



## РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКОТОКСИНОВ В КОРМОВОМ ТРАВСТОЕ И СИЛОСЕ

Г. Ю. ЛАПТЕВ, доктор биологических наук,  
Н. И. НОВИКОВА, кандидат биологических наук,  
Л. А. ИЛЬИНА, кандидат биологических наук,  
Е. А. ЙЫЛДЫРЫМ, кандидат биологических наук,  
И. Н. НИКОНОВ, главный специалист,  
В. А. ФИЛИППОВА, биотехнолог,  
Е. А. БРАЖНИК, ветеринарный контролер, ООО «Биотроф+»  
(192288, г. Санкт-Петербург, а/я 183),  
Е. А. КОРОЧКИНА,  
кандидат ветеринарных наук, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины  
(196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5)

**Ключевые слова:** микотоксины, кормовой травостой, силос, предельно-допустимые концентрации микотоксинов.

Впервые проанализировано содержание микотоксинов (афлатоксинов, дезоксиниваленола, охратоксина, зеараленона, Т-2-токсина и фумонизина) в кормовом растительном сырье в период роста (46 проб) из хозяйств Ленинградской области и силосе (71 проба) из хозяйств Ленинградской, Ярославской областей и Краснодарского края. Исследования по анализу накопления микотоксинов в кормовом растительном сырье и готовом силосе были проведены в лаборатории ООО «БИОТРОФ» в 2014 г. Для эксперимента были отобраны следующие кормовые культуры: смесь клевера лугового и тимофеевки луговой, ежа сборная, люцерна посевная, тритикале, смесь озимых зерновых и тритикале, смесь многолетних бобовых трав и многолетних злаковых трав. Анализ накопления микотоксинов в кормовом растительном сырье и силосе показал, что поражение микотоксинами кормовых культур происходит уже на стадии роста растений в результате развития как «полевых», так и «амбарных» грибов. В готовом силосе содержание охратоксина и зеараленона увеличивается по сравнению с травостоем, афлатоксина и Т-токсина — остается неизменным, ДОН — снижается. Установлено, что в 100 % случаев предельно допустимые концентрации микотоксинов в растительном сырье и силосе были превышены. Для заготовки качественного силоса необходимо принимать двусторонние меры: воздействовать на снижение «полевых» грибов на стадии роста растений, в том числе применяя системы чередования культур, а также оказывать влияние на уменьшение количества микотоксинов в процессе хранения, применяя консервирующие препараты с мощной антифунгальной активностью.

## SPREAD OF MYCOTOXINS IN FORAGE PLANTS AND SILAGE

G. YU. LAPTEV, doctor of biological sciences,  
N. I. NOVIKOVA, candidate of biological sciences,  
L. A. ILINA, candidate of biological sciences,  
E. A. YYLDYRYM, candidate of biological sciences,  
I. N. NIKONOV, chief specialist,  
E. A. BRAZHNIK, veterinary inspector, LLC “Biotroph+”  
(183 PO Box, 192288, St. Petersburg),  
E. A. KOROSHKINA,  
candidate of veterinary sciences, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine  
(5 Chernigovskaya Str., 196084, St. Petersburg)

**Keywords:** mycotoxins, forage plants, silage, maximum limit of mycotoxins content.

The mycotoxins (aflatoxins, ochratoxin, deoxynivalenol, zearalenone, T-2 toxin and fumonisin) in forage plants (46 samples) from the farms of Leningradskaya oblast and silage (71 samples) from the farms of Leningradskaya, Yaroslavskaya oblast and Krasnodarskiy region were analyzed. Studies on the analysis of the accumulation of mycotoxins in feed plant material and finished silo were conducted in the laboratory of Ltd. “BIOTROPH” in 2014 for the experiment were selected following forage crops: a mixture of red clover and timothy grass, orchard grass, alfalfa, triticale, winter grain mixture and triticale, a mixture of perennial legumes and perennial grasses. Analysis of the accumulation of mycotoxins in feed plant material and silage showed that mycotoxins already were occurred in forage plants as result of fungal attacks during the growing season and later in the silages if conditions were suitable for mold growth. In the mature silage contents of ochratoxin and zearalenone increased compared with forage plants, aflatoxin and T-toxin — remains unchanged, DON — reduced. It was established that the excess of the maximum limit of mycotoxins content was detected in 100 % analyzed forage plants and silage samples. For work piece quality silage should take bilateral action: impact on reducing the «field» of fungi on the growth stage of the plant, including applying the system of crop rotation, as well as influence on the reduction of mycotoxins during storage, using preservative agents with potent antifungal activity.

