

DOI: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219
 УДК 619:615.9:636.085.19:543.9

Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 3. Кормовая продукция от переработки зернового сырья*

Г. П. Кононенко¹, А. А. Буркин², Е. В. Зотова³

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), г. Москва, Россия

¹ ORCID 0000-0002-9144-615X, e-mail: kononenkogp@mail.ru

² ORCID 0000-0002-5674-2818, e-mail: aaburkin@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-1479-8602, e-mail: ezotova63@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты микотоксикологического обследования производственных партий подсолнечного жмыха и шрота, кормовой продукции от переработки сои и пшеничных отрубей, полученных из перерабатывающих предприятий и животноводческих хозяйств страны за период с 2009 по 2019 г. Детектирование и измерение содержания фузариотоксинов, включающих Т-2 токсин, диацетоксисцирпенол, дезоксинваленол, зеараленон и фумонизины группы В, а также альтернариола, охратоксина А, цитринина, афлатоксина В₁, стеригматоцистина, циклопиазоновой кислоты, микофеноловой кислоты, эргоалкалоидов и эмодина проведено по аттестованной процедуре с использованием конкурентного иммуноферментного анализа. В ходе обобщения результатов установлена доминирующая роль альтернариола в контаминации подсолнечного жмыха и шрота, а также частая встречаемость Т-2 токсина, охратоксина А, цитринина, циклопиазоновой кислоты, стеригматоцистина, микофеноловой кислоты и эмодина. Для основных контаминантов отмечено смещение медиан и 90%-го процентиля в сторону меньших значений по отношению к средним и максимальным содержаниям, что указывало на возможность случаев их накопления за пределами типичного диапазона. Обобщение и результаты микотоксикологического исследования пшеничных отрубей и кормовой продукции от переработки соевых бобов по полному перечню из 14 показателей приводятся в этой работе впервые. Установлено, что спектр микотоксинов, способных участвовать в контаминации соевого шрота, жмыха и сои полножирной, достаточно широк, что согласуется с результатами изучения состава микобиоты семян этой культуры. В соевом шроте показана возможность накопления высоких концентраций микофеноловой кислоты – до уровня 1255 мкг/кг. В партиях пшеничных отрубей выявлены случаи загрязненности диацетоксисцирпенолом и частая встречаемость Т-2 токсина, эмодина и эргоалкалоидов. Исходные данные мониторинга, систематизированные и обобщенные в данной работе, представлены в электронном виде в разделе «Дополнительные материалы». Обсуждаются перспективы обследования кормовой продукции от переработки семян других маслических культур, а также зерна пшеницы и кукурузы.

Ключевые слова: подсолнечный шрот/жмых, соевый шрот/жмых, соя полножирная, пшеничные отруби, микотоксины, мониторинг, иммуноферментный анализ.

Для цитирования: Кононенко Г. П., Буркин А. А., Зотова Е. В. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 3. Кормовая продукция от переработки зернового сырья. *Ветеринария сегодня*. 2020; 3 (34): 213–219. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Кононенко Галина Пантелеевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией микотоксикологии и санитарии кормов ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, 123022, Россия, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5, e-mail: kononenkogp@mail.ru.

UDC 619:615.9:636.085.19:543.9

Mycotoxicological monitoring. Part 3. Feedstuffs from raw grain processing*

G. P. Kononenko¹, A. A. Burkin², Ye. V. Zotova³

All-Russia Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – Branch of the Federal State-Financed Scientific Institution “Federal Scientific Centre – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Skryabin and Ya. R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences (ARRIVSHE – Branch of the FSFSI FSC ARRIEVM RAS), Moscow, Russia

¹ ORCID 0000-0002-9144-615X, e-mail: kononenkogp@mail.ru

² ORCID 0000-0002-5674-2818, e-mail: aaburkin@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-1479-8602, e-mail: ezotova63@gmail.com

* Сообщение 1 см. *Ветеринария сегодня*. 2020; 1 (32): 60–65. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65.

Сообщение 2 см. *Ветеринария сегодня*. 2020; 2 (33): 139–145. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-2-33-139-145.

* Part 1: *Veterinary Science Today*. 2020; 1 (32): 60–65. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65.

Part 2: *Veterinary Science Today*. 2020; 2 (33): 139–145. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-2-33-139-145.

