

*І.В. Мудрий, д.м.н., І.В. Лепьошкін, к.м.н., В.М. Вороніна, к.б.н.,
С.С. Светлий, к.м.н., О.М. Багацька, к. с-г.н.*

ТОКСИКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА БЕТАСТАРТ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Інститут екогієни і токсикології ім. Л.І. Медведя, м.Київ

Застосування мінеральних добрив у сільському господарстві спрямоване на збільшення вмісту в ґрунті поживних речовин та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Проте частину добрив вносять у кількостях, незбалансованих з потребами рослин у елементах живлення. Тому добрива стають справжніми джерелами забруднення ґрунту, сільськогосподарської продукції, ґрунтових вод, а також природних водоймищ. Певна частина важких металів, що знаходиться у фосфорних та комплексних добривах, перебуває у рухомій та потенційно рухомій формі. В певних умовах важкі метали, які присутні у складних добривах, мають високу рухомість у ґрунті, мігрують до рослин, накопичуючись у великих кількостях; за трофічними ланцюгами надходять до організму тварини і людини. Токсичну дію на біоту має не вся кількість важких металів, яка надходить до ґрунту, а в основному та його частина, яка знаходиться у ґрунтовому розчині [1].

Накопичуючись у ґрунті, важкі метали повільно видаляються під час вилуження, поглинання рослинами, ерозії, дефляції. Період напіввиведення для важких металів залежить від певних умов (клімату, типу ґрунту, опадів, промислових викидів, тощо) і становить: для Zn від 70 до 510 років, для Cd від 13 до 110, для Cu — 310-1500, для Pb — 145-900 років [2].

Найбільш характерною формою міграції металів є водна. Умови реакції середовища відіграють істотну роль у міграції та осадженні багатьох важких металів. У кислому середо-

вищі, тобто при рН 5-6 і менше, збільшується міграційна здатність більшості токсикантів. Інтенсивність міграції важких металів у профілі ґрунту знижується при наявності гумусу, органічної речовини, мулистої фракції [3].

Науково необґрунтоване застосування комплексних мінеральних добрив може привести до підвищення вмісту міді, цинку, кадмію, нікелю, кобальту, марганцю, свинцю у системі "вода-ґрунт-рослина", яке викликає не тільки високий рівень імовірності фітотоксичної дії, збільшення міграції токсикантів за ґрунтовим профілем, але й наявність біокумулятивного ефекту, що підвищує ризик вживання сільськогосподарської продукції. Тому необхідність гігієнічної оцінки застосування комплексних мінеральних добрив очевидна. Крім того, мінеральні добрива мають певні токсичні властивості, тому потребують токсикологічної оцінки.

Останнім часом на ринку мінеральних добрив з'являються нові види, зокрема китайського виробництва, які потребують дослідження за гігієнічними та токсикологічними показниками з метою їх реєстрації в Україні. Так, одним із таких видів добрив є мінеральне добриво Бетастарт.

Відповідно до вимог санітарного законодавства всі речовини, які у перспективі можуть бути використані в народному господарстві проходять визначення їх безпеки. Відомостей щодо токсичних властивостей добрива за різних шляхів надходження до організму та гігієнічної оцінки використання його в Україні немає.

Враховуючи зазначене вище, метою роботи було проведення досліджень для визначення параметрів токсичних властивостей добрива Бетастарт, встановлення ступеня його безпеки та гігієнічне обґрунтування безпечного застосування в сільському господарстві.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктом дослідження було мінеральне добриво Бетастарт, китайського виробництва. Дане добриво рекомендують використовувати в сільському господарстві в якості високоефективного комплексного добрива з мікроелементами. Застосовується під цукрові буряки з нормою внесення 2,0-2,5 кг/га шляхом позакореневого підживлення 0,6-0,8 % водним розчином в період вегетації дворазово.

За даними виробника препарат випускається у вигляді порошку, що містить фосфор, азот, калій та мікроелементи в хелатній формі. Вміст основних поживних елементів у складі добрива подано в таблиці 1.

