

УДК 632.4:632.9

МОНІТОРИНГ МІКОТОКСИНІВ *FUSARIUM* ТА АКТУАЛЬНІСТЬ ФУНГІЦИДНИХ СТРАТЕГІЙ КОНТРОЛЮ ФУЗАРІОЗУ

Бодюл А.С.;

Каратєєва О.І., кандидат сільськогосподарських наук, доцент

karateeva1207@gmail.com

Миколаївський національний аграрний університет, Україна

Fusarium є джерелом небезпечних мікотоксинів, зокрема дезоксиніваленолу (вомітоксину) та зеараленону, що становлять ризик для безпеки кормів і харчових продуктів. У роботі висвітлено результати їх моніторингу, проведеного Миколаївською регіональною державною лабораторією ДПСС, та окреслено значення сучасних методів діагностики та фунгіцидних стратегій контролю.

Мікотоксини – це токсичні вторинні метаболіти грибів, що забруднюють зернові культури та потрапляють у харчові і кормові продукти. Вони викликають різні захворювання: мутагенні, тератогенні й естрогенні ефекти у тварин і людей. Зокрема, метаболіти грибів роду *Fusarium* – дезоксиніваленол (DON) та зеараленон (ZEN) – належать до п'ятірки найважливіших світових мікотоксинів. Накопичення цих токсинів у зерні значно знижує якість і безпеку продуктів, а їхній вміст регламентовано харчовими стандартами. DON викликає проблеми шлунково-кишкового тракту, а ZEN – гормональні порушення, що визначає потребу у постійному моніторингу цих сполук [1].

У рамках моніторингових досліджень, проведених у Миколаївській регіональній державній лабораторії Держпродспоживслужби, об'єктами аналізу виступали зразки зернових культур – пшениця озима та ячмінь озимий. Ці культури є найбільш вразливими до ураження *Fusarium spp.*, особливо в умовах підвищеної вологості та температурних коливань, що створює сприятливі умови для накопичення DON та зеараленону ZEN.

Для первинного контролю використовували мікробіологічні методи скринінгу, що включали висів зернових проб на селективні поживні середовища з подальшою ідентифікацією колоній потенційних продуцентів токсинів (*F. graminearum*, *F. culmorum* та ін.).

Додатково проводився біомаркерний аналіз за вмістом ергостеролу, який виступає індикатором розвитку цвілевих грибів навіть у тих випадках, коли видимі ознаки ураження зерна були відсутні. Це дозволяло виявити латентне контамінування зразків і визначити групи підвищеного ризику (табл. 1.).

Таблиця 1 – Результати біомаркерного аналізу

Зернова культура	№ досліджуваної проби	Вміст ергостеролу, мкг/г	Інтерпретація результатів
Пшениця озима	005654	2,11	Низька контамінація, безпечний рівень
	005703	4,72	Низька контамінація, сліди розвитку грибів
	005922	6,23	Помірна контамінація, потребує моніторингу
Ячмінь озимий	005439	1,89	Низька контамінація, безпечний рівень
	005716	5,54	Помірна контамінація, потенційний ризик
	005725	7,28	Помірна контамінація, потребує контролю

Примітка: < 5 мкг/г – низький рівень контамінації; 5 – 10 мкг/г – помірний рівень контамінації; 10 мкг/г – високий рівень контамінації.

Відповідно до отриманих результатів біомаркерного аналізу вмісту ергостеролу зразки озимої пшениці та ячменю продемонстрували відмінності за рівнем грибкової контамінації. У пробах пшениці №005654 (2,11 мкг/г) та №005703 (4,72 мкг/г) виявлено низький рівень зараження, тоді як зразок №005922 (6,23 мкг/г) характеризується помірною контамінацією. Для ячменю низький рівень зафіксовано у пробі №005439 (1,89 мкг/г), тоді як зразки №005716 (5,54 мкг/г) та №005725 (7,28 мкг/г) перевищили порогове значення 5 мкг/г, що свідчить про помірний рівень зараження і потенційний ризик. Загалом у половині зразків визначено контамінацію понад пороговий рівень, що вказує на тенденцію до зростання мікотичної небезпеки та потребу посиленого моніторингу.