SUMMARY

The paper presents the results of mycotoxicological testing of the production batches of sunflower cake and meal, feedstuffs of soybean and wheat bran processing received from domestic processing establishments and livestock farms from 2009 to 2019. Detection and measurement of the content of fusariotoxins, including T-2 toxin, diacetoxyscirpenol, deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins of B group, as well as alternariol, ochratoxin A, citrinin, aflatoxin B₁, sterigmatocystin, cyclopiazonic acid, mycophenolic acid, ergot alkaloids and emodin was carried out by a competitive ELISA in accordance with certified procedure. The summarized results demonstrate the predominant role of alternariol in the contamination of sunflower cake and meal, as well as the frequent occurrence of T-2 toxin, ochratoxin A, citrinin, cyclopiazonic acid, sterigmatocystin, mycophenolic acid and emodin. For the main contaminants, a shift in the medians and 90% percentile towards the lower values of the average and maximum contents was observed, which indicates the possibility of their accumulation beyond the typical range. The summary and results of mycotoxicological study of wheat bran and feedstuffs of soybean processing for a complete list of 14 parameters are presented in this paper for the first time. It was found that the range of mycotoxins that can contaminate soybean meal, cake and full-fat soybean is quite wide, which is consistent with the results of the study of soybean seed mycobiota composition. It was demonstrated that soybean meal can accumulate high concentrations of mycophenolic acid – up to 1,255 µg/kg. As for the wheat bran batches, cases of contamination with diacetoxyscirpenol and the frequent occurrence of T-2 toxin, emodin and ergot alkaloids were detected. The initial monitoring data, systematized and summarized in this paper, are presented in electronic form in the section “Additional materials”. The prospects of testing of feedstuffs from processing other oilseeds, as well as from wheat and corn grain processing are discussed.

Key words: sunflower meal/cake, soybean meal/cake, full-fat soybean, wheat bran, mycotoxins, monitoring, enzyme-linked immunosorbent assay.

For citation: Kononenko G. P., Burkin A. A., Zotova Ye. V. Mycotoxicological monitoring. Part 3. Feedstuffs from raw grain processing. *Veterinary Science Today*. 2020; 3 (34): 213–219. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For correspondence: Galina P. Kononenko, Doctor of Science (Biology), Professor, Head of Laboratory for Mycotoxicology and Feed Hygiene, ARRIVSHE – Branch of the FSFSI FSC ARRIEVM RAS, 123022, Russia, Moscow, Zvenigorodskoe shosse, 5; e-mail: kononenkogp@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение кормовой базы животноводства в России является важнейшей задачей сельскохозяйственной науки. Здоровье животных, их продуктивность, иммунобиологический статус, качество и безопасность продуктов животноводства во многом зависят от санитарного состояния кормов и их сбалансированности по питательным веществам. В комбинированных кормах отечественного производства макрокомпоненты, дополняющие зерновую часть, представлены главным образом жмыхом и шротом из семян подсолнечника и соевых бобов, в несколько меньшей степени – побочной продукцией мукомольно-крупяной и крахмалопаточной отраслей. Широкая сеть масложировых предприятий и развитые мукомольно-крупяная и крахмалопаточная отрасли полностью обеспечивают отечественное кормопроизводство подсолнечным жмыхом и шротом, зерновыми отрубями, а также всеми видами продукции от комплексной переработки зерна кукурузы. Поставки соевого шрота, жмыха и сои полножирной экструдированной традиционно происходят из основных регионов выращивания этой культуры в Южном и Дальневосточном федеральных округах и дополняются поступлением импортируемого сырья для удовлетворения текущих запросов рынка.

Первый этап оценки загрязненности микотоксинами этих видов комбикормового сырья был выполнен в лаборатории микотоксинологии ГНУ ВНИИВСГЭ в 2002–2009 гг. [1, 2]. В этот период были установлены частая встречаемость охратоксина А и цитринина в подсолнечном жмыхе и шроте до уровней 190 и 1020 мкг/кг; меньшая – Т-2 токсина, дезоксиниваленола, стеригматоцистина, циклопиазоновой кислоты; отсутствие зearаленона и диацетоксисцирпенола. Кроме того, была констатирована слабая контаминация

соевого шрота Т-2 токсином. Дезоксиниваленол и зearаленон обнаруживали редко и в малых количествах, охратоксин А и цитринин – в единичных пробах, а фузонизины группы В, афлатоксин В₁, диацетоксисцирпенол, стеригматоцистин и циклопиазоновую кислоту выявить не удалось. Тем не менее в отдельных партиях импортированного продукта уровни дезоксиниваленола превышали 2000 мкг/кг, а зearаленона – 200 мкг/кг. Ситуация с отходами мукомольных предприятий получила лишь выборочную ограниченную оценку. Недавно особенности контаминации семян подсолнечника и кормовой продукции от их переработки стали предметом отдельного рассмотрения [3–5].

