

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗАХИСТУ РОСЛИН**



БУНЧАК ОЛЕКСАНДР МИРОНОВИЧ

УДК 631.95:631.86:546.763(292.485)(1-15)

**ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА І ЗАСТОСУВАННЯ
ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ ІЗ ВМІСТОМ ТРИВАЛЕНТНОГО ХРОМУ В
АГРОЦЕНОЗАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ**

03.00.16 – екологія

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук**

КИЇВ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Подільському державному аграрно-технічному університеті МОН України

Науковий консультант доктор сільськогосподарських наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України,
БАХМАТ Микола Іванович
Подільський державний аграрно-технічний
університет МОН України, завідувач кафедри
рослинництва і кормовиробництва

Офіційні опоненти доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
ТКАЛЕНКО Ганна Миколаївна,
Інститут захисту рослин НААН, завідувачка
лабораторії мікробіологічного методу захисту
рослин

доктор сільськогосподарських наук, професор,
член-кореспондент НААН
ДЕМ'ЯНЮК Олена Сергіївна,
Інститут агроєкології і природокористування
НААН, заступник директора з наукової роботи

доктор сільськогосподарських наук, доцент
БОРОДАЙ Віра Віталіївна,
Національний університет біоресурсів та
природокористування України МОН України,
доцент кафедри екобіотехнології та
біорізноманіття

Захист відбудеться «__» _____ 2021 р. о ____ год. на засіданні
Спеціалізованої вченої ради Д 26.376.01 в Інституті захисту рослин НААН
України за адресою: 03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 33, корпус 1, зала
засідань.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту захисту рослин НААН
за адресою: 03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 33, корпус 1, кімната 65.

Автореферат розісланий «_____» _____ 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Т. П. Панченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з численних екологічних проблем сучасності є поводження з відходами виробництва промисловості, в т. ч. відходів шкіряного виробництва, і осаду очисних споруд, які негативно впливають на навколишнє природне середовище, забруднюють повітря, поверхневі і підземні води, виводять із народногосподарського обігу значні земельні ресурси, які після належної переробки можна ефективно застосувати для поліпшення родючості ґрунтів і збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Розроблені на сьогодні способи утилізації – захоронення, складування, компостування – малоефективні, тому пошук нових технологій вкрай актуальний. В зв'язку з тим, що шкіряна переробна промисловість для дублення шкіри використовує хром тривалентний, вагомою альтернативою технологіям утилізації відходів є виробництво органічних добрив методом пришвидшеної аеробної ферментації, які крім гумінових речовин, макро- і мікроелементів містять такий життєво важливий елемент як Cr^{3+} . Очікуваного результату у біологічному ланцюгу «ґрунт-рослина-тварина-людина» можна досягти за вирощування продукції на ґрунтах із збалансованим умістом макро- і мікроелементів та вмістом хрому.

Теоретичні та практичні аспекти досліджень із вивчення мікроелементу Cr^{3+} , який вважають одним із необхідних елементів для оптимального росту й розвитку рослин, повноцінного функціонування організму людей і тварин, висвітлено у працях іноземних та вітчизняних вчених J. Vinsent (1999), M. Lindemann (2004), A. Кабата-Пендіас (1989), A. Хенінга (1976), P. Іскра, B. Влізло, P. Федорук, Г. Антоняк (2014).

Тому для забезпечення науково обґрунтованого балансу необхідних елементів у т. ч. і Cr^{3+} , в кормах для тварин і у продуктах харчування для людей доцільно застосовувати технології вирощування сільськогосподарських культур з внесенням органічних добрив з умістом Cr^{3+} . Однак, виробництво органічних добрив з умістом Cr^{3+} не налагоджено, не проводяться дослідження з їх застосування у агроценозах, впливу на агрохімічні показники ґрунту, міграції мікроелементу хрому від ґрунту до зерна на врожайність і якість сільськогосподарської продукції. Створення органічних добрив зі збалансованим вмістом Cr^{3+} – науковий напрям агроекологічно-інноваційних технологічних рішень, який ґрунтується на комплексних дослідженнях технологій аеробної ферментації і відкриває актуальні напрями в розробці екологічно безпечних добрив нового покоління для підвищення продуктивності агроценозів.

Важливим пріоритетним завданням є наукове обґрунтування екологічних засад створення і використання органічних добрив з умістом Cr^{3+} у технологіях вирощування сільськогосподарських культур для збереження родючості ґрунтів, підвищення врожайності, одержання продукції високої якості та охорони довкілля, що й визначає необхідність проведення таких досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в Подільському державному аграрно-технічному університеті згідно з планом наукових досліджень впродовж 2011–2017 рр. за завданнями: «Теоретичне та агроекологічне обґрунтування елементів адаптивної

технології вирощування польових культур в умовах Лісостепу Західного» (№ ДР 112U004671, 2011–2015 рр.), «Теоретичне обґрунтування енергозаощадних технологій вирощування кормових культур і раціоналізація кормової бази для основних галузей тваринництва Західного Лісостепу України» (№ ДР 0111U010495, 2011–2015 рр.), комплексної науково-технічної програми «Зернові культури» (№ ДР 0111U003077, 2011–2015 рр.), «Наукове обґрунтування та розроблення системи енергоощадного екологічного землеробства в Лісостепу України» (№ ДР 0117U002550, 2017–2019 рр.).

Мета і завдання досліджень. Мета роботи полягала у розробці екологічно обґрунтованих підходів створення та застосування органічних добрив нового покоління із умістом тривалентного хрому для формування біологічно стійких і продуктивних агроєкосистем сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса в Західному Лісостепу.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

- обґрунтувати доцільність створення біологічних органічних добрив із умістом тривалентного хрому за різних технологічних способів виробництва;
- встановити науково обґрунтовані та екологічно доцільні норми внесення органічних добрив із умістом тривалентного хрому в агроценозах сільськогосподарських культур в умовах Західного Лісостепу;
- дослідити вплив органічного добрива «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та рідкого органічного добрива «Біохром» на агрофізичні, агрохімічні властивості ґрунту та його біологічну властивість;
- визначити вплив органічних добрив виготовлених за новітніми технологіями на продуктивність посівів сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса та якісні показники зерна;
- обґрунтувати агроєкологічні аспекти формування продуктивності агроценозів залежно від застосування органічних добрив із умістом тривалентного хрому;
- встановити економічну та енергетичну ефективності застосування органічних добрив із умістом тривалентного хрому у технології вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса.

Об'єкт досліджень – удосконалення утилізації відходів шкіряного виробництва, осаду стічних вод очисних споруд.

Предмет досліджень – екологічно обґрунтовані підходи і технології перероблення зазначених відходів в органічні добрива із умістом тривалентного хрому, їх вплив на родючість ґрунтів, врожайність і якість зерна сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса за застосування в умовах Західного Лісостепу.

Методи дослідження: загальнонаукові – гіпотеза, експеримент, спостереження, аналіз, метод синтезу для формування висновків; польові – візуальний – для визначення фенологічних змін рослин; вимірювально-ваговий – для визначення площі листової поверхні і фотосинтетичних показників, визначення структури врожаю та якості зерна; лабораторні – для визначення агрохімічних, агрофізичних показників ґрунту та добрив; розрахункові – економічний та енергетичний аналіз; математично-статистичний – для отримання достовірності отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в теоретичному і практичному обґрунтуванні екологічних основ виробництва і застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому у екологічно безпечних технологіях вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса в умовах Західного Лісостепу України.

За результатами наукових досліджень вперше:

- теоретично обґрунтовано, розроблено і запатентовано технологію виробництва органічних добрив з відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд методом прискореної аеробної ферментації «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} (патент № 85187 Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому) та методом кавітації «Біохром» із збалансованим умістом тривалентного хрому (патент № 89786 Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром»). Експериментально встановлено, що технологія виробництва і застосування розроблених органічних добрив є екологічно безпечною;

- доведено, що перевагою технології є скорочення часу і енерговитрат на виробництво «Біопроферму» з вмістом Cr^{3+} за значного покращання властивостей добрива за рахунок високої біологічної активності і доступності для засвоєння рослинами, відсутності в добриві насіння бур'янів і патогенних організмів, наявності необхідних макро- і мікроелементів;

- створено експериментальну лабораторію для дослідження параметрів вологості, температурного режиму, вмісту кисню, щільності компостної суміші, кислотності середовища органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{3+} . В основі переробки органічної сировини є технологія керованої аеробної ферментації з дозуванням мікроелементів;

- встановлено, що за агрохімічними, агрофізичними і санітарно-гігієнічними показниками «Біопроферм» і «Біохром» із збалансованим умістом Cr^{3+} належать до органічних добрив нового покоління, є комплексними добривами, що містять усі макро- (азот, фосфор, калій, кальцій) і мікроелементи (мідь, цинк, бор, магній) живлення для рослин;

- вивчено застосування розроблених органічних добрив в технологіях вирощування сільськогосподарських культур для формування збалансованих біологізованих агроєкосистем, збереження родючості ґрунтів, збільшення продуктивності агрофітоценозів, одержання продукції високої якості та охорони природного навколишнього середовища;

- досліджено вплив органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} і «Біохром» на агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунту, ріст і розвиток сільськогосподарських культур і якість продукції;

- екологічно та економічно обґрунтовано застосування органічних добрив для формування продуктивності агроценозів, збереження врожаю і одержання чистого прибутку.

Набули подальшого розвитку: наукові положення щодо принципів формування екологічно безпечних агроєкосистем за застосування органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{3+} .

Практичне значення одержаних результатів. Результати теоретичних та експериментальних досліджень використано при проектуванні і будівництві цеху

(потужність 2000 т в рік) та налагодження промислового виробництва органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{3+} в ТзОВ «Світ шкіри» (м. Болахів) Івано-Франківська обл., з рентабельністю 1 т добрива – 152 %.

Розроблена і впроваджена у практику новітня технологія виробництва і застосування органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{3+} методом прискореної аеробної ферментації органічних відходів шкіряної промисловості має велике агрономічне і екологічне значення, оскільки забезпечує повну утилізацію цих відходів і зменшує до мінімуму забруднення довкілля.

Рекомендовано сільськогосподарським товаровиробникам застосовувати органічні добрива «Біпроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» для поліпшення агрофізичних, агрохімічних, біологічних властивостей ґрунту, збільшення врожайності і якості зерна сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса.

Результати досліджень впроваджено в Прикарпатській державній сільськогосподарській дослідній станції ІСГ КР НААН, ТзОВ «Вест Агро Груп ТМ» і ФГ «Данута» (Львівська обл.); ФГ «Юкрейн Агро» і ПП «Богдан і К» (Івано-Франківська обл.); корпорація «Колос» (Тернопільська обл.), що підтверджено актами. Застосування органічних добрив забезпечило підвищення урожайності вівса і пшениці ярої на 1,2–1,6 т/га, кукурудзи і сої – на 2,6–3,2 т/га; одержання чистого прибутку від 2,8 до 4,1 тис. грн./га.

Розроблено науково-практичні рекомендації «Продуктивність агроценозів на фоні добрив з умістом тривалентного хрому в умовах Західного Лісостепу» та «Хром у природокористуванні і його біологічна необхідність для людей, тварин та рослин», які використовуються в науково-дослідному процесі та в навчальних програмах підготовки фахівців в Подільському державному аграрно-технічному університеті, Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Особистий внесок здобувача. Автором особисто здійснено інформаційний пошук і оцінку джерел літератури, розроблено програму досліджень, проведено польові дослідження та лабораторні аналізи, узагальнено результати досліджень і сформульовано висновки та рекомендації для науки і виробництва. Публікації за темою дисертації виконано самостійно та у співавторстві. Значна частка особистого внеску в опублікованих працях у співавторстві складається з виконання досліджень, узагальнення результатів і підготовки матеріалів до друку.

Автор висловлює вдячність співробітникам Подільського державного аграрно-технічного університету, асоціації «Біоконверсія» (м. Івано-Франківськ), Івано-Франківського філіалу ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції ІСГ НААН, Інституту біології тварин НААН, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за допомогу у проведенні польових і лабораторних досліджень.

Апробація результатів дослідження. Результати проведених досліджень, основні положення дисертаційної роботи оприлюднено та обговорено на науково-практичних конференціях науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та науковців Подільського державного аграрно-технічного університету (Кам'янець-Подільський, 2014–2019 рр.). На

Международной научной конференции «Проблемы и перспективы биологического земледелия», (Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2014 г., пос. Рассет); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України», (Інститут сільськогосподарства Карпатського регіону НААН, 2014 р., с. Оброшино); III Міжнародній науковій конференції «Регуляція росту і розвитку рослин: фізіологічно-біохімічні і генетичні аспекти», (Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, 2014 р.); XI Международная научно-практическая конференция «Теория, практика и перспективы применения биологических активных соединений в сельском хозяйстве», (Институт химии Коми НЦ УрО РАН, 2015 г., г. Сыктывкар); Міжнародному науковому конгресі «Сучасні напрямки хімії, біології, фармації і біотехнології (Національний університет, Львівська політехніка, Державний університет Джексона (США)», 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку», (м. Дніпропетровськ, 2015 р.); Всеукраїнській науковій конференції «Інноваційні технології виробництва рослинницької продукції», (Уманський університет садівництва, 2016 р.); Всеукраїнській науковій конференції «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості», (ДУ Інститут захисту ґрунтів, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Селекція, насінництво, технологія вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур: досягнення і перспективи», (ПДАТУ м. Кам'янець-Подільський, 2016 р.); IV Международной научно-практ. конференции «Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы», (г. Минск, 2016 г.); V Междун. научная экологическая конференция «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства», (Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, 2017 г.); XII Міжнародній науково-практичній конференції «Біотехнології в аграрному виробництві», (Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова, м. Одеса, 2016 р.); VIII Міжнародній науково-практ. конференції «Поєднання науки, освіти, практичного виробництва, справедливого продажу якісної органічної продукції», (ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2017 р.); Міжнародній науково-практ. конференції «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та потенціалу України», (ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2017 р.); III Міжнародній науково-практ. інтернет-конференції «Сучасний рух науки», (м. Дніпро, 2018 р.); III Міжнародній науково-практ. конференції «Сучасні наукові інновації», (Міжнародний центр наукових досліджень, м. Київ, 2019 р.); Международной научно-практ. конф. «Наука, производство, бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора» (г. Алматы, 2019 г.).

