

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

КАМІНСЬКА ОЛЕНА ВАСИЛІВНА

УДК 623.4:633.854.78

**ТОКСИНОГЕННІ МІКРОМІЦЕТИ РОДУ *FUSARIUM*,
БІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ОБМЕЖЕННЯ
НАКОПИЧЕННЯ ЇХ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ
У ПШЕНИЦІ ОЗИМІЙ ТА КУКУРУДЗИ
В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.11 «Фітопатологія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2020

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор біологічних наук,
професор, академік НААН
Кирик Микола Миколайович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри фітопатології
імені академіка В. Ф. Пересипкіна

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Туренко Володимир Петрович,
Харківський національний аграрний
університет імені В. В. Докучаєва,
завідувач кафедри фітопатології

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Афанасьєва Оксана Геннадіївна,
Інститут захисту рослин НААН,
завідуюча лабораторії фітопатології

Захист відбудеться «03» грудня 2020 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.02 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «02» листопада 2020 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. О. Сикало

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Посилену увагу науковців і виробників привертають контамінанти природного походження, які становлять велику небезпеку для здоров'я людей і тварин. До найбільш токсичних забруднювачів продукції відносять мікотоксини – вторинні метаболіти мікроскопічних грибів. Вони мають широку поширеність і зустрічаються на всіх видах сировини рослинного походження.

Шкідливість ураження озимої пшениці фузаріями проявляється у недоборі врожаю і прихованому прояві хвороби, що призводить до зниження поживних якостей зерна і накопичення небезпечних для людей і тварин мікотоксинів (Lombaert G., 2002). Запобігання використанню інфікованого зерна для виробництва продуктів харчування або кормів значною мірою сприяє мікологічний контроль.

Результати збору даних наукового співробітництва з питань харчування, ініційованого ЄС Scientific cooperation on questions relating to food (SCOOP), які датовані вереснем 2003 року, про наявність токсинів *Fusarium* в їжі й оцінку раціону населення країн-членів Європейського співтовариства (ЄС), показують, що токсини *Fusarium* широко розповсюджені в харчовому ланцюгу в ЄС. Основними джерелами дієтичного споживання токсинів *Fusarium* є продукти, отримані зі злаків, зокрема пшениці та кукурудзи (Commission Recommendation, 2006/583/EC).

Вторинні метаболіти грибів роду *Fusarium* найбільше поширені серед злакових культур, що підтверджується встановленими максимально допустимими рівнями дезоксиніваленолу, зеараленону, Т-2 токсину, фумонізіну в зерні. Небезпека, яку становлять ці токсини, вимагає їх посиленого контролю у відповідних злаках і продукції з них.

Вирощування пшениці передбачає інтегрований підхід до контролю шкідників і збудників хвороб шляхом використання хімічних засобів захисту для зменшення інфекційного навантаження на зерно. Це дає змогу отримати високий врожай, зменшити відсоток ураженого зерна та знизити контамінацію токсинами зернової сировини та її продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація є складовою частиною наукових досліджень, виконаних в рамках науково-дослідних ініціативних тем Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи: «Розробка, вивчення і порівняння різних методів і засобів ветеринарно-санітарної оцінки і контролю якості та безпеки продукції тваринного і рослинного походження та кормів» (номер державної реєстрації 0109U001082, 2009–2018 рр.); та «Розробка нових та вдосконалення існуючих підходів, методів та засобів моніторингу та лабораторних досліджень (випробувань) показників безпечності та окремих показників якості об'єктів санітарних заходів, побічних продуктів тваринного походження, кормових добавок, преміксів, кормів, ґрунту і води» (номер державної реєстрації 0118U100597, 2019–2026 рр.).

Мета та завдання дослідження. Метою роботи було встановити види мікоміцет роду *Fusarium* – потенційних продуцентів токсинів на зерні пшениці озимої у Правобережному Лісостепу України; з'ясувати ступінь забруднення мікотоксинами зерна пшениці озимої в польових умовах та кукурудзи під час зберігання; виявити фактори, які обмежують розвиток патогенних грибів та контамінацію мікотоксинами зерна; удосконалити скринінг-метод тонкошарової хроматографії одночасного визначення мікотоксинів в зерні та продукції його переробки.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- визначити ураженість зерна пшениці озимої грибами роду *Fusarium* у районі проведення досліджень;
- проаналізувати рівні мікотоксинів, які накопичувалися у польових умовах у зерні пшениці озимої;
- дослідити вплив фунгіцидів на ураженість зерна грибами роду *Fusarium* та на рівень їх токсичних властивостей;
- зменшити розвиток фузаріозу на рослинах та утворення токсинів;
- провести аналіз сезонної динаміки накопичення мікотоксинів грибів роду *Fusarium* у зерні кукурудзи, призначеному для продовольчих і технічних потреб та експорту;
- порівняти методи визначення мікотоксинів і розробити скринінговий метод одночасного виявлення мікотоксинів у зерні та продуктах його переробки.

Об'єкт дослідження – токсиногенні властивості грибів роду *Fusarium*.

Предмет дослідження – частота поширення фузаріозу на колосі пшениці озимої та на зерні кукурудзи, токсичність патогену.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у процесі виконання дослідження використано: фітопатологічні, світлової мікроскопії, мікробіологічні (ураження зерна, ідентифікація грибів); спектрофотометричні, імуноферментний аналіз, хроматографічні (вміст мікотоксинів); польові методи. Статистичну обробку результатів та оцінку придатності методів досліджень проведено за допомогою дисперсійного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше в Україні проведено багаторічний аналіз ураження зерна пшениці озимої грибами роду *Fusarium* в умовах природного інфекційного фону у поєднанні із нагромадженням мікотоксинів у зерні на виході з поля. З'ясовано вплив використання фунгіцидів на рівні утворення мікотоксинів у зерні пшениці озимої під час вегетації.

Проведено періодичний контроль зерна кукурудзи під час зберігання та встановлено небезпечні рівні накопичення фузаріотоксинів.

Удосконалено скринінговий метод визначення мікотоксинів з використанням тонкошарової хроматографії та очистки екстрактів на колонках із силікагелем. Проведено оцінку придатності методу і встановлено критерії ефективності відповідно до вимог та оформлено методичні рекомендації «Визначення афлатоксинів B1, B2, G1, G2, зеараленону, дезоксиніваленолу, T-2 токсину, охратоксину А, патуліну в зерні, продукції із зерна, кормах методом

тонкошарової хроматографії», які затверджено та прийнято до впровадження у практику ветеринарної медицини науково-методичною радою Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів і захисту споживачів (протокол № 3 від 20.12.2018 р.)

Практичне значення одержаних результатів. Результати дисертації мають теоретичне та практичне значення для розуміння небезпеки накопичення вторинних метаболітів грибів роду *Fusarium* у зерні в польових умовах і з'ясування заходів обмеження накопичення їх під час вегетації.

Вивчення токсикогенного потенціалу грибів роду *Fusarium* та дослідження впливу на них хімічних засобів дає змогу з'ясувати необхідність використання протруйників насіння та фунгіцидів для обприскування рослин під час вегетації.

Одержані результати виступають фундаментальною і методологічною основою для подальшого розроблення заходів зменшення ризиків накопичення мікотоксинів у період зберігання та переробки зерна.

Розроблені методичні рекомендації «Визначення афлатоксинів В1, В2, G1, G2, зеараленону, дезоксиніваленолу, Т-2 токсину, охратоксину А, патуліну в зерні, продукції із зерна, кормах методом тонкошарової хроматографії» використовуються в Державних лабораторіях Держпродспоживслужби. Скринінговий метод тонкошарової хроматографії визначення мікотоксинів дає змогу одночасно та якнайшвидше визначати небезпечні рівні токсинів і своєчасно проводити заходи зменшення їх накопичення.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійним дослідженням автора, виконаним протягом 2008–2020 рр. Спільно з науковим керівником визначено науковий напрям досліджень, висунуто робочі гіпотези та обґрунтовано методологію експериментів.

Здобувачем здійснено літературний пошук, збір фактичного матеріалу під час польових досліджень і його опрацювання в лабораторних умовах, апробовано методики, виконано запланований обсяг експериментальних робіт, проведено статистичне опрацювання одержаних результатів та їх інтерпретацію, написано тексти публікацій. Наукові результати, викладені в дисертації, отримано автором особисто та у співавторстві. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. У спільних публікаціях права співавторів не порушено.

Визначення вмісту вторинних метаболітів *Fusarium* (зеараленону, фумонізіну, дезоксиніваленолу, Т-2 токсину) скринінговим методом імуноферментного аналізу та підтвердження методом вискоєфективної рідинної хроматографії, ідентифікацію видів грибів виконано на базі науково-дослідного хіміко-токсикологічного відділу Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи самостійно. Розроблення скринінгового методу тонкошарової хроматографії «Визначення афлатоксинів В1, В2, G1, G2, зеараленону, дезоксиніваленолу, Т-2 токсину, охратоксину А, патуліну в зерні, продукції із зерна, кормах методом тонкошарової хроматографії» та валідацію методу виконано на базі

науково-дослідного хіміко-токсикологічного відділу Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційних досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на: Міжнародній конференції «Сучасні епідеміологічні виклики в концепції єдиного здоров'я» (м. Тернопіль, 2018 р.); 7 Міжнародній науково-практичній конференції «Лабораторні дослідження як інструмент забезпечення епізоотичного благополуччя та безпеки харчових продуктів» (м. Київ, 2018 р.); VIII науково-практичній конференції «Лабораторні дослідження як інструмент забезпечення епізоотичного благополуччя та безпеки харчових продуктів» (м. Київ, 2019 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 10 наукових праць, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, стаття в іншому науковому виданні України, науково-методичні рекомендації, 3 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертацію викладено на 144 сторінках. Робота складається з анотацій, вступу, восьми розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків. Дисертація містить 26 таблиць та 12 рисунків. Список використаних джерел містить 167 найменувань, з яких 107 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вибір напрямів досліджень, матеріали і методи виконання роботи. Дослідження виконано впродовж 2009–2020 рр. Об'єктом досліджень були токсикологічні властивості грибів роду *Fusarium*.

Польові експерименти проводили у Державному підприємстві Дослідне господарство «Шевченківське» Тетіївського району Київської області. Розмір облікової ділянки становив 300 м² протягом трьох років поспіль, що відповідало вимогам до проведення польових досліджень (Доспехов В., 1985; Трибель С., 2001). Оцінку технічної ефективності фунгіцидів проводили в умовах природного інфекційного фону. У досліді використовували фунгіциди: Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (діюча речовина – 200 г/л карбоксина + 200 г/л тирама) із нормою витрати 2,5 л/т; Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (діюча речовина – тебуконазол 120 г/л) із нормою витрати 0,2 л/т. У період вегетації використовували фунгіцид та Байзафон, з. п. (діюча речовина – триадимефон 250 г/кг) із нормою витрати 1,0 кг/га. Контролем слугували два сорти озимої пшениці: Перлина Лісостепу та Поліська 90, які не були оброблені фунгіцидами. У кінці вегетації відбирали зразки зерна для подальших лабораторних досліджень. У всіх варіантах було проаналізовано поширення хвороби та визначено видовий склад патогенів і накопичення мікотоксинів у зерні. Біологічну ефективність розраховували на основі показника розвитку

хвороби, порівнюючи з контролем. Отримані експериментальні дані було опрацьовано статистично методом двохфакторного дисперсійного аналізу (Доспехов В., 1985).