Цель данной работы – обобщение результатов обследования загрязненности микотоксинами производственных партий подсолнечного шрота, жмыха, кормовой продукции от переработки соевых бобов (шрот, жмых, соя полножирная) и пшеничных отрубей за период с 2009 по 2019 г. с представлением исходных данных в учетной электронной базе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были средние образцы от производственных партий подсолнечного шрота и жмыха, соевого шрота и жмыха, сои полножирной экструдированной и пшеничных отрубей, представленные специалистами ветеринарных служб, животноводческих и комбикормовых предприятий, компаний-сельхозпроизводителей, специализированных коммерческих организаций и владельцами крестьянских фермерских хозяйств в 2009–2019 гг. В выборке подсолнечных жмыхов и шротов, включающей 121 образец, документальное или ответственное подтверждение мест расположения перерабатывающих предприятий и хозяйств (Белгородская,

Волгоградская, Воронежская, Курская, Орловская, Ростовская, Саратовская, Тамбовская области, Краснодарский край, Приморский край, Республика Татарстан) имели 107, получены с Украины – 2, а для 12 данные отсутствовали либо их достоверность вызвала сомнения. Из 80 образцов соевого шрота, жмыха и переработанной сои 8 были получены по импорту, 6 – из Дальневосточного федерального округа (Амурская область, Приморский край). Какими-либо сведениями о происхождении остальной части продукции от переработки сои, а также 20 образцов кормовых отрубей мы не располагали.

В группу определяемых микотоксинов входили Т-2 токсин (Т-2), диацетоксисцирпенол (ДАС), дезоксиниваленол (ДОН), зеараленон (ЗЕН), фузонизины группы В (ФУМ), альтернариол (АОЛ), охратоксин А (ОА), цитринин (ЦИТ), афлатоксин В₁ (АВ₁), стеригматоцистин (СТЕ), циклопиазоновая кислота (ЦПК), микофеноловая кислота (МФК), эргоалкалоиды (ЭА) и эмодин (ЭМО). Пробоподготовку проводили в соответствии с основанной на жидкостной экстракции и непрямом конкурентном иммуоферментном анализе унифицированной методикой с официальным статусом [6]. Пределы измерений, определенные по 85%-му уровню связывания антител, составили 2 (АВ₁), 3 (ЭА), 4 (Т-2, ОА, СТЕ), 20 (ЗЕН, АОЛ, ЦИТ, МФК, ЭМО) и 50 (ДАС, ДОН, ФУМ, ЦПК) мкг/кг. В учетной форме базы данных использовали кодирование по критериям: определяемые микотоксины, вид сырья, год обследования и место расположения предприятия или хозяйства.

Для статистической обработки применяли программы Microsoft Excel 2016 и Statistica (версия 6) с вычислением процента встречаемости по соотношению n^+/n и трех показателей по положительным образцам – среднего арифметического, медианы и 90%-го перцентиля.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В подсолнечном шроте и жмыхе в целом по встречаемости доминировал АОЛ, продуцируемый грибами рода *Alternaria*, со средними значениями по выборкам 306 и 193 мкг/кг и возможностью высоких уровней накопления – до 1990 и 953 мкг/кг. Из группы фузариотоксинов только для Т-2 частота обнаружения была значительной – 21,4 и 37,3% при низких содержаниях с диапазонами 4–16 и 5–25 мкг/кг, лишь в единичных случаях удалось определить ДОН и ЗЕН, а ДАС и ФУМ отсутствовали (табл. 1, 2).

Токсины, продуцируемые грибами других таксонов, главным образом родов *Aspergillus* и *Penicillium*, за исключением АВ₁, были выявлены в обоих видах продукции. ЭА встречались одинаково редко в малых концентрациях, ОА, МФК и ЭМО – с примерно равной частотой, превышающей 50%, при этом частота контаминации ОА была выше, чем ЦИТ. По другим токсинам эти показатели варьировали в 1,5–2 раза в шроте и жмыхе. Ряды, выстроенные по средним значениям содержаний, совпадали и имели следующий вид: ЦИТ, ЦПК, МФК (75–97 мкг/кг) > ОА (14 и 16 мкг/кг) > СТЕ (7 мкг/кг). Медианы и пороговые концентрации для 90% значений (90%-й перцентиль) по всем контаминантам были

Таблица 1
Микотоксины в подсолнечном шроте (обобщенные данные 2009–2019 гг.)

Table 1
Mycotoxins in sunflower meal (summary data for 2009–2019)

Токсин	Встречаемость n^+/n (%)	Содержание, мкг/кг				
		диапазон		среднее значение	медиана	90%-й перцентиль
		мин.	макс.			
Т-2	15/70 (21,4)	4	16	9	9	13
ДОН	1/70 (1,4)	375	–	–	–	–
ДАС	0/34	–	–	–	–	–
ЗЕН	1/70 (1,4)	66	–	–	–	–
ФУМ	0/33	–	–	–	–	–
АОЛ	57/68 (83,8)	19	1990	306	104	839,2
ОА	48/70 (68,6)	4	93	14	10	25,6
ЦИТ	29/67 (43,3)	20	1020	87	44	106,2
АВ ₁	0/41	–	–	–	–	–
СТЕ	5/48 (10,4)	4	12	7	6	11,2
ЦПК	11/58 (19,0)	50	123	77	72	109
МФК	32/61 (52,5)	24	379	75	44	179,1
ЭА	1/43 (2,3)	11	–	–	–	–
ЭМО	29/54 (53,7)	15	278	72	52	159,2

n – число исследованных образцов (number of tested samples);

n^+ – число образцов, содержащих микотоксин (number of mycotoxin-containing samples).

