

ПУЛЬПА ЯК ВТОРИННИЙ РЕСУРС: БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЇЇ ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТІВ

Деградація ґрунтів є однією з ключових екологічних проблем сучасності, що зумовлює зниження стійкості агроєкосистем, зменшення врожайності сільськогосподарських культур та втрату біорізноманіття. В Україні ця проблема особливо загострюється у зв'язку з інтенсивним використанням земель та зростанням техногенного навантаження. Одним із перспективних напрямів вирішення є залучення вторинних ресурсів для відновлення ґрунтів, зокрема використання дрібнодисперсних відходів камінеобробної промисловості (пульпи).

Щорічно на підприємствах Житомирщини, що займаються видобутком і переробкою каменю, накопичуються значні обсяги пульпи, яка переважно не утилізується та створює додаткове екологічне навантаження. Її хімічний склад зумовлений походженням сировини: домінує SiO_2 (кремнезем), присутні оксиди алюмінію, кальцію та мікроелементи. Наявність силіцію відкриває можливості для покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтів, тоді як потенційна присутність важких металів потребує контролю.

Метою дослідження було оцінити вплив різних концентрацій пульпи на властивості ґрунтів та їхню продуктивність за допомогою методу біоіндикації. Об'єктами дослідження обрано два типи ґрунтів: піщаний та дерново-підзолистий. До них додавали пульпу у концентраціях 0 % (контроль), 5 %, 10 %, 20 % і 50 %. Для біоіндикаційної оцінки використовували *Raphanus sativus* var. *oleiformis* (олійна редька), яка є сидеральною та кормовою культурою й чутливо реагує на зміни ґрунтового середовища.

Результати показали, що у піщовому ґрунті внесення пульпи практично не змінює рН, який залишається у межах 6,5–7,0. У дерново-підзолистому ґрунті спостерігалось зниження кислотності при концентраціях 10–20 %, що є позитивним ефектом для сільськогосподарського використання. Хімічний аналіз засвідчив поступове зростання вмісту SiO_2 зі збільшенням частки пульпи, особливо при 50 %, коли кремнезем починає домінувати у складі суміші. Оксид алюмінію та кальцію варіювали менш інтенсивно, але їхній баланс у межах 10–20 % пульпи залишався оптимальним.

Біоіндикаційні дослідження показали, що додавання пульпи впливає на біоіндикаторні показники ґрунту (L – довжина стебла і коренів, m – фітомаса рослини). Найбільш позитивний ефект спостерігається при невеликих дозах пульпи. У піщовому ґрунті внесення 5 % пульпи суттєво підвищує показники росту (L = 106,4 мм проти 73,8 мм у контролі, m = 0,204 г). Це свідчить про покращення умов для розвитку рослин. При більших дозах (20 – 50 %) ефект знижується або стає нестабільним.

У дерново-підзолистих ґрунтах оптимальні показники досягаються при 5 – 10 % пульпи (L = 115 мм, проти 96,6 мм у контролі, m = 0,267 г). Подальше збільшення маси пульпи до 20–50 % не дає кращих результатів.

Таким чином, використання пульпи як меліоранту є доцільним у межах невеликих доз, що сприяє покращенню структури та біологічної активності ґрунтів (табл.1).

Таблиця 1

Оптимальна доза пульпи для різних ґрунтів

Тип ґрунту	Оптимальна доза пульпи	Ефект
Піщовий ґрунт	~5 %	Зростання L і m, покращення структури
Дерново-підзолистий ґрунт	5–10 %	Найвищі показники L та m, стабілізація структури

З точки зору біоіндикації, оптимальними виявилися концентрації пульпи 5 – 10 %, за яких забезпечувалось покращення структури ґрунту, підвищення вмісту кремнію, необхідного для росту рослин, та зниження кислотності дерново-підзолистого ґрунту. У той же час внесення 50 % пульпи призводило до надмірного накопичення кремнезему, що негативно впливає на вологоутримувальну здатність ґрунту та біодоступність поживних елементів.

Таким чином, отримані результати підтверджують перспективність використання пульпи як вторинного ресурсу для меліорації деградованих ґрунтів. Її застосування у помірних концентраціях (5–10 %) сприяє підвищенню продуктивності агроєкосистем. Водночас подальші дослідження повинні бути спрямовані на оцінку вмісту важких металів у пульпі, її вплив на ґрунтову мікробіоту, довгострокову екологічну безпеку та економічну ефективність використання у сільському господарстві.