Публікації. Результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано в 75 наукових працях, із них 32 – в фахових виданнях, в т. ч. – в закордонних журналах та у виданнях, що індексуються в Міжнародній наукометричній базі, 5 патентів на корисну модель, 6 – у наукових монографіях і книгах, 26 тезах і матеріалах науково-практичних конференцій, 4 рекомендаціях.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг 426 сторінок комп'ютерного тексту з них 284 сторінок основного тексту, містить 67 таблиць, 19 рисунків, 87 додатків. Список використаної літератури містить 673 джерела, з яких 154 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ШКІРЯНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ОСАДОМ ОЧИСНИХ СПОРУД ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ (аналітичний огляд)

У розділі проаналізовано стан та результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених щодо проблем утилізації відходів шкіряного виробництва, осаду стічних вод очисних споруд в Україні і інших країнах світу, пошуку нових технологій їх перероблення, що є однією з гострих проблем сучасної екологічної науки і практики. Узагальнено багаторічні дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених щодо поширення хрому в природі, ґрунтах, його біологічна необхідність для тварин і людей. Проаналізовано позитивний вплив тривалентного хрому на ріст, розвиток рослин, інтенсивність фотосинтезу, урожайність сільськогосподарських культур. На основі аналізу обґрунтовано актуальність і необхідність проведення досліджень.

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2011 – 2017 рр. у лабораторних умовах кафедри екології Подільського державного аграрно-технічного університету, асоціації «Біоконверсія» (м. Івано-Франківськ) в Івано-Франківському філіалі ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», Прикарпатській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту сільського господарства НААН, Інституті біології тварин НААН України, Національно технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та польові на дослідному полі Подільського державного аграрно-технічного університету (Кам'янець-Подільський р-н, Хмельницька обл.) в Західному Лісостепу з вивчення впливу органічних добрив на ріст і розвиток рослин, урожайність та якісні показники зерна сої, кукурудзи, пшениці ярої, вівса і гречки.

Експериментальні та виробничі дослідження по розробленню технологій виробництва органічних добрив, відбір усіх видів сировини для їх виробництва, проводили: «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} виготовлене методом аеробної ферментації за ТУ У 24.1-32624277:002:2019, патент на корисну модель № 85187 Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому, в ТзОВ «Світ шкіри»; «Біохром» виготовлене методом

кавітації за ТУ У 20.1-32624277:003:2019, патент на корисну модель № 89786 Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром» – в «Біоконверсія».

Підбір компонентів вихідної суміші для проведення процесу аеробної ферментації здійснювали по рівню вологості, рН, вуглецево-азотного співвідношення та вмісту макро- і мікроелементів включаючи елемент хром.

Для покращення очистки стічних вод використовували розроблені, виготовлені та встановлені біореактори з носіями ВІЯ (Заявка на патент України № а 2020 04479 від 17.07.2020 «Носій для іммобілізації мікроорганізмів і трофічного утримування рухливих форм гідробіонтів»).

Для одержання органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} використовували удосконалений ферментатор для проведення аеробної ферментації та станцію дозування хромовмісних відходів.

Для одержання рідкого органічного добрива «Біохром» з органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} (250–540 мг/кг) проводили екстрагування суспензій за використання кавітаційних агрегатів, з додаванням інших необхідних макро- і мікроелементів в хелатній формі для цільового призначення під певні сільськогосподарські культури.

Вивчення впливу органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на ріст і розвиток рослин, урожайність та якісні показники зерна сої, кукурудзи, пшениці ярої, вівса і гречки закладали згідно схеми:

Варіант	Фактори
Без добрив – контроль	–
$\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$	A
$\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ + «Біохром», 5 л/га	A+B
«Біоактив», 10 т/га	A
«Біоактив», 10 т/га + «Біохром», 5 л/га	A+B
«Біоферм», 10 т/га	B
«Біоферм», 10 т/га + «Біохром», 5 л/га	B

Фактор А: мінеральні $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ (нітроамофоска 0,5 т/га), карбамід – 0,082 т/га) і органічні добрива «Біоактив» під основний обробіток ґрунту. **Фактор В:** органічні добрива «Біоферм», виготовлене методом аеробної ферментації, із збалансованим умістом тривалентного хрому та рідке органічне добриво «Біохром», виготовлене методом кавітації, з умістом Cr^{3+} .

Для розширення варіантів дослідів використовували для внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ та органічне добриво «Біоактив», виготовлене методом аеробної ферментації, основними компонентами якого є ставковий осад та відходи птахофабрик. Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик Аринушкіної О. М. (1970); Єськова Л. І., Тарасова С. І. (2003).

Застосовували органічні добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} , «Біоактив» та мінеральні добрива під основний обробіток ґрунту, «Біохром» під час вегетації рослин: сої – у фазу початок бутонізації; пшениці ярої – у фазу кушіння; кукурудзи – у фазу 7–8 листочків; гречки – у фазу початок бутонізації; вівса – у фазу початок кушіння-виходу в трубку.

Агротехніка вирощування сої, кукурудзи, пшениці ярої, вівса і гречки загальноприйнята для даної зони.

Уміст поживних речовин в добривах і ґрунті визначали за методами: азоту, що легко гідролізується – Корнфілда (2016); загального азоту – К'ельдаля (2003); рухомий фосфор (P_2O_5) і обмінний калій (K_2O) – Кірсанова (2006); загального гумусу – Тюріна (2016). Вологість ґрунту – термостатно ваговим методом (Петруня М. І., 1965); структурно-агрегатний склад – за методом М. І. Саввінова (2008); об'ємну масу і загальну пористість у шарах ґрунту 0–10, 10–20 та 20–30 см – перед сівбою культур та перед збиранням за методом Н. А. Качинського (1965); біологічну активність ґрунту в шарах – за методом розкладу льонового полотна за Востровим і Петровою (2005).

Фенологічні та біометричні спостереження за ростом і розвитком рослин – за методикою Ф. М. Куперман (1968);

Фотосинтетичний потенціал посівів (ФП) за певні проміжки часу визначали за формулою: $ФП = ((Л1+Л2)*Т):2$,

де: ФП – фотосинтетичний потенціал, $м^2/га$ доба; Л1, Л2 – площа листової поверхні в фазі розвитку, $м^2/га$; Т – тривалість між фазного періоду, доба.

Чисту продуктивність фотосинтезу ($г/м^2$ за добу) та наростання вегетативної маси та накопичення сухої речовини за основними етапами органогенезу, визначення маси сирої проби, вміст сухої речовини, морфологічні і структурні показники будови рослин визначали за методикою А. А. Ничипоровича (1966).

Аналіз якісних показників зерна на вміст: мікроелементу хром – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ДСТУ 4770.8:2007); протеїну – за методами К'ельдаля (ДСТУ ISO 5983-2003); крохмалю – за методом Бертрана; жиру – (ДСТУ ISO 6492-2003); клітковини – (ДСТУ ISO 6865:2004).

Економічні розрахунки здійснювали відповідно до методики ННІТ «Інституту землеробства УААН» (1986); енергетичну оцінку – за О. К. Медведовським та П. І. Іваненком (1988).

Експериментальні дані обробляли методами математично-статистичного аналізу (Б. А. Доспехов, 1985) з використанням комп'ютерних програм Excel і Statistica.

НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ІЗ ЗБАЛАНСОВАНИМ УМІСТОМ ТРИВАЛЕНТНОГО ХРОМУ

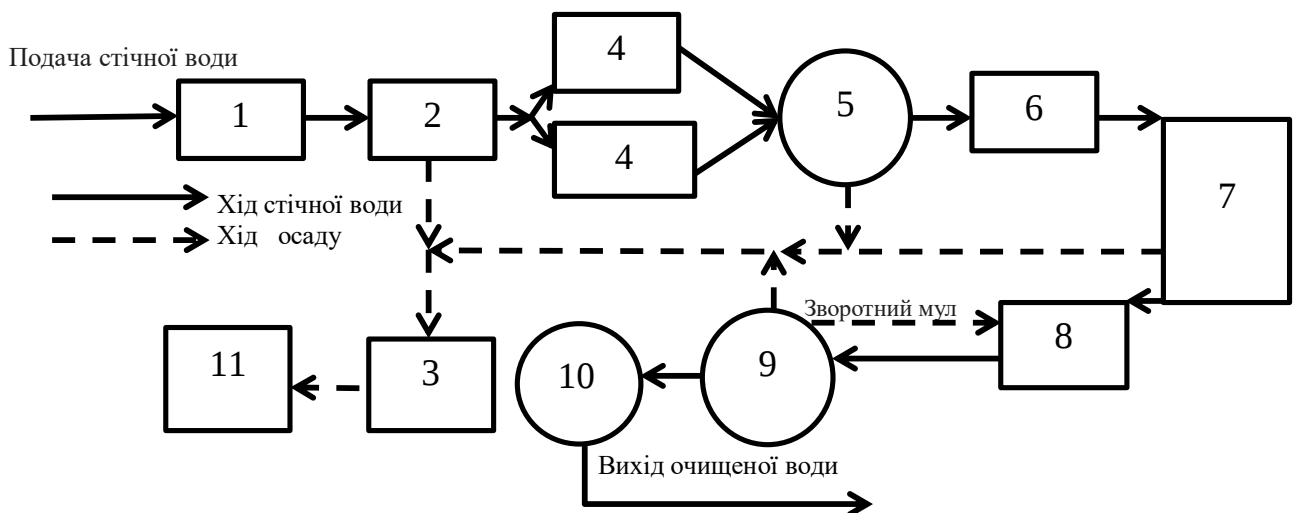
На основі експериментальних та виробничих досліджень нами вперше розроблено і реалізовано в промислових масштабах технологію виробництва органічних добрив з відходів шкіряного виробництва та осаду біологічного очищення промислових стоків методом аеробної ферментації із збалансованим умістом мікроелементу Cr^{3+} . Стічні води шкіряних заводів є надзвичайно забруднені різноманітними органічними і неорганічними хімічними сполуками у дуже високих концентраціях, а їх очищення становить неймовірні труднощі, і над цією проблемою понад пів століття працюють вчені в усьому світі, що свідчить про неабияку складність проблеми і про те, що вона все ще не вирішена, технічно і екологічно актуальна.

Локальні очисні споруди (ЛОС) з очищення стічних вод хімічними і фізико-хімічними методами не задовольняють в першу чергу екологів, бо вони зводяться, переважно до вилучення чи концентрування хімічних забруднень, які в подальшому потрібно складувати, «захоронювати» і таким чином вторинно забруднювати довкілля, відтерміновуючи вирішення екологічних проблем «на потім», переадресовуючи їх майбутнім поколінням.

Виходячи з цього, сумісно з вченими Інституту колоїдної хімії та хімії води НАН України розробили, виготовили і встановили в анаеробних та аеробних біореакторах модулі з носіями ВІЯ (Заявка на патент України № а 2020 04479 «Носій для іммобілізації мікроорганізмів і трофічного утримування рухливих форм гідробіонтів» П. І. Гвоздяк, О. М. Бунчак, А. І. Капарник, О. О. Борисенко).

Для покращення очищення стічних вод з високим значенням хімічного споживання кисню (ХСК) і біологічно спожитого кисню на 5-й день (БСК₅) удосконалено технологічні параметри очисних споруд (рис. 1).

Стічна вода, що подається на біологічне очищення, повинна бути звільнена від нерозчинних у ній домішок, що відбувається у барабанному ситі (1) та звичайних гравітаційних відстійниках (2). Одержаний осад направляється для зневоднення на фільтрпрес (3), а стічні води – в добові усереднювачі стоків (4), де проводиться усереднення концентрацій забруднень, оскільки біологічне очищення стоків потребує, по-перше, стабільних за своїм хімічним складом стічних вод, а по-друге, по можливості рівномірної у часі подачі стоків на біологічне очищення. В результаті змішування стічних вод з різних технологічних операцій виробництва шкіри, в добових усереднювачах (4) відбуваються хімічні реакції, що ведуть до утворення осадів, які відділяються від води у типовому циліндричному гравітаційному відстійнику (5) з терміном перебування 3–4 години.



1. Барабанне сито; 2. Горизонтальний гравітаційний відстійник; 3. Станція обезводнення осаду – фільтрпрес; 4. Резервуари добового усереднення стоків з мішалками; 5. Циліндричний гравітаційний відстійник; 6. Анаеробний біореактор з мішалками; 7. Безнапірний флотатор; 8. Аеробний біореактор з носіями ВІЯ; 9. Вторинний радіальний відстійник; 10. Піщано-гравійний фільтр; 11. Площадка накопичення осаду.

Рис. 1. Технологічна схема очищення промислових стічних вод з високими значеннями ХСК та БСК₅

З відстійника (5) осад направляється на фільтрпрес (3), а стічна вода в залізобетонний резервуар – анаеробний біореактор (6) з лопатевими мішалками, де здійснюється вкрай необхідний біологічний процес попереднього очищення стічних вод з високою концентрацією хімічних забруднень ($X_{CK} = 4000-6000 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$).

Тут відбувається суттєва деструкція органічних речовин з утворенням метану (CH_4), вуглекислого газу (CO_2), амонійного азоту (NH_4^+), сірководню (H_2S). Йони важких металів реагують з сірководнем з утворенням нерозчинних сульфідів, сорбуються біомасою анаеробних бактерій, що нарастають в результаті асиміляції органічних забруднень стічної води. Якщо йти по шляху сучасної біотехнології води – «біоконвеєру» [Гвоздяк П. І., 2014], то на наступному, аеробному етапі біологічного очищення доведеться застосовувати вищі форми гідробіонтів, які б виїдали анаеробних бактерій, що нарастають в біореакторі (6), що вимагає додаткових його об'ємів, спеціальних технологічних зусиль з селекції вищих форм гідробіонтів, стійких до підвищених концентрацій йонів важких металів, накопичених на тілах анаеробних бактерій. Тому ми відділили на флотаторі (7) біомасу цих бактерій і направили їх разом з іншими осадами на фільтрпрес (3). Звільнена на флотаторі (7) від бактеріальних клітин стічна вода перетікає у аеробний біореактор (8), обладнаний розпилювачами стисненого повітря, над якими розміщено виготовлені нами пристрої – модулі з волокнистими носіями ВІЯ, який має значну питому поверхню для іммобілізації мікроорганізмів – деструкторів органічних сполук. Ці мікроорганізми створюють унікальну біологічну структуру – «біоплівку», у якій мікроби проявляють надзвичайно високу резистентність щодо різноманітних антимікробних хімічних агентів. Так, клітини *Pseudomonas aeruginosa*, перебуваючи у вільноплаваючому, планктонному стані, тотально гинуть після 8-годинної обробки аміноглікозидним антибіотиком тобраміцином в концентрації 50 мг/мл, тоді як такі ж клітини у складі біоплівки залишаються живими з тим же тобраміцином в концентрації 1000 мг/мл. Ще в 1988 році Лешевальє зі співробітниками довели, що бактерії у біоплівці у сотні разів стійкіші до монохлораміну і у 1500-3000 разів більш резистентні до вільного хлору, ніж бактерії у планктонному, поодинокому, вільноплаваючому стані.

Механізм цієї резистентності поки що невідомий, однак є небезпідставні припущення, що антимікробні реагенти дезактивуються екстрацелюлярними біополімерами. Що стосується сильних оксидантів, то вони витрачаються, в основному, теж на окиснення матриксу біоплівки, а не клітин мікроорганізмів.