Положительная рецензия представлена И. И. Новиковой, доктором биологических наук, ведущим научным сотрудником Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений Россельхозакадемии.



В условиях интенсификации животноводческой отрасли проблема санитарного качества кормов собственной заготовки приобретает особую актуальность. В результате использования некачественного силоса животные испытывают дефицит питательных веществ, что непременно сказывается на их продуктивности, здоровье и сдерживает увеличение рентабельности производства.

Проблемы, связанные с неполноценным кормлением, сопряжены в первую очередь с несоблюдением технологий выращивания и хранения кормового растительного сырья.

Как известно, помимо ухудшения биохимических показателей качества, следствием неправильной заготовки является загрязнение силоса микотоксинами — продуктами жизнедеятельности плесневых грибов [1].

Снижение содержания микотоксинов в сырье — серьезная проблема, пути решения которой ищут специалисты практически во всем мире. Ее актуальность и значимость связана с тем, что поступление микотоксинов в организм с кормами вызывает ухудшение продуктивности, репродуктивности и иммунного состояния — заболевания, объединенные под общим названием микотоксикозы [2, 3].

Традиционно считается, что проблема микотоксикозов и зараженности кормов микотоксинами для крупного рогатого скота менее актуальна, чем для птицы и свиней. Однако было установлено, что некоторые микотоксины обладают ярко выраженными антимикробными свойствами, вызывая снижение численности полезных микроорганизмов, в том числе целлюлозолитиков, бацилл, лактат-утилизирующих бактерий [1].

#### **Цель и методика исследований.**

На сегодняшний день практически отсутствуют сведения по распространению микотоксинов в травостое в период роста, а также в сочных кормах, поскольку в России не проводится систематический мониторинг их присутствия.

В связи с этим сотрудники компании ООО «БИОТРОФ» в 2014 г. впервые обратили внимание на проблему наличия микотоксинов в кормовом травостое и в готовом силосе.

Исследования по анализу накопления микотоксинов в кормовом растительном сырье и готовом силосе были проведены в лаборатории ООО «БИОТРОФ» в 2014 г. Для эксперимента были отобраны следующие кормовые культуры: смесь клевера лугового и тимофеевки луговой, ежа сборная, люцерна посевная, тритикале, смесь озимых зерновых и тритикале, смесь многолетних бобовых трав и многолетних злаковых трав. Анализ содержания микотоксинов был проведен в 46 пробах кормового растительного сырья из 9 животноводческих хозяйств Ленинградской области и 71 пробе готового силоса из 17 животноводческих хозяйств Ленинградской, Ярославской областей и Краснодарского края.

Анализ количества микотоксинов (афлатоксины, охратоксина, Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола (ДОН) в образцах кормового растительного сырья и силоса проводили с использованием иммуноферментного метода (ИФА) согласно ГОСТ 31653-2012 [4].

Микотоксины, за исключением ДОН, экстрагировали из проб 70 %-м метанолом, ДОН — дистиллированной водой. Экстракт образца (или стандарты) и конъюгированные с ферментом микотоксины смешивали, затем вносили в микролунки, содержащие антитела, промывали и добавляли ферментный субстрат. Интенсивность окрашивания субстрата была обратно пропорциональна концентрации микотоксина в образце или стандарте. Далее добавляли остановочный раствор и измеряли оптическую плотность при длине волны 450 нм с использованием микрострипового фотометра STAT FAX 303 PLUS. Оптическую плотность образца сравнивали с оптической плотностью стандартов.