Таблица 2
Микотоксины в подсолнечном жмыхе (обобщенные данные 2009–2019 гг.)

Table 2
Mycotoxins in sunflower meal (summary data for 2009–2019)

Токсин	Встречаемость n^+/n (%)	Содержание, мкг/кг				
		диапазон		среднее значение	медиана	90%-й процентиль
		мин.	макс.			
Т-2	19/51 (37,3)	5	25	12	10	18,4
ДОН	0/51	–	–	–	–	–
ДАС	0/23	–	–	–	–	–
ЗЕН	0/51	–	–	–	–	–
ФУМ	0/16	–	–	–	–	–
АОЛ	41/50 (82,0)	20	953	193	79	536
ОА	32/51 (62,7)	4	62	16	9,5	36,8
ЦИТ	11/51 (21,6)	20	126	80	79	126
АВ ₁	0/29	–	–	–	–	–
СТЕ	10/39 (25,6)	4	11	7	5,5	9,2
ЦПК	21/39	50	142	81	71	120
МФК	9/44 (53,8)	20	334	97	63	222,8
ЭА	3/33 (9,1)	5	40	19	–	–
ЭМО	17/30 (56,7)	10	5000	369,5	59	229,4

n – число исследованных образцов (number of tested samples);

n^+ – число образцов, содержащих микотоксин (number of mycotoxin-containing samples).

ниже средних и максимальных значений, что указывало на несимметричность распределения количеств со случаями накопления, превышающими типичные для каждой выборки.

Таким образом, согласно полученным данным, подсолнечный шрот и жмых характеризуются множественным по составу сходным комплексом контаминантов, включающим АОЛ, Т-2, ОА, ЦИТ, ЦПК, СТЕ, МФК и ЭМО, частота встречаемости которых варьирует от 10,4 до 83,8%. Это дает все основания отнести оба вида вышеназванной продукции к сырью повышенного риска. Следует отметить, что другими авторами по результатам анализа, проведенного в 2008–2010 гг. по меньшей группе показателей, включающей Т-2, ДОН, ЗЕН, ФУМ, ОА и АВ₁, на сопоставимых выборках подсолнечного шрота и жмыха из хозяйств и предприятий европейской части страны, было выявлено, что микотоксины, кроме отсутствующего ФУМ, крайне редки (выявляются с частотой от 1,9 до 2,7%) и шрот отличается от жмыха обширной, на порядок большей, загрязненностью АВ₁ (28,6%) [7]. Такие расхождения в оценке следует признать весьма неожиданными и трудно поддающимися каким-либо объяснениям.

Соевый шрот в отечественном кормопроизводстве относится к основным видам сырья от переработки соевых бобов, гораздо реже используются жмых и экструдированная полножирная соя. Обобщение и результаты исследования контаминации микотоксинами этой продукции по полному перечню из 14 по-

казателей (рис. 1) приводятся в этой работе впервые. Для соевого шрота на выборке из 49 образца полное подтверждение получил ранее установленный факт меньшей контаминации микотоксинами в сравнении с продукцией от переработки семян подсолнечника [1, 2]. Встречаемость, равную 10% и выше, имели только Т-2, ЭА и ЭМО, не были найдены ДАС, ОА и ЦИТ, остальные токсины хотя и детектировали, но реже и со средними содержаниями на уровне десятков мкг/кг. Только для МФК в отдельных образцах концентрации превышали этот порог и составляли 337 и 1255 мкг/кг (рис. 1А). Для соевого жмыха и сои полножирной по выборке, включающей 31 образец, наблюдались признаки сходства, такие как отсутствие ДАС, присутствие Т-2 и ЭМО с частотой более 10% и меньшая встречаемость ЗЕН и АОЛ, но при этом выявляли и отчетливые отличия (рис. 1Б). Среди них не только увеличенная частота контаминации Т-2, ДОН, ФУМ, ЭМО и интенсивности накопления ДОН, ФУМ, но также детектирование ОА и ЦИТ, хотя и в малых количествах, близких порогу обнаружения метода, и отсутствие ряда токсинов – АВ₁, СТЕ, ЦПК, МФК и ЭА.

Можно допустить, что наблюдаемые смещения в характере контаминации жмыха и полножирной сои в сравнении со шротом связаны с разным происхождением сырья, а также вызваны влиянием условий транспортировки и хранения партий. Столь же заметные колебания результатов, по-видимому, возможны и для шрота, также поступающего с географически