Такий стан з біоплівкою на волокнистих носіях ВІЯ гарантує стабільність біологічного очищення стоків при випадковому (аварійному) попаданні у стічні води біоцидних речовин в надмірних концентраціях. Поміж ворсинами носія ВІЯ, які обросли мікроорганізмами, проживають рухливі форми водяних тварин – від інфузорій (*Vorticella*, *Paramecium*) до круглих (*Nematoda*) і малоцетинкових (*Aeolosoma*, *Nais*) червів, рачків (*Cyclopes*), які є фільтраторами і хижаками, сприяють відновленню поверхні обростання ВІІ для наступного заселення її новими клітинами мікробів – деструкторів хімічного забруднення стічних вод виробництва шкіри.

Імобілізовані на носіях ВІА мікроорганізми і виїдаючи їх вищі форми гідробіонтів створюють в аеробному біореакторі настільки стійкий і потужний біоценоз, що знищити його випадковим попаданням зі стоками будь-якого токсиканта, а тим більше вимити геть з біореактора надмірним потоком води практично неможливо. В аеротенку функціонує ще й значна кількість вільноплаваючого активованого мулу, що відривається від біоплівки на носієві ВІА повітряно-водяним факелом, створюваним аераторами, який виноситься з біореактора (8) потоком очищеної води і направляється у вторинний радіальний відстійник (9). Частина цього мулу, що осів, перекачується в голову аеротенка з ВІА-ми (8), а надлишковий мул подається у фільтрпрес (3), де з іншими осадами дегідратується і йде на біохімічну переробку в екологічне органічне добриво.

Цілком очевидно, що саме біологічно активні осадки анаеробних мікроорганізмів з флотатора (7) і аеробний мул з вторинного відстійника (9) становлять основу в подальшому створенні органічних добрив, оскільки складають найбільшу фізіологічну цінність – фактично аналогів природного неперевершеного органічного добрива – сапропелю. Біологічно очищена від екологічно небезпечних хімічних інгредієнтів промислова стічна вода шкіряного виробництва після фінального освітлення на піщано-гравійному фільтрі (10) направляється в природний потік.

Одержано високий ступінь очищення стічних вод за основними показниками (табл. 1).

Таблиця 1

Результати очищення стічних вод за розробленою технологією

Показники	Концентрація забруднень, мг/дм ³		ГДК, мг/дм ³
	До очистки	Після очистки	
pH (од.)	5,3–13,14	6,48–8,57	6,5–8,5
ХСК	6000–10000	26,4–29,8	30,0
БСК ₅	3000–5000	7,15–11,6	12,0
NH ₄ ⁺	200–400	1,15–1,48	1,5
SO ₄ ²⁻	100–200	45–70	500,0
Завислі речовини	10000	5,0–12,0	14,0

Використання нової, розробленої нами технології, дозволяє ефективно очищати висококонцентровані стоки до гранично допустимих концентрацій (ГДК).

На основі експериментальних та виробничих досліджень розроблено, запатентовано і впроваджено у виробництво технологію перероблення органічних відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд методом прискореної аеробної ферментації для отримання органічного добрива «Біопроферм» із збалансованим умістом тривалентного хрому (патент на корисну модель №85187 «Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому»). Реконструйовано ферментатор, добудовано станцію дозування хромовмісних відходів та площадки для дозрівання органічного добрива (рис. 2).

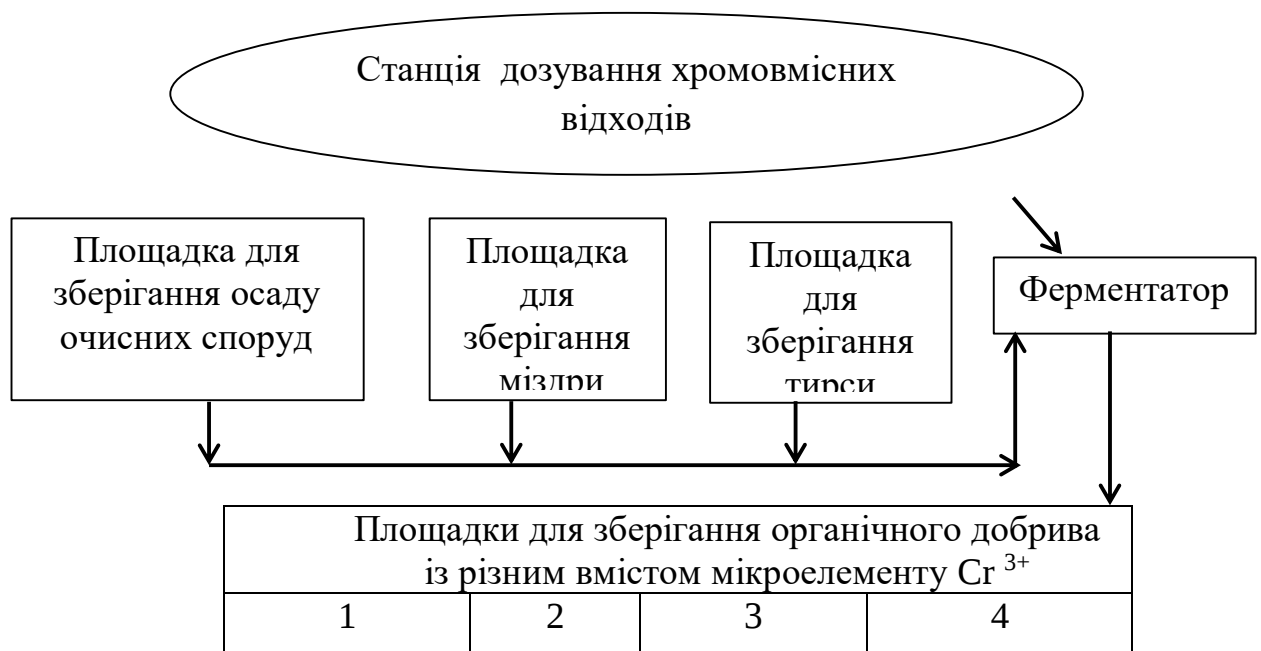


Рис. 2. Схема виробництва органічного добрива «Біопроферм» з мікроелементом Cr³⁺ методом аеробної ферментації

Для розроблення технології виробництва органічного добрива «Біопроферм» із збалансованим вмістом Cr³⁺ виконано дослідження в чотирьох варіантах підбору сировини, де основними компонентами були: міздрия, тирса, осад і хромові відходи Cr(OH)₃ + CaSO₄.

1. Міздрия – 30 %, тирса – 30 %, осад очисних споруд – 15 %, хромовмісні відходи з умістом Cr³⁺ (800–1000 мг/дм³) – 25 %;

2. Міздрия – 30 %, тирса – 30 %, осад очисних споруд – 15 %, хромовмісні відходи з умістом Cr³⁺ (1000–1200 мг/дм³) – 25 %;

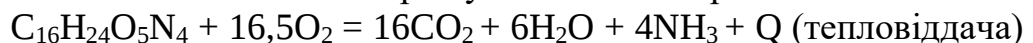
3. Міздрия – 30 %, тирса – 30 %, осад очисних споруд – 15 %, хромовмісні відходи з умістом Cr³⁺ (1200–1500 мг/дм³) – 25 %;

4. Міздрия – 30 %, тирса – 30 %, осад очисних споруд – 25 %, хромовмісні відходи з умістом Cr³⁺ (1500–2000 мг/дм³) 25 %.

Виконано комплекс науково-дослідних пошукових робіт та розроблено технологію виробництва органічного добрива «Біопроферм», яка включає низку етапів (рис. 3). При ферментації слід контролювати такі параметри: температуру суміші і наявність кисню в ній.

Біомаса розігрівається за рахунок протікання екзотермічних реакцій розпаду складних органічних речовин.

Так, окиснення білкового матеріалу визначається рівнянням:



Для розвитку мезофільної мікрофлори підтримували температуру суміші в межах 30–40 °С. Інкубаційний період проходив протягом 2–4 - х діб. Процес охолодження суміші контролювали притяжно-витяжними вентиляторами за рахунок охолодження повітрям. Потім за рахунок термофільної мікрофлори температура піднімалась і підтримувалась на рівні 60–70 °С. Доведено, що проходження процесу термофільної ферментації за температури 65–70 °С впродовж не менше 3 - х діб – необхідна умова для пастеризації біомаси, загибелі патогенної фауни, хвороботворних мікроорганізмів, яєць, личинок гельмінтів, втрати схожості насіння бур'янів та неприємного запаху.

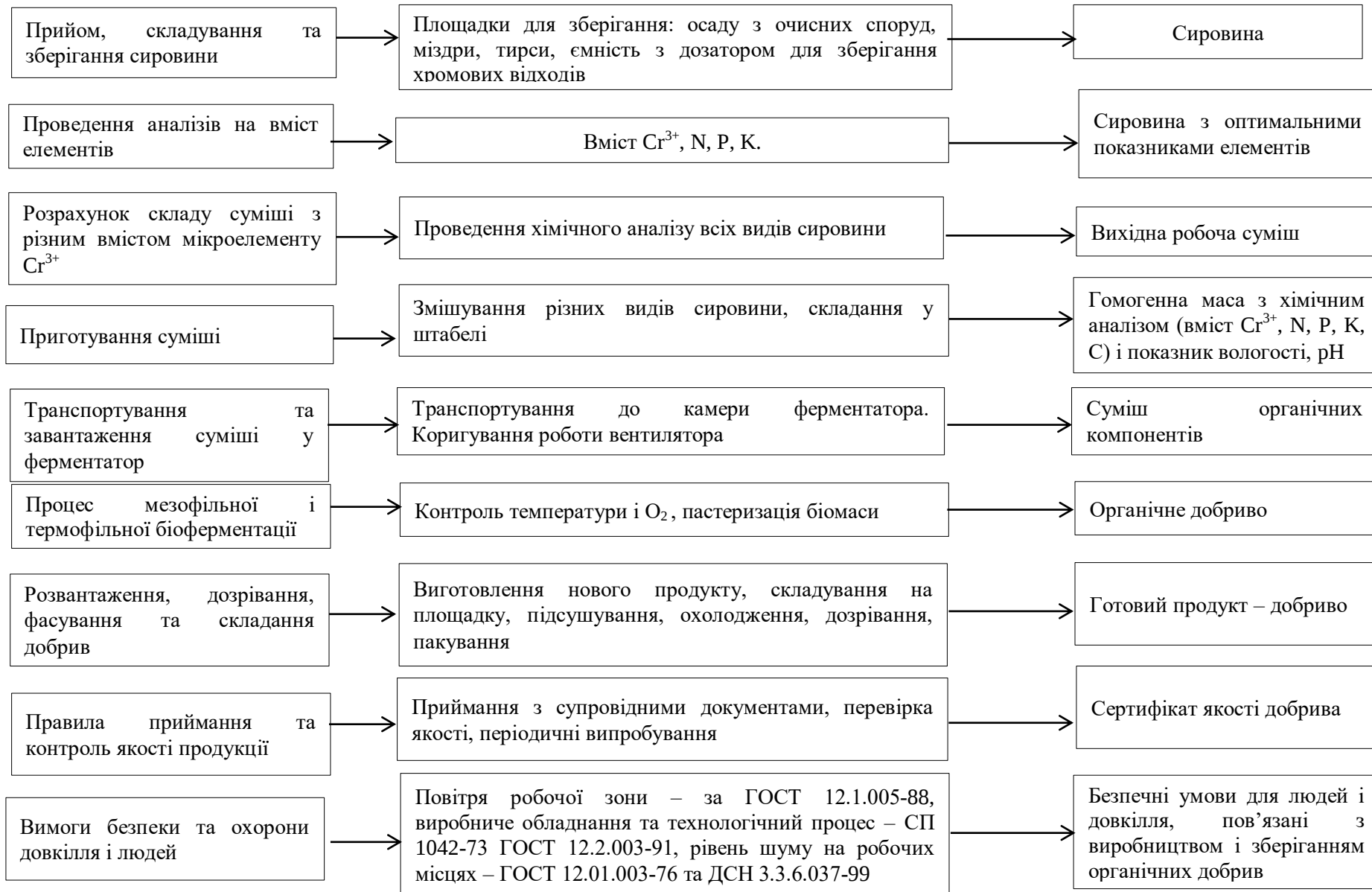


Рис. 3. Технологія виробництва органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+}

Про закінчення процесу ферментації свідчить падіння температури в суміші до 40–50 °С. Тривалість всього процесу біологічної ферментації за оптимальних умов складає 8–12 діб. Оскільки одним із компонентів процесу ферментації є мікроелемент хром, що може впливати на проходження мезофільної і термофільної реакцій, тому необхідно контролювати процес проходження аеробної ферментації, а саме температурний режим, вміст кисню в суміші.

Після проходження процесу аеробної ферментації одержано органічне добриво «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} яке за агрохімічними властивостями є комплексним, містить макро- і мікроелементи, концентрації важких металів і радіонуклідів знаходяться в допустимих межах і не перевищують ГДК, має темно-коричневий колір, сипку дрібно-грудочкувату структуру, без запаху, розміри частинок 2–6 мм, об'ємна маса 0,6–0,7 т/м³ (табл. 2). Масова питома частка вологи складає 56,0–58,6 %, рН – від 7,4 до 7,9; масова частка макроелементів на суху речовину становить 1,9–2,7 % загального азоту; 2,0–3,5 % фосфору і 1,1–1,6 % калію.

Таблиця 2

**Органолептичні і фізико-хімічні показники органічного добрива
«Біопроферм» з умістом Cr^{3+}**

№ з/п	Оцінювання органічного добрива за показниками	Варіант			
		«Біопро-ферм» (1)	«Біопро-ферм» (2)	«Біопро-ферм» (3)	«Біопро-ферм» (4)
1	Зовнішній вигляд, колір та запах	Однорідна сипка маса темно-коричневого кольору без специфічного запаху			
2	Масова частка вологи, %	58,1	57,2	58,6	56,0
3	Кислотність, рН	7,8	7,6	7,4	7,9
Масова частка на суху речовину %,					
5	- загального азоту	1,9	2,3	2,4	2,7
6	- фосфору	2,0	2,1	2,7	3,5
7	- калію	1,2	1,1	1,3	1,6
8	Вміст, мг/кг сухої речовини				
9	- молібдену	20,0	27,0	32,0	24,0
10	- кобальту	10,0	12,0	12,0	18,0
11	- міді	60,0	65,0	64,0	67,0
12	- бору	20,0	26,0	23,0	32,0
13	- цинку	15,0	15,0	15,0	10,0
14	- марганцю	20,0	20,0	20,0	21,0
15	- хрому тривалентного	250,0	320,0	385,0	540,0
16	Уміст на суху речовину: важких металів (свинець, кадмій, ртуть, нікель), мг/кг	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	не > ГДК у ґрунті
17	Радіонукліди цезію-137, Бк/кг	0	0	0	не > ГДК у ґрунті
18	Ступінь засмічення насінням бур'янів шт.	0	0	0	0

Вміст мікроелементів в органічному добриві складає молибдену 20,0–32,0 мг/кг сухої речовини; кобальту – 10,0–18,0 мг/кг; міді – 60,0–67,0 мг/кг; бору – 20,0–32,0 мг/кг; цинку – 10,0–15,0 мг/кг; марганцю – 20,0–21,0 мг/кг. Найбільший вміст – від 250 до 540 мг/кг – серед мікроелементів становив Cr^{3+} . Уміст на суху речовину: важких металів і радіонукліду цезію-137, Бк/кг – не більше ГДК у ґрунті. В добриві відсутнє насіння бур'янів, ступінь засмічення 0.