Лабораторні дослідження виконували на базі лабораторії визначення мікотоксинів науково-дослідного хіміко-токсикологічного відділу Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи.

Програмою досліджень було передбачено вивчення у всіх варіантах досліду видового складу патогенів, визначення розвитку хвороби.

У лабораторних умовах під час досліджень вилучали та ідентифікували патогенну мікофлору роду *Fusarium*, а також виділяли вторинні метаболіти у зерні пшениці озимої обох сортів (Перлина Лісостепу та Поліська 90). Визначення вмісту мікотоксинів (дезоксиніваленолу, Т-2 токсину, зеараленону, фумонізіну) у зерні проводили за допомогою акредитованого і валідованого скринінгового методу імуноферментного аналізу на тест-системах Redascreen (виробництва R-Biopharm, Федеративна Республіка Німеччина). У якості підтверджуючого методу визначення мікотоксинів застосовували метод високоефективної рідинної хроматографії.

Вирішувалося також питання щодо вдосконалення скринінгового методу визначення мікотоксинів у зерні і продуктах його переробки за допомогою тонкошарової хроматографії та оцінка придатності методу встановленим критеріям точності та відтворюваності.

Вплив фунгіцидів на розвиток фузаріозного захворювання пшениці озимої вивчали в умовах природнього інфекційного фону. Забруднення зерна пшениці озимої вторинними метаболітами фузаріозних міксоміцетів вивчали у дослідях з використанням фунгіцидів протягом різних фаз росту рослин. З'ясовували зв'язок між виділеними патогенами та накопиченими у зерні мікотоксинами.

Статистичний обрахунок результатів досліджень здійснювали за допомогою пакету аналізу «Статистика» Microsoft Excel.

На основі результатів проведених досліджень було передбачено з'ясування шляхів зменшення токсичних властивостей грибів роду *Fusarium* у польових умовах.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Видова ідентифікація грибів роду *Fusarium* та їх токсикогенний потенціал на пшениці озимій. У результаті досліджень мікобіоти роду *Fusarium* було ізольовано та ідентифіковано шість видів мікроміцетів в інфікованому зерні. Серед виявлених грибів, домінуюче положення займали види *Fusarium graminearum* – 30,4 %, а також *F. sporotrichiella* – 30,4 % представлена двома варіантами: *F. sp. poae* – 18,2 %, *F. sp. sporotrichioides* – 13,6 %. Із меншою частотою зустрічалися *F. culmorum* – 17,4 %, види *F. chlamidosporum* і *F. monilliforme* – по 8,7 % та *F. avenaceum* – по 4,3 % (рис. 1).

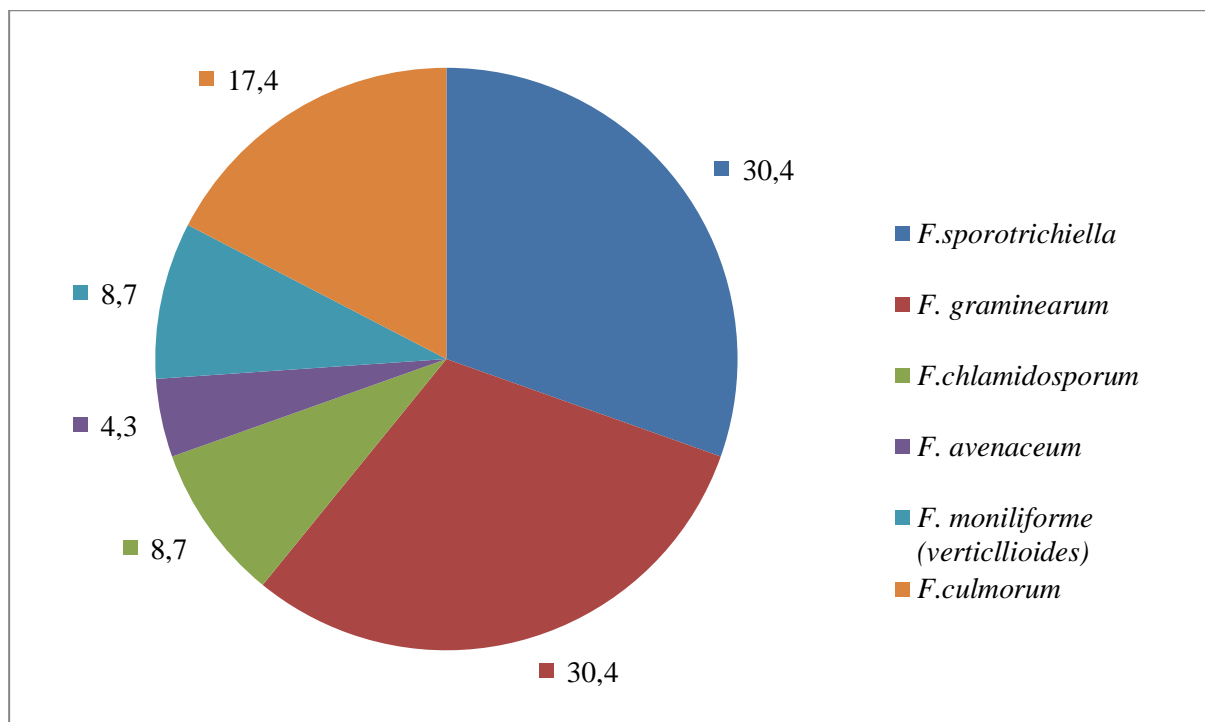


Рис. 1. Інфікування зерна пшениці озимої різними видами *Fusarium*, %

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Протягом проведення польових досліджень найстабільніше вилучався вид *F. sporotrichiella*. *F. graminearum* домінував у роки інтенсивного розвитку фузаріозу, однак менше зустрічався в інші роки. Так, у 2010 р. на пшениці його було виявлено близько 57 %, проте у 2011 р. частота інокуляції становила 12,5 %. Менш розповсюдженими на пшениці були види *F. avenaceum* – 4,3 %, *F. moniliforme (verticillioides)* – 8,7 % і *F. chlamidosporum* – 8,7 %.

Забруднення мікотоксинами зерна пшениці озимої в умовах природного інфекційного фону. На основі результатів проведених трирічних досліджень було з'ясовано здатність грибів роду *Fusarium* продукувати мікотоксини в зерні вже під час його дозрівання.

Фумонізину в кількості менше ніж 0,5 мг/кг було встановлено у 58,3 % проб, проте у проведених дослідженнях у варіантах із контролем його виявлено на сортах Поліська 90 на рівні 0,541 мг/кг; на Перлина Лісостепу – 0,572 та 1,18 мг/кг.

Забруднення зерна пшениці озимої зеараленоном, у кількостях від 0,05 до 0,1 мг/кг (більше $\frac{1}{2}$ максимально допустимого рівня) спостерігали в 8,3 % перевірених зразків (рис. 2). Найвищий рівень зеараленону, що утворювався в польових умовах у зерні пшениці озимої сорту Перлина Лісостепу, досягав рівня 0,196 мг/кг у контролі за встановленого максимально допустимого рівня 0,1 мг/кг та найнижчої межі детектування тест-системи 0,017 мг/кг. За результатами досліджень встановлено 41,7 % зразків з небезпечним вмістом зеараленону, більше зазначеного максимально допустимого рівня. Зокрема рівень токсину зафіксовано у межах 0,103–0,196 мг/кг.

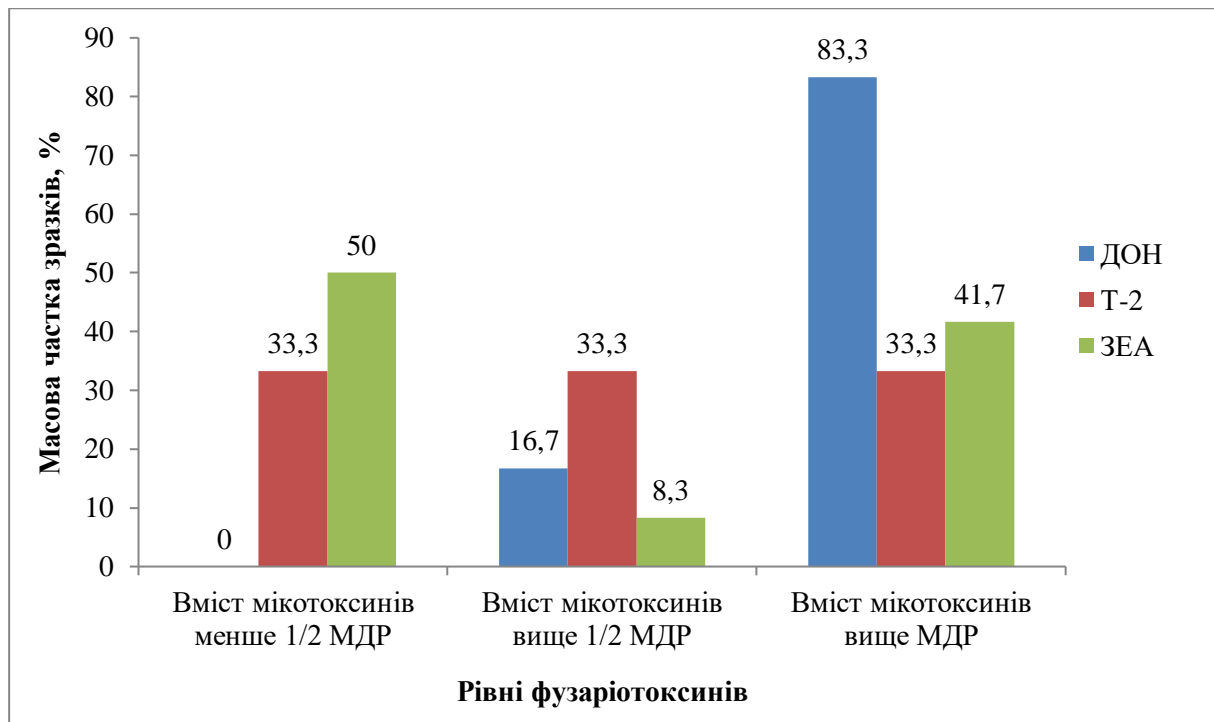


Рис. 2 Рівні утворення фузаріотоксинів у зерні пшениці озимої в польових умовах, %

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.; МДР – максимально допустимий рівень

Т-2 токсин було виявлено у 33,3 % перевірених проб зерна в незначній кількості, менше $\frac{1}{2}$ максимально допустимого рівня і близько 33,3 % проб перевищували максимально допустимий рівень (див. рис. 2). Водночас 33,3 % зразків містили Т-2 токсин у кількостях від $\frac{1}{2}$ рівня (0,05 мг/кг) до максимально допустимого рівня (1,0 мг/кг). Саме ці зразки становлять ризики до накопичення вмісту токсину під час зберігання. Отже, зразки, які містять кількість токсинів більше за $\frac{1}{2}$ максимально допустимого рівня, потребують додаткового періодичного контролю, а також впровадження додаткових заходів з обмеження накопичення токсинів. Враховуючи вищезазначене, є необхідність використання скринінгових методів визначення цих біологічно активних речовин з чутливістю на рівні $\frac{1}{2}$ встановленого максимально допустимого рівня.