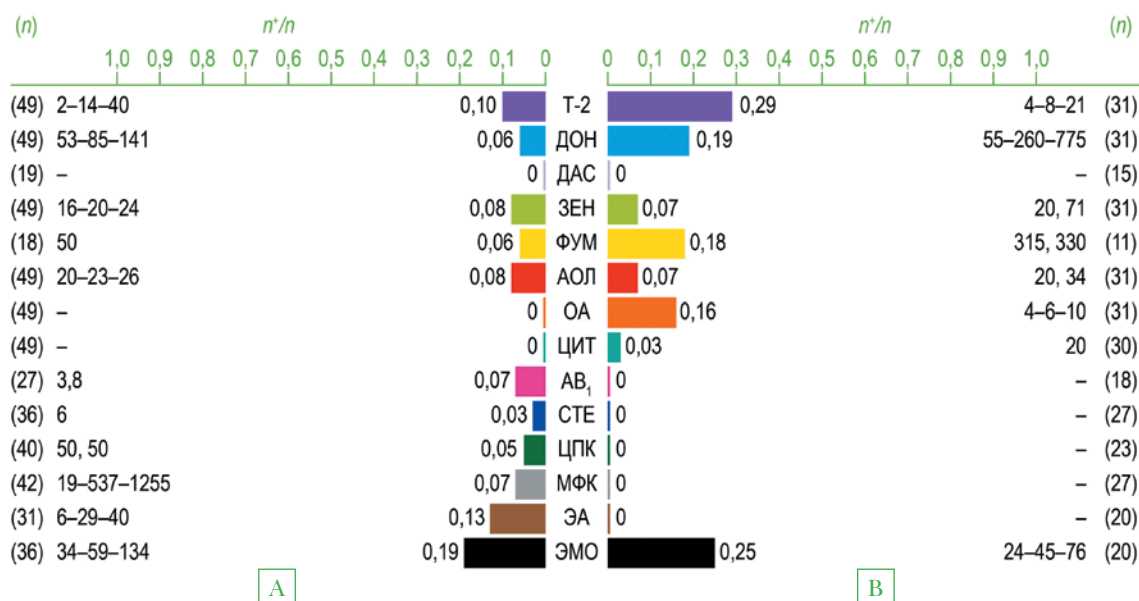


Рис. 1. Встречаемость (n+/n) и содержание микотоксинов (мкг/кг, мин. – среднее – макс.) в соевом шроте (А), соевом жмыхе и сое полножирной (В)

Fig. 1. Mycotoxin occurrence (n+/n) and content (µg/kg, min – average – max) in soybean meal (A), soybean cake and full-fat soybean (B)

удаленных территорий. Действительно, по данным работы Н. Страшилиной и соавт., для 166 образцов шрота, происхождение которых не уточнялось, загрязненность АВ₁ составила 100%, все анализированные фузариотоксины (Т-2, ЗЕН, ДОН и ФУМ) встречались с частотой от 20,9 до 28,6%, а ОА обнаружили в 2,2% случаев [7].

В целом спектр микотоксинов, способных участвовать в контаминации продуктов переработки сои, достаточно широк и вполне согласуется с результатами изучения микобиоты семян этой культуры. По данным

Словацкого сельскохозяйственного университета в городе Нитра (Slovak University of Agriculture in Nitra), в микобиоте кормовой сои, отобранной для анализа в агрофирмах этой страны, были широко представлены грибы *Aspergillus* и *Penicillium* и им сопутствовали представители родов *Cladosporium*, *Alternaria* и *Fusarium* [8]. Возможность бессимптомного заселения сои грибом *Fusarium verticillioides*, способным к биосинтезу ФУМ, показана недавно американскими исследователями [9]. Преобладание вида *Alternaria alternata*, продуцирующего АОЛ, и присутствие этого токсина показано в соевых бобах