Встановлено, що за застосування різних компонентів та дозування хромовмісних відходів в органічному добриві «Біоферм» регулюється вміст Cr^{3+} . Тому можна стверджувати, що у процесі ферментації зі збільшенням вмісту Cr^{3+} перебіг аеробних ферментаційних процесів не зазнавав жодного впливу, одержане добриво містить мікроелемент Cr^{3+} (від 250–540 мг/кг).

Для позакореневого живлення рослин розроблено просту і економічно вигідну технологію одержання рідкого органічного добрива «Біохром» з органічного добрива «Біоферм» із збалансованим умістом тривалентного хрому (Патент на корисну модель № 89786 «Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром»). Дослідження проводили за двома варіантами: «Біохром» з вмістом Cr^{3+} – 3,8 мг/л та «Біохром» з вмістом Cr^{3+} – 5,4 мг/л.

Розроблено принципово нові підходи до використання реагентів для екстракції гумінових кислот, а також збагачення їх біогенними елементами. Для одержання органічного добрива «Біохром» використовували кавітаційну установку гідродинамічної екстракції із застосуванням кавітації (рис. 4).

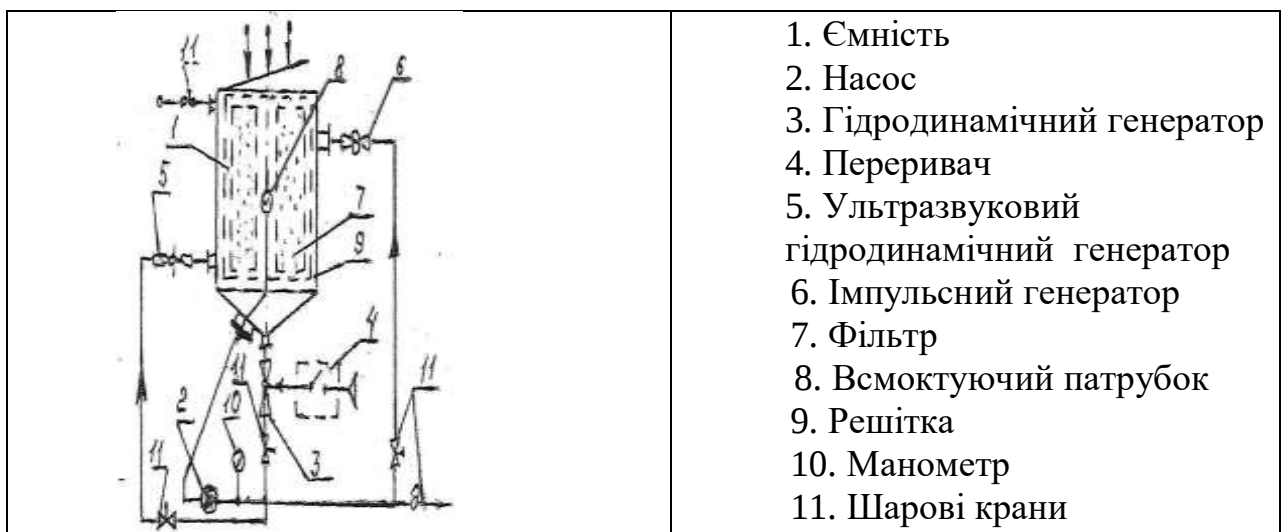


Рис. 4. Установа гідродинамічної екстракції для виготовлення рідкого органічного добрива «Біохром»

Завдяки високій енергетичній ефективності та інтенсифікації процесів змішування і гомогенізації, терміни оброблення зразків знижуються у 5–8 разів. Після відстоювання добрива «Біохром» в готовий продукт вводили допоміжні макро- і мікроелементи в хелатній формі для цільового призначення під певні сільськогосподарські культури.

Розроблене рідке органічне добриво «Біохром» містить гумінові речовини, крім уже відомих в застосуванні макро- і мікроелементів, ще й Cr^{3+} з умістом 3,8–5,4 мг/л в залежності від варіантів закладених дослідів. Рідина зі специфічним запахом темно-коричневого кольору за наявності не значного осаду, що містить 0,38–0,42 % водорозчинних гуматів, масову частку сухого залишку гумінових кислот 2,8–3,1 %. Водневий показник (pH) становить 8,4–8,9. В 1 л препарату уміст макроелементів складає: N (загальний) – 970–1040 мг/л, P_2O_5 – 270–280 мг/л; K_2O – 1210–1342 мг/л; CaO – 108–116 мг/л; мікроелементів: B – 14–15 мг/л; Zn – 21–24 мг/л; Fe – 16–18 мг/л; Mo – 23–26 мг/л; $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 380–420 мг/л; Cr^{3+} – 3,8–5,4 мг/л. Показники важких металів свинцю і кадмію (2 і 16 мг/кг) і радіонукліду цезію-137 (67–71 Бк/кг) знаходяться у допустимих рівнях. Органічне добриво «Біохром» є безпечним для людей і тварин; його доцільно застосовувати для одержання екологічно безпечної продукції збалансованої за вмістом макро- та мікроелементів.

Технологія виробництва органічного добрива «Біохром» включає наступні етапи: підготовчий; змішування компонентів; екстрагування; ферментація; відстоювання (фільтрація); лабораторний контроль готового продукту (рис. 5.)



Рис. 5. Технологія виробництва рідкого органічного добрива «Біохром»

Органолептичні і фізико-хімічні показники та вміст мікроелементів рідкого органічного добрива «Біохром» наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Органолептичні і фізико-хімічні показники рідкого органічного добрива «Біохром»

Оцінювання органічного добрива за показником	Норма та характеристика	
	Біохром-1	Біохром-2
Зовнішній вигляд, колір та запах	Рідина темно-коричневого кольору, зі специфічним запахом, з наявністю не значного осаду	Рідина темно-коричневого кольору, зі специфічним запахом, з наявністю не значного осаду
Водорозчинні гумати, %	0,38	0,42
Водневий показник pH	8,4	8,9
Масова частка сухого залишку, %	2,8	3,1
Уміст, мг/л:		
Макроелементи:		
Азот (N), (загальний)	970	1040
Фосфорний ангідрид (P ₂ O ₅)	270	280
Оксид калію (K ₂ O)	1210	1342
Оксид кальцію (CaO)	108	116
Мікроелементи:		
Магній (Mg)	380	420
Бор (B)	14	15
Цинк (Zn)	21	24
Залізо (Fe)	16	18
Молібден (Mo)	23	26
Хром (Cr ³⁺)	3,8	5,4
Важкі метали, мг/кг		
Свинець	16	16
Кадмій	2	2
Радіонуклід цезій-137, Бк/кг	67	71

Дана технологія виготовлення рідкого органічного добрива «Біохром» має значні переваги, а саме: не потребує значних витрат, проста в застосуванні, забезпечує максимальне використання поживних речовин, дозволяє регулювати баланс поживних речовин, що надходять у рослину. Органічне добриво «Біохром» діє в оперативний спосіб поглинання поживних речовин через листок, при чому відбувається набагато швидше засвоєння макро- та мікроелементів, ніж при поглинанні їх корінням, що істотно впливає на закладання урожаю в критичні фази розвитку сільськогосподарських культур.

ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА ІЗ ЗБАЛАНСОВАНИМ УМІСТОМ ТРИВАЛЕНТНОГО ХРОМУ ЯК ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР ДИНАМІКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ В АГРОЦЕНОЗАХ

Внесення органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} , виготовленого методом аеробної ферментації, та рідкого органічного добрива «Біохром», виготовленого методом кавітації, істотно впливало на агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивості чорнозему типового важкосуглинкового, гранулометричного складу ґрунту.

У більшості ґрунтів окремі мікроорганізми, які завжди вважались індикаторами родючості, знаходяться на межі зникнення, їх місце займають не типові для ґрунтоутворного процесу бактерії. В даному випадку замість «годовлі» рослин поживними речовинами вони поглинають елементи живлення.

На основі проведеного мікробіологічного аналізу ґрунту з дослідного поля після внесення органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} з розрахунку 10 т/га за роки досліджень встановлено видовий склад мікроорганізмів, який включав: амоніфікатори – $28,38 \pm 4,09$ млн. КУО/г ґрунту; азотфіксатори – $1,55 \pm 0,19$ млн. КУО/г ґрунту; олігонітрофіли – $37,08 \pm 9,80$ млн. КУО/г ґрунту; стрептоміцети – $7,87 \pm 1,12$ млн. КУО/г ґрунту; фосфатмобілізатори – $1,01 \pm 0,1$ млн. КУО/г ґрунту; азотобактер, обростання грудок ґрунту – 64%. Дані мікроорганізми виконують типові функції та є необхідною ланкою кругообігу всіх біогенних елементів, беруть безпосередню участь в процесах ґрунтоутворення, підтримці родючості ґрунтів та навіть за недостатнього мінерального підживлення сприяють забезпечення повноцінного урожаю.

Виявлено тенденцію до підвищення вмісту загального азоту і його нітратної форми за внесення органічних добрив «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» на 36,18 мг/кг, рухомого фосфору на 33,58 мг/кг, обмінного калію на 11,93 мг/кг, тривалентного хрому на 32,41 мг/кг відносно контролю (табл. 4). Встановлено позитивну динаміку зміни $\text{pH}_{\text{сол.}}$ – зниження кислотності ґрунту на 0,58 $\text{pH}_{\text{сол.}}$ та збільшення вмісту гумусу в ґрунті на 0,14 %.

Таблиця 4

Вплив органічних добрив на вміст макро- та мікроелементів в орному шарі ґрунту (дослідне поле ПДАТУ, середнє за 2013–2016 рр.)

Варіант	Вміст, мг/кг			
	азот	фосфор	калій	хром
Без добрив – контроль	125,31	89,22	162,37	19,58
$\text{N}_{120}\text{P}_{86}\text{K}_{86}$	147,47	122,01	175,55	19,63
$\text{N}_{120}\text{P}_{86}\text{K}_{86}$ + «Біохром» – 5 л/га	148,08	122,20	174,71	19,73
«Біоактив» – 10 т/га	156,68	122,80	173,65	21,55
«Біоактив» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	157,37	122,97	173,80	21,61
«Біоферм» – 10 т/га	161,36	121,86	173,55	51,93
«Біоферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	161,49	122,80	174,30	51,99
HPI_{05}	15,3	8,5	13,6	2,9

Застосування органічних добрив покращує структурно-агрегатний склад орного шару ґрунту при вирощуванні сої і пшениці ярої. Кількість брилих (>10 мм) і мілких (<0,25 мм) фракцій знижується порівняно з контролем, відповідно на 3,1–3,2 та 3,2–3,5 % і підвищується вміст агрономічноцінних агрегатів (розмір 0,25–10 мм) (табл. 5).

Таблиця 5

Структурно-агрегатний склад орного шару ґрунту за внесення органічних добрив під посівами сої (дослідне поле ПДАТУ, 2013–2016 рр.)

Варіант	Частина агрегатів розміром, %						Коефіцієнт структурності	
	>10 мм		10–0,25 мм		<0,25 мм			
	на час сівби	на час збирання	на час сівби	на час збирання	на час сівби	на час збирання		
Без добрив – контроль	21,8	22,3	67,5	66,1	10,7	11,6	2,07	1,95
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	20,1	20,7	70,1	68,9	9,8	10,4	2,34	2,21
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ +«Біохром» 5 л/га	18,8	19,4	71,6	70,7	9,6	10,2	2,52	2,44
«Біоактив» – 10 т/га	18,7	19,1	71,9	71,3	9,4	9,6	2,56	2,48
«Біоактив» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	18,7	19,0	72,1	73,3	9,2	9,5	2,58	2,53
«Біоферм», 10 т/га	18,5	18,7	72,2	71,7	9,3	9,6	2,60	2,53
«Біоферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	18,6	18,8	72,3	71,8	9,1	9,4	2,61	2,56
НР ₀₅	0,16	0,17	5,6	5,4	0,08	0,09	0,01	0,02

За застосування органічних добрив «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» підвищується активність целюлозоруйнівних бактерій впродовж всього вегетаційного періоду сої. Найбільш сприятливими умовами для розкладання лляної тканини мікроорганізмами відмічали за внесення «Біоферм» з умістом Cr^{3+} (10 т/га) та обприскування рослин під час вегетації рідким органічним добривом «Біохром» (5 л/га). У фазу на початку цвітіння розкладання лляної тканини в шарі ґрунту 0–10 см на 9,4 % перевищувало контроль, в шарі ґрунту 10–20 см – на 10,4%, в шарі ґрунту 20–30 см – на 7,0 % (табл. 6).

Отже, біологічна активність, яку визначено нами за швидкістю розкладу клітковини, доволі чітко відображає той комплекс ґрунтових умов, який впливає на найважливіший показник ефективної родючості ґрунту – урожайність.

Значна частка в загальних ресурсах вологозабезпечення належить весняним запасам вологи в ґрунті, які нагромаджуються за осінньо-весняний період. Органічне добриво «Біоферм» з умістом Cr^{3+} внесено під основний обробіток, сприяли збереженню вологи в ґрунті.

За внесення органічних добрив збільшується кількість вологи у ґрунті на початку вегетації сої і пшениці ярої до 10,0 %, що особливо важливо за нестачі випадання опадів в останні роки. У фазі сходів сої запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становили на контрольному варіанті 19,8 мм, пшениці ярої –

19,1 мм, а при внесенні органічних добрив «Біоактив» та «Біопроферм» – 20,8 мм та 21,6 мм, відповідно, що на 1,4–1,9 мм і 1,7–2,5 мм перевищували контроль.

У кінці вегетаційного періоду при збиранні врожаю запаси вологи значно зменшились у всіх варіантах дослідів. У контролі вони становили 17,8–18,0 мм у 0–20 см шарі ґрунту, а у дослідних варіантах запаси вологи коливалися в межах 19,1–19,3 мм.