Накопичення в зерні дезоксиніваленолу спостерігалось переважно за ураження зерна *F. sporotrichiella*, *F. graminearum*, *F. claudosporum*, а також часто в різних комбінаціях з іншими видами – *F. avenaceum*, *F. moniliform*, *F. culmorum*. У процесі визначення контамінації зерна озимої пшениці грибами *F. sporotrichiella*, *F. culmorum*, *F. claudosporum* встановлено, що воно містило Т-2 токсин у кількостях, які перевищували максимально допустимі рівні.

За результатами проведених досліджень в інфікованому грибами роду *Fusarium* зерні у різній кількості накопичувалися мікотоксини. До того ж, у 16,7 % перевірених зразків зерна пшениці відбувалося одночасне утворення декількох токсинів – дезоксиніваленолу і зеараленону або у 25 % –

дезоксиніваленолу, зеараленону і Т-2 токсину – на рівнях більше максимально допустимих.

У польових умовах гриби роду *Fusarium* продукували в зерні здебільшого дезоксиніваленол і Т-2 токсин. Ураження зерна високопатогенними видами, з частотою виділення *F. graminearum* 30,4 %, *F. sporotrichiella* 30,4 %, безпосередньо пов'язані з продукуванням небезпечних рівнів (вище максимально допустимого рівня) дезоксиніваленолу – 67 %; Т-2 токсину – 33 % та зеараленону – 42 % в зерні пшениці (рис. 3). Вміст токсинів досягав рівнів дезоксиніваленолу від 1,379 до 2,931 мг/кг, Т-2 токсину – від 0,116 до 0,119 і зеараленону – від 0,103 до 0,196 мг/кг.

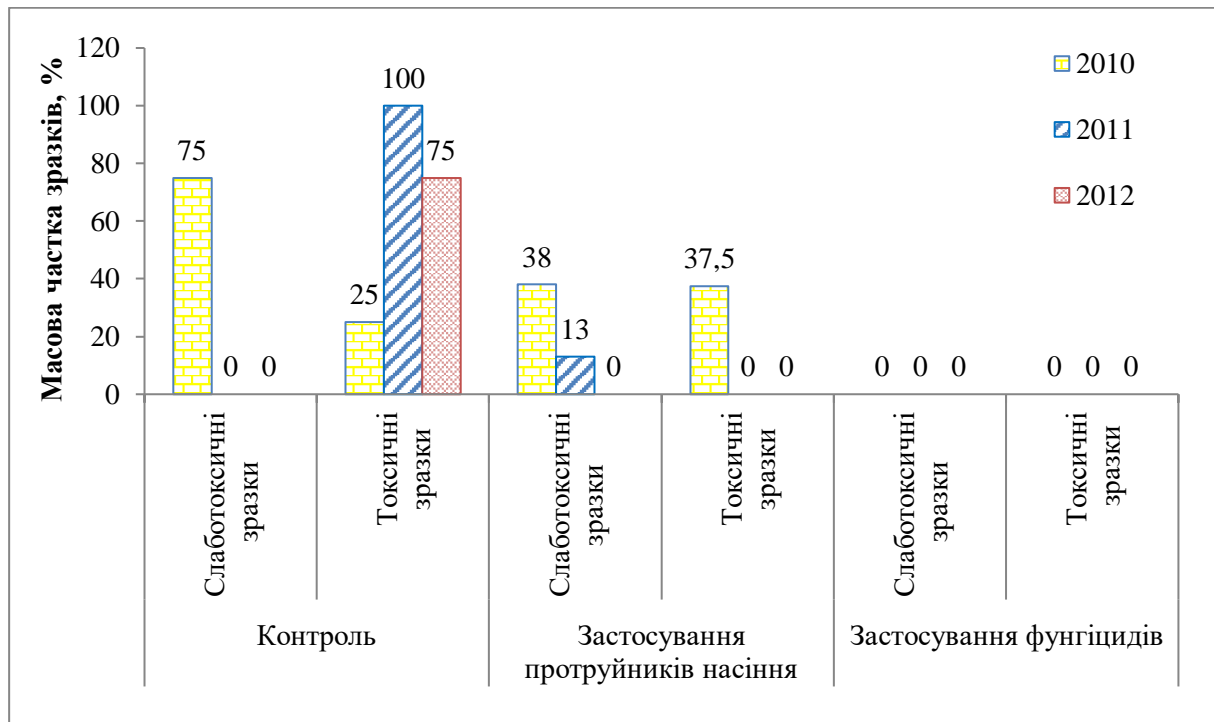


Рис. 3. Частота виявлення токсичних зразків зерна пшениці озимої, %

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Визначення загальної токсичності зерна пшениці озимої при виявленні мікотоксинів. За результатами досліджень встановлено частоту виявлення токсичних зразків протягом 2010–2012 рр. у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївський району Київської області. Слабо токсичні і токсичні зразки, насамперед, були виявлені у варіантах із контролем, а також під час використання протруйників насіння, де зафіксовано ступінь ураження зерна 38 та 22 % відповідно.

Відсоток токсичних зразків у різні роки сильно варіює від 25 до 100 % на дослідних ділянках із контролем (див. рис. 3). Це зумовлено тим, що в цих варіантах було виявлено великий відсоток зразків із вмістом мікотоксинів, що перевищував максимально допустимий рівень: дезоксиніваленол – у 67 % всіх перевірених зразків; Т-2 токсин – у 33 %; зеараленону – у 42 % зразків (рис. 4). Також на контрольних дослідних ділянках встановлено високу частоту

виділення грибів *F. graminearum*, *F. sporotrichiella* – по 30,4 %. Це доводить мікогенну природу токсичності, що викликана вторинними метаболітами грибів роду *Fusarium*.

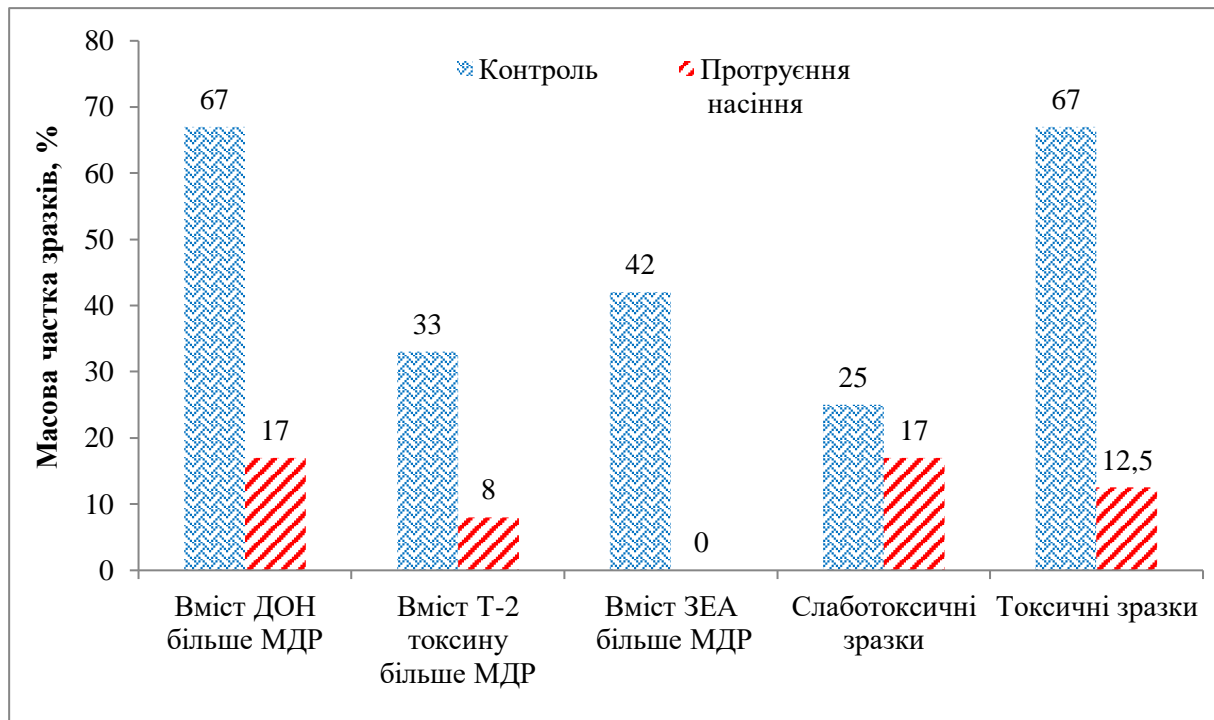


Рис. 4. Наявність зразків зерна пшениці озимої із небезпечним вмістом токсинів, %

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.; ДОН – дезоксиніваленол; ЗЕА – зеараленон; МДР – максимально допустимий рівень

У варіантах із протруєнням насіння частота виявлення токсичних зразків становить 12,5 %, слаботоксичних зразків – 17 %, оскільки зафіксовано великий відсоток зразків, забруднених високими концентраціями дезоксиніваленолу – 17 % і Т-2 токсину – 8 % (див. рис. 4).

Встановлено, що зразки з Т-2 токсином у поєднанні із високим вмістом дезоксиніваленолу мали різко виражену токсичну реакцію. Зразки, в яких було визначено лише високий вміст дезоксиніваленолу, характеризувалися помірною дією, водночас зразків із зеараленоном взагалі не спостерігали такої реакції. Отже, метод постановки біопроб підтверджує токсичність зерна у разі високих концентрацій декількох токсинів – Т-2 токсину і дезоксиніваленолу.

Зниження ураження зерна пшениці озимої грибами роду *Fusarium* та рівнів мікотоксинів при використанні фунгіцидів. Оцінювання біологічної ефективності застосування фунгіцидів проводилося в умовах природного інфекційного фону на сортах Перлина Лісостепу і Поліська 90. У досліді використовували фунгіциди: Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (діюча речовина – 200 г/л карбоксина + 200 г/л тирама) із нормою витрати 2,5 л/т насіння, Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (діюча речовина – тебуконазол 120 г/л)

із нормою витрати 0,2 л/т насіння. Фунгіцид Байзафон, з. п. (діюча речовина – пропіконазол 250 г/кг) застосовували для обприскування рослин з розрахунку 1 кг на гектар. Контролем слугували рослини не оброблені фунгіцидами. В усіх варіантах було проаналізовано поширення хвороби, видовий склад патогенів і накопичення мікотоксинів у зерні.