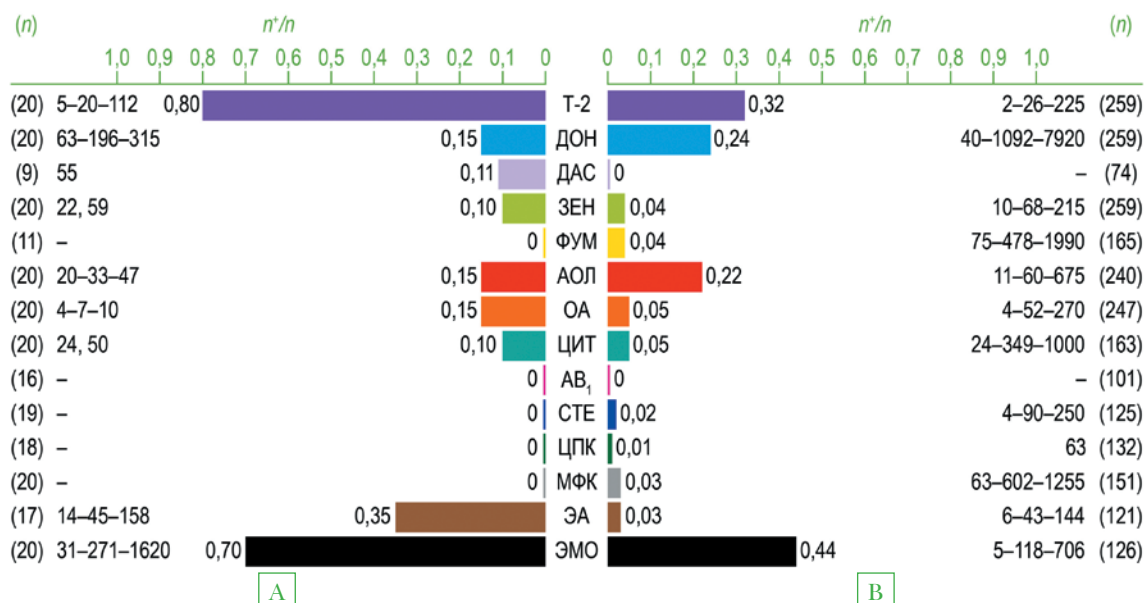


Рис. 2. Встречаемость (n+/n) и содержание микотоксинов (мкг/кг, мин. – среднее – макс.) в пшеничных отрубях (А) и в зерне пшеницы (В) (цит. по сообщению 2)

Fig. 2. Mycotoxin occurrence (n+/n) and content (µg/kg, min – average – max) in wheat bran (A) and wheat grain (B) (cit. for Part 2)

из Аргентины [10, 11]. В соевых отрубях, которые являются одним из важнейших компонентов кормов в Бразилии, выявлено частое присутствие грибов *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*), *Penicillium* (14,93%), а также *Fusarium* (3,25%) [12]. В семенах сои и соевой муке, импортированных в Армению из США, Канады, Испании и Греции, идентифицировано несколько потенциально токсигенных видов рода *Aspergillus* при редкой встречаемости *Penicillium cyclopium*, *P. lanosum* и *Fusarium moniliforme*, при этом в 6 из 17 образцов был найден АВ₁ (7–50 мкг/кг), в единичных – СТЕ (150 мкг/кг) и ЗЕН (2000 мкг/кг) [13]. Характер и интенсивность контаминации микотоксинами агропродукции из соевых бобов, несомненно, определяется сочетанием многих почвенно-климатических и экологических факторов.

Последние десятилетия отмечены расширением ареала возделывания сои в умеренные широты, и актуальность изучения ее контаминации остается весьма высокой, однако работы в этом направлении крайне малочисленны. Недавно в семенах из коллекционных и селекционных посадок сои в Беларуси идентифицирован вид *Alternaria alternata*, а также отдельные представители родов *Cladosporium* и *Fusarium* [14]. В России назрела необходимость комплексного микотоксикологического обследования сои не только в регионах ее традиционного выращивания, но и на активно осваиваемых территориях – в Белгородской, Ростовской областях, Алтайском и Ставропольском краях, Республике Адыгея, Республике Татарстан. Несомненную значимость имеет накопление в стране информации относительно других перспективных видов кормовой продукции от переработки семян масличных культур, в частности хлопчатника [15] и рапса. В 2018 г. при развернутом анализе образца рапсового жмыха, полученного из Краснодарского края, нами выявлены только ЦПК и ЭМО в малых количествах – 50 и 32 мкг/кг.

Анализ 20 образцов пшеничных отрубей показал, что характер распределения микотоксинов по частоте встречаемости Т-2, ЭМО > ДОН, АОЛ, ОА (рис. 2А) соответствует найденному для зерна пшеницы (рис. 2Б). ДАС, ЗЕН, ФУМ, АВ₁ и ЦПК детектировать не удалось, а ОА, ЦИТ, СТЕ, МФК, ЭА были определены в единичных образцах. Среди особенностей можно отметить заметно большее число случаев выявления Т-2, ЭА и обнаружение ДАС.

Несмотря на малую выборку, полученные сведения могут послужить основой для будущих научных проектов, направленных на изучение характера распределения микотоксинов во фракциях, отделяемых при выработке пшеничной муки и круп. Исходные данные мониторинга с указанием вида сырья, его происхождения и года поступления образцов представлены в электронном виде в разделе «Дополнительные материалы» по адресу <http://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219>.

К сожалению, в нашей стране до сих пор остается неясной ситуация по загрязненности микотоксинами зерновой барды, которую получают сушкой и гранулированием отходов спиртового производства и все чаще используют для ввода в комбикорма. Тем не менее данные американских исследователей указывают на множественную и интенсивную контаминацию высушенного остатка ферментированного зерна с растворимыми веществами (distillers dried grains with solubles, DDGS) – ДОН, ЗЕН и ФУМ были выявлены в 70–90% образцов, при этом их концентрации дости-