Таблиця 6

Вплив застосування органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» на розклад лляного полотна в орному шарі ґрунту в посівах сої (дослідне поле ПДАТУ, середнє за 2013–2016 рр.)

Варіанти	Розклад лляного полотна в фазі розвитку,%							
	початок цвітіння				при збиранні			
	глибина горизонтів, см							
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Без добрив – контроль	20,4	23,3	17,8	20,4	23,6	26,9	20,0	23,1
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	25,6	28,4	23,2	25,7	28,7	30,2	23,4	27,4
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + «Біохром» – 5 л/га	28,4	31,2	23,1	27,6	30,4	33,1	25,2	29,6
«Біоактив» – 10 т/га	29,1	32,5	23,2	28,3	31,8	33,4	26,3	30,5
«Біоактив» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	29,4	33,1	24,0	28,8	32,1	35,5	28,1	31,9
«Біопроферм» – 10 т/га	29,8	33,4	24,3	29,0	32,6	35,7	28,5	32,0
«Біопроферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	29,8	33,7	24,5	28,5	32,8	35,6	28,7	32,8
НІР ₀₅	0,21	0,24	0,25	0,14	0,23	0,26	0,19	0,23

ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ В АДАПТИВНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Встановлено, що за внесення під основний обробіток ґрунту 10 т/га органічного добрива «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та обприскування посівів в період вегетації рідким органічним добривом «Біохром» 5 л/га збільшується: густина стояння рослин сої у фазу сходів на 42,9–44,7 тис. шт./га, при збиранні – на 63,1–65,5 тис. шт./га; польова схожість на 6,5–6,9 %; показник виживання рослин на 4,5–4,7 %; площа листкової поверхні рослин на початку цвітіння зростає на 6,1 тис. м^2 /га і у кінці цвітіння – на 8,7 тис. м^2 /га, фотосинтетичний потенціал на – 0,284 млн. м^2 /га добу, чиста продуктивність фотосинтезу у фазу цвітіння на 0,81 г/м², порівняно з контролем (табл. 7).

Органічні добрива «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» позитивно впливали і на формування площі листкової поверхні пшениці ярої.

Таблиця 7

**Вплив органічних добрив на продуктивність фотосинтезу сої сорту Устя
(дослідне поле ПДАТУ, середнє за 2013–2016 рр.)**

Варіант	Фотосинтетичний потенціал, млн. м ² /га добу	Чиста продуктивність фотосинтезу у фазу цвітіння, г/м ² добу
Без добрив – контроль	2,092	9,79
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	2,286	10,28
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + «Біохром» – 5 л/га	2,292	10,34
«Біоактив» – 10 т/га	2,301	10,31
«Біоактив» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	2,353	10,54
«Біопроферм» – 10 т/га	2,328	10,37
«Біопроферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	2,376	10,60
НІР ₀₅	0,19	0,85

У фазу кушіння площа листової поверхні рослин була на 8,9 тис. м²/га більшою порівняно з контролем, у фазу початку виходу у трубку – на 6,2 тис. м²/га, у фазу колосіння – на 15,8 тис. м²/га, у фазу молочно-воскової стиглості – на 3,9 тис. м²/га згідно таблиці (табл. 8).

Таблиця 8

**Площа листової поверхні пшениці ярої за застосування органічних добрив
(сорт Чадо, дослідне поле ПДАТУ, середнє за 2013–2016 рр.)**

Варіант	Площа листової поверхні у фазі розвитку рослин, тис. м ² /га			
	кушіння	початок виходу у трубку	коло-сіння	молочно-воскова стиглість
Без добрив – контроль	9,4	17,4	30,4	15,2
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	14,1	20,1	40,3	17,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + «Біохром» – 5 л/га	15,6	20,8	41,2	18,1
«Біоактив» – 10 т/га	15,7	21,6	43,6	18,4
«Біоактив» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	17,6	22,8	45,7	18,7
«Біопроферм» – 10 т/га	18,0	23,1	45,6	18,6
«Біопроферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	18,3	23,6	46,2	19,1
НІР ₀₅	0,82	1,20	1,32	1,72

Істотно впливало внесення органічних добрив на складові продуктивності рослин гречки. Встановлено, що висота рослин змінювалась залежно від усіх дослідних чинників. Висота рослин, як основного органу морфологічної структури, на 13 см перевищувала контроль; кількість вузлів 1-го галушення – на один, кількість вузлів – на чотири та гілок – на одну. Кількість суцвіть і зерен за внесення органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr³⁺ та «Біохром» становила: суцвіть – 22 шт., зерен – 62 шт. проти 17–53 шт. в контролі (табл. 10).

Таблиця 10

Формування елементів структури врожаю гречки за застосування органічних добрив (сорт Єлена, дослідне поле ПДАТУ, 2013–2016 рр.)

Варіант досліджу	Висота рослини, см	Вузли 1-го галуження	Кількість, шт. на рослину			
			вузлів	гілок	суцвіть	зерен
Без добрив – контроль	95	3	21	2	17	53
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	102	4	23	3	20	59
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + «Біохром» – 5 л/га	103	4	23	3	21	52
«Біоактив» – 10 т/га	103	4	23	3	21	52
«Біоактив»–10 т/га+«Біохром»–5 л/га	106	4	24	3	21	62
«Біопроферм» – 10 т/га	108	4	24	3	22	62
«Біопроферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	107	4	25	3	22	62
НІР ₀₅	2,1		0,8	0,2	0,87	2,1

Нагромадження сухих речовин рослинами є однією з важливих умов повнішого використання рослинами води, поживних речовин і вуглекислоти повітря у процесі акумуляції сонячної енергії. Вміст сухих речовин у рослинах значною мірою залежить від рівня їх живлення. Встановлено, що у міру росту й розвитку рослин вівса сорту Аркан відбувалося збільшення умісту сухих речовин в усіх варіантах. За внесення органічного добрива «Біопроферм» з умістом Cr³⁺ та «Біохром» нагромадження сухих речовин у фазі розвитку куштиння на 25,1 г/м²; у фазі виходу в трубку на 74,7 г/м²; у фазі викидання волоті на 294,7 г/м²; у фазі молочно-воскової стиглості на 189,0 г/м² згідно (табл. 11).

Таблиця 11

Нагромадження сухих речовин агроценозом вівса залежно від удобрення (сорт Аркан, дослідне поле ПДАТУ, середнє 2013–2016 рр.)

Варіанти	Уміст сухих речовин у фазі розвитку рослин, г/м ²			
	кущіння	вихід у трубку	викидання волоті	молочно-воскова стиглість
Без добрив – контроль	57,6	172,6	681,6	421,6
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	73,4	219,4	865,3	532,1
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + «Біохром» – 5 л/га	73,9	222,7	873,4	570,6
«Біоактив» – 10 т/га	78,6	230,6	873,7	567,8
«Біоактив» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	81,0	242,3	953,2	590,4
«Біопроферм» –10 т/га	78,8	233,7	916,7	576,5
«Біопроферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	82,7	247,3	976,3	610,6
НІР ₀₅	4,3	8,67	17,86	13,43

АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ ІЗ ЗБАЛАНСОВАНИМ УМІСТОМ ТРИВАЛЕНТНОГО ХРОМУ

Встановлено, що застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому «Біоферм» та «Біохром» позитивно впливало на ріст і розвиток пшениці ярої, гречки, сої, вівса впродовж вегетаційного періоду і забезпечило збільшення врожайності сільськогосподарських культур відносно контролю: сої – на 1,28 т/га; пшениці ярої – на 1,75 т/га; кукурудзи – на 1,56 т/га; гречки – на 0,77 т/га і вівса – на 1,31 т/га.

За застосування органічних добрив «Біоферм» з умістом Cr^{3+} і «Біохром» істотно збільшується врожайність сільськогосподарських культур відносно $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ і контролю: сої – на 20,3 % і 68,4 %; пшениці ярої – на 34,7 % і 51,9 %; кукурудзи – на 32,9 % і 59,7 %; гречки – на 28,1 % і 53,4 % і вівса – на 23,6 % і 51,9 % відповідно.

Дослідження показали, що внесення органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» істотно вплинули на біохімічний склад зерна сільськогосподарських культур. В дослідних варіантах уміст білка і жиру в зерні сої на 6,6 % і 1,2 %; пшениці ярої – на 1,4 % і 1,7 %; в зерні кукурудзи вміст сирого протеїну – на 0,4 %, сирого жиру – на 0,32 % більше, сирій клітковини – на 0,17 %; в зерні гречки вміст білка – на 0,6–0,8 %, вуглеводів – на 3,7–4,1 %, клітковини – на 0,4–0,5 %; в зерні вівса білка – на 0,6 %, жиру – на 0,5 %, вуглеводів – на 1,9 % перевищували контроль.

Внесення органічних добрив «Біоферм» та «Біохром» із збалансованим умістом тривалентного хрому істотно впливало на якісні показники зерна, в т. ч. на вміст Cr^{3+} в усіх досліджуваних культурах, що засвідчує про активну міграцію мікроелементу хром від ґрунту до зерна (табл. 12).

Таблиця 12

Вплив органічних добрив на уміст тривалентного хрому в зерні сільськогосподарських культур (дослідне поле ПДАТУ, 2013–2016 рр.)

Варіант	Уміст Cr^{3+} мг/кг в зерні				
	сої	пшениці ярої	кукурудзи	гречки	вівса
Без добрив – контроль	0,219	0,188	0,191	0,207	0,223
$\text{N}_{120}\text{P}_{86}\text{K}_{86}$	0,226	0,210	0,208	0,217	0,208
$\text{N}_{120}\text{P}_{86}\text{K}_{86}$ + «Біохром» – 5 л/га	0,604	0,801	0,484	0,729	0,371
«Біоактив» – 10 т/га	0,607	0,722	0,482	0,581	0,396
«Біоактив»–10т/га+«Біохром»–5 л/га	0,686	0,879	0,551	0,734	0,436
«Біоферм» – 10 т/га	0,842	0,925	0,813	0,836	0,489
«Біоферм» – 10 т/га + «Біохром» – 5 л/га	1,063	1,258	0,904	0,906	0,552
HIP_{05}	0,1	0,11	0,13	0,12	0,08

Не зважаючи на те, що опрацьовані джерела літератури показували, що мікроелемент хром не істотно мігрує з ґрунту до зерна, але з досліджень видно достатнє його накопичення. Припускаємо, що вагому роль в утворенні рухомої форми хрому зіграв комплекс мікроорганізмів, присутніх в ґрунті після внесення органічного добрива «Біопроферм» із умістом Cr^{3+} .

За внесення органічних добрив утворюється своєрідний біологічний місток – трофічний посередник між ґрунтом і рослиною.

Доведено, що застосування органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та Біохром» збільшувало вміст тривалентного хрому в зерні пшениці ярої – на 1,07 мг/кг; вівса – на 0,329 мг/кг; кукурудзи – на 0,713 мг/кг; гречки – на 0,699 мг/кг; сої – на 0,844 мг/кг, порівняно з контролем.

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА «БІОПРОФЕРМ», «БІОХРОМ» ТА ВИРОЩЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ З МІКРОЕЛЕМЕНТОМ ХРОМ

Для встановлення рівня екотоксикологічного впливу органічних добрив на здоров'я людей, навколишнє природне середовище і застосування в технологіях вирощування сільськогосподарських культур проведено екологічну та токсиколого-гігієнічну оцінку органічного добрива «Біопроферм» в Інституті екогігієни і токсикології ім. Л. І. Медведя та в Інституті біології тварин НААН.

Одержано Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи №12.2-18-6/12812 на ТУ У 24.1-32624277-002:2019 «Добрива органічні «Біопроферм» та Висновок санітарно-епідеміологічної експертизи №12.2-18-6/12811 на ТУ У 20.1-32624277-003:2019 «Рідке органічне добриво «Біохром».

Установлено, що при надходженні добрива у шлунково-кишковий канал ЛД₅₀ для білих мишей та для білих щурів (самців) складає > 5000 мг/кг. Симптомів інтоксикації і загибелі тварин не відмічалися.

Таким чином, органічне добриво «Біопроферм» при надходженні до шлунку відноситься до малонебезпечних речовин (4 клас небезпеки відповідно до ДСанПіН 8.8.1.002-98), не володіє шкірно-резорбтивною дією.

Кумулятивні властивості добрива органічного «Біопроферм» не потребують визначення, оскільки воно виготовлене методом природної аеробної ферментації продуктів природного походження, у яких кумулятивні властивості за показником «летальність» виражені слабо, отже, не володіє кумулятивними властивостями. Вибірність (тропність) токсичного ефекту (нейротоксичність, гепатотоксичність, нефротоксичність, гемотоксичність та інші) – склад добрива, його фізико-хімічні та біологічні властивості виключають можливість розвитку ефекту специфічного впливу добрива на організм.

На основі проведеної екотоксикологічної оцінки органічних добрив із умістом хрому Cr^{3+} на лабораторних щурах за використання підстилки з органічним добривом «Біопроферм» з умістом хрому Cr^{3+} 373,75 мг/кг встановлено, що впродовж 30 днів спостережень не було виявлено змін поведінки та зовнішнього вигляду щурів.

Тварини зберігали рефлекторну збудливість на звукові та світлові подразники. Рухова активність, кількість актів дефекації, кількість та загальна тривалість завмирань були в межах норми. Щури мали задовільний апетит, слизові оболонки зберігали природний блідо-рожевий колір, шерсть була гладкою, блискучою, змін кольору сечі та калу не спостерігали.

Доведено, що за згодовування зернової суміші вівса, кукурудзи, пшениці ярої, сої та гречки, вирощеної протягом 2013–2017 рр. на ґрунтах, у яких були внесені добрива з умістом хрому Cr^{3+} , лабораторним щурам протягом 30 днів не виявлено негативного впливу на тварин.

Поведінка, рухова активність тварин, кількість та загальна тривалість завмирань щурів була в межах норми. Щури зберігали рефлекторну збудливість на звукові та світлові подразники, мали задовільний апетит, слизові оболонки зберігали природний блідо-рожевий колір, шерсть була гладкою та блискучою. Грумінг (косметична поведінка, фактор емоційності), який тісно пов'язаний з руховою активністю та є важливою характеристикою поведінки тварин, не відрізнявся у тварин контрольної та дослідних груп. Частота дихання у щурів дослідних груп і контрольної не відрізнялася та становила 100-120 за хвилину, частота серцевих скорочень складала від 350 до 450 ударів за хвилину.

Одержано висновки і гігієнічні регламенти на розроблені органічні добрива.

Екологічна політика технологій очищення стічних вод та виробництва органічних добрив з умістом хрому тривалентного.

Визначено екологічну політику технологій очищення стічних вод та виробництва органічних добрив з умістом хрому тривалентного і застосування її в агроценозах Західного Лісостепу, яку на сьогодні оцінено міжнародним органом сертифікації CERTEX, та отримано міжнародні сертифікати ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування»; ISO 45001:2018 «Система управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування».

