

УДК: 579.8:636.085.32
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.256

МИКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КОРМОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Горюнова А.А.* – асп.; **Нахлёснина А.А.** – асп; **Плешакова В.И.** – д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней (ORCID 0000-0001-7896-2339); **Герунов Т.В.** – д-р биол. наук, доц., проф. каф. диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0002-5594-2666)

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

*aa.goryunova2301@omgau.org

Ключевые слова: токсигенные грибы, микотоксины, афлатоксин B1, T-2 токсин, охратоксин A, зеараленон, дезоксиваленол.

Keywords: toxicogenic fungi, mycotoxins, aflatoxin B1, T-2 toxin, ochratoxin A, zearalenone, deoxynivalenol.

Поступила: 25.05.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025



РЕФЕРАТ

Контаминация кормов микотоксинами является общемировой проблемой на протяжении многих десятилетий. Целью исследования было определение пяти нормируемых в кормах микотоксинов (афлатоксина B1, охратоксина A, T-2 токсина, зеараленона, дезоксиваленола) в грубых, сочных, концентрированных и других кормах, а также выявление токсигенных грибов и их метаболитов в гранулированных кормах и сырье для кормопроизводства. Проведен ретроспективный анализ результатов исследования кормов в Омской областной ветеринарной лаборатории за период с 2019 по 2024 г.г. по пяти микотоксинам (афлатоксин B1, T-2 токсин, охратоксин A, зеараленон, дезоксиваленол). По данным годовых отчетов Омской областной ветеринарной лаборатории, за анализируемый период (2019-2024 гг.) на исследование общей токсичности кормов поступило более 7000 образцов, из них 229 проб исследовано на наличие микотоксинов. Микотоксикологическому исследованию подлежали пшеница, овес, горох, кукуруза кормовая, грубые (сено, солома) и сочные (сенаж, силос) корма, шроты, жмыхи, кормосмеси, комбикорма. Для количественного определения микотоксинов были использованы иммуноферментный анализ и высокоэффективная жидкостная хроматография. Проблема контаминации кормов токсигенными грибами и микотоксинами остается актуальной даже при использовании интенсивных технологий в растениеводстве и высокотехнологичного оборудования при производстве кормов. Установлено, что в грубых и сочных кормах преобладает трихотеценовая группа микотоксинов (T-2 токсин, зеараленон, дезоксиваленол). В сырье для производства комбикормов отмечается чаще рост плесневых грибов-продуцентов афлатоксинов и охратоксинов. В большинстве случаев обнаруживали по 2-3 и более микотоксинов в одной пробе, что требует разработки комплексных мер профилактики сочетанных микотоксикозов животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Микроскопические грибы-продуценты микотоксинов распространены повсеместно и весьма неприхотливы к выбору субстрата. Контаминация кормов микотоксинами – это общемировая проблема, острота которой не снижается с течением времени [1, 2, 3].

Острые микотоксикозы встречаются относительно редко. Основной проблемой промышленного животноводства является длительное низкодозовое воздействие микотоксинов (чаще всего их комбинаций), обуславливающее замедление роста, снижение продуктивности и изменение иммунной реактивности животных, что в итоге приводит к экономическим потерям [4, 5].

Корма, пораженные микромицетами и продуктами их жизнедеятельности, представляют опасность не только для здоровья сельскохозяйственных животных, накапливаясь в их органах и тканях, но и для здоровья человека как конечного звена пищевой цепи. В связи с этим особая роль отводится микотоксикологическому мониторингу кормов.

Целью исследования было определение пяти нормируемых в кормах микотоксинов (афлатоксина B1, охратоксина A, T-2 токсина, зеараленона, дезоксиваленола) в грубых, сочных, концентрированных и других кормах, а также выявление токсигенных грибов и их метаболитов в гранулированных кормах и сырье для кормопроизводства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Проведен ретроспективный анализ результатов исследования кормов в Омской областной ветеринарной лаборатории за период с 2019 по 2024 г.г. по пяти микотоксинам (афлатоксин B1, T-2 токсин, охратокин A, зеараленон, дезоксиваленол). Микотоксикологическому исследованию подлежали пшеница, овес, горох, кукуруза кормовая, грубые (сено, солома) и сочные (сенаж, силос) корма, шроты, жмыхи, кормосмеси, комбикорма.