Количество микотоксинов сравнивали с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) Требований Комиссии таможенного союза 18 июня 2010 г. № 317, составляющие для афлатоксинов — 0,004 мг/кг, охратоксина — 0,005 мг/кг, Т-2 токсина — 0,06 мг/кг, зеараленона — 0,1 мг/кг, ДОН — 1,0 мг/кг [5].

Математическую и статистическую обработки результатов проводили стандартными методами дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения EXCEL 2010.

#### **Результаты исследований.**

Присутствие микотоксинов было зафиксировано во всех образцах травостоя из 9 животноводческих хозяйств Ленинградской области и силоса из 17 хозяйств Ленинградской, Ярославской областей и Краснодарского края. В исследованных образцах было выявлено наличие следующих микотоксинов: афлатоксины, дезоксиниваленол, охратоксин, зеараленон, Т-2 токсин и фумонизин — с высокими уровнями накопления.

Превышение уровня ПДК по содержанию отдельных микотоксинов на различных кормовых культурах в период роста было обнаружено в 11,8–100 % случаев (табл. 1), в готовом силосе из хозяйств Ленинградской области — 29–82 %, Ярославской области — 22–100 %, Краснодарского края — 7–100 % (табл. 2).

В отдельных случаях концентрации микотоксинов достигали значений, во много раз превосходящих максимально допустимые уровни: в травостое — до 20 раз, в готовом силосе — до 23,0 раз.

Доминирующими среди сочетания различных микотоксинов в травостое были афлатоксины, Т-2 токсин и ДОН с превышениями ПДК в среднем от 1,4 до 4,3 раз. При этом в готовом силосе доминирующими были афлатоксины, охратоксин и Т-2 токсин со значительными превышениями предельно допустимых концентраций: в 2,7, в 10,1 и в 1,9 раз соответственно в Ленинградской области, в 2,9, в 10,5 и в 1,8 раз — в Ярославской области, в 1,9, в 8,2 и в 4 раза — в Краснодарском крае.

Анализ накопления отдельных микотоксинов показал, что в готовом силосе (из хозяйств Ленинградской области) по сравнению с травостоем количество проб с превышением ПДК, пораженных афлатоксинами и Т-2 токсином находится примерно на одном и том же уровне, тогда как пораженных охратоксином и зеараленоном — увеличивается в среднем в 2,9 и 3,9 раза соответственно, ДОН — снижается в среднем в 2,6 раза. Стоит отметить, что превышение ПДК по зеараленону наблюдается в го-