Токсикологічні дослідження проведені відповідно до вимог "Методические указания к постановке исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих веществ в воздухе рабочей зоны" і "Токсикометрии токсических свойств веществ, загрязняющих окружающую среду". Критерієм впливу добрива при різних шляхах надходження до організму є поява у лабораторних тварин симптомів інтоксикації та їхня летальність. У динаміці визначали інтегральні показники токсичної дії — поведінку, споживання корму і води, масу тіла.

Після закінчення досліджень проводили макроскопічне обстеження внутрішніх органів. Оцінку сенсibilізуючих властивостей проводили відповідно до методичних вказівок "Постановка досліджень по гігієнічному нормуванню промислових алергенів у повітрі робочої зони" за методом Алексеевої О.Г. Утримання, догляд і всі маніпуляції з лабораторними тваринами проводили відповідно до положення "Загальних етичних принципів експериментів на тваринах".

При проведенні гігієнічних досліджень основна увага була звернена на визначення вмісту важких

Таблиця 1
Вміст основних поживних елементів у складі добрива Бетастарт

Назва показників	Вміст (%)
Азот	7,5-15
Фосфор	4,0-12
Калій	4,0-2,0
Сірка	0-4
Залізо	0-0,15
Цинк	0-0,5
Марганець	0-0,7
Молібден	0-0,4
Мідь	0-0,7
Кобальт	0-0,1
Бор	0-1,0
Фульвокислоти	7

металів (Cd, Pb, Cu, Zn, Co, Ni) та нітратів у системі "добриво-грунт-рослина" при застосуванні добрива Бетастарт.

Згідно СанПіН 42-123-4089-86 "ПДК тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах" допустимий вміст Cu, Cd, Pb, Zn у овочевих культурах складає відповідно 5,0; 0,03; 0,5; 10 мг/кг сухої речовини, Ni — 0,5 мг/кг відповідно до "Временных гигиенических нормативов содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах № 2450-81", нітратів — 1400 мг/кг відповідно до "Допустимого содержания нитратов в отдельных пищевых продуктах для населения Украинской ССР" (Временные методические указания), затверджені заступником Головного державного санітарного лікаря УРСР від 21.04.88 р.

Вміст важких металів визначали відповідно до "Методичних вказівок по визначенню Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni у ґрунті, рослинах, воді методом тонкошарової хроматографії (узгоджені МОЗ України, постанова головного державного санітарного лікаря України від 10.06.1997 №50 та затверджені Укрдержхімкомісією за №50-97 від 19.06.1997); нітратів — фотометричним (ГОСТ 26488-85 "Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО").

Отримані в експерименті дані статистично оброблялись відповідно до "Методических рекомендаций по

программированию обработки результатов токсиколого-гигиенических экспериментов на микро-ЭВМ типа БЗ-34".

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження гострої пероральної токсичності мінерального добрива Бетастарт проводили на щурах в дозі 5000 мг/кг. Після надходження препарату в лабораторних тварин спостерігалось зниження рухової активності та прискорене дихання. Симптоми інтоксикації у щурів проходили через 3-4 години, заїбелі тварин не спостерігалось. ЛД₅₀ при пероральному введенні добрива для щурів — самців становить понад 5000 мг/кг, для мишей — самців — 4770 мг/кг. Таким чином, за гострою пероральною токсичністю мінеральне добриво Бетастарт відноситься до 3 класу небезпечності згідно з ГОСТ 12.1.007-76.

При одноразовому нанесенні мінерального добрива Бетастарт на шкірні покриви кроликів та щурів у дозі 2500 мг/кг воно не викликало у тварин летальних випадків. Не спостерігалось змін шкірних покривів та симптомів інтоксикації. При проведенні макроскопічних досліджень відзначено, що внутрішні органи піддослідних тварин не відрізнялись від контрольних.

ЛД₅₀ при одноразовому епідермальному нанесенні речовини для кроликів та щурів перевищує 2500 мг/кг. За гострою дермальною токсичністю мінеральне добриво Бетастарт відноситься до 4 класу небезпечності згідно з ГОСТ 12.1.007-76, тобто є малонебезпечним.

Вивчення гострої інгаляційної токсичності мінерального добрива Бетастарт проводилося на щурах в концентрації 5300 мг/м³. Ознак інтоксикації та заїбелі тварин не спостерігалось. Зовнішній вигляд, поведінка та приріст маси тіла піддослідних тварин не відрізнявся від контрольної групи. ЛК₅₀ добрива Бетастарт для щурів становить понад 5300 мг/м³. Таким чином, за гострою інгаляційною токсичністю мінеральне добриво Бетастарт відноситься до 3 класу небезпечності згідно з ГОСТ 12.1.007-76.