Для количественного определения микотоксинов были использованы имму-

ноферментный анализ по ГОСТ 31653-2012 «Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов» (для афлатоксина B1, T-2 токсина, охратокина A, зеараленона) и высокоэффективная жидкостная хроматография с использованием аналитического комплекса на базе ЖХ Prominence по ГОСТ 51116-2017 «Комбикорма, зерно и продукты его переработки. Определение содержания дезоксиваленола методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Для проведения санитарно-микологической оценки использовали гранулированные комбикорма, зерносмеси и сырье для кормопроизводства: зерновые и зернобобовые культуры (пшеницу, ячмень, овес, кукурузу, горох, сою), подсолнечные и соевые шроты, подсолнечные жмыхи, дрожжи кормовые, отруби пшеничные, сою полножирную. При этом руководствовались методическими указаниями «Санитарно-микологическая оценка и улучшение качества кормов (1985)» и ГОСТ 13496.6-2017 «Комбикорма. Метод выделения микроскопических грибов».

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По данным годовых отчетов Омской областной ветеринарной лаборатории, за анализируемый период (2019-2024 гг.) на исследование общей токсичности кормов поступило более 7000 образцов, из них 229 проб исследовано на наличие микотоксинов. При этом проведено 778 исследований (таблица 1). Общая токсичность корма не всегда была обусловлена высокой концентрацией микотоксинов. В ряде случаев положительный результат отмечали при контаминации проб патогенными бактериями (токсинообразующими клостридиями) или стойкими органическими веществами. При этом биотестирование иногда давало отрицательный результат при наличии в кормах микотоксинов.

Исследование на афлатоксин B1 подлежало 111 образцов, из них 86% проб с результатом ниже уровня определения ($<0,002$ мг/кг) и 14 % – с положительным результатом. Степень загрязненности афлатоксином B1 составляла от 0,0024 мг/

кг до 0,045 мг/кг. Максимальное количество данного микотоксина было выявлено в образце из партии кукурузы фуражной.

В исследуемых кормах преобладала трихотеценовая группа микотоксинов: Т-2 токсин, зеараленон, дезоксизиниваленол. На наличие Т-2 токсина проанализировано 207 проб, из которых в 59% случаев был выявлен данный микотоксин. Уровень содержания Т-2 токсина варьировал от 0,024 мг/кг до 0,73 мг/кг. Максимальное количество данного микотоксина обнаружено в образцах кукурузы фуражной (0,73 мг/кг), сенаже из люцерны (0,53 мг/кг), силосе кукурузном (0,47 мг/кг), глютене кукурузном (0,45 мг/кг), комбикорме для коров (0,293 мг/кг). В кормосмесях концентрация Т-2 токсина была меньше, но превышала максимально допустимые уровни.

На определение зеараленона в кормах поступило 173 образца, из которых в 44% проб был обнаружен данный микотоксин. Степень загрязненности зеараленоном составляла от 0,029 мг/кг до 0,84 мг/кг. Преобладало содержание зеараленона в пробах пшеницы фуражной (0,84 мг/кг), кукурузы фуражной (0,70 мг/кг), глютена кукурузного (0,641 мг/кг), дробины ячменной (0,46 мг/кг), жмыха льняного (0,412 мг/кг), кормосмесяй (0,326 мг/кг).

Дезоксизиниваленол определяли в 125 пробах, из них контаминированных ДОН – 29%. Степень загрязненности данным микотоксином составляла от 0,21 мг/кг до 4,17 мг/кг. Максимальное содержание данного токсина было определено в пробе из партии кукурузы фуражной (4,17 мг/кг). Также зафиксировано превышение МДУ в зерносмеси (2,84 мг/кг). Превышение максимально допустимого уровня отмечено в 3% проб.

На охратоксин А исследовано 162 образца, в 25% проб выявлен данный токсин. Степень загрязненности охратоксином А была от 0,0041 мг/кг до 1,43 мг/кг. Максимальное количество микотоксина было обнаружено в сенаже злаковых культур (1,43 мг/кг; 0,63 мг/кг), ячмене фуражном (0,66 мг/кг), дробине ячменной (0,217 мг/кг).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что на территории Омской области в кормах преобладает трихотеценовая группа микотоксинов (Т-2 токсин, зеараленон, дезоксизиниваленол). Охратоксин А по частоте встречаемости значительно уступает дезоксизиниваленолу, реже обнаруживали афлатоксин В1.

Санитарно-микологическому исследованию подлежали комбикорма, зерносмеси и сырье для кормопроизводства. Всего проанализировано 100 образцов за 2023-2024 гг. (таблица 2).

