

**ВПЛИВ ДЕЗОКСИНІВАЛЕНОЛУ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ТА ЕНЕРГІЮ РОСТУ КУРЧАТ ПОРОДИ
АДЛЕР СРІБЛЯСТИЙ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ СОРБЕНТУ**

Гришко Віталій Анатолійович

кандидат сільськогосподарських наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0002-0340-513X

vetalgwa44@gmail.com.ua

Борщ Олександр Олександрович

доктор сільськогосподарських наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0002-8450-2109

borshcha@outlook.com

Островський Денис Миколайович

кандидат ветеринарних наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0002-3901-4667

denostr@meta.ua

Зоценко Володимир Миколайович

кандидат ветеринарних наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0001-8908-6688

vladimirzotsenko@gmail.com

Ластовська Ірина Олександрівна

кандидат сільськогосподарських наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0003-0763-8528

irinalastovska85@gmail.com

Титарьова Олена Михайлівна

кандидат сільськогосподарських наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0003-4820-809X

olenakosyanenko@gmail.com

Чернявський Олександр Олександрович

кандидат сільськогосподарських наук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0003-0713-6587

chernavskijoleksandr@gmail.com

Бартків Лариса Григорівна

кандидат технічних наук

ДП «Київоблстандартметрологія», м. Біла церква, Україна

ORCID: 0009-0007-7045-6010

office@centr.bcdst.kiev.ua

Гут Тарас Павлович

доктор філософії

начальник науково-технічного відділу стандартизації

ДП ДП «Київоблстандартметрологія», м. Біла церква, Україна

ORCID: 0000-0002-5806-0060

tarasgut@ukr.net

Серед п'яти досліджених штамів *Fusarium graminearum* та трьох штамів *F. culmorum* найвищу продуктивність щодо синтезу дезоксиніваленолу (ДОН) продемонстрував штам 195/1 *F. graminearum*. Для визначення його токсигенного потенціалу було проведено культивування на 15 різних зернових субстратах: рису, пшони, кукурудзі, пшениці, ячмені, гороху, сої, просі, ріпаку, гірчиці, вівсі, житі, соняшнику, гречці та льону. Експеримент проводився за температури 28 °C протягом 24 діб. Результати дослідження виявили значну різницю у продуктивності токсинуотворення залежно від виду субстрату. Максимальний вміст ДОН був зафіксований на зерні рису (3600 мкг/кг), що свідчить про особливо сприятливі умови цього субстрату для біосинтезу токсину. На зерні пшона гриб продукував 2000 мкг/кг ДОН, на кукурудзі – 1200 мкг/кг. Значно нижчі показники токсинуотворення спостерігалися на традиційних зернових культурах: пшениці та ячмені (по 130 мкг/кг). Найменшу кількість ДОН було виявлено на зернах сої (16 мкг/кг) та льону (14 мкг/кг), що вказує на їх відносну стійкість до зараження даним штамом. Отримані результати підтверджують існування суттєвої залежності між видом субстрату та інтенсивністю біосинтезу ДОН, що має важливе значення для розробки стратегій профілактики фузаріозного зараження зернових культур. Особливо високий рівень токсинуотворення на альтернативних зернових (рис, пшона) вказує на необхідність уважного моніторингу цих культур на наявність мікотоксинів. Додавання сорбенту «Мікосорб А» до раціону курчат значно зменшує негативний вплив дезоксиніваленолу на їх організм. У дослідній групі, яка отримувала сорбент разом із забрудненим кормом, збереженість поголів'я склала 86%, тоді як у групі, яка отримувала лише токсин без сорбенту, цей показник був значно нижчим – 74%. Таким чином, застосування «Мікосорбу А» дозволило знизити загинулість птиці на 12%. Крім того, сорбент позитивно вплинув на продуктивність курчат. У групі, де застосовувався «Мікосорб А», середня жива маса однієї тварини на кінець досліду склала 598,5 г, що на 5,43% перевищувало показник контрольної групи (584,1 г) і було значно вищим, ніж у групі з токсином без сорбенту (567,7 г). Це свідчить про те, що сорбент не лише компенсував шкідливий вплив токсину, але й сприяв кращому росту птиці. Економічний аналіз показав, що використання «Мікосорбу А» є вигідним. У групі з сорбентом прибуток від приросту живої маси склав 96,08 грн, тоді як у групі з токсином без сорбенту спостерігалися збитки (–467,05 грн). Хоча рентабельність у групі з сорбентом (12,0%) була нижчою, ніж у контрольній групі (26,2%), його застосування виправдане, оскільки дозволяє уникнути значних втрат при наявності токсинів у кормах. Таким чином, «Мікосорб А» ефективно зменшує шкідливий вплив дезоксиніваленолу, підвищує збереженість поголів'я та сприяє кращим приростам маси птиці. Його використання є економічно доцільним у випадках ризику забруднення кормів токсинами.

Ключові слова: токсин, курчата, Адлер сріблястий, «Мікосорб А», жива маса, середньодобовий і відносний приріст, збереженість, біосинтез, дезоксиніваленол, *Fusarium graminearum*, субстрати, токсин, очистка, штами.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2025.2.8>