Вид *F. sporotrichioides* був найбільш поширеним на колосі пшениці озимої, проте його токсикогенний потенціал дещо пригнічувався більш агресивним видом – *F. graminearum* у контролі (без використання протруйників насіння і обприскування рослин). Під дією фунгіциду Байзафон, з. п. в поєднанні із протруйниками насіння на пшениці озимій, спостерігали зменшення частоти контамінації зерна *F. graminearum* в середньому в 7 разів, *F. sporotrichiella* в 1,8 раза та відсутність *F. culmorum* (табл. 1). Зменшення відсотка виділених ізолятів високопатогенних видів безпосередньо вплинуло на зниження ступеня ураження зерна.

Таблиця 1

Співвідношення виділених видів *Fusarium* на пшениці озимій залежно від застосування фунгіцидів, %

Варіант		Кількість виділених ізолятів, %						
протруйник	фунгіцид	<i>F. sporotrichiella</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>F. chlamidosporum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. moniliforme</i> (<i>verticillioidea</i>)	<i>F. culmorum</i>	<i>F. dimerum</i>
Контроль – без протруювання насіння і обприскування рослин		8,2	8,2	2,4	1,2	2,4	4,7	–
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Без обприскування	11,8	1,2	–	1,2	–	2,4	–
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (2,5 л/т)	Без обприскування	10,6	2,4	3,5	–	1,2	–	–
Без протруювання	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	4,7	3,5	1,2	1,2	–	2,4	–
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	4,7	2,4	3,5	1,2	1,2	–	1,2
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (2,5 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	4,7	–	1,2	2,4	3,5	–	–

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

В умовах природного інфекційного фону спостерігали нестійку наявність певних видів *Fusarium* за роками. Це також обумовило неоднозначний вплив фунгіцидів на певні види *Fusarium*. За використання протруйників насіння знижувався відсоток вилучених ізолятів видів *F. graminearum* – у 3 рази, *F. culmorum* – у 2,5 раза, *F. moniliforme* – у 2,5 раза. Проте частота вилучення *F. sporotrichiella* зростає у 2,2 раза. У варіантах з обприскуванням фунгіцидом

Байзафон, з. п. у поєднанні із застосуванням протруйників, спостерігали зниження відсотка вилучених ізолятів виду *F. graminearum* у 3,3 раза та відсутність *F. culmorum* (див. табл. 1).

Максимальне ураження зерна пшениці озимої грибами роду *Fusarium* спостерігали протягом 2010–2012 рр. у контрольному варіанті (без застосування протруйників насіння та обприскування рослин фунгіцидом) на сортах Поліська 90 – 33,7 % та Перлина Лісостепу – 31,7 % (табл. 2). Обробка насіння протруйниками призвела до зменшення відсотка ураження зерна в середньому на 6,5 % за використання Раксіл Ультра 120FS, т. к. с. та на 8,5 % – Вітаваксом 200 ФФ, в. с. к. За умови одноразового обприскування рослин фунгіцидом Байзафон, з. п. у поєднанні із використанням протруйників отримали зниження ураження зерна на 25,3–26 % (табл. 2). Істотної різниці між двома сортами пшениці озимої відносно ураження зерна грибами роду *Fusarium* не спостерігали.

Таблиця 2

Зниження рівня ураження зерна пшениці озимої грибами роду *Fusarium* за протруювання насіння та обприскування рослин, %

Варіант		Сорт Поліська 90		Сорт Перлина Лісостепу	
протруйник насіння	фунгіцид	ураження зерна, %	різниця із контролем	ураження зерна, %	різниця із контролем
Контроль – без протруювання насіння і обприскування рослин		33,7	–	31,7	–
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Без обприскування	28,7	–5	23,7	–8
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (2,5 л/т)	Без обприскування	26,0	–7,7	22,3	–9,3
Без протруювання	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	19,3	–14,3	17,3	–14,3
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	8,0	–25,7	5,7	–26
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (2,5 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	8,3	–25,3	6,3	–25,3
НІР _{0,5}			4,76		3,7

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Обліки ступеня ураження рослин фузаріозом, проведені у кінці стадії повної стиглості зерна пшениці озимої, показали, що обприскування фунгіцидом Байзафон, з. п. після використання протруйників Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. та Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. в обмеженні розвитку фузаріозу пшениці озимої, мали різну біологічну ефективність. На сорті Поліська 90 ураження патогенами контрольного варіанта становило 33,7 %, а урожайність – 5,6 т/га. Вищі показники були одержані у варіанті з протруєнням Раксіл Ультра

120 FS, т. к. с. і обприскуванням рослин Байзафон, з. п., урожайність якого перевищувала контроль на 1,03 т/га (табл. 3). На посівах сорту Перлина Лісостепу ураження рослин, порівнюючи з контролем, зменшилося на 26 % (див. табл. 2), урожайність складала 5,72 т/га, що на 0,95 т/га перевищувало контроль.

Таблиця 3

Вплив використання фунгіцидів на врожайність зерна пшениці озимої, т/га

Варіант		Сорт Поліська 90		Сорт Перлина Лісостепу	
протруйник насіння	фунгіцид	врожайність, т/га	різниця із контролем, т/га	врожайність, т/га	різниця із контролем, т/га
Контроль – без протруювання насіння і обприскування рослин		4,56	–	4,77	–
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Без обприскування	4,67	0,11	4,90	0,13
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к (2,5 л/т)	Без обприскування	4,65	0,093	4,85	0,08
Без протруювання	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	4,87	0,31	5,0	0,23
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	5,58	1,026	5,72	0,95
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к (2,5 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	5,17	0,61	5,47	0,7
НІР _{0,5}			0,57		0,65

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Найвищі показники врожайності зафіксовано за умови використання Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. з обприскуванням Байзафон, з. п. для сорту Поліська 90 – 5,3 т/га, 5,5 і 5,95 т/га протягом 2010, 2011 і 2012 рр. відповідно та на сорту Перлина Лісостепу – 5,5 т/га, 6,0 і 5,65 т/га відповідно.

Технічна ефективність дослідженого фунгіциду Байзафон, з. п. становила 44 % без використання протруйників насіння, 79,1 % у поєднанні з протруйником Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. і 77,6 % – із Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. Технічна ефективність протруйників без використання обприскування фунгіцидом була у 3–4 рази нижчою (26,1 % – для варіанту з Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. і 19,9 % – Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. Отже, за незначного прогнозованого розвитку хвороби, за результатами досліджень, достатньо одноразового застосування фунгіциду у фазу цвітіння з обов'язковим попереднім протруєнням насіння для зменшення впливу патогенів на рослини під час вегетації.

За значного інфікування рослин пшениці видами *Fusarium* застосування лише протруйників насіння Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. та Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. протягом 2010–2012 рр., дало змогу досягти не істотного зниження

вмісту Т-2 токсину, що безпосередньо пов'язано із незначним зниженням ураження зерна пшениці озимої, в середньому на 5–9,3 % (див. табл. 1). Це зумовило утворення небезпечних рівнів Т-2 токсину (від 0,116 до 0,197 мг/кг), що перевищувало максимально допустимий рівень (рис. 5).

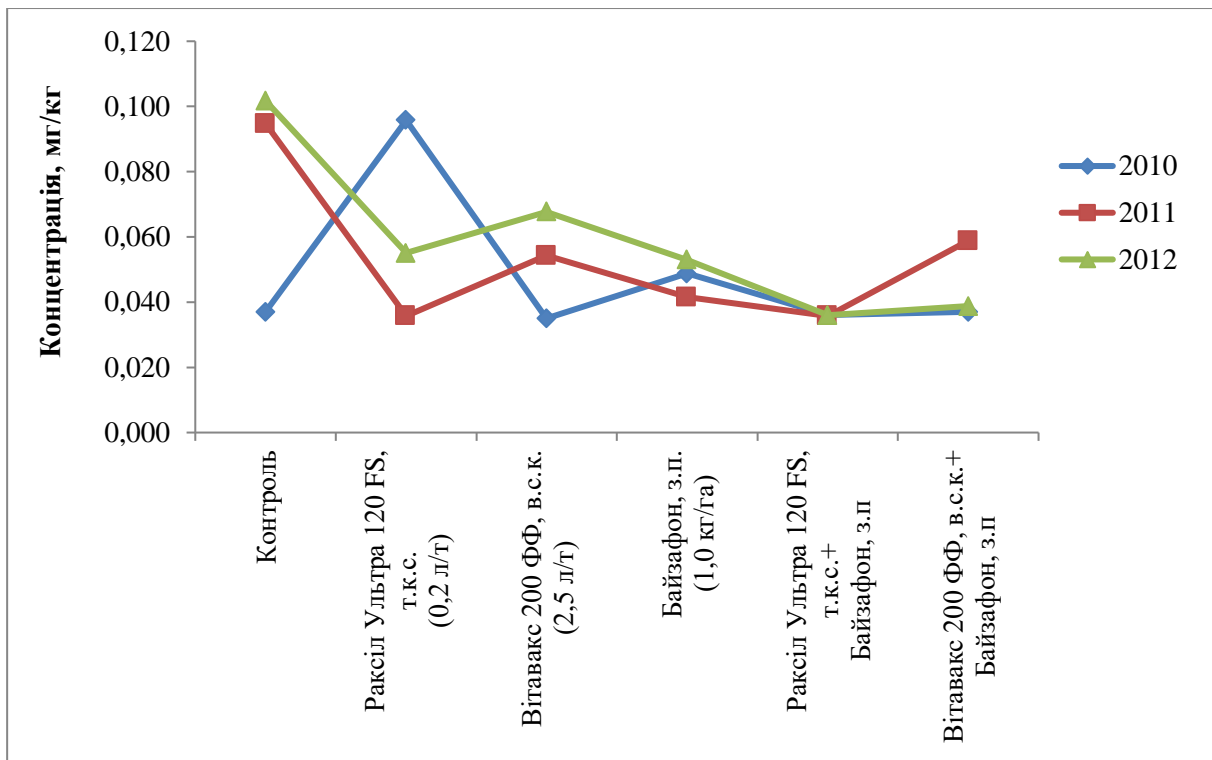


Рис. 5. Вміст Т-2 токсину в зерні пшениці озимої залежно від застосування фунгіцидів, мг/кг

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

За обробітку рослин пшениці озимої у фазу цвітіння фунгіцидом Байзафон, з. п. ураженість зерна патогенами роду *Fusarium* знизилася на 25,6 %, а також зафіксовано неістотне зменшення рівнів Т-2 токсину. Композиція Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. і Байзафон, з. п. була найбільш ефективною у зниженні вмісту Т-2 токсину (42,2 % на сорті Поліська 90 та 61 % – на сорті Перлина Лісостепу). Менш ефективними виявилися варіанти з протруєнням насіння Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. в поєднанні з обприскуванням Байзафон, з. п., що знизило вміст Т-2 токсину на 20,2 і 47 % (див. рис. 5).

Усі задіяні фунгіциди призводили до неістотного зниження вмісту Т-2 токсину, хоча й існувала певна варіабельність між сортами. Показник є досить нестабільний у межах одного варіанта на різних сортах у зв'язку із розбіжностями щодо ступеня розвитку хвороби на зерні пшениці та нерівномірним ураженням посівів колосу грибами *F. sp. sporotrichioides*, *F. sp. roae*, *F. avenaceum* у різні роки.