жали значений 13 920, 8107 и 9042 мкг/кг, нередко также обнаруживали АВ₁ и Т-2 на уровнях до 89 и 226 мкг/кг соответственно [16]. В указанный период мы не имели возможности продолжить микотоксикологическое обследование глютенных кормов, весьма востребованных побочных продуктов крахмалопаточных комбинатов. В 2015 и 2016 гг. на анализ в лабораторию поступили два образца кукурузного глютена из Китайской Народной Республики, в одном из которых сочетанно присутствовали фузариотоксины Т-2, ДОН, ЗЕН, ФУМ и СТЕ в количествах 145, 1860, 1080, 1260 и 11 мкг/кг соответственно, а в другом содержание ДОН и ЗЕН составляло 2320 и 2230 мкг/кг. Полученные сведения и предварительные результаты [2, 7], указывающие на интенсивную множественную контаминацию данного продукта, а также сочетанная загрязненность зерна кукурузы (см. сообщение 2) свидетельствуют о необходимости обязательного контроля кукурузного глютена по полному перечню показателей. Недостаточно внимания уделяется и другим видам продукции от комплексной переработки кукурузного зерна, все активнее применяемым в кормопроизводстве, таким как сухой кукурузный зародыш, а также жмых и шрот кукурузного зародыша. Тем не менее в 16 образцах жмыха кукурузного зародыша, полученных в 2009–2010 гг. из хозяйств европейской части страны, контаминация Т-2, ДОН, ЗЕН, ФУМ, ОА и АВ₁ оказалась весьма значительной при частоте встречаемости от 43,8 до 75% [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе обширного мониторинга, проведенного в режиме ежегодного сбора данных за период с 2009 по 2019 г., получено подтверждение множественной контаминации микотоксинами подсолнечного шрота и подсолнечного жмыха с участием альтернариола, Т-2 токсина, охратоксина А, цитринина, циклопиазоновой кислоты, стеригматоцистина, микофеноловой кислоты и эмолина при частоте встречаемости от 10,4 до 83,8%, что позволяет отнести их к группе повышенного риска. Для безопасного использования сырья на основе соевых бобов следует признать целесообразным внедрение региональных мониторинговых проектов на территориях интенсивного возделывания этой культуры и ее промышленной переработки, а также организацию регулярного обследования импортируемых партий жмыха и шрота в связи с возможностью обнаружения широкого спектра микотоксинов. Впервые описанные для пшеничных отрубей случаи выявления диацетоксисцирпенола и частая встречаемость Т-2 токсина, эмолина и эргоалкалоидов указывают на необходимость введения обязательного входного контроля этой продукции на комбикормовых предприятиях.

Дополнительные материалы к этой статье (учетные формы с базой данных) можно найти по адресу <http://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219>.

Additional materials to the paper (records forms with database) can be found at <http://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (п. п. 8–12, 16 см. REFERENCES)

1. Буркин А. А., Кононенко Г. П. Микотоксины в кормовом сырье растительного происхождения. *Современная микология в России: тезисы докладов I съезда микологов России*. М.: Нац. акад. микол.; 2002; 263.

2. Кононенко Г. П., Буркин А. А. Микотоксикологический контроль кормового сырья и комбикормов. *Актуальные проблемы ветеринарной фармакологии, токсикологии и фармации: материалы съезда фармакологов и токсикологов России*. СПб.; 2011; 242–244. eLIBRARY ID: 42888720.

3. Буркин А. А., Устюжанина М. И., Зотова Е. В., Кононенко Г. П. Причины контаминации производственных партий семян подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) микотоксинами. *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53 (5): 969–976. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.969rus.

4. Зотова Е. В., Кононенко Г. П., Буркин А. А. Микотоксины в подсолнечнике (*Helianthus annuus* L.): компонентный состав и распределение по растению. *Современная микология в России*. 2017; 7: 202–204. DOI: 10.14427/cmr.2017.vii.13.

5. Кононенко Г. П., Устюжанина М. И., Буркин А. А. Проблема безопасного использования подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) для пищевых и кормовых целей (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53 (3): 485–498. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.485rus.

6. ГОСТ 31653-2012 Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов. М.: Стандартинформ; 2012. 11 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095352>.

7. Страшила Н., Головня Е., Филиппов М. Мониторинг микотоксинов в сырье и комбикорме. *Комбикорма*. 2010; 8: 63–66. eLIBRARY ID: 16544175.

13. Осипян Л. Л., Григорян К. М., Юсеф О. А. Загрязненность семян сои и соевой муки микромицетами и микотоксинами. *Микология и фитопатология*. 2002; 36 (1): 43–47. Режим доступа: https://www.binran.ru/files/journals/MiF/MiF_2002_36_1.pdf.

14. Суворова И. М., Поликсенова В. Д. Микобиота на культуре сои в Беларуси. *Иммунология, аллергология, инфектология*. 2009; 1: 109.

15. Кононенко Г. П., Пирязева Е. А., Зотова Е. В., Разоков Ш. И., Мирзоев Д. М. Микотоксины и токсинпродуцирующие микроскопические грибы в хлопковом жмыхе из Таджикистана. *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2019; 1 (29): 31–38. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201901005.