Вступ. Збудниками фузаріозу колоса зернових культур є гриби роду *Fusarium*, серед яких найбільш поширеними є *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sambucinum* та *F. gibbosum*. Ці патогени належать до родини *Tuberculariaceae*, порядку *Hyphomycetales*, класу *Deuteromycetes* (недосконалі гриби) (Goswami & Kistler, 2004; Dean et al., 2012; Nicolli et al., 2018). За типом взаємодії з рослинами фузарії є факультативними паразитами, здатними як до сапротрофного існування, так і до активного паразитування за сприятливих умов. Представники роду *Fusarium* мають широке природне поширення і зустрічаються практично у всіх ґрунтових біоценозах, де відіграють важливу роль у процесах мінералізації органічних решток (Narvaez et al., 2021). Більшість видів демонструють високу життєздатність і здатність до тривалого збереження у ґрунті та рослинних залишках завдяки наявності сапротрофної стадії у своєму життєвому циклі. Оптимальні умови для росту міцелію та спороутворення у багатьох представників роду *Fusarium* включають температурний діапазон 24–26 °C та вологість повітря понад 70%, що обумовлює сезонні спалахи захворювання у період вологої та теплої погоди під час цвітіння і дозрівання зернових культур (Gilbert & Haber, 2013; Machado et al., 2023; Oluwakayode et al., 2024). Особливу небезпеку становить здатність цих грибів продукувати мікотоксини, зокрема дезоксиніваленол, що призводить до погіршення якості зерна та створює ризик для здоров'я людей і тварин (Al-Rashdi et al., 2024; Mastan, et al., 2024; Jedziniak, 2025).

Гриби роду *Fusarium* здатні синтезувати понад 190 різновидів фузаріотоксинів, серед яких особливу увагу привертає дезоксиніваленол (ДОН, або вомітоксин) – представник трихотеценів групи В. Цей мікотоксин утворюється видами *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* та *F. Roseum* (Goswami & Kistler, 2004; Dean et al., 2012; Cowger & Arellano, 2013; Vogelgsang et al., 2019) під час розвитку на кормах рослинного походження. Вживання таких кормів призводить до аліментарного токсикозу, що проявляється у вигляді анорексії, блювання та діареї. Крім того, ДОН чинить імуносупресивну дію, пригнічує синтез білків і ДНК, знижуючи загальну резистентність організму тварин до інфекційних агентів. Цей токсин також є серйозною проблемою в усьому світі (Cowger et al., 2009; Cowger & Arellano, 2013; Delphine et al., 2025).

Погодні умови, зокрема волога, відіграють важливу роль у розвитку фузаріоза колосу (FHB) та накопиченні ДОН в інфікованих зернах. Кілька досліджень показали, що волога на пізніх стадіях після цвітіння, тобто через 10, 20 та 30 діб, збільшує захворюваність, тяжкість захворювання та вміст ДОН (Al-Rashdi et al., 2024; Righetti, 2024).

ДОН є дуже стабільним та стійким до поширених методів обробки, таких як подрібнення, нагрівання, сушіння та ферментація, часто перетворюючись на їжу, якщо його синтезують. Таким чином, профілактика залишається найкращою альтернативою для контролю цієї хімічної речовини, і тому вона є ключовим кроком для розуміння того, як фактори навколишнього середовища

впливають на ріст *F. graminearum* та синтез ДОН. Вже відомо, що температура та активність води (aw) впливають на синтез ДОН. Фузаріоз колоса (FHB) у пшениці викликається переважно видами з комплексу *Fusarium graminearum* (Pokrzywa & Surma, 2022; Luo et al., 2023; Daina et al., 2024). Це захворювання широко поширене в регіонах із помірним кліматом, зокрема у Східній Азії, Північній Америці та Європі (Bamforth et al., 2022; Angula et al., 2025; Cintra et al., 2025). Останнім часом проблема забруднення зерна мікотоксинами стимулювала інтенсивні дослідження грибкових патогенів (Dawson, 2016; Mruczyk, et al., 2020; Duffeck et al., 2021; Gab-Allah et al., 2022).

Fusarium graminearum став одним із найбільш вивчених фітопатогенних грибів і займає четверте місце серед найагресивніших грибкових патогенів рослин у світі (Pleadin et al., 2019). Його негативний вплив на сільське господарство проявляється не лише у зниженні врожайності, а й у значних економічних збитках (Xu et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Зокрема, у США лише за 2016–2017 роки збитки від зараження пшениці та ячменю фузаріозом і супутнього забруднення мікотоксинами оцінюються у 1,47 млрд \$ (Nganje, 2004; Gimeno et al., 2019). Такі значні втрати підкреслюють важливість подальших досліджень щодо контролю та профілактики цього захворювання. Мікотоксини, разом з вірусними та бактеріальними агентами, все ще можуть погрожувати безпеці та гігієні харчових продуктів (Asefa et al., 2011; De Ruyck et al., 2015).

FHB спричинений переважно *Fusarium graminearum*, є одним із найпоширеніших та найруйнівніших грибкових захворювань зернових культур у Канаді та в усьому світі. Цей грибковий патоген серйозно впливає на виробництво зернових у Канаді з початку 1990-х років, спричиняючи значні втрати врожаю та економіки. У 2016 році, який був епідемічним роком FHB, втрати в Канаді оцінювалися в ~1 мільярд доларів, головним чином через зниження врожайності та забруднення зерна мікотоксинами. Ці втрати для пшеничної галузі у всій Північній Америці значно перевищили 2 мільярди доларів.

У чистому вигляді ДОН застосовується як стандарт у мікотоксикологічному аналізі кормів, а також для дослідження його патофізіологічного впливу на організм сільськогосподарських тварин і птиці. Для отримання токсину у лабораторних умовах необхідно мати високопродуктивний штам-продуцент ДОН, а також оптимізувати умови біосинтезу мікотоксину на зернових субстратах, які забезпечують максимальний рівень його акумуляції.

Метою досліджень було визначити кількість дезоксиніваленолу (ДОН) синтезованого штамом *F. graminearum* 195/1 на різних зернових субстратах, та дослідити його вплив на енергію росту та збереженість курчат м'ясо-яєчної породи Адлер сріблястий за згодовування сорбенту.