Оскільки середні рівні Т-2 токсину в контролі були наближені до максимально допустимого рівня і становили 0,037 мг/кг, 0,096 та 0,102 мг/кг протягом 2010, 2011, 2012 рр. відповідно (див. рис. 5), зниження рівнів токсинів

було неістотним, але зафіксовано зниження до небезпечних рівнів (близько $\frac{1}{2}$ максимально допустимого рівня). Це підтверджує необхідність ведення додаткових заходів обробітку посівів фунгіцидами і протруєння насіння.

У роки проведення польових досліджень спостерігався досить високий рівень забруднення дезоксиніваленолом у контролі. Так, середній вміст токсину зафіксовано на рівні 2,21 мг/кг, 1,52 та 0,91 мг/кг відповідно по роках (рис. 6).

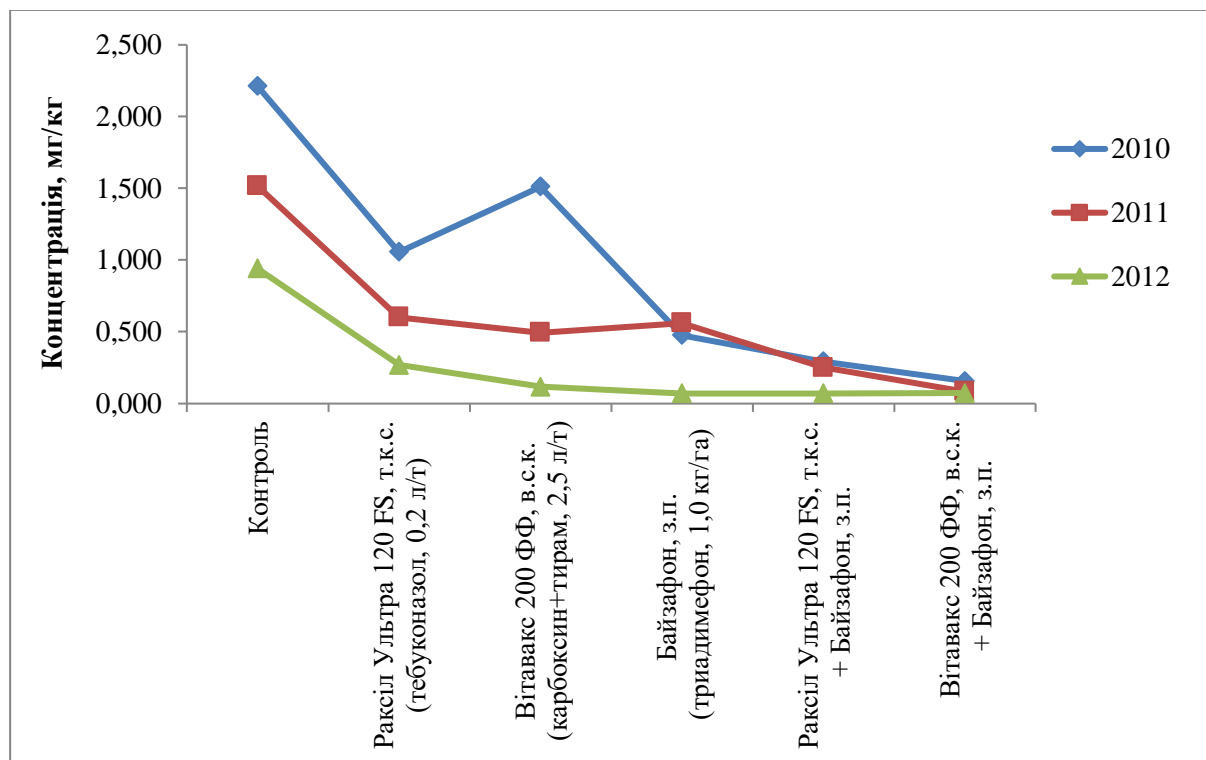


Рис. 6. Залежність вмісту дезоксиніваленолу в зерні пшениці озимої від застосування фунгіцидів, мг/кг

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Результати досліджень щодо застосування Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. для протруєння насіння проти забруднення зерна дезоксиніваленолом протягом різних років вказують на неоднакову ефективність. Так, у 2010 р. зниження рівнів вмісту дезоксиніваленолу відбулося на 31,6%, проте у 2012 р. – на 94 % (див. рис. 6). Таку різницю можна пояснити, результатами виявлення патогенів. Так, у 2010 р. на зерні пшениці озимої, зокрема у варіантах із застосуванням протруйників переважали *F. graminearum* та *F. sp. var. poae*. Однак у 2012 р., переважно були виділені гриби *F. sp. var. poae*, *F. sp. sporotrichioides* та *F. chlamidosporum*.

Середній рівень зеараленону у пшениці озимій протягом 2010–2012 рр. у контролі сорту Поліська 90 становив 0,063 мг/кг, сорту Перлина Лісостепу – 0,091 мг/кг (табл. 4). За використання протруйника Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. та комплексу протруйника Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. у поєднанні з подальшим обприскуванням Байзафоном, з. п. спостерігалось істотне зниження токсину в сорті Перлина Лісостепу.

**Зниження вмісту зеараленону в зерні пшениці озимої
при використанні хімічних засобів, мг/кг**

Варіант		Поліська 90		Перлина Лісостепу	
протруйник насіння	фунгіцид	вміст зеараленону, мг/кг	різниця із контролем	вміст зеараленону, мг/кг	різниця із контролем
Контроль – без протруювання насіння і обприскування рослин		0,063	–	0,091	–
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Без обприскування	0,034	–0,029	0,040	–0,051
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (2,5 л/т)	Без обприскування	0,048	–0,015	0,018	–0,073
Без протруювання	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	0,027	–0,037	0,021	–0,070
Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (0,2 л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	0,03	–0,033	0,022	–0,069
Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. (2,5л/т)	Байзафон, з. п. (1,0 кг/га)	0,036	–0,028	0,034	–0,057
НІР _{0,5}		–	0,056	–	0,06

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Різниця в інфікуванні патогенами у різних варіантах протягом трьох років супроводжувалася різницею забруднення зерна зеараленоном. Також спостерігався істотний вплив дії фунгіцидів (76,2–80,4 %) у варіантах із високим рівнем забруднення рослин сорту Перлина Лісостепу. Проте незначне зниження рівнів зеараленону 43,7–57,9 % за обприскування рослин Байзафоном, з. п. зафіксовано за незначних рівнів забруднення токсином у контролі сорту Поліська 90 (див. табл. 4).

Результати трирічного застосування Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. та Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. без обприскування рослин засвідчили відсутність істотної різниці впливу використання цих хімічних засобів на вміст у зерні дезоксиніваленолу. В середньому цей показник був вище максимально допустимого рівня у 17 % перевірених проб (рис. 7).

Встановлено, що одноразова обробка зерна пшениці фунгіцидами класу триазолів (Байзафон, з. п.) у фазу цвітіння після протруєння насіння Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. та Вітавакс 200 ФФ, в. с. к. може призвести до суттєвого зниження високого вмісту дезоксиніваленолу (вище максимально допустимого рівня) в середньому на 67 % і збільшення врожайності, порівнюючи із контролем, на 0,82 т/га.

За даними досліджень 42 % зразків зерна пшениці озимої в контролі (без використання протруйників та обприскування фунгіцидом) були контаміновані

фумонізином на рівні від 0,104 до 1,18 мг/кг. Вміст токсину на рівні 1,18 мг/кг було виявлено лише у 2011 р. у контрольному варіанті пшениці сорту Перлина Лісостепу. Тобто вміст фумонізину у 75 % досліджених проб був у межах до 0,5 мг/кг. Це пов'язано з видовим складом патогенів на зерні пшениці, оскільки лише у 8,7 % зразків було виявлено *F. moniliforme (verticillioides)* – продуцент фумонізину.

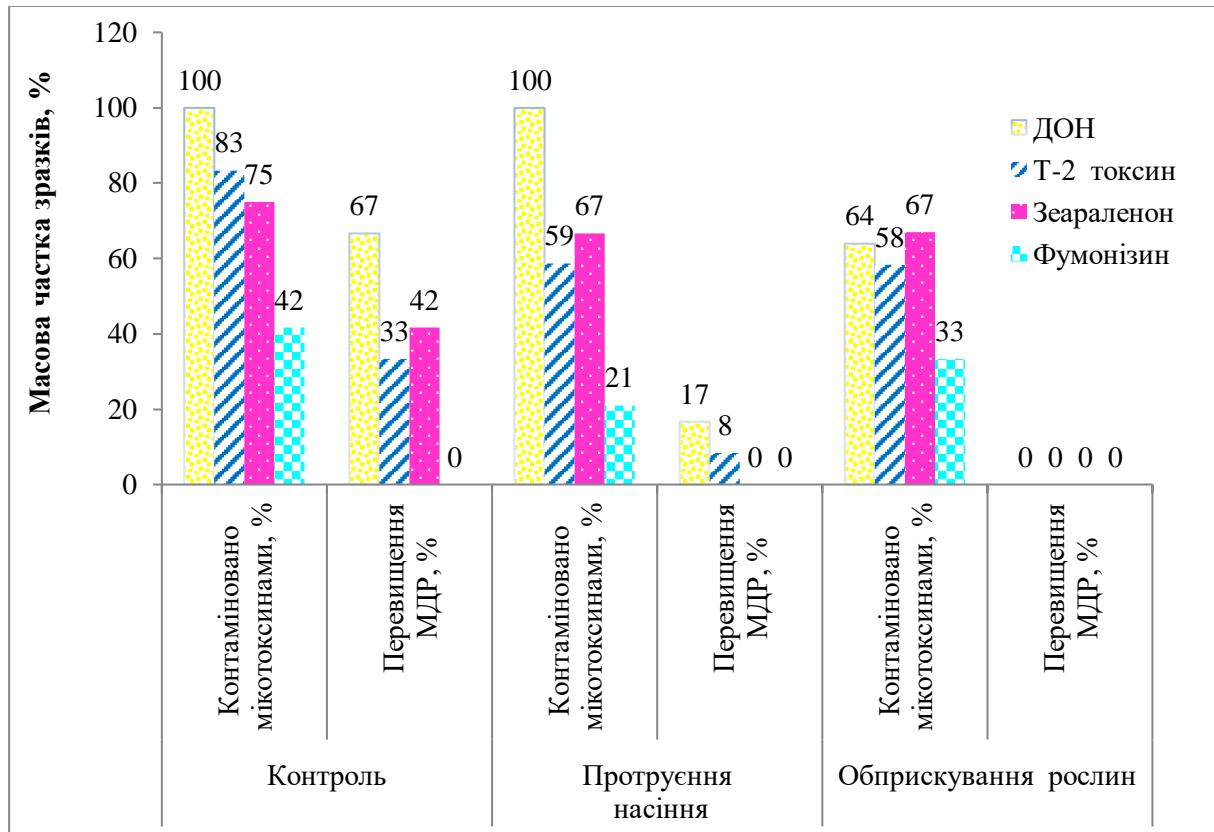


Рис. 7. Кількість проб зерна пшениці озимої, забруднених мікотоксинами за застосування фунгіцидів, %

Примітка. За даними польових експериментів проведених у ДП ДГ «Шевченківське» Тетіївського району Київської області, 2010–2012 рр.