При нанесенні добрива Бетастарт на шкірні покриви кроликів ознак подразнення шкіри не відмічалось. Отже, мінеральне добриво при одноразовому нанесенні на шкіру в

дозі 20 мг/см² не виявляє місцево-подразнюючої дію. При внесенні 50 мг добрива в кон'юнктивальний мішок очей кроликів мали місце лакримація та світлобоязнь. Подразнення кон'юктиви, райдужної оболонки та рогової не виявлено. Отже, мінеральне добриво не подразнює слизові оболонки очей.

Вивчення сенсibiliзуючих властивостей мінерального добрива Бетастарт проводили на морських свинках методом нашкірних проб. Під час проведення нашкірних аплікацій речовини протягом усього досліду шкіра тварин була чистою та звичайного кольору. Встановлено, що при нанесенні на шкіру тварин добрива у вигляді 50 %, 10 % та 1 % водного розчину подразнюючої дії не виявлено. Після внутрішкірного введення добрива у вухо морських свинок (200 мкг) місцевої реакції не спостерігалось. Аплікація препарату в сенсibiliзуючій концентрації протягом 7 днів не викликала подразнюючої дії. Отже, можна зробити висновок, що мінеральне добриво Бетастарт не має сенсibiliзуючої дії.

Отже, мінеральне добриво Бетастарт за гострою пероральною та інгаляційною токсичністю відноситься до 3 класу небезпечності, дермальною — до 4 класу небезпечності. Подразнюючої дії на шкіру та слизові оболонки очей і сенсibiliзуючої та шкірно-резорбтивної дії не має.

Загальний вміст важких металів у складі добрива наведено в таблиці 1. Проте валовий вміст токсичних речовин у добриві не дає змогу об'єктивно оцінити ступінь їх негативного впливу на довкілля. Токсичні властивості важких металів виявляються лише у рухомому стані, тобто можуть мати фітотоксичну дію, мігрувати за профілем ґрунту, впливати на його мікробіоту. Тому в наших дослідженнях була звернена увага на вивчення вмісту рухомих (водорозчинних) форм та суми рухомих і потенційно рухомих форм (кислоторозчинних) важких металів у складі добрива.

Було встановлено, що найбільшим вмістом у добриві водо- та кислоторозчинних форм характеризувались цинк та мідь: кількість водорозчинних форм цинку в добриві становила 0,3 мг/кг, а кислоторозчинних 0,7 мг/кг. Вміст водорозчинної міді становив 1,0 мг/кг, кислото-

розчинної 1,7 мг/кг. Кількість доступного нікелю та кобальту в даній марці добрива не перевищувала 0,01 мг/кг (табл. 2), свинець не виявлявся.

рального добрива Бетастарт методом проростків. Тест-культура — озима пшениця. Ступінь пригнічення визначали за морфологічними

Таблиця 2

Вміст водорозчинних та кислоторозчинних форм важких металів у складі добрива Бетастарт

Форми важких металів	Важкі метали, мг/кг добрива					
	Zn	Ni	Co	Cd	Cu	Pb
водорозчинні	0,3±0,06	<0,01	<0,01	н.в.	1,0±0,2	н.в.
кислоторозчинні	0,7±0,14	<0,01	<0,01	н.в.	1,70±0,14	н.в.

Таблиця 3

Вплив різних норм внесення мінерального добрива Бетастарт на довжину ростків пшениці озимої (% до контролю)

Норма внесення	Дні спостережень			
	3 доба	5 доба	7 доба	10 доба
2,5 кг/га	+100	+12	+14	+14
12,5 кг/га	+40	+2	+6	+6

Таблиця 4

Вміст важких металів та нітратів в коренеплодах цукрових буряків при застосуванні добрива Бетастарт