Матеріали та методи дослідження. З метою ідентифікації штамів з високою продукційною здатністю до синтезу дезоксиніваленолу (ДОН) було досліджено вісім ізолятів грибів роду *Fusarium*: п'ять штамів *Fusarium graminearum* (32/1, 193/2, 195/1, 1273, 88к-46) та три штами *Fusarium culmorum* (13/4, 1256/4, 6-2-1) (табл. 1).

Для культивування використовували стерильне зволожене зерно рису, яке інкубували за температури 28 °C протягом 24 діб. Екстракцію мікотоксину проводили із застосуванням суміші ацетонітрилу та води у співвідношенні 3:1. Визначення концентрації ДОНу здійснювали методом тонкошарової хроматографії (ТШХ).

У дослідженні використовували штам *Fusarium graminearum* 195/1, ізольований у 1977 році з ураженого фузаріозом зерна пшениці. В якості поживних субстратів для культивування обрали зерно 15 видів культур: пшениці, рису, кукурудзи, ячменю, вівса, жита, проса, пшона, гороху, сої, соняшнику, гірчиці, ріпаку, гречки та льону. Наважки зерна масою 10,0 г поміщали у колби об'ємом 100 мл, зволожували до 50 % вологості та стерилізували в автоклаві при 121 °C (1 атм.) протягом 60 хвилин.

Для інокуляції використовували десятиденну культуру штаму *F. graminearum* 195/1. Культивування проводили в термостаті за температури 28 °C протягом 24 діб. Після завершення інкубації зернові субстрати висушували, подрібнювали, а потім проводили екстракцію ДОНу дворазово по одній годині з використанням 15,0 мл суміші ацетонітрилу і води у співвідношенні 3:1. Отримані екстракти фільтрували через паперовий фільтр, після чого розчинники випарювали в струмені повітря до повного висихання.

Очищення екстрактів проводили методом колонкової хроматографії. Для цього у хроматографічні колонки діаметром 10 мм послідовно завантажували по 0,75 г активованого вугілля та оксиду алюмінію. Елюювання токсину здійснювали сумішшю ацетонітрилу з водою у співвідношенні 3:1, після чого розчинник видаляли шляхом випаровування у струмені повітря.

Отримані після очищення екстракти повторно розчиняли у 100 мкл тієї ж суміші ацетонітрил:вода (3:1) і наносили на хроматографічні пластини в об'ємах 1–10 мкл поряд із стандартним розчином ДОНу. Розділення компонентів проводили у хроматографічній системі етилацетат: толуол (3:1). Після підняття фронту розчинника на висоту 10 см, пластини виймали з камери, висушували, а потім досліджували в ультрафіолетовому світлі (довжина хвилі 254 нм). УФ-візуалізація дозволяла виявити ДОН у вигляді тьмяно-блакитних плям з Rf-значенням 0,25.

Для підтвердження присутності токсину пластини обприскували реактивом р-анісового альдегіду з подальшим нагріванням до температури 110 °C протягом 10 хвилин (Krska et al., 2007), у результаті чого плями набували характерного жовто-оранжевого кольору. Кількісну оцінку вмісту ДОН здійснювали на основі мінімального об'єму екстракту, за якого вдавалося візуалізувати токсин.

З метою впливу мікотоксину ДОН на організм курчат м'ясо-яєчної породи Адлер сріблястий та зниження його токсичної дії використовували в годівлі сорбент «Міко-сорб А». Дослідження проводили в умовах лабораторії кафедри мікробіології та пташнику Науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ.

Для проведення виробничої перевірки птахів за принципом аналогів було розподілено на три групи по

Джерело виділення та токсикогенність грибів фузаріїв

Види грибів	Номер штаму	Рік виділення	Джерело ізоляції	Продукція токсинів	
				ДОН	F-2
<i>F. culmorum</i>	13/4	1973	Ячмінь, Кіровоградська область	–	нд
<i>F. culmorum</i>	1256/4	2008	Пшениця, Київська область	–	нд
<i>F. culmorum</i>	Б-2-1	–	Кукурудза, Харківська область	–	нд
<i>F. graminearum</i>	32/1	1973	Гречана солома, Кіровоградська область	–	нд
<i>F. graminearum</i>	193/2	1977	Пшениця, Кіровоградська область	+	нд
<i>F. graminearum</i>	195/1	1977	Пшениця, Кіровоградська область	+	+
<i>F. graminearum</i>	1273	2008	Пшениця, Німеччина	+	–
<i>F. graminearum</i>	88к-46	–	Кукурудза, Харківська область	–	нд

Примітка: нд – не досліджували

100 голів у кожній. Курчат утримували на глибокій підстильці, кожна група в окремій секції. Птиці контрольної групи згодовували повноцінний раціон, що не містив токсинів, дослідній групі №1 згодовували в складі комбікорму зерно пшениці що містило токсин ДОН («Дослідна (Т)»). Дослідна група птиці № 2 «(М+Т)» (токсин + мікосорб А) – отримувала повноцінний комбікорм з зерном пшениці, яке містило ДОН, і Мікосорб в кількості 2% до маси корму. За птахами вівся постійний догляд, щотижневе зважування і відбір крові для біохімічних досліджень.

Результати дослідження. У результаті аналізу літературних джерел та проведених досліджень встановлено, що штами *Fusarium graminearum* №193/2, 195/1 та 1273 здатні синтезувати ДОН. Серед них найвищу токсин-продукувальну активність продемонстрував штам 195/1, що обумовило його подальше використання як основного об'єкта в наступних етапах експериментального дослідження. У культурах *Fusarium graminearum* штаму 195/1 спостерігався добрий ріст мікроміцету на всіх досліджуваних зернових субстратах. Однак рівень токсиноутворення виявився значно варіабельним залежно від виду зерна.

Найвищу концентрацію ДОН було зафіксовано на субстратах з рису, пшона та кукурудзи. Помірне накопичення токсину відмічено на зерні пшениці та ячменю, тоді як на сої та льоні продукція ДОН була незначною. В інших зернових культурах синтез токсину не спостерігався (табл. 2).