Преимущественно регистрировали рост грибов родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*, реже *Cladosporium*, *Alternaria*, *Rhizopus*. В большинстве случаев в одной пробе обнаруживали по 2-3 вида микромицетов, иногда – 5-6 видов. В большинстве случаев встречались грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

Сопоставляя данные количественного определения микотоксинов в кормах различных видов (включая грубые, сочные корма) и санитарно-микологического контроля комбикормов и комбикормового сырья, следует отметить невысокую частоту встречаемости микромицетов рода *Fusarium* (11%) в промышленных кормах и высокую степень загрязненности трихотеценовой группой микотоксинов грубых и сочных кормов. В комбикормах (при исключении кукурузы фуражной и продуктов её переработки) чаще обнаруживали плесневые грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium* – продукенты охратоксинов и афлатоксинов. Частота встречаемости на территории Омской области афлатоксина В1 не превышала 14%.

Микотоксины обеспечивают выживаемость микроскопических грибов и их конкурентоспособность в борьбе за место в различных экологических нишах [6].

В Российской Федерации для определения микотоксинов в кормах используют различные методы, в том числе иммуноферментный анализ, высокоэффективную жидкостную хроматографию и масс-спектрометрию [5, 6, 7]. Максимально допустимые уровни (МДУ) микотокси-

нов, контролируемые нормативными документами, являются до некоторой степени условными. По мнению ряда исследователей, добавленные в корма кристаллические микотоксины менее активны, чем микотоксины, образованные грибами-продуцентами естественным путем. Следовательно, установленные в экспериментальных условиях с использованием стандартных образцов максимально допустимые уровни отдельных микотоксинов являются ориентировочными величинами. Кроме того, высока вероятность сочетанного поражения кормов микотоксинами, что, в свою очередь, усиливает их токсическое действие на макроорганизм [6, 8, 9, 10].

Микотоксины весьма термоустойчивы (например, дезоксиваленол разрушается при 200°C, афлатоксины – при 150-250°C, охратоксин А – 175-250°C, зеараленон – 150-200°C, фуманизины – 175-200°C, Т-2 токсин – 200°C) [11, 12, 13, 14, 15]. В процессе кормопроизводства, особенно при использовании сухого способа гранулирования, где тепловая обработка достигает 85 °C, при наличии в сырье микотоксинов последние могут беспрепятственно попадать в готовый продукт [16]. В связи с этим микотоксикологическому мониторингу подлежит не только сырье для производства кормов, но и готовые корма для животных.

Таблица 1 – Содержание микотоксинов в кормах для сельскохозяйственных животных в Омской области (2019-2024 гг.)

Наименование микотоксина (ГОСТ на метод исследования)	Кол-во исследований	Содержание микотоксинов ниже предела обнаружения, %	Частота встречаемости микотоксина, %	Степень загрязненности, мг/кг	
				min	max
Афлатоксин В1 (ГОСТ 31653-2012)	111	86	14	0,0024	0,045
Т-2 токсин (ГОСТ 31653-2012)	207	41	59	0,024	0,73
Охратоксин А (ГОСТ 31653-2012)	162	75	25	0,0041	1,43
Зеараленон (ГОСТ 31653-2012)	173	56	44	0,029	0,84
Дезоксиваленол (ГОСТ 51116-2017)	125	71	29	0,21	4,17

Таблица 2 – Контаминация кормов токсигенными грибами на примере Омской области, 2023-2024 гг.

Наименование образца	Количество образцов	Количество проб, содержащих грибы-продуценты			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Fusarium</i>
Комбикорма, кормосмеси	56	28	24	12	4
Сырье для кормопроизводства	44	44	43	17	7
Всего	100	72	67	29	11

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проблема контаминации кормов токсичными грибами и микотоксинами остается актуальной даже при использовании интенсивных технологий в растениеводстве и высокотехнологичного оборудования при производстве кормов.

В грубых и сочных кормах на территории Омской области преобладает трихотеценовая группа микотоксинов (Т-2 токсин, зеараленон, дезоксиваленол). В сырье для производства комбикормов отмечается чаще рост плесневых грибов-продуцентов афлатоксинов и охратоксинов, что требует разработки комплексных мер профилактики микотоксикозов животных.

MYCOTOXINOLOGICAL MONITORING OF FEEDS IN THE OMSK REGION

Goryunova A.A.* – postgraduate student; **Nakhleskina A.A.** – postgraduate student; **Pleshakova V.I.** – doctor veterinary sciences, professor, professor of the department of veterinary microbiology, infectious and invasive diseases (ORCID 0000-0001-7896-2339); **Gerunov T.V.** – doctor of biology, professor of the department of diagnostics, internal non-infectious diseases, pharmacology, surgery and obstetrics (ORCID 0000-0002-5594-2666)

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University"