Екологічна політика визначає принципи, мету, завдання та основні напрями діяльності щодо очистки стоків та поводження з відходами в області охорони навколишнього середовища і забезпечення екологічної безпеки і спрямована на формування сприятливих умов для здійснення стратегії в сфері забезпечення охорони природного навколишнього середовища.

Зобов'язання з охорони природного навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки поширюються на всі технології очищення стоків та поводження з відходами, тому необхідно:

- організовувати свою екологічну політику на основі використання кращих існуючих технологій природоохоронної діяльності та методів управління екологічною безпекою;
- розширювати співпрацю в області створення екологічно чистих, ефективних і економічно вигідних технологій;
- забезпечувати пріоритетність енерго- та ресурсозбереження у своїй виробничій діяльності;

- виконувати вимоги природоохоронного законодавства та нормативних актів з охорони навколишнього середовища;
- приймати управлінські та інвестиційні рішення з урахуванням екологічних пріоритетів, забезпечення навчання та підтримки персоналу в питаннях, що стосуються охорони навколишнього природного середовища, з метою підвищення екологічної відповідальності, свідомості, компетентності та мотивації;
- постійно вдосконалювати процеси системи менеджменту навколишнього середовища для забезпечення підвищення екологічної результативності.

Дотримання даних зобов'язань є запорукою оптимального поєднання екологічних інтересів з соціально-економічними потребами суспільства і постійного розвитку науки в цій галузі. Усі перелічені вище вимоги постійно й неухильно виконуються нами як при обробці шкіри, очищенні промислових стічних вод, так і при виробництві та застосуванні органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром».

ЕКОНОМІЧНО-ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ ІЗ ЗБАЛАНСОВАНИМ УМІСТОМ ТРИВАЛЕНТНОГО ХРОМУ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Економічний аналіз засвідчив, що собівартість, рентабельність і енерговитрати на виробництво розроблених органічних добрив залежить від багатьох факторів, а саме: від вартості органічних відходів, транспортних витрат, швидкості перероблення вихідної органічної суміші, якості продукції.

При виробництві органічного добрива «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} вартість сировини є нульова, що дає підставу розрахувати економічну ефективність в ціні захоронення даних відходів. Проектна потужність складає 2000–2500 т/рік, економія на захороненні відходів на полігонах – 2 000 000–2 500 000 грн., а вартість захоронення 1 т відходу з транспортними витратами на КП «Полігон ТПВ» – близько 1000 грн. Вартість 1 т органічного добрива складає 60–95 грн. (табл. 13).

Аналіз економічної ефективності застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому «Біопроферм» та «Біохром» при вирощуванні сільськогосподарських культур засвідчують про істотне збільшення усіх економічних показників: умовно-чистого прибутку, рівня рентабельності, зниження собівартості та отримання екологічно безпечного і якісного зерна з умістом необхідної кількості тривалентного хрому.

Застосування органічних добрив забезпечило вищі економічні показники, порівняно з контролем і варіантом, де вносили мінеральні добрива. Умовно-чистий прибуток в технології вирощування сої збільшився – на 8192 грн./га; пшениці ярої – на 5200 грн./га; кукурудзи – на 8699 грн./га; гречки – на 9245 грн./га; вівса – на 4092 грн./га; зменшенні собівартості вирощування зерна сої – на 1460 грн./га; пшениці ярої – на 615 грн./га; кукурудзи – на 468 грн./га; гречки

– на 1301 грн./га; вівса – на 577 грн./га, порівняно з контролем; при рівні рентабельності, відповідно, сої – 92,6 %; пшениці ярої – 66,0 %; кукурудзи – 115,1 %; гречки – 154,1 %; вівса – 80,1 %.

Таблиця 13

Техніко-економічні показники виробництва органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} в однокамерному ферментаторі

Показник	Одиниця виміру	Значення показника
Загальна корисна площа	м ²	66–96
Проектна потужність	т/рік	2000–2500
Термін одного циклу ферментації	дів	8–12
Вихід продукції за 1 цикл	т	60–80
Витрати на виробництво 1 т добрив		
Техніка	маш./год.	0,4–0,6
Затрати робочої сили	люд./год.	0,6–0,8
Електроенергія	кВт/год.	0,18–0,23
Енерговитрати на виробництво 1 т добрив, разом	МДж	525–575
У т.ч. технологічні	МДж	240–280
Вартість 1 т органічного добрива	грн.	60–95

Економічні показники перевищували і варіант, де вносили мінеральні добрива: умовно-чистий прибуток сої – на 4674 грн./га; пшениці ярої – на 4565 грн./га; кукурудзи – на 5481 грн./га; гречки – на 6377 грн./га; вівса – на 2593 грн./га; зменшенні собівартості зерна сої – на 316 грн./га; пшениці ярої – на 8 грн./га; кукурудзи – на 152 грн./га; гречки – на 32 грн./га; вівса – на 13 грн./га; при рівні рентабельності сої – 60,1 %; пшениці ярої – 34,8 %; кукурудзи – 85,0 %; гречки – 110,8 %; вівса – 53,6 %.

Енергетичну ефективність застосування органічних добрив «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» в технології вирощування сільськогосподарських культур оцінено за допомогою коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}).

За даними розрахунків усі з 5 досліджуваних сільськогосподарських культур: соя, пшениця яра, кукурудза, гречка, овес з точки зору енергетичної теорії є прибутковими, енергетично рентабельними культурами, оскільки K_{ee} складав від 1,68 до 3,55. Пшениця яра, кукурудза і овес є високо прибутковими (K_{ee} відповідно – 3,46; 2,81 і 3,55). Нижчими K_{ee} – 2,45 і 1,68 – характеризувалися соя і гречка.

За застосування «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» енергоємність зерна сільськогосподарських культур збільшувалася, порівняно з контролем і варіантом $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$, відповідно: сої – на 24000 і 7296 МДж/га; пшениці ярої – на 34887 і 23388 МДж/га; кукурудзи – на 33627 і 31879 МДж/га; гречки – на 14536 і 8732 МДж/га; вівса – на 24904 і 12455 МДж/га (табл. 14). Вирощування цих культур за застосування органічних добрив «Біоферм», 10 т/га та «Біохром»,

5 л/га дозволить сільськогосподарським товаровиробникам дотримуватись основних принципів державної політики з економії енергоресурсів.

Таблиця 14

Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за внесення органічних добрив із збалансованим умістом хрому тривалентного (дослідне поле ПДАТУ, 2013-2016 рр.)

Варіант	Урожайність зерна, т/га	Енергоємність зерна, МДж/га	Затрати енергії на вирощування, МДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, К _{ен}
Соя, сорт Устя				
Без добрив – контроль	1,81	34752	17186	2,02
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	2,68	51456	23822	2,16
«Біопроферм», 10 т/га+«Біохром», 5 л/га	3,06	58752	23982	2,45
НР ₀₅	0,26			
Пшениця яра, сорт Чадо				
Без добрив – контроль	3,28	63927	25670	2,48
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	3,87	75426	27951	2,69
«Біопроферм», 10 т/га + «Біохром», 5 л/га	5,07	98814	28497	3,46
НР ₀₅	0,45			
Кукурудза, гібрид Любава				
Без добрив – контроль	4,78	104265	41876	2,49
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	5,86	106013	42238	2,51
«Біопроферм», 10 т/га + «Біохром», 5 л/га	7,50	137892	49020	2,81
НР ₀₅	0,33			
Гречка сорт Єлена				
Без добрив – контроль	1,41	27325	21079	1,30
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	1,71	33129	24805	1,40
«Біопроферм», 10 т/га + «Біохром», 5 л/га	2,16	41861	24912	1,68
НР ₀₅	0,11			
Овес, сорт Аркан				
Без добрив – контроль	2,48	47144	15204	3,12
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	3,12	59593	18542	3,31
«Біопроферм», 10 т/га + «Біохром», 5 л/га	3,79	72048	20300	3,55
НР ₀₅	0,13			

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичні та агроекологічні основи вирішення наукової проблеми щодо розроблення та удосконалення технології перероблення органічних відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд методом аеробної ферментації та методом кавітації, для створення екологічно безпечних органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому. Обґрунтовано їх застосування в технологіях вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса, з урахуванням біологічних особливостей рослин і кліматичних умов Західного Лісостепу України.

1. Розроблено і запатентовано технологію переробки органічних відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд на органічні добрива методом прискореної аеробної ферментації – «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та методом кавітації – «Біохром» із збалансованим умістом тривалентного хрому. Експериментально встановлено, що технологія виробництва і застосування розроблених органічних добрив є екологічно безпечною, виключає забруднення навколишнього природного середовища екологічно шкідливими політантами.

2. Створено експериментальну лабораторію для дослідження параметрів вологості, температурного режиму, вмісту кисню, щільності компостної суміші, кислотності середовища органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{3+} . В основу переробки органічної сировини покладена технологія керованої аеробної термофільної ферментації.

3. Згідно з вимогами безпеки, охорони довкілля, стилізування за токсикологічними властивостями, добриво органічне «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} належить до малонебезпечних речовин (4 клас небезпечності); не подразнює шкіряні покрови, не володіє шкірно-резорбтивною дією; ГДК в повітрі робочої зони може бути на рівні 6 мг/м^3 відповідно до ГОСТ 12.1.005-88; при надходженні добрива у шлунково-кишковий канал ЛД₅₀ для білих мишей та білих щурів (самців) складає $> 5000 \text{ мг/кг}$.

4. Застосування органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» покращує структурно-агрегатний склад орного шару ґрунту при вирощуванні сої і пшениці ярої: кількість брилистих ($>10 \text{ мм}$) і мілких ($<0,25 \text{ мм}$) фракцій зменшується на 3,1–3,2 та 3,2–3,5 %, підвищується вміст агрономічно цінних агрегатів (розмір 0,25–10 мм), порівняно з контролем. Загальна шпаруватість шару ґрунту 0–10 см підвищується на 8,8–10,4 %; шару ґрунту 10–20 см – на 7,2–8,4 %, що забезпечує кращу водопроникність ґрунту, як основу для більш продуктивного використання атмосферних опадів.

5. Виявлено тенденцію до підвищення вмісту загального азоту і його нітратної форми за внесення органічних добрив «Біопроферм» з мікроелементом Cr^{3+} (10 т/га) підвищує вміст загального азоту на 38,8 мг/кг , рухомого фосфору – на 32,78 мг/кг , обмінного калію – на 12,03 мг/кг , тривалентного хрому – на 32,41 мг/кг відносно контролю. Встановлено позитивну динаміку зміни $\text{pH}_{\text{сол.}}$ – зниження кислотності ґрунту – на 0,58 $\text{pH}_{\text{сол.}}$ та збільшення вмісту гумусу в ґрунті – на 0,14 %.

6. За внесення органічних добрив «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром», протягом усього вегетаційного періоду сої збільшується виділення вуглекислого газу (CO_2) на $101 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2$ за добу в фазу сходів, на $178 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2$ за добу – у фазу початку цвітіння, порівняно з контролем, підвищується активність целюлозоруйнівних бактерій на початку цвітіння сої та розкладання льняної тканини в усіх шарах ґрунту на 7,0–10,4 %.

7. Встановлено, що за внесення під основний обробіток ґрунту 10 т/га органічного добрива «Біоферм» із збалансованим умістом тривалентного хрому та обприскування посівів в період їх вегетації рідким органічним добривом «Біохром» 5 л/га :

- збільшується густина стояння рослин сої у фазу сходів – на 42,9–44,7 тис. шт./га, при збиранні – на 63,1–65,5 тис. шт./га; польова схожість на 6,5–6,9 %; показник виживання рослин – на 4,5–4,7 %; площа листкової поверхні рослин на початку цвітіння – на 6,1 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ і у кінці цвітіння – на 8,7 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, фотосинтетичний потенціал – на 0,284 млн. $\text{м}^2/\text{га}$ добу, чиста продуктивність фотосинтезу у фазу цвітіння – на $0,81 \text{ г/м}^2$, нагромадження сухих речовин у фазу дозрівання зерна – на $2,55 \text{ т/га}$, порівняно з контролем;

- підвищується польова схожість насіння ярої пшениці – на 2,9–5,7 %, площа листкової поверхні у фазу кушіння – на 8,9 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ і у фазу початку виходу у трубку – на 6,2 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, у фазу колосіння – на 5,8 тис. $\text{м}^2/\text{га}$;

- в період вегетації кукурудзи збільшується площа листкової поверхні рослин у фазу 7–8 листочків рослин – на 0,64 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, у фазу початку викидання волоті – на 6,64 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, у фазу молочної-воскової стиглості – на 18,11 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, фотосинтетичного потенціалу на 0,944 млн. $\text{м}^2/\text{га}$ добу, чистої продуктивності у фази 7-8 листків – викидання волотей на $2,55 \text{ г/м}^2$ за добу, нагромадження рослинами сухої маси – на $5,29 \text{ т/га}$;

- збільшується польова схожість насіння гречки – на 4,0–6,6 %, густина стояння рослин у фазу сходів – на 0,160–0,264 млн. шт./га, виживаність рослин – на 4,6–5,6 %, площа листкової поверхні рослин у фазу бутонізації – на 10,3 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ і у фазу цвітіння – на 16,8 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, порівняно з контролем. Забезпечується найвищий показник фотосинтетичного потенціалу 3,26 млн. $\text{м}^2/\text{га}$ добу, що сприяє найінтенсивнішому нагромадженню сухих речовин.

8. Впродовж вегетації вівса за застосування органічних добрив формується найбільша площа листків ($45,6 \text{ тис. м}^2/\text{га}$), фотосинтетичний потенціал посівів становить $2,363 \text{ млн. м}^2/\text{га}$ добу, чиста продуктивність фотосинтезу у фазу викидання волотей – $10,16 \text{ г/м}^2$ за добу.

9. За застосування органічних добрив «Біоферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» підвищується врожайність сільськогосподарських культур відносно контролю, сої – на $1,28 \text{ т/га}$, пшениці ярої – на $1,75 \text{ т/га}$, кукурудзи – на $1,56 \text{ т/га}$, гречки – на $0,77 \text{ т/га}$ і вівса – на $1,31 \text{ т/га}$.

10. Внесення під зяблеву оранку органічного добрива «Біоферм» з умістом Cr^{3+} (10 т/га) та позакореневе підживлення рідким органічним добривом «Біохром» (5 л/га) позитивно впливають на біохімічний склад зерна сільськогосподарських культур. Уміст білка і жиру в зерні сої збільшується на

6,6 % і 1,2 %, пшениці ярої – на 1,4 і 1,7 %, в зерні кукурудзи вміст сирого протеїну – на 0,4 %, сирого жиру – на 0,32 % більше, сирій клітковини – на 0,17 %. В зерні гречки вміст білка більше на 0,6–0,8 %, вуглеводів – на 3,7–4,1 %, клітковини – на 0,4–0,5 %, в зерні вівса відповідно білка – на 0,6 %, жиру – на 0,5 %, вуглеводів – на 1,9 % більше, ніж в контролі.