На підставі результатів біомаркерного аналізу вмісту ергостеролу наступним етапом дослідження було кількісне визначення концентрацій мікотоксинів із застосуванням високоефективної рідинної хроматографії зі спектрофотометричним детектором (ВЕРХ-УФ).

Валідована методика забезпечувала високу чутливість і відтворюваність аналізу, дозволяючи одночасно визначати кілька токсинів у складних зернових матрицях. Перевагою цього підходу було підтвердження результатів мікробіологічного скринінгу та можливість оцінки фактичної концентрації мікотоксинів, що є критично важливим для прийняття рішень у ветеринарно-санітарному контролі та забезпеченні продовольчої безпеки регіону [2].

В результаті хроматографічного аналізу, проведеного після пробопідготовки із застосуванням SPE-картриджів QuEChERS, у досліджуваних зразках зерна було визначено вміст вомітоксину (рис. 1) та зеараленону (рис. 2).

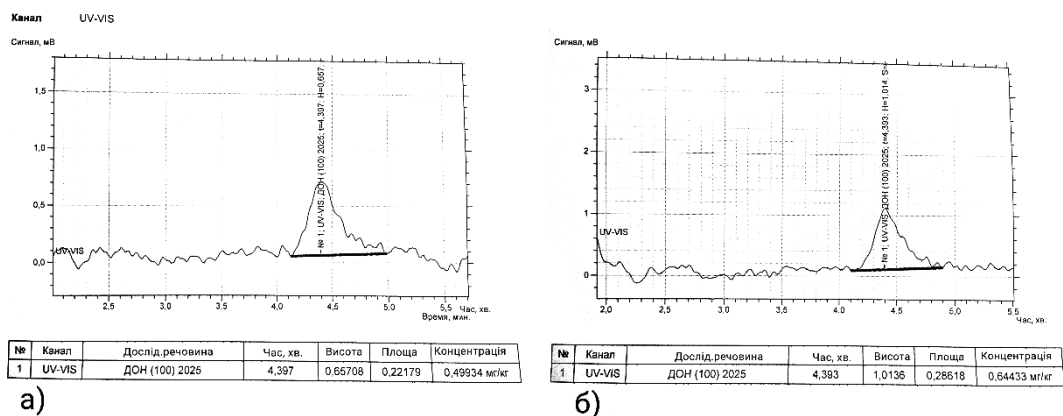


Рисунок 1 – Результати ВЕРХ-УФ детекції:

а – ячмінь озимий №005716; б – пшениця озима №005922

У зразках, що характеризувалися низьким рівнем ергостеролу, виявлені мікотоксини були відсутні або визначалися на рівні слідів.