* aa.goryunova2301@omgau.org

ABSTRACT

Contamination of feed with mycotoxins has been a global problem for many decades. The aim of the study was to determine five mycotoxins standardized in feed (aflatoxin B1, ochratoxin A, T-2 toxin, zearalenone, deoxynivalenol) in roughage, succulent, concentrated and other feeds, as well as to identify toxicogenic fungi and their metabolites in granulated feeds and raw materials for feed production. A retrospective analysis of the results of feed research in the Omsk Regional Veterinary Laboratory for the period from

2019 to 2024 was carried out for five mycotoxins (aflatoxin B1, T-2 toxin, ochratoxin A, zearalenone, deoxynivalenol). According to the annual reports of the Omsk Regional Veterinary Laboratory, over 7,000 samples were submitted for general feed toxicity testing during the analyzed period (2019-2024), of which 229 samples were tested for mycotoxins. Wheat, oats, peas, feed corn, coarse (hay, straw) and succulent (haylage, silage) feed, meals, cakes, feed mixtures, and compound feed were subject to mycotoxicological testing. Enzyme-linked immunosorbent assay and high-performance liquid chromatography were used to quantify mycotoxins. The problem of feed contamination with toxicogenic fungi and mycotoxins remains relevant even with the use of intensive technologies in crop production and high-tech equipment in feed production. It has been established that the trichothecene group of mycotoxins (T-2 toxin, zearalenone, deoxynivalenol) predominates in roughage and succulent feeds. In raw materials for the production of compound feeds, the growth of mold fungi producing aflatoxins and ochratoxins is more often noted. In most cases, 2-3 or more mycotoxins were detected in one sample, which requires the development of comprehensive measures to prevent combined mycotoxicoses in animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Gruber-Dorninger C., Jenkins T., Schatzmayr G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins* (Basel). 2019;11(7):375. doi: 10.3390/toxins11070375.
2. Hao W., Guan S., Li A., Wang J., An G., Hofstetter U., Schatzmayr G. Mycotoxin Occurrence in Feeds and Raw Materials in China: A Five-Year Investigation. *Toxins* (Basel). 2023;15(1):63. doi: 10.3390/toxins15010063.
3. Muñoz-Solano B., Lizarraga Pérez E., González-Peña E. Monitoring Mycotoxin Exposure in Food-Producing Animals (Cattle, Pig, Poultry, and Sheep). *Toxins* (Basel). 2024;16(5):218. doi: 10.3390/toxins16050218.
4. Xu R., Kiarie E.G., Yiannikouris A., Sun

- L., Karrow N.A. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. *J Animal Sci Biotechnol.* 2022;13(1):69. doi: 10.1186/s40104-022-00714-2.
5. Попов В.С. Проблемы микотоксикозов в современных условиях и принципы профилактических решений / В.С. Попов, Н.В. Самбуров, Н.В. Воробьева. – Курск : Планета+, 2018. 158 с.
6. Крюков В.С., Глебова И.В., Зиновьев С.В. Микотоксины, микотоксикозы и выбор адсорбентов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 8. С. 164-180.
7. Тужикова Т.А., Титова М.С. ИФА-наборы для определения микотоксинов // Комбикорма. 2011. № 1. С. 45-48.
8. Крюков В.С. Полимикотоксикоз: оценка действия // Комбикорма. 2013. № 10. С. 82-87.
9. Симонова И.А. OTA-, ZEA-, T-2 - сочлененные микотоксикозы животных и детоксикация кормов, контактированных микотоксинами, с применением озона/НО-технологий : специальность 06.02.02 «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизотология, микология с микотоксикологией и иммунологией» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Симонова Ирина Александровна; Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина. – Омск, 2013. – 127 с.
10. Bergsjø B., Langseth W., Nafstad I., Jansen J.H., Larsen H.J. The effects of naturally deoxynivalenol-contaminated oats on the clinical condition, blood parameters, performance and carcass composition of growing pigs. *Vet Res Commun.* 1993;17(4):283-94. doi: 10.1007/BF01839219.
11. Boudra H., Le Bars P., Le Bars J. Thermostability of Ochratoxin A in wheat under two moisture conditions. *Appl Environ Microbiol.* 1995;61(3):1156-8. doi: 10.1128/aem.61.3.1156-1158.1995.
12. Bullerman L.B., Bianchini A. Stability of mycotoxins during food processing. *Int J Food Microbiol.* 2007;119(1-2):140-6. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.035.
13. Jackson L.S., Katta S.K., Fingerhut D.D., DeVries J.V., Bullerman L.B.E. Effects of baking and frying on the Fumonisin B1 content of corn-based foods. *J Agric. Food Chem.* 1997;45(12):4800-5. doi: 10.1021/jf970405b.
14. Ryu D., Hanna M.A., Bullerman L.B. Stability of zearalenone during extrusion of corn grits. *J Food Prot.* 1999;62(12):1482-4. doi: 10.4315/0362-028x-62.12.1482.
15. Wolf-Hall C.E., Schwarz P.B. Mycotoxins and fermentation - beer production. *Adv Exp Med Biol.* 2002;504:217-26. doi: 10.1007/978-1-4615-0629-4_22.
16. Payne J., Rattink W., Smith T., Winowiski T. Pelleting handbook. A guide for production staff in the compound feed industry. Sarpsborg, Norway.: Borregaard lignotech, 2001. 73 p.