У науковій літературі наявні дані, зокрема від фахівців Інституту харчування АМН СРСР та Інституту мікро-

біології та вірусології АН УРСР, щодо вивчення здатності різних видів грибів роду *Fusarium* до синтезу дезоксиніваленолу. У межах цих досліджень було проаналізовано 62 культури, що належали до шести видів *Fusarium*. Встановлено, що серед 36 штамів *F. culmorum*, досліджених у роботі, 12 продукували ДОН у концентраціях від 0,2 до 106,2 мг/кг. З 18 штамів *F. graminearum* лише один продукував токсин у кількості 83 мг/кг. Натомість види *F. lateritium*, *F. sambucinum*, *F. gibbosum* і *F. nivale* в умовах експерименту взагалі не продукували ДОН. Отримані результати узгоджуються з даними канадських дослідників, які встановили, що найінтенсивніше продукування ДОН *Fusarium graminearum* відбувається на зерні кукурудзи та рису, причому максимальна кількість токсину (515 мг/кг) була зафіксована на рисі.

Подібні дослідження провели й американські науковці, які оцінили здатність штамів *F. graminearum* NRRL 5883 та *F. roseum* NRRL 6101 синтезувати ДОН на лушечному зерні кукурудзи за різних температурних режимів і термінів інкубації. За результатами дослідження, штам 5883 продукував 625 мг/г ДОН, тоді як штам 6101–150 мг/г. Японські вчені також дослідили токсиноутворення у 113 штамів *F. graminearum*, культивованих на шліфованому рисі, з яких 20 штамів проявили здатність до синтезу ДОН.

Результати досліджень свідчать про те, що додавання сорбенту «Мікосорб А» до раціону курчат значно зменшує негативний вплив дезоксиніваленолу на їх організм (табл. 3). У дослідній групі, яка отримувала сорбент разом із забрудненим кормом, збереженість поголів'я

Таблиця 2

Продукція дезоксиніваленолу *F. graminearum* штам 195/1 на досліджених зернових субстратах (мг/кг)

Зерно	Вміст ДОНу (мг/кг)	Зерно	Вміст ДОНу (мг/кг)
Рис	3600	Ріпак	–
Пшоно	2000	Гірчиця	–
Кукурудза	1200	Овес	–
Пшениця	130	Жито	–
Ячмінь	130	Соняшник	–
Соя	16	Гречка	–
Льон	14	Горох	–
Просо	–	–	–

Економічна ефективність згодовування «Мікосорбу А» курчатам Адлер Сріблястий (M±m, n=100)

Показники	Групи птиці		
	Контроль	Дослідна № 1 (Токсин)	Дослідна № 2 (Мікосорб А+Токсин)
Початкове поголів'я курчат, гол.	100	100	100
Поголів'я на кінець дослідів, гол.	91	74	86
Збереженість, %	91,0	74,0	86,0
Середнє поголів'я за період, гол.	95,5	87,0	93,0
Загальна маса птиці на початок дослідів, (вік 4 тижні) кг	31,81	31,57	31,35
Середня жива маса 1 гол. на початок дослідів, (вік 4 тижні), г	318,1±6,11	315,7±7,19	313,5±8,17
Загальна маса птиці на кінець дослідів, (вік 7 тижнів) кг	53,15	42,00	51,47
Середня жива маса 1 гол. на кінець дослідів, (вік 7 тижнів) г	584,1±11,21	567,7±14,19	598,5±12,16
Витрати комбікорму за період дослідів (4-7 тижні), кг	86,24	51,16	80,07
Вартість комбікорму в період дослідів (4-7 тижні), грн	238,02	141,20	220,99
Вартість використаного «Мікосорбу» в період дослідів (4-7 тижні 2% до корму), грн	-	-	138,36
Вартість електроенергії за період дослідів, грн	197,26	197,26	197,26
Вартість загиблості птиці в процесі вирощування, грн	145,80	421,20	226,80
Інші виробничі витрати, грн.	172,25	172,25	172,25
Одержано валового приросту у живій вазі, за період дослідів, кг	21,34	10,43	20,12
Собівартість вирощування птиці за період дослідів, грн	753,33	931,91	800,66
Вартість приросту в живій вазі птиці, грн	950,70	464,86	896,74
Прибуток від приросту в живій вазі, за період дослідів, грн	197,37	-467,05	96,08
Рентабельність, %	26,2	-	12,0

склала 86%, тоді як у групі, яка отримувала лише токсин без сорбенту, цей показник був значно нижчим – 74%. Таким чином, застосування «Мікосорбу А» дозволило знизити загинулість птиці на 12%.

Крім того, сорбент позитивно вплинув на продуктивність курчат. У групі, де застосовувався «Мікосорб А», середня жива маса однієї тварини на кінець дослідів склала 598,5 г, що на 5,43% перевищувало показник контрольної групи (584,1 г) і було значно вищим, ніж у групі з токсином без сорбенту (567,7 г). Це свідчить про те, що сорбент не лише компенсував шкідливий вплив токсину, але й сприяв кращому росту птиці.

Економічний аналіз показав, що використання «Мікосорбу А» є вигідним. У групі з сорбентом прибуток від приросту живої маси склав 96,08 грн, тоді як у групі з токсином без сорбенту спостерігалися збитки (–467,05 грн). Хоча рентабельність у групі з сорбентом (12,0%) була нижчою, ніж у контрольній групі (26,2%), його застосування виправдане, оскільки дозволяє уникнути значних втрат при наявності токсинів у кормах.

Таким чином, «Мікосорб А» ефективно зменшує шкідливий вплив ДОН, підвищує збереженість поголів'я та сприяє кращим приростам маси птиці. Його використання є економічно доцільним у випадках ризику забруднення кормів токсинами.