REFERENCES

1. Burkin A. A., Kononenko G. P. Mycotoxins in feed raw materials of plant origin [Mikotoksiny v kormovom syr'e rastitel'nogo proiskhozhdeniya]. *Current Mycology in Russia: 1st Congress of Russian Mycologists* (abstracts). M.: National Academy of Mycology; 2002; 263. (in Russian)

2. Kononenko G. P., Burkin A. A. Mycotoxicological control of raw feed materials and mixed feed. *Current aspects of veterinary pharmacology, toxicology and pharmacy: Proceedings of the Congress of Russian Pharmacologists and Toxicologists*. St-P.; 2011: 242–244. eLIBRARY ID: 42888720. (in Russian)

3. Burkin A. A., Ustyuzhanina M. I., Zotova E. V., Kononenko G. P. Reasons of contamination of production lots of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds by mycotoxins. *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]*. 2018; 53 (5): 969–976. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.969rus. (in Russian)

4. Zotova E. V., Kononenko G. P., Burkin A. A. Mycotoxins in sunflower (*Helianthus annuus* L.): component composition and distribution in different parts of the plant [Mikotoksiny v podsolnechnike (*Helianthus annuus* L.): komponentnyj sostav i raspredelenie po rasteniyu]. *Current Mycology in Russia*. 2017; 7: 202–204. DOI: 10.14427/cmr.2017.vii.13. (in Russian)

5. Kononenko G. P., Ustyuzhanina M. I., Burkin A. A. The problem of safe sunflower (*Helianthus annuus* L.) use for food and fodder purposes. *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]*. 2018; 53 (3): 485–498. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.485rus. (in Russian)

6. GOST 31653-2012 Feed. Immunoenzyme method for mycotoxin detection. M.: Standardinform; 2012. 11 p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200095352>. (in Russian)

7. Strashilina N., Golovnya E., Filippov M. Monitoring of mycotoxins in raw materials and compound feeds. [Monitoring mikotoksinov v syr'e i kombikorme]. *Compound Feeds*. 2010; 8: 63–66. eLIBRARY ID: 16544175. (in Russian)

8. Kacániová M. Feeding soybean colonization by microscopic fungi. *Trakya Univ. J. Sci.* 2003; 4 (2): 165–168. DIC: 86MKNS12030104.

9. Kendra D. F. Asymptomatic colonization of soybean (*Glycine max*) by *Fusarium verticillioides*. *The World Mycotoxin forum – the fifth conference*. 17–18 November 2008. Netherlands; 119.

10. Broggi L. E., González H. H. L., Resnik S. L., Pacin A. *Alternaria alternata* prevalence in cereal grains and soybean seeds from Entre Rios, Argentina. *Rev. Iberoam. Micol.* 2007; 24: 47–51. DOI: 10.1016/s1130-1406(07)70012-8.

11. Oviedo M. S., Barros G. G., Chulze S. N., Ramirez M. L. Natural occurrence of alternariol and alternariol monomethyl ether in soya beans. *Mycotoxin Res.* 2012; 28: 169–174. DOI: 10.1007/s12550-012-0132-0.

12. Verdi S. R., Barbosa M., Norres V. S. Microbiological quality of soya bran used in animal nutrition. *Higiene Alimentar.* 2000; 14 (68/69): 101–106.

13. Osipyanyan L. L., Grigoryan K. M., Yusef O. A. Contamination of soya seeds and soya flour by micromycetes and mycotoxins. *Mycology and Phytopathology [Mikologiya i Fitopatologiya]* 2002; 36 (1): 43–47. Available at: https://www.binran.ru/files/journals/MiF/MiF_2002_36_1.pdf. (in Russian)

14. Suvorova I. M., Poliksenova V. D. Mycobiota of soybean in Belarus [Mikobiota na kul'ture soi v Belarusi]. *International Journal of Immunopathology, Allergy, Infectology*. 2009; 1: 109. (in Russian)

15. Kononenko G. P., Piryazeva E. A., Zotova E. V., Razokov Sh. I., Mirzoev D. M. Mycotoxins and toxin-producing microscopic fungi in cotton-seed cake from Tajikistan. *Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*. 2019; 1 (29): 31–38. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201901005. (in Russian)

16. Griessler K., Hofstetter U. Worldwide occurrence of various mycotoxins in DDGS samples. *The World Mycotoxin forum – the fifth conference*. 17–18 November 2008, Netherland; 93.

Поступила 29.06.2020

Принята в печать 17.07.2020

Received on 29.06.2020

Approved for publication on 17.07.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кононенко Галина Пантелеевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией микотоксикологии и санитарии кормов ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия.

Буркин Алексей Анатольевич, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия.

Зотова Елена Владимировна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия.

Galina P. Kononenko, Doctor of Science (Biology), Professor, Head of Laboratory for Mycotoxicology and Feed Hygiene, ARRIVSHE – Branch of the FSFSI FSC ARRIEVM RAS, Moscow, Russia.

Alexey A. Burkin, Candidate of Science (Medicine), Leading Researcher, ARRIVSHE – Branch of the FSFSI FSC ARRIEVM RAS, Moscow, Russia.

Yelena V. Zotova, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, ARRIVSHE – Branch of the FSFSI FSC ARRIEVM RAS, Moscow, Russia.