REFERENCES

1. Gruber-Dorninger C., Jenkins T., Schatzmayr G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins* (Basel). 2019;11(7):375. doi: 10.3390/toxins11070375.
2. Hao W., Guan S., Li A., Wang J., An G., Hofstetter U., Schatzmayr G. Mycotoxin Occurrence in Feeds and Raw Materials in China: A Five-Year Investigation. *Toxins* (Basel). 2023;15(1):63. doi: 10.3390/toxins15010063.
3. Muñoz-Solano B., Lizarraga Pérez E., González-Peñas E. Monitoring Mycotoxin Exposure in Food-Producing Animals (Cattle, Pig, Poultry, and Sheep). *Toxins* (Basel). 2024;16(5):218. doi: 10.3390/toxins16050218.
4. Xu R., Kiarie E.G., Yiannikouris A., Sun L., Karrow N.A. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. *J Animal Sci Biotechnol.* 2022;13(1):69. doi: 10.1186/s40104-022-00714-2.
5. Popov V.S. Problemy mikotoksikozov v sovremennyh usloviyah i principy profilakticheskikh reshenij / V.S. Popov, N.V. Samburov, N.V. Vorob'eva. – Kursk : Planeta+, 2018. 158 s. (In Russ.)

-
6. Kryukov V.S., Glebova I.V., Zinov'ev S.V. Mikotoksiny, mikotoksikozy i vybor adsorbentov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 8. S. 164-180. (In Russ.)
7. Tuzhikova T.A., Titova M.S. IFA-nabory dlya opredeleniya mikotoksinov // Kombikorma. 2011. № 1. S. 45-48. (In Russ.)
8. Kryukov V.S. Polimikotoksikoz: ocenka dejstviya // Kombikorma. – 2013. № 10. S. 82-87. (In Russ.)
9. Simonova I.A. OTA-, ZEA-, T-2 - sochetannye mikotoksikozy zhivotnyh i detoksikaciya kormov, kontaminirovannyh mikotoksinami, s primeneniem ozon/NO-tehnologij : special'nost' 06.02.02 «Veterinarnaya mikrobiologiya, virusologiya, epizotobiya, mikologiya s mikotoksikologiej i immunologiyu» na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarnyh nauk / Simonova Irina Aleksandrovna; Omskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. P. A. Stolypina. – Omsk, 2013. – 127 s. (In Russ.)
10. Bergsjø B., Langseth W., Nafstad I., Jansen J.H., Larsen H.J. The effects of naturally deoxynivalenol-contaminated oats on the clinical condition, blood parameters, performance and carcass composition of growing pigs. Vet Res Commun. 1993;17(4):283-94. doi: 10.1007/BF01839219.
11. Boudra H., Le Bars P., Le Bars J. Thermostability of Ochratoxin A in wheat under two moisture conditions. Appl Environ Microbiol. 1995;61(3):1156-8. doi: 10.1128/aem.61.3.1156-1158.1995.
12. Bullerman L.B., Bianchini A. Stability of mycotoxins during food processing. Int J Food Microbiol. 2007;119(1-2):140-6. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.035.
13. Jackson L.S., Katta S.K., Fingerhut D.D., DeVries J.V., Bullerman L.B.E. Effects of baking and frying on the Fumonisins B1 content of corn-based foods. J. Agric. Food Chem. 1997;45(12):4800-5. doi: 10.1021/jf970405b.
14. Ryu D., Hanna M.A., Bullerman L.B. Stability of zearalenone during extrusion of corn grits. J Food Prot. 1999;62(12):1482-4. doi: 10.4315/0362-028x-62.12.1482.
15. Wolf-Hall C.E., Schwarz P.B. Mycotoxins and fermentation - beer production. Adv Exp Med Biol. 2002;504:217-26. doi: 10.1007/978-1-4615-0629-4_22.
16. Payne J., Rattink W., Smith T., Winowiski T. Pelleting handbook. A guide for production staff in the compound feed industry. Sarpsborg, Norway.: Borregaard lignotech, 2001. 73 p.