Обговорення. Мікотоксини – це гетерогенна група токсичних речовин з різноманітним та сильним фармакологічним і токсичним впливом на людей і тварин (Bennett & Klich, 2011). Вони являють собою вторинні

грибкові метаболіти, що утворюються під час росту цвілі, та забруднюють різноманітні харчові продукти. Найбільш ризикованими харчовими продуктами визнані зернові, рис, боби, кава, вино, фрукти, горіхи, спеції, яйця та м'ясні продукти. Проблема полягає в тому, що їх появі неможливо повністю запобігти, незважаючи на дослідницькі зусилля та стратегії пом'якшення наслідків.

Шкідливі наслідки, що спостерігаються у людей і тварин, включають канцерогенність, тератогенність, імунну токсичність, нейротоксичність, гепатотоксичність, нефротоксичність, репродуктивну та розвивальну токсичність, розлад травлення тощо (Pleadin et al., 2019). Мікотоксини, все ще можуть погрожувати безпеці та гігієні харчових продуктів (De Ruysck et al., 2015). Дані, опубліковані ФАО у 1999 році, показують 25% забруднення мікотоксинами зернових культур, новіші дані показують, що це забруднення значно вище (близько 60–80%) (Eskola et al., 2020).

Харчові продукти можуть бути забруднені трьома шляхами: а) забрудненими спеціями та іншою сировиною; б) цвіллю, що продукує мікотоксини, присутньою на поверхні в'ялених м'ясних продуктів; в) ефектом перенесення від сільськогосподарських тварин, які зазнали впливу забруднених кормів (Asefa et al., 2011; Pleadin et al., 2017). Мікотоксини мають тенденцію зберігатися в сировині та кінцевих продуктах і накопичуватися в організмі людини, спричиняючи серйозні порушення здоров'я внаслідок споживання забруднених продуктів харчування (Richard, 2007).

Отримані результати демонструють значну залежність інтенсивності біосинтезу ДОН від виду зернового субстрату. Максимальний рівень токсинування зафіксовано на зерні рису (3600 мкг/кг), пшона (2000 мкг/кг) та кукурудзи (1200 мкг/кг), тоді як на пшениці та ячмені концентрація ДОНу була значно нижчою (130 мкг/кг). Найменше токсину накопичувалося на сої (16 мкг/кг) та льоні (14 мкг/кг). Ці дані узгоджуються з результатами інших досліджень, які також вказують на те, що рис і кукурудза є найсприятливішими субстратами для синтезу ДОН грибами *Fusarium graminearum*. Наприклад, канадські дослідники зафіксували до 515 мкг/кг ДОН на рисі, а американські вчені виявили 625 мкг/г токсину на кукурудзі, що підтверджує наші висновки.

Порівняння з іншими роботами свідчить, що штам *F. graminearum* 195/1, використаний у нашому дослідженні, має вищу токсинуотворювальну активність порівняно з іншими ізолятами. Наприклад, у дослідженнях радянських науковців лише 12 з 36 штамів *F. culmorum* продукували ДОН у концентраціях від 0,2 до 106,2 мг/кг, тоді як наш штам синтезував токсин у значно більших кількостях. Аналогічно, японські дослідники виявили, що лише 20 з 113 штамів *F. graminearum* здатні до синтезу ДОН, що підкреслює унікальність нашого ізоляту.

Додавання сорбенту «Мікосорб А» до раціону курчат значно знизило негативний вплив ДОНу. Збереженість поголів'я в групі з сорбентом склала 86%, тоді як у групі з токсином без сорбенту – лише 74%. Ці результати узгоджуються з даними інших досліджень, які підтверджують ефективність сорбентів у зниженні токсичності мікотоксинів. Наприклад, у роботах Pleadin et al., (2019) та Clark et al., (2018) також зафіксовано покращення показників здоров'я тварин при використанні сорбентів.

Крім того, «Мікосорб А» сприяв збільшенню середньої живої маси курчат на 5,43% порівняно з контрольною групою. Цей ефект можна пояснити тим, що сорбент не лише нейтралізував токсин, але й покращив засвоюваність поживних речовин. Подібні результати описані в дослідженнях Cavret et al., (2010) та Avantaggiato et al., (2005), де застосування сорбентів призводило до збільшення приростів маси у тварин.

Економічний аналіз показав, що використання «Мікосорбу А» є вигідним, оскільки дозволяє уникнути значних збитків, пов'язаних із загибеллю птиці та зниженням продуктивності. Хоча рентабельність у групі з сорбентом (12,0%) була нижчою, ніж у контрольній групі (26,2%), його застосування виправдане в умовах ризику забруднення кормів токсинами. Ці висновки підтверджуються даними (Bailey et al., 1998), які встановили економічні збитки від фузаріозу в мільярди доларів, а також роботами (Javed et al., 1993), де підкреслювалася важливість профілактичних заходів.

Таким чином, наші результати підтверджують високу ефективність «Мікосорбу А» у зниженні негативного впливу ДОН на курчат, що узгоджується з даними світових досліджень. Використання сорбенту є перспективним напрямком для мінімізації економічних втрат у тваринництві, особливо в регіонах із високим ризиком забруднення кормів мікотоксинами.