11. Застосування органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» збільшує вміст тривалентного хрому в зерні пшениці ярої – на 1,07 мг/кг, вівса – на 0,329 мг/кг, кукурудзи – на 0,713 мг/кг, гречки – на 0,699 мг/кг, сої – на 0,844 мг/кг, порівняно з контролем.

12. Найвищу економічну ефективність забезпечує застосування органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» в технології вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки та вівса, умовно чистий прибуток і рівень рентабельності збільшуються відносно контролю і внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ на 4092–9245 грн./га і 2593–6377 грн./га; на 30,8–44,2 % і 26,5–43,3 %, відповідно, при цьому собівартість вирощування зерна зменшується на 577 – 1460 грн./га і 8 – 316 грн./га.

13. За енергетичною ефективністю пшениця яра, кукурудза і овес є високо прибутковими культурами, К_{ее} відповідно становив 3,46; 2,81 і 3,55, дещо нижчим показником К_{ее} – 2,45 і 1,68 характеризувалися соя і гречка.

Енерговитрати на виробництво 1 т органічного добрива складають – 525–575 МДж, у т.ч. технологічні – 240–280 МДж. Вартість 1 т органічного добрива – 60–95 грн.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для поліпшення екологічного стану регіонів, агрофізичних, агрохімічних та біологічних властивостей ґрунту, збільшення врожайності та якості сільськогосподарських культур, одержання продукції із вмістом хрому тривалентного, необхідної для споживання людьми, годівлі тварин і птиці рекомендуємо:

1. Підприємствам переробної та шкіряної промисловості впровадити розроблену сучасну технологію виробництва органічних добрив нового покоління – «Біопроферм» методом прискореної аеробної ферментації із збалансованим умістом хрому тривалентного та рідкого органічного добрива «Біохром» – методом кавітації шляхом переробки відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд за патентом № 85187 – Спосіб отримання органічного добрива нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому і патентом № 89786 – Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром».

2. Кавітацію проводити з використанням кавітаційних агрегатів. Після відстоювання рідкого органічного добрива «Біохром» з умістом Cr^{3+} (3,8–5,4 мг/л) вводити необхідні макро- і мікроелементи в халатній формі для цільового призначення під визначені сільськогосподарські культури.

3. Для покращення органічного добрива і підвищення якісного складу ґрунтів на підприємствах шкіряної промисловості переробляти органічні відходи методом аеробної ферментації за додавання осаду, який містить Cr^{3+} (мг/л).

4. В адаптивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур органічні добрива вносити «Біопрoferм» з умістом Cr^{3+} (10 т/га) під основний обробіток ґрунту і «Біохром» (5 л/га) впродовж вегетації за обприскування рослин у фазу сої – початок бутонізації, пшениці ярої – кушіння, кукурудзи – 7–8 листочків; гречки – початок бутонізації, вівса – початок кушіння до виходу в трубку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Солома та інші пожнивні рештки – органічне добриво для підвищення родючості ґрунтів: науково-виробниче видання (Монографія) / **О. М. Бунчак** та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2014. 92 с. (45 % авторства: аналіз та узагальнення даних, написання розділів книги, редагування рукопису).

2. Виробництво та використання органічних добрив: монографія / **О. М. Бунчак** та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 956 с. (35 % авторства: узагальнення даних, написання розділів книги, редагування рукопису).

3. Сидерати в сучасному землеробстві: науково-виробниче видання (Монографія) / **О. М. Бунчак** та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с. (45 % авторства: написання розділів книги, редагування рукопису).

4. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи / науково-виробниче видання / **О. М. Бунчак** та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 284 с. (25 % авторства: аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання розділів книги, редагування рукопису).

5. **Бунчак О. М.** Агроекологічні основи формування продуктивності агроценозів залежно від застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2018. 224 с.

6. Солома, післяжнивні рештки і сидерати – агротехнологічні елементи біологізації сучасного землеробства: Монографія / В. В. Іванишин, І. А. Шувар, М. І. Бахмат, **О. М. Бунчак** та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2020. 288 с. (25 % авторства: написання розділів книги, редагування рукопису).

Статті в наукових фахових виданнях України

7. **Бунчак О. М.** Технологічні аспекти виробництва органічного добрива з відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд методом біологічної ферментації. *Агрономія. Збірник Львівського національного аграрного університету*. 2010. № 14 (2). С. 46–51.

8. **Бунчак О. М.** Переробка методом біологічної ферментації органічних відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд в органічні добрива

універсальної дії і їх вплив на урожайність і якість картоплі. *Агробіологія: зб. наук. праць БНАУ*. 2010. № 4 (80). С. 103–106.

9. **Бунчак О. М.** Отримання рідкого органічного добрива «Біохром» для позакореневого живлення. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2014. № 22. С. 28–31.

10. **Бунчак О. М.** Обґрунтування виробництва органічного добрива з відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2014. № 1(39), т. 1. С. 106–111.

11. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому на ріст і розвиток рослин кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 4(46). С. 89–92.

12. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив на вміст тривалентного хрому в зерні пшениці ярої. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 3. 182 с.

13. **Бунчак О. М.** Особливості формування врожаю сої з умістом Cr^{+3} залежно від застосування органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 3(45). С. 36–39.

14. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив на врожай зерна кукурудзи з умістом тривалентного хрому в адаптивній технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 26, ч. 1. С. 25–29.

15. **Бунчак О. М.** Продуктивність фотосинтезу агроценозу гречки залежно від застосування новітніх форм органічних добрив. *Вісник забезпечення АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 24. С. 5–13.

16. **Бунчак О. М., Бахмат М. І.** Фотосинтетична продуктивність агроценозу кукурудзи залежно від впливу органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому в умовах Західного Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 28. С. 9–16.

17. **Бунчак О. М.** Вплив сучасних органічних добрив на фотосинтетичну продуктивність вівса. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2018. Вип. 1. С. 60–68.

18. **Бунчак О. М.** Фотосинтетична та насіннева продуктивність сої залежно від застосування органічних добрив виготовлених за новітніми технологіями. *Таврійський науковий збірник «Сільськогосподарські науки»*. 2018. Вип. 101. С. 16–21.

19. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на розвиток рослин та продуктивності сої в умовах західного Лісостепу. *Миронівський вісник. Зб. наук. праць*. 2018. Вип. 6. С. 90–98.

20. Бахмат М. І., **Бунчак О. М.** Ефективність застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому в технології вирощування вівса в умовах Західного Лісостепу. *«Таврійський науковий вісник»*.

Сільськогосподарські науки. 2018. Вип. 100, т. 1. С. 242–249. (50 % авторства: отримання даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

21. **Бунчак О. М.**, Шувар І. А. Ефективність удосконалення технології вирощування кукурудзи в умовах західного Лісостепу. *Аграрний вісник Причорномор'я. Збірник наукових праць. Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 87. С. 16–19. (75 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

22. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив на ріст і розвиток рослин гречки. *AGROLOGY*. 2018. № 1(3). С. 235–240.

23. **Бунчак О. М.** Оптимізація продукційного процесу агроценозу сої залежно від застосування органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{+3} . *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 25. С. 5–10.

24. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив виготовлених за новітніми технологіями на продуктивність фотосинтезу пшениці ярої в умовах західного Лісостепу. *«Агробіологія» Збірник наукових праць*. 2018. № 1(138). С. 171–178.

25. **Бунчак О. М.** Агроекологічне обґрунтування вирощування вівса залежно від застосування органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 71. С. 11–14.

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз

26. **Бунчак О. М.** Адаптивна технологія вирощування гречки з умістом в зерні Cr^{+3} на фоні застосування органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 5 (69). URL: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2017.05.010>

27. **Бунчак О. М.**, Бахмат М. І. Продуктивність вівса залежно від застосування органічних добрив за новітніми технологіями. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 3(73). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.03.006/945> (50 % авторства: аналіз та узагальнення, написання статті).

28. **Бунчак О. М.** Економічна ефективність застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому в технології вирощування ярої пшениці в умовах Західного Лісостепу. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. К.: НУБіП України, 2018. Вип. 286. С. 347.

29. **Бунчак О. М.** Урожайність і якісні показники зерна сої залежно від застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому. *Наук. доп. НУБіП України*. 2018. № 5 (75). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/450>

Статті в наукових виданнях інших держав

30. **Бунчак А. М.**, Бахмат Н. И. Влияние органических удобрений, изготовленных по новейшим технологиям, на продуктивность гречихи. *Вестник*

Донского гос. аграрного университета. Научный журнал. 2018. № 2. С. 48–55. (50 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

31. Бахмат Н. И., **Бунчак А. М.** Формирование продуктивности пшеницы яровой в зависимости от внесения органических удобрений, изготовленных по новейшим технологиям в условиях западной Лесостепи. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. Вып. 2(71). С. 56–61. (50 % авторства: одержання експериментальних даних, написання статті).

32. Бахмат Н. И., **Бунчак А. М.** Производительность агроценоза пшеницы ярой зависимости от применения органических удобрений с содержанием Cr^{+3} . *Сб. науч. Тр. Гродневского ГАУ. Агрономия*. 2018. Т. 42. С. 4–10. (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз та узагальнення, написання статті).

Статті в інших виданнях

33. Саблій Л. А., **Бунчак О. М.**, Гвоздяк П. І. Дослідження кінетики процесів біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод шкірзаводів. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2010. № 5. Т. 3. С. 36–42. (75 % авторства: аналіз та узагальнення, написання статті).

34. Саблій Л. А. Жукова В. С., **Бунчак О. М.** Біологічне очищення промислових стічних вод. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2010. № 5, Т. 3. С. 42–46. (50 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

35. **Bunchak O. M.** The impact of organic fertilizers of the «new generation» as well as of the growth regulator «Biochrome» on agrochemical indicators of the soil, on grain crop capacity and content in the grain Cr^{+3} . *Modern directions in chemistry, biology, pharmacy and biotechnology*. 2015. P. 35–38.

36. **Бунчак О. М.** Вплив органічних добрив та регулятора росту із збалансованим умістом Cr^{+3} на урожайність і якість зерна вівса. *Зб. наук. праць Одеського національного університету ім. Мечнікова*. 2016. С. 50–52.

37. Саблій Л. А., **Бунчак О. М.** Попереднє очищення стічних вод шкіряних заводів фізико-хімічними методами. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2013. № 1(69), С. 117–122. (50 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

38. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці / **О. М. Бунчак** та ін.; за ред. Саблій Л. А. Рівне: НУВГП, 2016. 356 с. (45 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

39. **Бунчак О. М.** Економічна ефективність застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому в технології вирощування сої в умовах західного Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство*. 2017. Вип. 27. С. 240–245.

40. **Бунчак О. М.** Економічна ефективність застосування органічних добрив у технології вирощування гречки в умовах західного Лісостепу. *Збірник*

наукових праць Таврійського державного агротехнічного університету. 2018. № 1 (36). С. 218–223.

Тези доповідей на наукових конференціях

41. **Бунчак О. М.**, Мельник І. П. Переробка відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд в органічне добриво нового покоління. *Сучасні екологічно безпечні технології виробництва шкіри та хутра*: III Міжнар. наук.-прак. конф., присвячена 80-річчю кафедри технології шкіри та хутра: збірник наук. праць. 24–25 жовтня 2010 р., Київ: КНУТД, 2010. 55 с. (50 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

42. **Бунчак О. М.** Технологія переробки органічних відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд методом біологічної ферментації. *Сучасні проблеми збалансованого природокористування*: V Міжнар. наук.-прак. конф. Збірник наукових праць ПДАТУ. 2010. Спецвипуск. С. 112–115.

43. Саблій Л. А., **Бунчак О. М.**, Гвоздяк П. І. Нова ефективна та маловідходна технологія біологічного очищення стічних вод шкіряних заводів. *Сучасні екологічно безпечні технології виробництва шкіри та хутра*: III Міжнар. наук.-практ. конф. присвячена 80-річчю кафедри технології шкіри та хутра: збірник наук. праць. 24–25 жовтня 2010 р., Київ: КНУТД, 2010. С. 74–75. (55 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

44. **Бунчак О. М.** Агроекологічне обґрунтування органічних добрив нового покоління для застосування їх в адаптивній технології вирощування польових культур. Мат. II Міжн. конф. «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення», 10–15 червня, 2013 р., Одеса, 2013. С. 32–33.

45. **Бунчак О. М.**, Мельник І. П. Виробництво органічних добрив з відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд. Матеріали Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 130-річчю виходу книги професора В. В. Докучаєва «Російський чорнозем» і появі сільськогосподарської справи як галузі знань, 10 грудня 2013 р., Київ, 2013. С. 350–351. (50 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

46. **Бунчак О. М.** Переробка відходів і осадів стічних вод шкіряного підприємства в органічне добриво. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Технології очищення води. Технічні, біологічні та екологічні аспекти», присвяченої пам'яті професора В. Свентославського, 3–5 грудня 2013 р. Київ, 2013. С. 65–66.

47. **Бунчак О. М.** Концепція відновлення гумусу в ґрунтах за допомогою органічних добрив, вироблених методом аеробної ферментації. Матеріали Всеукр. науково-практичної конф. молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України», 12 листопада 2014 р., с. Оброшино, 2014. С. 10–11.

48. **Бунчак А. М.** Производство органического удобрения со сбалансированным содержанием хрома трехвалентного методом аэробной биологической ферментации. *Проблемы и перспективы биологического земледелия*: мат. Международной научной конф., 23–25 сентября 2014 г., п. Рассвет, 2014. С. 173–178.

49. **Бунчак О. М.** Формування продуктивності й необхідного вмісту тривалентного хрому в зерні при застосуванні органічного добрива «ОДУД» та регулятора росту «Біохром». *Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 жовтня 2015 р., м. Дніпропетровськ, 2015. С. 229–231.

50. **Бунчак А. М.** Влияние органических удобрений «ОУУД» и биостимулятора «Биохром» со сбалансированным содержанием трехвалентного хрома на урожайность сельскохозяйственных культур и содержание в зерне Cr^{+3} . *Теория, практика и перспективы применения биологических активных соединений в сельском хозяйстве*: XI Междунар. науч.-практ. конф. daRostim: Институт химии Коми НЦ УрО РАН, 17–19 июня 2015 г., Сыктывкар, 2015. С. 30–32.

51. **Бунчак А. М.** Органические отходы кожевенного производства и их переработка методом биологической ферментации в удобрения нового поколения. *Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства*: IV Междунар. науч. эколог. конф., 24–25 марта 2015 г., Краснодар, ФГБЦУ ВПО «КГАУ», 2015. С. 192–195.