Таблица 1

Частота превышения уровня ПДК по микотоксинам в кормовом травостое

Микотоксин	Количество проб с превышением ПДК, %	Средний уровень превышения ПДК	Максимальный уровень превышения ПДК
Клевер луговой + тимopheевка луговая (17 проб)			
Афлатоксины	100	> ПДК в 4,3 раза	> ПДК 20,0 раз
Охратоксин	35,3	< ПДК	> в 2,0
Т-2 токсин	76,5	> ПДК в 2,0 раза	> в 4,6
Зеараленон	11,8	< ПДК	> в 1,5
ДОН	70,6	> ПДК в 2,2 раза	> в 5,3
Фумонизин	в 100 % проб (0,11–0,4 мг/кг)	Не нормируется	
Ежа сборная (5 проб)			
Афлатоксины	80	> ПДК в 1,8 раза	> ПДК 2,7 раз
Охратоксин	40	< ПДК	> в 1,8
Т-2 токсин	20	< ПДК	> в 1,6
Зеараленон	0	< ПДК	< ПДК
ДОН	80	> ПДК в 2,0 раза	> в 4,1
Фумонизин	в 100 % проб (0,27–0,36 мг/кг)	не нормируется	
Люцерна посевная (4 пробы)			
Афлатоксины	100	> ПДК в 2,5 раза	> ПДК 2,8 раз
Охратоксин	50	> ПДК в 1,4 раза	> в 1,8
Т-2 токсин	100	> ПДК в 1,4 раза	> в 1,6
Зеараленон	0	< ПДК	< ПДК
ДОН	100	> ПДК в 2,0 раза	> в 2,7
Тритикале (4 пробы)			
Афлатоксины	100	> ПДК в 3,5 раза	> ПДК 5,1 раз
Охратоксин	50	< ПДК	> в 1,9
Т-2 токсин	50	< ПДК	> в 1,2
Зеараленон	0	< ПДК	< ПДК
ДОН	100	> ПДК в 1,6 раза	> в 2,0
Смесь различных бобовых многолетних трав + смесь злаковых многолетних трав (овсяница луговая, райграс пастбищный, фестулолиум и др.) (13 проб)			
Афлатоксины	76,9	> ПДК в 2,2 раза	> ПДК 4,2 раза
Охратоксин	15,4	< ПДК	> в 1,8
Т-2 токсин	100	> ПДК в 1,5 раза	> в 2,4
Зеараленон	15,4	< ПДК	> в 1,1
ДОН	100	> ПДК в 2,0 раза	> в 4,7
Фумонизин	в 100 % проб (0,29–0,37 мг/кг)	не нормируется	
Озимые зерновые + тритикале (4 пробы)			
Афлатоксины	100	> ПДК в 4,6 раза	> ПДК 5,1 раз
Охратоксин	50	> ПДК в 1,2 раза	> в 1,4
Т-2 токсин	0	< ПДК	< ПДК
Зеараленон	0	< ПДК	< ПДК
ДОН	100	> ПДК в 1,3 раза	> в 1,6

товом силосе (из хозяйств Ленинградской области) в 50,1 % случаев. Тогда как в растениях ежи сборной, люцерны посевной, тритикале, смеси тритикале и озимых зерновых в период роста не было выявлено ни одного случая превышения ПДК по данному микотоксину. Растения клевера лугового с подсевом тимopheевки луговой, а также смесь различных бобовых многолетних трав со злаковыми многолетними травами в период роста были поражены зеараленонем лишь на 11,8 и 15,4 % соответственно.

**Выводы. Рекомендации.**

Таким образом, впервые показано, что поражение микотоксинами кормовых культур происходит уже на стадии роста растений в результате развития как «полевых» грибов рода *Fusarium*, так и «амбарных»

грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium*. В готовом силосе содержание охратоксина, продуцируемого «амбарными» грибами, увеличивается по сравнению с травостоем, что свидетельствует о создании благоприятных условий для синтеза данного токсина. При этом количество афлатоксина, продуцируемого «амбарными» грибами, в силосе находится на одном уровне по сравнению с травостоем. Вероятно, афлатоксин, продуцируемый «амбарными» грибами, претерпевает разложение в силосе под влиянием микроорганизмов.

Анализируя содержание микотоксинов, продуцируемых «полевыми» грибами, стоит обратить внимание, что в готовом силосе по сравнению с травостоем количество Т-2 токсина находится примерно на од-

Таблица 2

Частота превышения уровня ПДК по микотоксинам в силосе

Микотоксин	Количество проб с превышением ПДК, %	Средний уровень превышения ПДК	Максимальный уровень превышения ПДК
Ленинградская область (34 пробы)			
Афлатоксины	79,3	> ПДК в 2,8 раз	> ПДК в 5 раз
Охратоксин	82,4	> в 11,2	> в 23,0
Т-2 токсин	71,0	> в 2,6	> в 5,6
Зеараленон	50,1	> в 2,0	> в 3,3
ДОН	28,9	> в 1,9	> в 2,8
Ярославская область (22 пробы)			
Афлатоксины	86,3	> ПДК в 2,8 раз	> ПДК в 4,9 раз
Охратоксин	95,6	> в 11,2	> в 16,6
Т-2 токсин	100	> в 1,8	> в 3,3
Зеараленон	77,2	> в 1,6	> в 2,6
ДОН	22,4	> в 1,4	> в 2,1
Краснодарский край (15 проб)			
Афлатоксины	73,5	> ПДК в 2,0 раз	> ПДК в 2,4 раз
Охратоксин	100	> в 8,2	> в 15,4
Т-2 токсин	100	> в 3,3	> в 16,3
Зеараленон	6,6	> в 1,2	> в 1,2
ДОН	33,1	> в 2,5	> в 3,3

ном и том же уровне, зеараленон — увеличивается, ДОН — снижается в 2,6 раза.