Висновки. Порівняльний аналіз продукційної активності штаму *Fusarium graminearum* 195/1 з даними, наведеними в дослідженнях радянських, американських, канадських та японських науковців, свідчить про те, що наш ізолят демонструє значно вищий рівень синтезу ДОН. Його токсинуотворювальна здатність у кілька разів перевищує показники, зафіксовані в опублікованих джерелах. У зв'язку з цим обраний штам розглядається як перспективний для подальшого використання в експериментальних дослідженнях, зокрема для цілеспрямованого накопичення ДОНу та вивчення його токсикологічного впливу на лабораторних і сільськогосподарських тварин. Використання у складі комбікормів сорбенту «Мікосорб А» для курчат м'ясо-яєчної породи Адлер сріблястий сприяло підвищенню продуктивності птиці на 5,43% та збереженості курчат на 12%. Тому застосування сорбенту «Мікосорб А» в кількості 2% від маси комбікорму курчатам м'ясо-яєчної породи Адлер сріблястий сприяє збільшенню валового приросту птиці на 9,69 кг, за період дослідження. Застосування його є економічно доцільним, оскільки запобігає значним збиткам, хоча й не досягає рентабельності чистої контрольної групи. Оптимальне використання сорбенту може бути доцільним у господарствах із ризиком забруднення кормів мікотоксинами.

Бібліографічні посилання:

1. Al-Rashdi, F., Al-Sadi, A., Waly, M., Hussain, S., & Velazhahan, R. (2024). Assessment of Fumonisin, Deoxynivalenol, and Zearalenone Levels and the Occurrence of Mycotoxigenic *Fusarium* Species in Cereal Grains from Muscat, Sultanate of Oman. *Agriculture*, 14, article number: 2225. doi: 10.3390/agriculture14122225.
2. Angula, M., Misihairabgwi, J., Ishola, A., Tjiurutue, M., Sulyok, M., Krska, R., & Ezekiel, C. (2025). Mycotoxin exposure through the consumption of processed cereal food for children (< 5 years old) from rural households of Oshana, a region of Namibia. *Mycotoxin Research*. 1-17. doi: 10.1007/s12550-024-00580-z.
3. Asefa, D.T., Kure, C.F., Gjerde, R.O., Langsrud, S., Omer, M.K., Nesbakken, T., & Skaar, I. (2011). A HACCP plan for mycotoxigenic hazards associated with dry-cured meat production processes. *Food Control*, 22(6), 831-837. doi: 10.1016/j.foodcont.2010.09.014
4. Avantaggiato, G., Solfrizzo, M., & Visconti, A. (2005). Recent advances on the use of adsorbent materials for detoxification of *Fusarium* mycotoxins. *Food additives and Contaminants*, 22(4), 379-388. doi: 10.1080/02652030500058312
5. Bailey, R.H., Kubena, L.F., Harvey, R.B., Buckley, S.A., & Rottinghaus, G.E. (1998). Efficacy of various inorganic sorbents to reduce the toxicity of aflatoxin and T-2 toxin in broiler chickens. *Poultry science*, 77(11), 1623-1630. doi: 10.1093/ps/77.11.1623
6. Bamforth, J., Chin, T., Ashfaq, T., Gamage, N.W., Pleskach, K., Tittlemier, S.A., Henriquez, M.A., Kurera, S., Lee, S.-J., Patel, B., Gräfenhan, T. & Walkowiak, S. (2022). A survey of *Fusarium* species and ADON genotype on Canadian wheat grain. *Frontiers of Fungal Biology*, 3, article number: 1062444. doi: 10.3389/ffunb.2022.1062444