Застосування фунгіцидів змінює баланс мікофлори колосу пшениці в різній модифікації, що впливає на забруднення зерна мікотоксинами. Щодо протестованих фунгіцидів проти фузаріозу пшениці озимої, найбільш ефективним виявилось застосування Раксіл Ульта 120 FS, т. к. с. із подальшою обробкою посівів у фазу цвітіння Байзафоном, з. п. Досягнуто рівня контролювання фузаріозу колосу в середньому на 25 %, також зниження в середньому рівнів мікотоксинів: дезоксиніваленолу – на 87 %, зеараленону – на 65 %, фумонізину – на 76 %, Т-2 токсину – на 52 %. Встановлено ефективність застосування фунгіцидів класу триазолів (триадимефону 250 г/л) щодо контролю фузаріозу колосу та відмічено істотне зниження вмісту дезоксиніваленолу, хоча й існувала незначна варіабельність між сортами.

Звертає на себе увагу той факт, що використання протруйників обумовило ефект пригнічення токсичних властивостей грибів роду *Fusarium* лише у поєднанні з обробкою рослин фунгіцидом. Перевищення максимально

допустимих рівнів мікотоксинів дезоксиніваленолу, Т-2 токсину і зеараленону спостерігали лише у варіантах із використанням тільки протруйників у контролі, що підтверджує ефективність використання фунгіцидів під час вегетації. Отже, отримані результати свідчать про доцільність профілактичного обприскування рослин з метою захисту зерна пшениці озимої від зараження, поширення та розвитку збудників фузаріозу, а також зниження токсиногенних властивостей патогенів.

Відомо, що одним із важливих критеріїв безпечності продуктів харчування для людей і кормів для годівлі тварин є рівень і комбінація в них різних мікотоксинів, тому контроль вмісту їх в одержаному урожаї – досить актуальне питання сьогодення.

Моніторинг вмісту вторинних метаболітів грибів роду *Fusarium* у фуражному зерні кукурудзи. Дослідження та аналіз сезонної динаміки накопичення мікотоксинів грибів роду *Fusarium* у зерні кукурудзи, призначеному для продовольчих і технічних потреб та експорту, проводили на базі Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи.

Для визначення вмісту дезоксиніваленолу, Т-2 токсину та зеараленону було використано 325 зразків зерна кукурудзи, які надходили для дослідження протягом 2014–2017 рр. з елеваторів і зерносховищ Волинської, Житомирської, Львівської, Київської, Сумської, Тернопільської, Рівненської, Черкаської, Чернівецької, Харківської областей.

За результатами проведених досліджень було встановлено частоту виявлення мікотоксинів у зерні цієї культури. Найпоширенішими мікотоксинами виявилися дезоксиніваленол і Т-2 токсин, менш поширеними – зеараленон (табл. 5).

Таблиця 5

**Забруднення зерна кукурудзи мікотоксинами під час зберігання
в елеваторах і зерносховищах протягом 2014–2017 рр.
(загальна кількість зразків – 325 шт.)**

Рівень контамінації	Мікотоксин	Кількість зразків зерна, шт.	Частка до загальної кількості проб, %
Вміст мікотоксинів у межах максимально допустимого рівня для продовольчих, технічних потреб та експорту	дезоксиніваленол	83	25,5
	Т-2 токсин	91	28
	зеараленон	36	11
Вміст мікотоксинів у межах максимально допустимого рівня для кормових потреб і не придатних для продовольчих і технічних потреб	дезоксиніваленол	17	5,2
	Т-2 токсин	20	6,2
	зеараленон	1	0,3
За вмістом мікотоксинів не придатні для кормових потреб	дезоксиніваленол	13	4
	Т-2 токсин	8	2,5
	зеараленон	–	0
Виявлено одночасно комбінацію декількох мікотоксинів	2 мікотоксини	69	21
	3 мікотоксини	6	1,8

У загальній кількості зерна кукурудзи 11,7 % партій були непридатними для продовольчих і технічних потреб, проте вміст мікотоксинів становив допустимий рівень для кормових потреб. Водночас основними мікотоксинами, що контамінували зерно кукурудзи, були дезоксиніваленон та Т-2 токсин. Виявлено 6,5 % партій зерна кукурудзи непридатних навіть для кормових потреб за вмістом дезоксиніваленону та Т-2 токсину.

Слід зазначити також, що кількість зразків зерна, контамінованого одним видом мікотоксинів, становила 21 % від загальної кількості та 29 % від кількості невідповідних проб. Серед зерна кукурудзи, яке надходило для досліджень, було виявлено партії з контамінованим зерном одночасно двома і навіть трьома мікотоксинами в різних співвідношеннях. Частка їх складала 23 % від загальної кількості проб і 71 % від кількості невідповідних проб, що свідчить про його контамінацію декількома видами грибів роду *Fusarium*. Такі зразки можуть створювати небезпеку для людей в разі використання такої сировини для виробництва харчових продуктів, а також для тварин – у разі виробництва комбікормів.

Вміст Т-2 токсину в зерні кукурудзи, яке надходило для досліджень восени, був мінімальний (не більше 55,8 мкг/кг) і не перевищував у середньому максимально допустимий рівень для зерна, призначеного для продовольчих і технічних потреб та експорту. Однак у зимовий, весняний і літній періоди накопичення цього мікотоксину становило 234 мкг/кг, 328 та 363 мкг/кг відповідно (табл. 6).

Таблиця 6

Накопичення мікотоксинів у зерні кукурудзи під час зберігання в елеваторах та зерносховищах протягом 2014–2017 рр., n=325

Придатність зерна для використання за вмістом мікотоксинів	Концентрація виявлених мікотоксинів, мкг/кг			
	зима	весна	літо	осінь
Дезоксиніваленон				
Непридатне	2192,2–3943,2	2122,35–2319,95	2049,5–3564,4	–
Придатне на кормові потреби	–	1171,95–1529,1	1025,4–1841,1	629,28
Придатне для харчових потреб	96,7–870,5	71,25–970,5	75,6–928,2	79,5–440,25
Зеараленон				
Непридатне	–	–	–	–
Придатне на кормові потреби	–	–	1841	–
Придатне для харчових потреб	20,8–136,3	19,2–181,8	19,7–72,5	22,3–37,2
Т-2 токсин				
Непридатне	204,8–234	208,7–328,2	363,3	–
Придатне на кормові потреби	109,8–154,3	109,5–180	115,6–185,5	–
Придатне для харчових потреб	40,31–95,6	35,8–87,5	37,1–91,7	36,6–55,8

Зерно кукурудзи, яке надходило для дослідження в зимовий, весняний і літній періоди, було забруднене дезоксиніваленолом у більшості випадків на максимально допустимому рівні: від 1171,95 до 1529,1 мкг/кг у весняний період; від 1025,4 до 1841,1 мкг/кг у літній період. Окремі партії зерна були непридатні для використання навіть для кормових потреб і містили небезпечні рівні токсинів – 2049,5–3943,2 мкг/кг.

Рівні наведених у табл. 6 трьох мікотоксинів є наслідком ураження зерна патогенними грибами роду *Fusarium* перед закладанням на зберігання та високим ризиком забруднення зерна його вторинними метаболітами патогенів за довготривалого зберігання. Враховуючи, що мікотоксини є природними контамінантами грибної етіології, вміст їх у зерні є нестійким і під час зберігання може збільшуватися. Тому доцільно проводити періодичний контроль сировини на всіх етапах зберігання і переробки. Це є неодмінною складовою у процесі потрапляння зерна до харчового ланцюга.

Удосконалення методики одночасного виявлення мікотоксинів у зерні та продуктах його переробки. Під час розроблення методу тонкошарової хроматографії було вивчено відомі методи визначення мікотоксинів, експериментальним шляхом підібрати розчинники для екстракції та очистки проб для кожного мікотоксину окремо та відібрано оптимальні умови для групи мікотоксинів. В результаті проаналізовано методи екстрагування мікотоксинів з сировини рослинного походження та експериментально підібрано оптимальний розчинник для екстракції всіх мікотоксинів (афлатоксинів В1, В2, G1, G2, Т-2 токсину, зеараленону, дезоксиніваленолу, охратоксину А, патуліну). Впроваджена очистка екстрактів методом рідини – рідина та твердофазною екстракцією за допомогою силікагелю.

Отримані елюати були проаналізовані скринінговим методом тонкошаровою хроматографією. Визначення масової концентрації мікотоксинів у екстрактах – методом зовнішніх стандартів на тонкошарових пластинах при ультрафіолетовому випромінюванні та паралельно порівняно з підтверджуючим методом високоефективної рідинної хроматографії.

Проведено оцінку придатності методу на відповідність встановленим критеріям згідно Регламенту комісії (ЄС) № 401/2006 від 23 лютого 2006 року і Рішення Комісії № 519/2014 та отримано характеристики: збіжність, відтворюваність, відсоток вилучення, межа кількісного визначення (табл. 7). Для оцінки придатності цієї скринінг-методики було досліджено 10 зразків матриці (чистого від токсинів зерна) та 10 збагачених зразків стандартними розчинами мікотоксинів на рівнях від 50–90 % від максимально допустимого рівня.

Збіжність (повторюваність) відображає близькість один до одного результатів повторних спостережень, проведених в передбачених умовах. Дана характеристика оцінена з отриманням найнижчих значень: 11 % для дезоксиніваленолу, близько 9 % для зеараленону і 10,5 % для Т-2 токсину за умови встановлених критеріїв на рівнях 20 %, 25, 30 % відповідно (табл. 7).

**Отримані валідаційні характеристики при визначенні мікотоксинів
у зерні кукурудзи фуражної**

Вимога	Рівень концентрації, мкг/кг	Межа кількісного визначення (LOQ), мкг/кг	Збіжність (S_r), %	Відтворюваність (S_R), %	Повернення, %
Дезоксиніваленол					
Валідаційні дані	1000	490	11,2	13,3	98
Встановлені критерії	>100–≤500	–	≤20	≤40	60–110
Зеараленон					
Валідаційні дані	1000	480	8,8	10,4	96
Встановлені критерії	>50	–	≤25	≤40	70–120
Т-2 токсин					
Валідаційні дані	100	90	10,5	13,6	90
Встановлені критерії	15–250	–	≤30	≤50	60–130

Примітка. Критерії до методів аналізу на вміст мікотоксинів встановлені Регламентом комісії (ЄС) № 519/2014

Відтворюваність відображає близькість один до одного результатів повторних спостережень, проведених у різних умовах. За умови проведення аналізу в різних умовах і різними фахівцями, отримали близько 13 % вилучення токсину із матриці зерна для показників дезоксиніваленолу і Т-2 токсину, 10 % при визначенні зеараленону.

Межу кількісного визначення розробленого методу тонкошарової хроматографії для дезоксиніваленолу і зеараленону встановлено на достатньому рівні – $\frac{1}{2}$ від максимально допустимого рівня. Для Т-2 токсину рівень межі кількісного визначення методу (LOQ) складає 90 % від максимально допустимого рівня, що також є прийнятним для скринінгового методу.