Добриво та норма внесення	Вміст токсикантів, мг/кг					
	Zn	Ni	Co	Cu	Pb	NO ₃
Контроль	0,03±0,006	н.в.	н.в.	2,0±0,60	н.в.	21,0±4,0
Нутривант Плюс, 2 кг/га, двократно	1,2±0,24	н.в.	н.в.	0,6±0,12	н.в.	12,0±2,0
Бетастарт, 2 кг/га, двократно	0,04±0,008	н.в.	н.в.	1,0±0,20	н.в.	22,0±4,0
Бетастарт, 2,5 кг/га, двократно	0,08±0,16	н.в.	н.в.	5,0±1,0	0,06±0,01 2	27,0±5,4
ГДК для вочів	10,0	—	—	5,0	0,5	1400

При застосуванні максимальних доз добрива (2,5 кг/га) до орного шару ґрунту надійдуть концентрації важких металів, що значно нижчі встановлених нормативів ГДК для рухомих форм важких металів у ґрунті. Так, кількість рухомих форм міді не перевищить 1,4 x10⁻⁶ мг/кг, кількість інших металів буде ще нижчою. Отже, вміст важких металів у рухомій та потенційно рухомій формі у складі добрива незначний.

Таким чином, застосування добрива в науково-обґрунтованих дозах не призведе до істотних змін як валових, так і рухомих форм важких металів у ґрунті.

У лабораторних умовах був вивчений фітотоксичний вплив міне-

раметрами сходів: висоти проростків стосовно контролю.

Норми внесення добрива відповідали максимальній (рекомендованій замовником) — 2,5 кг/га та в 5 раз вищій — 12,5 кг/га. Добриво вносили на 1 та 4 день спостереження.

Отримані результати наведені в таблиці 3.

Аналізуючи одержані дані, слід зазначити, що мінеральне добриво Бетастарт стимулює ріст та розвиток проростків озимої пшениці при обох досліджуваних нормах внесення добрива з максимумом на 3 добу. На п'яту добу відзначено мінімальний вплив добрива на ріст та розвиток проростків озимої пшениці, що пов'язано з другим підживленням

тест-культури. Починаючи з 7 доби, спостерігається збільшення стимулюючої дії добрива.

Отже, мінеральне добриво Бетастарт не володіє фітотоксичною дією при обох досліджуваних дозах. У рекомендованих виробником нормах внесення добриво справляє стимулюючий вплив на ріст та розвиток рослин.

Мінеральне добриво Бетастарт містить всі необхідні для рослин речовини у легко доступній формі. Поживні речовини повільно розчиняються у воді та тривалий час живлять рослину. Крім того, дане добриво має значні протекторні функції, які полягають у здатності гумінових речовин зв'язувати токсичні елементи в малорухомі або важкодисоціюючі сполуки, знімати негативну роль надлишкових доз пестицидів і мінеральних добрив. Тому при застосуванні аналогів даного добрива одержують не тільки високопродуктивну сільськогосподарську продукцію, але й з високими якісними показниками.

Сільськогосподарська продукція вирощена на базі Інституту цукрових буряків УААН в умовах польового дослід. Тест культура: цукровий буряк.

Норми внесення становили 2,0 і 2,5 кг/га, дворазово за період вегетації.

Схема польового дослідження включала наступні варіанти: 1. контроль; 2. Нутривант Плюс (аналог добрива), 2 кг/га, двократно; 3. Бетастарт, 2 кг/га, двократно; 4. Бетастарт, 2,5 кг/га, двократно.

Результати досліджень щодо вмісту токсикантів (важких металів та нітратів) у коренеплодах цукрових буряків подано у таблиці 4.

Аналізуючи результати досліджень, наведених у таблиці 4, слід зазначити, що в наших дослідженнях не виявлено перевищення гігієнічних нормативів вмісту важких металів та нітратів у коренеплодах цукрового буряку. Слід зазначити, що вміст цинку на варіантах з внесенням досліджуваного був на кілька порядків нижчим від ГДК — 10 мг/кг. Вміст міді перевищував контрольний варіант лише при застосуванні максимальної дози внесення — 2,5 кг/га в 2,5 раза, при нормі внесення 2 кг/га його концентрація в коренеплодах була меншою стосовно контрольного

варіанту в 2 рази. При використанні добрива Нутривант Плюс відзначено зниження концентрації міді в цукровому буряку стосовно контролю та мінерального добрива Бетастарт. Необхідно підкреслити, що (при внесенні добрива Бетастарт 2,5 кг/га вміст міді в коренеплодах цукрового буряку досягає гігієнічного нормативу 5 кг/га).