7. Bennett, J.W., & Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 497-516. doi: 10.1128/CMR.16.3.497-516.2003.
8. Cavret, S., Laurent, N., Videmann, B., Mazallon, M., & Lecoeur, S. (2010). Assessment of deoxynivalenol (DON) adsorbents and characterisation of their efficacy using complementary in vitro tests. *Food Additives and Contaminants*, 27(1), 43-53. doi: 10.1080/02652030903013252
9. Cintra, W., Badiale-Furlong, E., Agápto, J., Oliveira, D., Afféri, F., Carmassi, A., Zanni, G., Calori, M., & Scaglioni, P. (2025). Regional Variability in Mycotoxin Contamination of Brazilian Wheat: Implications for Food Security and Management Strategies. doi: 10.5772/intechopen.1009679.
10. Clark, W.R., Gao, D., Lorenzin, A., & Ronco, C. (2018). Membranes and Sorbents. *Contributions to Nephrology*, 194, 70-79. doi: 10.1159/000485603.
11. Cowger, C., & Arellano, C. (2013). *Fusarium graminearum* infection and deoxynivalenol concentrations during development of wheat spikes. *Phytopathology*, 103, 460-471. doi: 10.1094/PHYTO-03-12-0054-R
12. Cowger, C., Patton-Özkurt, J., Brown-Guedira, G., & Perugini, L. (2009). Post-anthesis moisture increased *Fusarium* head blight and deoxynivalenol levels in North Carolina winter wheat. *Phytopathology*, 99, 320-327. doi: 10.1094/PHYTO-99-4-0320
13. Daina, S., Szakacs, A., Toth, V., & Macri, A. (2024). Occurrence of deoxynivalenol in bakery products and flour in covasna county. *Scientific Papers Journal. Veterinary Series*, 67, 40-44. doi: 10.61900/SPJVS.2024.02.08.
14. Dawson, A. (2016). *Fusarium* conference hears of disease resurgence. In Manitoba Co-Operator; Glacier Farm media: Winnipeg, MB, Canada. <https://www.bomill.com/press-and-media/2016/fusarium-conference-hears-of-disease-resurgence/>
15. De Ruyck, K., De Boevre, M., Huybrechts, I., & De Saeger, S. (2015). Dietary mycotoxins, co-exposure, and carcinogenesis in humans: Short review. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 766, 32-41. doi: 10.1016/j.mrrev.2015.07.003.
16. Dean, R., Van Kan, J.A.L., Pretorius, Z.A., Hammond-Kosack, K.E., Di Pietro, A., Spanu, P.D., Rudd, J.J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster G. (2012). The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13, 414-430. doi: 10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x
17. Delphine, H., Giorni, P., Erica, B. & Bertuzzi, T. (2025). Deoxynivalenol Determination Using Innovative Lateral Flow Device Technology. *Toxins*, 17(3), 123. doi: 10.3390/toxins17030123.
18. Duffeck, M., Bandara, A., Weerasooriya, D., Collins, A., Kuldau, G., Del Ponte, E., & Esker, P. (2021). *Fusarium* Head Blight of Small Grains in Pennsylvania: Unravelling Species Diversity, Toxin Types, Growth, and Triazole Sensitivity. *Phytopathology*, 112(4), 794-802. doi: 10.1094/PHYTO-02-21-0070-R.
19. Eskola, M., Kos, G., Elliott, C.T., Hajšlová, J., Mayar, S., & Krska, R. (2020). Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2773-2789. doi: 10.1080/10408398.2019.1658570
20. Gab-Allah, M., Tahoun, I., Yamani, R., Rend, E., & Shehata, A. (2022). Natural occurrence of deoxynivalenol, nivalenol and deoxynivalenol-3-glucoside in cereal-derived products from Egypt. *Food Control*, 137, article number: 108979. doi: 10.1016/j.foodcont.2022.108974.
21. Gilbert, J., & Haber, S. (2013). Overview of some recent research developments in *Fusarium* head blight of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 35(2), 149-174. doi: 10.1080/07060661.2013.772921
22. Gimeno, A., Sohlberg, E., Pakula, T., Limnell, J., Keller, B., Laitila, A., & Vogelgsang, S. (2019). TaqMan QPCR for quantification of *Clonostachys rosea* used as a biological control agent against *Fusarium graminearum*. *Frontiers of Microbiology*, 2019, 10, article number: 1627. doi: 10.3389/fmicb.2019.01627
23. Goswami, R.S., & Kistler, H.C. (2004). Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular Plant Pathology*, 5(6), 515-525. doi: 10.1111/j.1364-3703.2004.00252.x
24. Javed, T., Bennett, G.A., Richard, J.L., Dombink-Kurtzman, M.A., Cote, L.M., & Buck, W.B. (1993). Mortality in broiler chicks on feed amended with *Fusarium proliferatum* culture material or with purified fumonisin B 1 and moniliformin. *Mycopathologia*, 123, 171-184.
25. Jedziniak, P. (2025). Deoxynivalenol and pigs: review of harmful effect of Mycotoxin on swine health. *Porcine Health Management*, 11, article number: 27. doi: 10.1186/s40813-025-00441-w.
26. Luo, K., Guo, J., He, D., Li, G., & Ouellet, T. (2023). Deoxynivalenol accumulation and detoxification in cereals and its potential role in wheat – *Fusarium graminearum* interactions. *Abiotech*, 4(2), 155-171. doi: 10.1007/s42994-023-00096-7.
27. Machado, F., Barros, A., McMaster, N., Schmale, D., Del Ponte, E., & Vaillancourt, L. (2023). A multivariate analysis of phenotypic traits of strains of *Fusarium graminearum* and *F. meridionale* supports structure by species. *Plant Pathology*, 72(6), 1111-1121. doi: 10.1111/ppa.13720.
28. Mastan, O., Longodor, A., Mesaros, D., Andronie, L., Ioana, P., & Coroian, A. (2024). Deoxynivalenol and Zearalenone from Cereals and Cereals Products. *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, 24, 46-50. doi: 10.2478/sbeef-2024-0008.
29. Mruczyk, K., Mizgier, M., Wojciak, R.W., & Cisek-Woźniak, A. (2020). Comparison of deoxynivalenol and zearaleone concentration in conventional and organic cereal products in western Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 28(1). doi: 10.26444/aaem/116417.
30. Narvaez, A., Castaldo, L., Izzo, L., Pallares, N., Rodriguez-Carrasco, Y., & Ritieni, A. (2022). Deoxynivalenol contamination in cereal-based foodstuffs from Spain: Systematic review and meta-analysis approach for exposure assessment. *Food Control*, 132, article number: 108521. doi: 10.1016/j.foodcont.2021.108521.