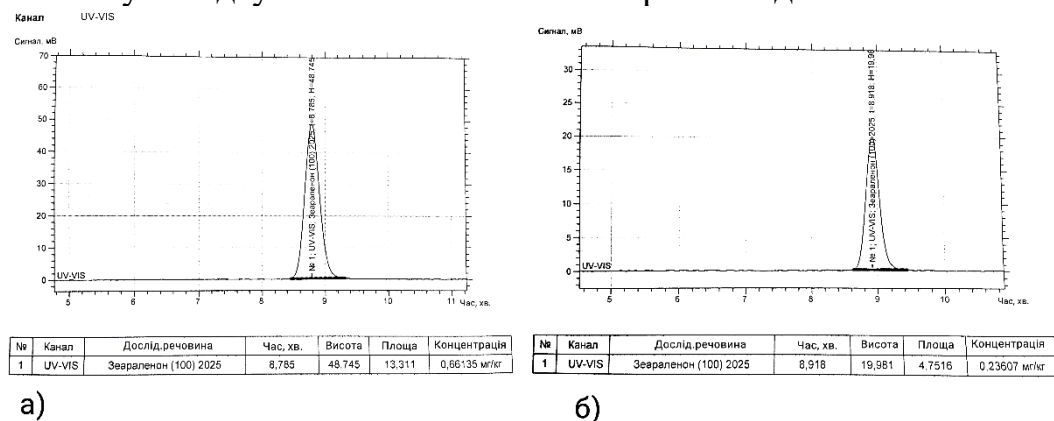


Рисунок 2 – Результати ВЕРХ-УФ детекції:

а – ячмінь озимий №005725; б – пшениця озима №005703

У пробах із помірним вмістом ергостеролу зафіксовано наявність вомітоксину та зеараленону, однак їх концентрації не перевищували встановлених гранично допустимих рівнів (1,0 мг/кг). Це свідчить про певну кореляцію між біомаркерним показником контамінації та фактичним накопиченням мікотоксинів, водночас підтверджуючи, що навіть при помірному рівні ураження зерно залишається умовно безпечним за токсикологічними критеріями.

Отримані результати виявлення мікотоксинів у зразках озимої пшениці та ячменю підтверджують ризик контамінації навіть за умови низького ураження, що зумовлює потребу у вдосконаленні стратегій контролю фузаріозу. Хоча триазольні фунгіциди ефективно знижують рівень DON, їхнє тривале застосування сприяє формуванню резистентних штамів *Fusarium*.

Тому перспективним є інтегрований підхід, що поєднує хімічний захист з біопрепаратами фунгіцидної дії, такими як *Trichoderma spp.*, *Pythium spp.*, *B. subtilis* та *P. fluorescens*. Вони здатні інгібувати розвиток патогенів і знижувати рівень мікотоксинів, забезпечуючи екологічно безпечну профілактику фузаріозних інфекцій та зменшення токсичного навантаження на агроecosистеми [3].

Результати дослідження показали, що моніторинг мікотоксинів *Fusarium* у зразках озимої пшениці та ячменю з використанням біомаркерного аналізу та ВЕРХ-УФ дозволяє своєчасно виявляти контамінацію і оцінювати ризики для продовольчої безпеки. Раціональним вважається комплексний підхід, що поєднує застосування хімічних фунгіцидів із біопрепаратами, оскільки він забезпечує вищу ефективність захисту культур, зменшує ризик формування резистентних штамів та сприяє зниженню хімічного пресингу на агроекосистеми.

Перелік посилань

1. Mielniczuk E., Skwaryło-Bednarz B. (2020). Fusarium Head Blight, Mycotoxins and Strategies for Their Reduction. *Agronomy*. 10(4), 509. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040509>.
2. Witaszak N., Waśkiewicz A., Bocianowski J., Stępień Ł. (2020). Contamination of Pet Food with Mycobiota and Fusarium Mycotoxins-Focus on Dogs and Cats. *Toxins*. 12(2), 130. <https://doi.org/10.3390/toxins12020130>.
3. Giedrojć W., Pluskota W. E., Wachowska U. (2025). Fusarium graminearum in Wheat-Management Strategies in Central Europe. *Pathogens*. 14(3), 265. <https://doi.org/10.3390/pathogens14030265>.

MONITORING OF FUSARIUM MYCOTOXINS AND THE RELEVANCE OF FUNGICIDE STRATEGIES FOR FUSARIUM CONTROL

A. Bodiul;

O. Karatieieva, PhD, Assoc. Prof.

karateeva1207@gmail.com

Mykolaiv National Agrarian University, Ukraine

Fusarium is a major source of hazardous mycotoxins, particularly deoxynivalenol (vomitoxin) and zearalenone, which pose significant risks to feed and food safety. This study presents the results of monitoring conducted by the Mykolaiv Regional State Laboratory of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection, and highlights the importance of modern diagnostic methods alongside fungicide-based control strategies.