Слід сказати, що при застосуванні мінерального добрива Бетастарт при нормі внесення 2,5 кг/га в коренеплодах цукрового буряку знайдено свинець у концентрації 0,06 мг/кг. Дані величини вмісту свинцю значно нижчі від встановлених нормативів ГДК свинцю для овочів (0,5 мг/кг).

Вміст нітратів у коренеплодах цукрових буряків в десятки разів був нижчим від встановленої ГДК.

Отже, вирощена рослинницька продукція при використанні добрива Бетастарт є безпечною для здоров'я людини.

Висновки

1. Мінеральне добриво Бетастарт

(згідно з ГОСТ 12.1.007-76.) за гострою пероральною та інгаляційною токсичністю відноситься до 3 класу небезпечності, дермальною — до 4 класу небезпечності. Подразнюючої дії на шкіру та слизові оболонки очей, сенсibiliзуючої та шкірно-резортивної дії не має.

2. Вміст важких металів у складі досліджуваного добрива незначний і при застосуванні його в науково обґрунтованих нормах внесення не призведе до істотної зміни як валових, так і рухомих форм важких металів у ґрунті. Розрахункові дані свідчать, що при застосуванні максимальних норм добрива до орного шару ґрунту надійдуть концентрації важких металів, що значно нижчі встановлених нормативів ГДК для рухомих форм важких металів у ґрунті.

3. Мінеральне добриво Бетастарт стимулює ріст та розвиток озимої пшениці як в рекомендованій нормі внесення, так і в 5 разів вищій. Фітотоксичних

властивостей не має.

4. У результаті польових досліджень не виявлено перевищення гігієнічних нормативів вмісту важких металів (Cu, Co, Zn, Cd, Pb) та нітратів у коренеплодах цукрового буряку при застосуванні мінерального добрива Бетастарт.

5. Мінеральне добриво Бетастарт може бути охарактеризоване як таке, що не призводитиме до накопичення важких металів у ґрунті понад встановлені ГДК і сприятиме одержанню нормативно якісної рослинної продукції, безпечної для здоров'я людини.

6. На підставі одержаних результатів досліджень слід рекомендувати мінеральне добриво Бетастарт до постійної державної реєстрації в Україні для застосування в сільському господарстві на цукрових буряках з нормою внесення 2-2,5 кг/га шляхом позакореневого підживлення 0,6-0,8 % водним розчином протягом вегетації, дворазово.

ЛИТЕРАТУРА

1. Содержание и формы микроэлементов в почвах / [Под ред. Н.Г.Зырина]. — М.: Московский ун-т, 1979. — 388с.
2. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. — М.: Медицина, 1989. — 439.
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. — Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987. — 142с.

*И.В. Мудрый, И.В. Лепешкин, В.М. Воронина,
С.С. Светлый, Е.Н. Багацкая*

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ БЕТАСТАРТ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье рассматриваются актуальные вопросы токсикологии и гигиены безопасного применения комплексного минерального удобрения Бетастарт в Украине. Представлены и обсуждены результаты проведенных исследований. Рекомендуется использование удобрения на сахарной свекле с нормой внесения 2-2,5 кг/га путем внекорневой подкормки 0,6-0,8 % водным раствором на протяжении вегетационного периода, двукратно.

Ключевые слова: минеральное удобрение, Бетастарт, токсикология, гигиена, тяжелые металлы

*I.V. Mudry, I.V. Lepeshkin,
V.M. Voronina, S.S. Svetliy, O.M. Bahatska.*

TOXICOLOGICAL AND HYGIENICAL GROUND OF SAFE USE OF MINERAL FERTILIZER OF BETASTART IN AGRICULTURE

The article examine the questions concerning toxicological and hygienic aspect of safe use of complex mineral fertilizer Betastart in Ukraine. Presented and discussed results on the basis of conducted research. The use of fertilizer is recommended for a sugar beet with the rate of 2-2,5 kg/ha by the leaf-feeding additional fertilizing 0,6-0,8 % by water solution during a vegetation period, doubly.

Key words: mineral fertilizer, Betastart, toxicology, hygiene, heavy metals.