52. **Бунчак О. М.** Переробка органічних відходів шкіряного виробництва методом кавітації на комплекс рідких органічних добрив «Біохром» для кореневого та позакореневого живлення рослин. *Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти*: мат. III Міжнар. наук.-практ. конф., 28–30 жовтня 2015 р., Київ, 2015. С. 59–61.

53. **Bunchak O. M.** Agrochemical indicators of the soil, crop, capacity and Cr^{+3} content in grain crops depending on the use of organic fertilizers of the «New generation» and of the growth regulator «Biochrome». *Modern directions in chemistry, biology, pharmacy and biotechnology*, 29 september–2 october 2015, Lviv, 2015. P. 13–15.

54. **Бунчак А. М., Шувар И. А.** Влияние органических удобрений нового поколения и регулятора роста «Биохром» на агрохимические показатели плодородия почвы, урожайность и содержание Cr^{+3} их в зерне. Материалы Международной научной конференции «Современное состояние почвоведения и агрохимии, проблемы и пути их решения», 10–11 сентября 2015 г., Алматы, 2015. С. 97–99. (50 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

55. **Бунчак О. М.** Удосконалення технологій сучасного землеробства продуктами перероблення відходів шкіряного виробництва і осаду стічних вод. *Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур*: досягнення і перспективи: зб. наук. праць

міжнар. наук.-практ. конф. ПДАТУ, 25–26 квітня 2016 р., Кам'янець-Подільський. Крок. 351 с.

56. **Бунчак А. М.** Новейшие технологии переработки органических отходов кожевенного производства и осадков сточных вод для современного земледелия. *Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы*. Сб. науч. тр. IV Межд. научно-практ. конф., 6–10 июля 2016 г., Минск: Конфидо, 2016. 108 с.

57. **Бунчак О. М.** Технології перероблення органічних відходів шкіряного виробництва і осаду стічних вод методом біологічної ферментації. *Інноваційні технології виробництва рослинницької продукції: матеріали Всеукраїнської наукової конференції*, 20 квітня 2016 р., Умань, 2016. 108 с.

58. **Бунчак А. М., Шувар И. А.** Влияние органических удобрений нового поколения и регулятора роста «Биохром» на плодородие почвы, урожайность и содержание Cr^{+3} в зерне исследуемых культур. *Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: Сборник научных трудов по материалам V Межд. научной экологической конф., посвященной 95-летию Кубанского ГАУ*. 28–30 марта 2017 г., Краснодар: КубГАУ, 2017. 815 с. (50 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

59. **Бунчак О. М.** Отримання сільськогосподарської продукції із збалансованим умістом тривалентного хрому. *Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі: Мат. міжн. наук.-пр. конф.* 25–26 травня 2017 р., Дніпро, 2017. 228 с.

60. **Бунчак О. М.** Урожайність та вміст в зерні досліджуваних культур тривалентного хрому залежно від внесення органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: Зб. наук. праць всеукр. наук.-практ. конф.* 15–16 червня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський. Тернопіль: Крок, 2017. 234 с.

61. Агроекологічні основи поліпшення родючості ґрунтів для сталого функціонування агроєкосистем, виробництва екологічно чистої продукції та охорони довкілля в сучасному землеробстві / **О. М. Бунчак** та ін. *Актуальні проблеми підвищення родючості ґрунтів та застосування агрохімічних засобів в агрофітоценозах: мат. Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, присвяченої Міжнародному Дню агрохіміка – 7–9 червня 2017 р., Львів, 2017. С. 145–150. (55 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).*

62. **Бунчак О., Сендецький В., Климчук М.** Шляхи вирішення проблеми забруднення ґрунтів в агроєкосистемах Прикарпаття. *Аграрна наука та освіта Поділля: Збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф.*, 14–16 березня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський, 2017. Ч. 1. С. 19–21. (50 % авторства: проведення

досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

63. Вплив органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому на продуктивність гречки в умовах Західного Лісостепу / **О. М. Бунчак** та ін. *Сучасний рух науки: тези доп. III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 1–2 жовтня 2018 р., Дніпро, 2018. С. 33–37. (55 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).*

64. **Бунчак О. М.** Еколого-агротехнічні аспекти вирощування польових культур із застосуванням органічних добрив із збалансованим умістом трьохвалентного хрому. *Сучасні наукові інновації: Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції, 16–17 лютого 2019 р., Київ, 2019. С. 33–34.*

65. **Бунчак А. М.,** Бахмат О. Н. Экологические основы производства и применения органических удобрений, полученных методом биологической ферментации и кавитации со сбалансированным содержанием Cr^{+3} . Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Наука, производство, бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора» 4–5 апреля 2019. – г. Алматы, Казахстан, 2019. – С. 267–270. (50 % авторства: *проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).*

66. **Бунчак О. М.,** Бахмат О.М. Екологічна доцільність виробництва і застосування органічних добрив із збалансованим умістом Cr^{+3} в технології вирощування польових культур. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції: збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф. Ч. 1., 20–21 березня 2019., м. Кам'янець-Подільський – Тернопіль: Крок, 2019. 366 с. (50 % авторства: проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).*

Патенти на корисну модель

67. Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому: пат. № 85187 Україна : МПК C05F 11/00. № u 2013 06563; заявл. 27.05.2013; опубл. 11.11.2013, бюл. № 21. (45 %, *авторства, участь в патентному пошуку, проведенні експериментальних досліджень та оформленні патенту).*

68. Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром»: пат. № 89786 Україна : МПК C05F 11/00. № u 2013 15069; заявл. 21.01.2014; опубл. 25.04.2014 р. бюл. № 8. (35 %, *авторства, участь в патентному пошуку, проведенні експериментальних досліджень та оформленні патенту).*

69. Спосіб вирощування гречки в проміжних посівах: пат. № 111898 Україна : МПК A01B 47/00, A01D 9/00, A01C 21/00, C09K 17/14. № u 2016 05269; заявл. 16.05.2016 р. опубл. 25.11.2016 р. бюл. № 22. (40 %, *авторства, участь в патентному пошуку, оформленні патенту).*

70. Спосіб отримання сільськогосподарської продукції із балансованим умістом тривалентного хрому: пат. № 104348 Україна : МПК C05F 11/00, A01P 21/00. № u 2015 06937; заявл. 13.07.2015 р. опубл. 25.01.2016 р. бюл. № 2. (50 %, авторства, участь в патентному пошуку, проведенні експериментальних досліджень та оформленні патенту).

71. Спосіб застосування органічних добрив із збалансованим умістом трьохвалентного хрому в технології вирощування гречки: пат. № 122262 Україна : МПК A01C 21/00, C09K 17/00, C05F 11/00, A01B 79/02. № u 2017 07927; заявл. 28.07.2017 р. опубл. 26.12.2017 р. бюл. № 24. (45 %, авторства, участь в патентному пошуку, оформленні патенту).

Методичні рекомендації

72. Рекомендації з вирощування гречки у проміжних посівах / **О. М. Бунчак** та ін.; за ред. В. В. Іванишина, І. А. Шувара. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 48 с. (35 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, підготовка до друку).

73. Органічні добрива та комплексні гумінові препарати виготовлені за новітніми технологіями, для вирощування картоплі, овочевих і плодоягідних культур / **О. М. Бунчак** та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 52 с. (35 % авторства: аналіз та узагальнення результатів, підготовка до друку).

74. Продуктивність агроценозів на фоні добрив з умістом тривалентного хрому в умовах Західного Лісостепу (науково-практичні рекомендації) / **О. М. Бунчак** та ін.; Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2018. 68 с. (35 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, підготовка до друку).

75. **Бунчак О. М.**, Іскра Р. Я., Бахмат М. І. Хром у природокористуванні, його біологічна необхідність для людей, тварин та рослин. Наукове видання. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2018. 36 с. (40 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз результатів, підготовка до друку).

АНОТАЦІЯ

Бунчак О. М. Екологічне обґрунтування виробництва і застосування органічних добрив із вмістом тривалентного хрому в агроценозах Західного Лісостепу – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.16 – «Екологія»; Інститут захисту рослин НААН, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано екологічні засади створення органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому і розроблено технологію їх виробництва, яка включає утилізацію відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд в Україні методом пришвидженої аеробної ферментації шкіряного виробництва та аналогічних підприємств.

Експериментально доведено, що технологія виробництва і застосування розроблених органічних добрив «Біоферм» і «Біохром» в агроценозах сільськогосподарських культур є екологічно безпечною, що дозволяє: розв'язати екологічну проблему - збереження довкілля (екологічне поводження з промисловими відходами, виключає забруднення навколишнього природного середовища поллютантами) і соціальну (покращення умов праці і побуту населення); одержати екологічно безпечну сільськогосподарську продукцію; поліпшити родючість ґрунтів, збільшити виробництво продукції високої якості.

Добриво органічне «Біоферм» щодо вимог безпеки, охорони довкілля, стилізування за токсикологічними властивостями, належить до малонебезпечних речовин (4 клас), не подразнює шкіряні покрови, не виявляють сенсibilізованих властивостей, мало кумулятивні.

Встановлено вплив застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому «Біоферм» та «Біохром» в технологіях вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки та вівса на агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунту, продуктивність агроценозів, урожайність та якість зерна сільськогосподарських культур, економічно – енергетичну і екологічну ефективність органічних добрив.

Ключові слова: екологічне обґрунтування, органічні добрива, технологія виробництва і застосування, пришвидшена аеробна ферментація, тривалентний хром, агроценози.

АННОТАЦИЯ

Бунчак А. М. Экологическое обоснование производства и применения органических удобрений с содержанием трехвалентного хрома в агроценозах Западной Лесостепи – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.16 – «Экология»; Институт защиты растений НААН, Киев, 2021.

В диссертационной работе теоретически обоснованы экологические основы создания органических удобрений со сбалансированным содержанием трехвалентного хрома и разработана технология их производства, которая включает утилизацию отходов кожевенного производства и осадка очистных сооружений в Украине методом ускоренной аэробной ферментации кожевенного производства и аналогичных предприятий.

Експериментально доказано, що технологія виробництва і застосування розроблених органічних добрив «Біоферм» і «Біохром» в агроценозах сільськогосподарських культур являється екологічно безпечною, що дозволяє: вирішити екологічну проблему - збереження навколишнього середовища (екологічне поводження з промисловими відходами, виключає забруднення навколишнього середовища поллютантами) і соціальну (покращення умов праці і побуту населення); одержати екологічно безпечну сільськогосподарську продукцію; поліпшити родючість ґрунтів, збільшити виробництво продукції високої якості.

условий труда и быта населения); получить экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию; улучшить плодородие почв, увеличить производство продукции высокого качества.

Усовершенствованы основные технологические параметры очистных сооружений при производстве органических удобрений «Биоферм» и «Биохром». Получена высокая степень очистки сточных вод по основным показателям режимов работы очистных сооружений разработанной технологии.

Использование новой разработанной технологии позволяет эффективно очищать высококонцентрированные отходы до предельно допустимых концентраций (ПДК) основных веществ у воды открытых природных водоемов.

Удобрение органическое «Биоферм» относительно требований безопасности, охраны окружающей среды, *стилизации* по токсикологическим свойствам, относится к малоопасным веществам (4 класс), не раздражает кожные покровы, не имеет сенсibilизированных свойств, не обладает кожно-резорбтивным действием, при поступлении удобрения в желудочно-кишечный канал ЛД 50 для белых мышей и белых крыс (самцов) составляет > 5000 мг/кг.

Установлено влияние применения органических удобрений со сбалансированным содержанием трехвалентного хрома «Биоферм» и «Биохром» в технологиях выращивания сои, пшеницы яровой, кукурузы, гречихи и овса на агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы, производительность агроценозов, урожайность и качество зерна сельскохозяйственных культур.

Обоснованная технология применения органических удобрений в агроэкосистемах. Доказано, что при применении органических удобрений «Биоферм» и «Биохром» в агроценозах сои, пшеницы яровой, кукурузы, гречихи и овса улучшается структурно-агрегатный состав пахотного слоя почвы, повышается содержание агрономически ценных агрегатов (размер 0,25-10 мм), увеличивается площадь листовой поверхности, густота стояния и выживания растений, полевая всхожесть, фотосинтетический потенциал, повышается урожайность.

Отмечено положительное влияние органических удобрений на биохимический состав зерна, увеличение содержания трехвалентного хрома в зерне сельскохозяйственных культур.

Выявлена тенденция к повышению содержания общего азота и его нитратной формы при внесении органических удобрений и установлено положительную динамику изменения $pH_{\text{сол}}$. – снижение кислотности почвы.

По энергетической эффективности пшеница яровая, кукуруза и овес являются высокоприбыльными культурами при $K_{\text{э}}$ 3,46; 2,81 и 3,55.

Установлено экономическую эффективность органических удобрений в технологии выращивания сои, пшеницы яровой, кукурузы, гречихи и овса.

Ключевые слова: экологическое обоснование, органические удобрения, технология производства и применения, ускоренная аэробная ферментация, трехвалентный хром, агроценозы.

SUMMARY

Bunchak O. M. Ecological substantiation of production and application of organic fertilizers with trivalent chromium content in agroecosystems of the Western Forest-Steppe – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of agricultural sciences on a specialty 03.00.16 – «Ecology»; Institute of Plant Protection of NAAS of Ukraine, Kyiv, 2021.

In the dissertation was theoretically substantiated the ecological principles of creating organic fertilizers with a balanced content of trivalent chromium and has been developed the technology of their production, which includes the utilization of waste leather production and sludge of treatment facilities in Ukraine by method of accelerated aerobic fermentation of leather production and similar enterprises.

It was experimentally proved that the technology of production and application of the developed organic fertilizers «Bioproferm» and «Biochrome» in agroecosystems of agricultural crops is ecologically safe that allows: to solve an ecological problem – preservation of environment (ecological treatment of industrial waste, excludes environmental pollution pollutants) and a social problem (improvement of working and living conditions of the population); to receive ecologically safe agricultural products; to improve soil fertility, to increase the production of high quality products.

Organic fertilizer «Bioproferm» in terms of safety, environmental protection, stylization according to the toxicological characteristics, belongs to low-hazard substances (Grade 4), is not irritate the skin, does not show sensitized attributes, has little cumulatives.

It was researched the influence of the use of organic fertilizers with balanced content of trivalent chromium «Bioproferm» and «Biochrome» in the technologies of growing soybeans, spring wheat, corn, buckwheat and oats on the agrophysical, agrochemical and biological properties of soil, productivity of agroecosystems, yield and grain quality of agricultural crops, on the economic – energy and ecological efficiency of organic fertilizers.

Key words: ecological substantiation, organic fertilizers, production and application technology, accelerated aerobic fermentation, trivalent chromium, agroecosystems.