвиток екології, фізіології рослин, охорони довкілля, а також окреслюють коло важливих наукових питань, які залишаються відкритими та актуальними для подальших досліджень.

Практичне значення роботи полягає у розроблені автором підходів щодо оцінки фітостресорності техногенних субстратів для їх наступної фітомеліорації, адаптації методики визначення вмісту хімічних елементів у субстратах породних відвалів вуглевидобувних підприємств.

Наведені зауваження, граматичні і невимушені помилки не знижують наукової цінності дисертаційної роботи.

Дисертація оформлена згідно “Основних вимог до оформлення дисертацій та авторефератів дисертацій” ДАК МОН України. При проведенні досліджень дотримані правила біоетики.

Автореферат дає повне уявлення про наукову цінність і практичну вагомість дисертації і відповідає її змісту, в опублікованих наукових працях відображені основні її положення.

Згідно з вищевикладеним, дисертація Шпака Я.В. відповідає вимогам ДАК України, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 06.03.16 – екологія.

Офіційний опонент

Старший науковий співробітник Відділу
популяційної екології Інституту екології
Карпат НАН України, к.б.н.
17 лютого 2021 р.



В.М. Білонога