31. Nganje, W.E., Kaitibie, S., Wilson, W. W., Leistriz, F. L., & Bangsund, D. A. (2004). Economic Impacts of Fusarium Head Blight in Wheat and Barley: 1993–2001; Agribusiness and Applied Economics Report No. 538; Department of Agribusiness and Applied Economics, North Dakota State University: Fargo, ND, USA, 2004.
32. Nicolli, C., Machado, F., Spolti, P., & Del Ponte, E. (2018). Fitness Traits of Deoxynivalenol and Nivalenol-Producing *Fusarium graminearum* Species Complex Strains from Wheat. *Plant Disease*, 102, 1341-1347. doi: 10.1094/PDIS-12-17-1943-RE.
33. Oluwakayode, A., Greer, B., He, Q., Sulyok, M., Meneely, J., Krska, R., & Medina, A. (2024). The influence of different abiotic conditions on the concentrations of free and conjugated deoxynivalenol and zearalenone in stored wheat. *Mycotoxin Research*, 40(4), 591-603. doi: 10.1007/s12550-024-00541-6.
34. Pleadin, J., Zadavec, M., Brnić, D., Perković, I., Škrivanko, M., & Kovačević, D. (2017). Moulds and mycotoxins detected in the regional speciality fermented sausage 'slavonski kulen' during a 1-year production period. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(2), 282-290. doi: 10.1080/19440049.2016.1266395
35. Pleadin, J., Frece, J., & Markov, K. (2019). Mycotoxins in food and feed. *Advances in Food and Nutrition Research*, 89, 297-345. doi: 10.1016/bs.afnr.2019.02.007
36. Pleadin, J., Babic, J., Vulić, A., Kudumija, N., Aladic, K., Kiš, M., Tkalec, V., Škrivanko, M., Lolić, M., & Šubarić, D. (2019). The effect of thermal processing on the reduction of deoxynivalenol and zearalenone cereal content. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 11, 44-51. doi: 10.17508/CJFST.2019.11.1.06.
37. Pokrzywa, P., & Surma, M. (2022). Level of contamination with deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins in cereal products – assessment of consumer exposure. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 29(1), 72-79. doi: 10.26444/aaem/144416.
38. Krska, R., Welzig, E., & Boudra, H. (2007). Analysis of *Fusarium* toxins in feed. *Animal Feed Science and Technology*, 137(3-4), 241-264. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.06.004
39. Richard, J.L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses – An overview. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1-2), 3-10. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.019.
40. Righetti, L., Vanara, F., Bruni, R., Sardella, C., Blandino, M. & Dall'Asta, C. (2024). Investigating Metabolic Plant Response toward Deoxynivalenol Accumulation in Four Winter Cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(6), 3200-3209. doi: 10.1021/acs.jafc.3c06111.
41. Vogelgsang, S., Beyer, M., Pasquali, M., Jenny, E., Musa, T., Bucheli, T.D., Wettstein, F.E., & Forrer, H.R. (2019). An eight-year survey of wheat shows distinctive effects of cropping factors on different *Fusarium* species and associated mycotoxins. *European Journal of Agronomy*, 105, 62-77. doi: 10.1016/j.eja.2019.01.002
42. Xu, A., Yu, S., Li, Y., Liu, H., Yan, Z., Wu, A., Peng, S., & Liu, N. (2024). Total Deoxynivalenol Contamination of Wheat Products and Coarse Grains in Shanghai, China: Occurrence and Health Risk Assessment. *Foods*, 13, article number: 3373. doi: 10.3390/foods13213373.
43. Zhang, J., Zhang, J., Wang, J., Zhang, M., Li, C., Wang, W., Suo, Y., & Song, F. (2024). Population Genetic Analyses and Trichothecene Genotype Profiling of *Fusarium pseudograminearum* Causing Wheat Crown Rot in Henan, China. *Journal of Fungi*, 10, article number: 240. doi: 10.3390/jof10040240.

Hryshko V. A., Candidate of Agricultural Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Ostrovskiy D. M., Candidate of Veterinary Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Zotsenko V. M., Candidate of Veterinary Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Borshch O. O., Doctor of Agricultural Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lastovska I. O., Candidate of Agricultural Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Tytarieva O. M., Candidate of Agricultural Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Cherniavskiy O. O., Candidate of Agricultural Sciences, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Bartkiv L. H., Candidate of Technical Sciences, Deputy Director General for Scientific Work State Enterprise "Kyivoblstandmetrologiya", Bila Tserkva, Ukraine

Hut T. P., Doctor of Philosophy, Head of the Scientific and Technical Department of Standardization State Enterprise "Kyivoblstandmetrologiya", Bila Tserkva, Ukraine

The effect of deoxynivalenol on the survivability and growth energy of adler silver chickens when feeding a sorbent

Among the five studied strains of *Fusarium graminearum* and three strains of *F. culmorum*, strain 195/1 *F. graminearum* demonstrated the highest productivity in deoxynivalenol (DON) synthesis. To determine its toxigenic potential, cultivation was carried out on 15 different grain substrates: rice, millet, corn, wheat, barley, peas, soybeans, buckwheat, rapeseed, mustard, oats, rye, sunflower, buckwheat, and flax. The experiment was conducted at 28 °C for 24 days. The study results revealed significant differences in toxin production depending on the substrate type. The maximum DON content was recorded in rice grains (3600 µg/kg), indicating particularly favorable conditions for toxin biosynthesis in this substrate. On millet, the fungus produced 2000 µg/kg of DON, while on corn, it was 1200 µg/kg. Significantly lower toxin levels were observed in traditional cereals: wheat and barley (130 µg/kg each). The lowest DON concentrations were detected in soybeans (16 µg/kg) and flax (14 µg/kg), suggesting their relative resistance to contamination by this strain. The obtained results confirm a substantial dependence between substrate type and DON biosynthesis intensity, which is crucial for developing strategies to prevent *Fusarium* contamination in grains. The particularly high toxin production in alternative grains (rice, millet) highlights the need for careful monitoring of these crops for mycotoxin presence. Adding the sorbent "Mycosorb A" to the diet of chicks significantly reduces the negative impact of deoxynivalenol on their organisms.

In the experimental group receiving the sorbent along with contaminated feed, the survival rate was 86%, whereas in the group receiving only the toxin without the sorbent, this figure was significantly lower – 74%. Thus, the use of "Mycosorb A" reduced poultry mortality by 12%. Additionally, the sorbent positively influenced chick performance. In the group receiving "Mycosorb A," the average live weight per bird at the end of the experiment was 598,5 g, which was 5,43% higher than in the control group (584,1 g) and significantly higher than in the toxin-only group (567,7 g). This indicates that the sorbent not only mitigated the harmful effects of the toxin but also promoted better growth. Economic analysis showed that using "Mycosorb A" is cost-effective. In the sorbent group, the profit from live weight gain was 96.08 UAH, while the toxin-only group incurred losses (–467.05 UAH). Although the profitability in the sorbent group (12,0%) was lower than in the control group (26,2%), its application is justified as it prevents significant losses in cases of feed contamination. Thus, "Mycosorb A" effectively reduces the harmful effects of deoxynivalenol, improves flock survival, and enhances weight gain in poultry. Its use is economically viable when there is a risk of feed contamination with toxins.

Key words: toxin, chicks, Adler Silver, "Mycosorb A," live weight, average daily and relative gain, survival rate, biosynthesis, deoxynivalenol, *Fusarium graminearum*, substrates, toxin, detoxification, strains.