Відсоток вилучення (повернення) аналіту з проби встановлено для дезоксиніваленолу – 98 %, зеараленону – 96 %, для Т-2 токсину – 90 %. Отримані дані відповідають вимогам Регламенту комісії (ЄС) № 519/2014 від 16 травня 2014 року, що встановлює критерії відповідності методів контролю мікотоксинів. Оцінені характеристики збіжності, відтворюваності та відсотку вилучення аналіту вказують на високу точність методу і його селективність.

Оскільки метод тонкошарової хроматографії має необхідну чутливість при виявленні встановлених концентрацій мікотоксинів, використання його може сприяти проведенню додаткових заходів зменшення ризиків їх накопичення при зберіганні та переробці зерна. Це забезпечить запобігання потрапляння невідповідних зразків до харчового ланцюга.

ВИСНОВКИ

Дисертацію присвячено дослідженню токсикогенного потенціалу грибів роду *Fusarium* і рівнів продукування вторинних метаболітів у зерні пшениці озимої під час вегетації, вивченню ураження пшениці озимої патогенами та визначенню токсичності зерна під час дозрівання, оцінюванню впливу дії фунгіцидів на токсикогенний потенціал видів *Fusarium*, з'ясуванню заходів обмеження їх розвитку в умовах інфекційного фону й удосконаленню методу тонкошарової хроматографії для скринінгу токсинів.

1. На основі результатів багаторічного аналізу фітосанітарного стану пшениці озимої визначено, що рівень ураження колоса сортів пшениці озимої Поліська 90 та Перлина Лісостепу грибами роду *Fusarium* сягає до 37 %.

2. Виявлено домінуючі види грибів роду *Fusarium* на пшениці озимій в умовах природного інфекційного фону у Правобережній Лісостеповій зоні та їхній токсикогенний потенціал. Серед видів *Fusarium* найбільш поширеними були *F. sporotrichiella* (var. *poae*, var. *sporotrichioides*) – 30,4 %, *F. Graminearum* – 30,4 %, *F. culmorum* – 17,4 %. Більшість ізолятів цих грибів були патогенні. Дослідження ураженого зерна на вміст мікотоксинів показали токсичну дію *F. sporotrichiella* (Bilai), *F. graminearum*, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., що свідчить про ураження субепідермальної частини зерна та продукування токсинів у польових умовах.

3. В інфікованому зерні видами *Fusarium* мікотоксини накопичувалися у різній кількості. До того ж, в окремих зразках зерна відбувалося одночасне утворення декількох токсинів у кількості, що перевищує встановлені максимально допустимі рівні: дезоксиніваленолу та Т-2 токсину – у 25 % досліджених проб, а також дезоксиніваленолу, Т-2 токсину і зеараленону – 16,7 %.

4. Дезоксиніваленол є найменш токсичним із трихотеценів, проте він один з найбільш часто виявлених мікотоксинів – у 100 % перевірених проб зерна пшениці озимої. Виявлення цього токсину вважається індикатором можливої присутності іншого, більш токсичного трихотецену – Т-2 токсину – 67 %. Небезпечні рівні (більше максимально допустимого рівня) дезоксиніваленолу містили 83 % проби зерна пшениці, Т-2 токсину – 33 %, зеараленону – 42 %.

5. Доведено високу ймовірність ураження грибами роду *Fusarium* зерна кукурудзи, що пов'язано із накопиченням в ньому мікотоксинів під час зберігання. Проведення періодичного аналізу зернової сировини дало змогу з'ясувати високі ризики контамінації зерна цієї культури дезоксиніваленолом, зеараленоном, Т-2 токсином у зимовий і весняно-літній періоди.

6. Встановлено одночасне забруднення двома і трьома мікотоксинами в різних поєднаннях. 23 % перевірених проб від загальної кількості внаслідок контамінації мікотоксинами 11,7 % партій зерна кукурудзи були не придатними для використання для продовольчих, технічних потреб та експортування, а 6,5 % партій містили дезоксиніваленол та Т-2 токсин на рівні, не допустимому навіть для кормових потреб. Обґрунтовано, що своєчасне виявлення

небезпечних рівнів токсинів забезпечує недопущення розповсюдження токсинів у продукції під час переробки сировини, а також зменшує ризики мікотоксикозів тварин та людей.

7. Встановлено, що контролювання фузаріозу можливе у разі проведення комплексних систем захисту з використанням протруювання насіння у поєднанні з обробіткою рослин пшениці озимої фунгіцидом у період вегетації. Отримані експериментальні дані показують, що застосування фунгіциду Байзафон, з. п. (діюча речовина – триадимефон 250 г/кг) із нормою витрат 1,0 кг/га після протруйника насіння Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. (діюча речовина – тебуконазол 120 г/л) із нормою витрат 0,2 л/т стримує ураження зерна патогенами на 79 % і, тим самим, підвищуючи врожайність сорту Поліська 90 у середньому на 1,03 т/га та 0,95 т/га сорту Перлина Лісостепу порівняно з контролем.

8. Композиція протруєння насіння Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с. і обприскування Байзафон, з. п. була найбільш ефективною у зниженні вмісту в зерні мікотоксинів: зеараленону – на 53 і 76 % у сортах Поліська 90 і Перлина Лісостепу відповідно, Т-2 токсину – на 42 і 61 %, фумонізину – на 73,9 і 80,8 % відповідно. За умови використання фунгіциду класу триазолів (триадимефон, 250 г/кг) у фазу цвітіння спостерігали відсутність зразків з небезпечним вмістом (вище максимально допустимого рівня) фузаріотоксинів. Показано, що використання сублетальних концентрацій фунгіцидів супроводжується зміною токсикогенності грибів роду *Fusarium*.

9. Багаторічними дослідженнями доведено, що контролем безпечності зерна та продуктів його переробки є визначення вмісту мікотоксинів на різних етапах вирощування, зберігання та переробки зерна. Інтегрований підхід до цього питання може бути досить ефективним для зниження шкідливості фузаріозу колосу на посівах зернових колосових культур і підвищення якості одержаного урожаю.

10. Удосконалено скринінговий метод одночасного визначення мікотоксинів у зерні та продуктах його переробки. Метод тонкошарової хроматографії має відповідну чутливість до зазначених максимально допустимих рівнів токсинів, є специфічним і селективним і дає змогу одночасно в короткі терміни визначати небезпечні рівні токсинів і своєчасно проводити заходи зменшення їх накопичення без використання дорогого обладнання.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами проведених досліджень рекомендовано до впровадження у виробництво такі заходи захисту пшениці озимої та кукурудзи від токсиногенного впливу мікроміцетів роду *Fusarium*:

1. Здійснювати протруєння насіння пшениці озимої перед сівбою (Раксіл Ультра 120 FS, т. к. с., 0,2 л/т або Вітавакс 200 ФФ, в. с. к., 2,5 л/т) у поєднанні із обприскуванням рослин під час вегетації фунгіцидом (Байзафон, з. п., 1,0 кг/га). Застосування фунгіцидів дає змогу ефективно контролювати

ураження зерна грибами роду *Fusarium*, а також знижувати рівні накопичення токсинів.

2. Під час зберігання зерна в елеваторах і зерноскладах проводити періодичний його контроль на вміст мікотоксинів, для запобігання забруднення продукції переробки.

3. У роботі випробувальних і калібрувальних лабораторій у процесі проведення мікологічного контролю зерна та продукції його переробки на вміст мікотоксинів як скринінговий метод рекомендується використовувати науково-практичні рекомендації «Визначення афлатоксинів В1, В2, G1, G2, зеараленону, деоксиніваленолу, Т-2 токсину, охратоксину А, патуліну в зерні, продукції із зерна, кормах методом тонкошарової хроматографії». У разі виявлення недопустимих концентрацій мікотоксинів використовувати підтверджуючі методи, засновані на високоефективній хроматографії з флуоресцентним детектором.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Пріщенко О. В. (Камінська О. В.)**, Новожицька Ю. М., Балагура О. В. Які ж грибкові інфекції найчастіше зустрічаються на озимій пшениці в зоні Правобережного Лісостепу України. *Зерно і хліб*. 2011. Вип. 2. С. 66–67. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, отримано і узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

2. **Пріщенко О. В. (Камінська О. В.)**. Токсигенні властивості грибів роду *Fusarium* за ураження зерна пшениці озимої. *Карантин та захист рослин*. 2013. № 5. С. 4–5.

3. **Пріщенко О. В. (Камінська О. В.)**. Порівняємо різні методики визначення мікогенної токсичності зерна і кормів. *Зерно і хліб*. 2014. Вип. 2. С. 14–15.

4. **Пріщенко О. В. (Камінська О. В.)**, Новожицька Ю. М. Порівняльна характеристика сучасних методів визначення мікотоксинів. *Ветеринарна біотехнологія*. 2014. Вип. 25. С. 86–90. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, отримано і узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

Стаття у науковому фаховому виданні України,

включеному до міжнародних наукометричних баз даних

5. **Камінська О. В.**, Марченко Т. В., Шевченко Л. В., Кирик М. М. Сезонна динаміка накопичення мікотоксинів в зерні кукурудзи. Біоресурси і природокористування. 2020. Т. 11. № 1–2. С. 47–55. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, отримано і узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

Стаття в іншому науковому виданні України

6. **Камінська О. В.**, Марченко Т. В., Євтушенко Т. В. Аналіз стану і небезпеки забруднення зерна кукурудзи деоксиніваленолом протягом 2014–2017 років. *Ветеринарна біотехнологія*. 2018. Вип. 32 (2). С. 208–214.

(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, отримано і узагальнено експериментальні дані, написано статтю).

Методичні рекомендації

7. Камінська О. В., Марченко Т. В., Третьякова І. В. Визначення афлатоксинів В1, В2, G1, G2, зеараленону, деоксиніваленолу, Т-2 токсину, охратоксину А, патуліну в зерні, продукції із зерна, кормах методом тонкошарової хроматографії: методичні рекомендації. К., 2019. 28 с. (Здобувачем визначено афлатоксини В1, В2, G1, G2, зеараленон, деоксиніваленон, Т-2 токсин, охратоксин А, патулін в зерні та зерновій продукції методом тонкошарової хроматографії).

Тези наукових доповідей

8. Пріщенко О. В. (Камінська О. В.). Гриби роду *Fusarium* – небезпечні токсикогенні міксоміцети. Якість, стандартизація та сертифікація: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Київ, 11–12 жовтня 2012 року: тези доповіді. К., 2012. С. 22–23.

9. Пріщенко О. В. (Камінська О. В.). Токсигенний потенціал грибів роду *Fusarium* на пшениці озимій в умовах природного інфікування. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю заснування факультету захисту рослин, м. Київ, 15–18 жовтня 2012 року: тези доповіді. К., 2012. С. 186–187.

10. Камінська О. В. Екологічна оцінка вмісту Т-2 токсину в зерні та зерновій продукції. Регіональний науковий симпозіум в рамках концепції «Єдине здоров'я» та семінару із рецензування та відборі наукових робіт за підтримки ПЗСБД в Україні, м. Київ, 24–28 квітня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 139.

АНОТАЦІЯ

Камінська О. В. Токсигенні мікроміцети роду *Fusarium*, біологічне обґрунтування заходів обмеження накопичення їх вторинних метаболітів у пшениці озимій та кукурудзі в Правобережному Лісостепу України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільсько-господарських наук зі спеціальності 06.01.11 «Фітопатологія». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2020.

Дисертацію присвячено вивченню інфікування зерна пшениці озимої грибами роду *Fusarium*, з'ясуванню питань, що стосуються видового складу патогенів, їх токсигенних властивостей, дослідженню вмісту вторинних метаболітів у зерні пшениці озимої та кукурудзи, визначенню рівнів токсичності інфікованого зерна, аналізу ризиків продукування фузарієтоксинів у зерні кукурудзи під час його зберігання.

За результатами трирічного польового дослідження зафіксовано значні кількості дезоксиніваленолу та Т-2 токсину в зерні пшениці озимої

в контрольних посівах. Виявлено небезпеку щодо інфікування зерна і продукування мікотоксинів у зерні пшениці озимої в польових умовах. Наявність у пшениці озимій високопатогенних видів *F. graminearum*, *F. sporotrichiella* (Bilal) обумовила накопичення, у концентраціях небезпечних для людей і тварин – дезоксиніваленолу, Т-2 токсину. Встановлено одночасне накопичення небезпечних концентрацій декількох токсинів: дезоксиніваленолу і зеараленону – у 25 % зразків або дезоксиніваленолу, зеараленону і Т-2 токсину – у 16,7 % перевірених зразків зерна пшениці за умови ураження зернівки грибами роду *Fusarium* – від 31 до 37 %.

З'ясовано, що під час зберігання зерна кукурудзи в різних елеваторах та зернохосвищах протягом року в 6,5 % партій відбувалося накопичення дезоксиніваленолу і Т-2 токсину у кількостях, що не допускаються для використання навіть для кормових потреб. Внаслідок контамінації мікотоксинами 11,7 % партій зерна кукурудзи були не придатними для продовольчих, технічних потреб та експортування. Виявлено партії зерна кукурудзи, що були контаміновані одночасно двома і трьома мікотоксинами в різних комбінаціях. Рівень токсинів в зерні кукурудзи мав тенденцію до збільшення протягом весняного та літнього періодів.

Доведено ефективність використання фунгіцидів під час вегетації, зокрема за протруєння насіння Раксілом Ульта 120 FS, т. к. с. у поєднанні з обробкою посівів у фазу цвітіння Байзафоном, з. п., що сприяло зменшенню ураження грибами роду *Fusarium* та зниженню рівнів мікотоксинів.

Удосконалено скринінговий метод тонкошарової хроматографії за допомогою колоночної очистки з силікагелем, завдяки чому можна проводити токсикологічний скринінг зерна з високою специфічністю до фузарієтоксинів: Т-2 токсину, зеараленону, дезоксиніваленолу.

Ключові слова: мікотоксини, дезоксиніваленол, зеараленон, Т-2 токсин, фумонізін, пшениця озима, зерно кукурудзи, гриби роду *Fusarium*, патогени, метаболіти, токсичність.

АННОТАЦІЯ

Каминская Е. В. Токсиногенные микромицеты рода *Fusarium*, биологическое обоснование мер ограничения накопления их вторичных метаболитов в пшенице озимой и кукурузе в Правобережной Лесостепи Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.11 «Фитопатология». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2020.

Диссертация посвящена изучению инфицирования зерна озимой пшеницы грибами рода *Fusarium*, видового состава и токсиногенных свойств патогенов, исследованию содержания вторичных метаболитов в зерне пшеницы озимой и кукурузы, определению уровней токсичности инфицированного

зерна, анализу рисков выработки фузариетоксинов в зерне кукурузы во время его хранения.

По результатам трехлетнего полевого опыта зафиксированы значительные количества дезоксиниваленола и Т-2 токсина в зерне пшеницы озимой в полевых условиях. Наличие в пшенице озимой высокопатогенных видов *F. graminearum*, *F. sporotrichiella* (Bilal) предопределила накопления, в концентрациях опасных для людей и животных – дезоксиниваленола, Т-2 токсина. Установлено одновременное накопление опасных концентраций нескольких токсинов: дезоксиниваленола и зеараленона – в 25 % образцов или дезоксиниваленола, зеараленона и Т-2 токсина – в 16,7 % проверенных образцов зерна пшеницы при поражении зерна грибами рода *Fusarium* – от 31 до 37 %.

Установлено, что во время хранения зерна кукурузы в различных элеваторах и зернохранилищах в течение года в 6,5 % партий происходило накопление дезоксиниваленола и Т-2 токсина в количествах, не допустимых для использования даже для кормовых потребностей. Вследствие контаминации микотоксинами 11,7 % партий зерна кукурузы были непригодными для продовольственных, технических потребностей и экспорта. Выявлено партии зерна кукурузы, которые были контаминированные одновременно двумя и тремя микотоксинами в различных комбинациях. Уровень токсинов в зерне кукурузы имел тенденцию к увеличению в течение весеннего и летнего периодов.

Доказана эффективность использования фунгицидов во время вегетации, в частности за протравливания семян Раксил Ульта 120 FS, т. к. с. в сочетании с обработкой посевов в фазу цветения Байзафоном, с. п., что способствовало уменьшению поражения грибами рода *Fusarium* и снижению уровней микотоксинов.

Совершенствование скринингового метода тонкослойной хроматографии с помощью колоночной очистки с силикагелем, позволяет проводить токсикологический скрининг микотоксинов в зерне с высокой специфичностью к Т-2 токсину, зеараленону, дезоксиниваленолу.

Ключевые слова: микотоксины, дезоксиниваленол, зеараленон, Т-2 токсин, фумонизин, пшеница озимая, зерно кукурузы, грибы рода *Fusarium*, патогены, метаболиты, токсичность.

ANNOTATION

Kaminska O. V. Toxinogenic Micromycetes of *Fusarium* Fungi, Biological Substantiation of Measures to Limit the Accumulation of their Secondary Metabolites in Winter Wheat and Corn in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – The Manuscript.

The dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences in the specialty 06.01.11 «Plant Pathology». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to studying levels of infection of winter wheat grain with fungi of the genus *Fusarium* and the species composition of pathogens, toxinogenic properties of fungi of the genus *Fusarium*, studying the content of secondary metabolites in grain of winter wheat and corn, establishing toxicity levels of grain infected with pathogenic fungi, analyzing the risks of producing toxins in corn grain before storage.

According to the results of a three-year field experiment, it was determined that a high infectious background of fungal etiology for winter wheat after the corn precursor poses a serious danger to the infection of grain and the production of mycotoxins even in the field. As a result, a large amount of deoxynivalenol and T-2 toxin was recorded in winter wheat in the control groups of crops. It is proved that more formation of toxins was observed with endophytic damage to the grain with mycelium of the fungus. This fact was affected by the degree of damage to the grain and the period of contamination of the pathogen on it.

The study of the affected grain on the content of mycotoxins showed the toxic effect of such species of fungi as *F. graminearum*, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., Which indicates the defeat of the subepidermal part of the grains and the production of toxins in the field. According to the results of many years of laboratory and field studies, the main secondary metabolites that are formed in the field during the infection of winter wheat grains with *Fusarium* fungi before storage have been elucidated. The presence of highly pathogenic fungi: *F. graminearum* – 16 %, *F. sporotrichiella* (Bilal) – 47.9 % caused the accumulation, in concentrations of deoxynivalenol, dangerous for humans and animals, from 1,051 to 2,931 mg/kg; T-2 toxin – from 0.116 to 0.197 and zearalenone – from 0.103 to 0.196 mg/kg. Among the tested grain samples during 2010–2012, the frequency of detection of inappropriate samples by the content of deoxynivalenol was 83.3 %; T-2 toxin – 33.3 % and zearalenone – 41.7 %. The simultaneous accumulation of dangerous concentrations of several toxins deoxynivalenol and zearalenone in 25 % of the samples or deoxynivalenol, zearalenone and T-2 toxin in 16.7 % of the tested wheat grain samples was observed. This was facilitated by a high degree of damage to the grain by fungi of the genus *Fusarium* – from 31 to 37 %.

It was found that during the storage of corn grain in various elevators and granaries during the year, 6.5 % of batches accumulated deoxynivalenol and T-2 toxin in quantities that are not allowed for use even for feed needs. As a result of mycotoxin contamination, 11.7 % of maize grains were unsuitable for food, technical purposes and export. The batches of corn grain that were contaminated simultaneously by two and three mycotoxins in various combinations were established, the total number of which amounted to 23 % of the studied samples and 71 % of the number of inappropriate samples. In the winter, spring and summer periods, accumulations of T-2 toxin were noted in it. The level of zearalenone in corn grain tended to increase during the summer period. The accumulation of deoxynivalenol in corn grain occurred mainly in the winter and spring-summer periods.

The study of measures to limit the accumulation of mycotoxins made it possible to establish a decrease in the toxinogenic potential of certain types of fungi

of the *Fusarium* genus under the conditions of a natural infectious background, indicates the need for fungicides in the years of epiphytotic and the implementation of mandatory toxicological analysis before laying grain for storage.

In order to study in detail, the toxicological properties of *Fusarium* fungi, the total grain toxicity on the simplest organisms (ciliates) was determined and the need for a mandatory analysis of mycotoxins along with the identification of the pathogen in the grain was established.

It has been determined that the effectiveness of the use of fungicides during the growing season, in particular when seed treatment with Raxil Ultra FS (tebuconazole 120 g/l) is combined with the treatment of crops in the flowering phase with Baizafon (triadimefon 250 g/kg) of the triazole class. In the products obtained, a decrease in damage by an average of 25 % was observed, as well as an average decrease in the levels of mycotoxins: deoxynivalenol – by 88 %, zearalenone – by 65 %, fumonisin – by 76 %, T-2 toxin – by 52 %.

Studied toxin screening methods and confirmatory methods. The method of immunoassay (Elisa-test) has the necessary sensitivity when detecting low concentrations of mycotoxins, so using it can help to carry out additional measures to reduce the risks of mycotoxin accumulation during storage and processing of grain. Using the method of high-performance liquid chromatography allowed us to confirm the results of established excesses of the maximum range level (MRL). Also, the improvement of the screening method of thin-layer chromatography provides wide opportunities for toxicological screening of grain without expensive equipment in small production laboratories. The essence of the improvement lies in the method of purification of extracts using column purification with silica gel, which has shown high specificity for toxins: T-2 toxin, zearalenone, deoxynivalenol.

Key words: mycotoxins, deoxynivalenol, zearalenone, T-2 toxin, fumonisin, maize corn, winter wheat, *Fusarium* species, pathogens, metabolites, toxicity.

Підписано до друку 30.11.2020 року.	Формат 60x84\16
Ум. друк. арк. 0,9	Обл.-вид.арк. 0,9
Наклад 100 прим.	Зам. № 200604

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, тел.: 527-81-55
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4097 від 17.06.2011