Известно, что в результате резкого изменения условий окружающей среды (температуры, влажности, воздействия химических веществ) продуцирование микотоксинов микроскопическими грибами увеличивается [6, 7, 8, 9, 10]. Вероятно, воздействие условий окружающей среды в процессе силосования служит стрессовым фактором, провоцирующим активный синтез зеараленон «полевыми» грибами. Приведенные данные согласуются с результатами зарубежных исследователей [11, 12, 13], показавших, что зеараленон, Т-2 токсин и охратоксин в силосе разложению не подвержены, тогда как содержание

микотоксина ДОН значительно снижается в процессе силосования. Снижение количества ДОН в силосе, возможно, объясняется биодеструкцией данного микотоксина микроорганизмами, присутствующими в силосе.

Учитывая важность проблемы, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что для заготовки качественного силоса необходимо принимать двусторонние меры: воздействовать на снижение «полевых» грибов на стадии роста растений, в том числе применяя системы чередования культур, а также оказывать влияние на уменьшение количества микотоксинов в процессе хранения, применяя консервирующие препараты с мощной антифунгальной активностью.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда по научному проекту «Выявление био-разнообразия и трофического статуса микробиоты кормовых культур в связи с созданием качественных и биологически безопасных кормов» № 14-16-00114.

Литература

1. Диаз Д. Микотоксины и микотоксикозы. М. : Печатный город, 2006. 382 с.
2. Bennett J. W., Klich M. Mycotoxins // Clin. Microbiol. Rev. 2003. Vol. 16 (3). P. 497–516.
3. Streit E., Schatzmayr G., Tassis P., Tzika E., Marin D., Taranu I., Tabuc C., Nicolau A., Aprodu I., Puel O., Oswald I. P. Current Situation of Mycotoxin Contamination and Co-occurrence in Animal Feed-Focus on Europe wald // Toxins. 2012. Vol. 4 (10). P. 788–809.
4. ГОСТ 31653-2012. Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов.
5. Требования Комиссии таможенного союза 18 июня 2010 г. № 317.
6. Skladanka J., Adam V., Dolezal P., Nedelnik J., Kizek R., Linduskova H., Edison Jh., Mejia A., Nawrath A. How Do Grass Species, Season and Ensiling Influence Mycotoxin Content in Forage? // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2013. Vol. 10. P. 6084–6095.
7. D’Mello J. P. F., Macdonald A. M. C. Fungal toxins as disease elicitors // Environmental toxicology : current developments. Amsterdam, the Netherlands, Gordon and Breach Science Publishers, 1998. P. 253–289.
8. Simpson D. R., Weston G. E., Turner J. A., Jennings P., Nicholson P. Differential control of head blight pathogen of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination // European Journal of plant pathology. 2001. Vol. 107. P. 421–431.
9. Ramirez M. L., Reynoso M. M., Farnochi M. C., Chulze S. Vegetative compatibility and mycotoxin chemotypes among *Fusarium graminearum* (*Gibberella zeae*) isolates from wheat in Argentina // European Journal of Plant Pathology. 2006. Vol. 115. P. 139–148.
10. Ioos R., Belhadj A., Menez M., Faure A. The effects of fungicides on *Fusarium spp.* and *Microdochium nivale* and their associated trichothecene mycotoxins in French naturally-infected cereal grains // Crop Protection. 2005. Vol. 24. P. 894–902.
11. Lepom P., Baath H., Knabe O. Occurrence of *Fusarium* species and their mycotoxins in maize. The influence of silaging on the zearealene content of CCM maize // Archives of Animal Nutrition. 1988. Vol. 38. P. 817–823.





12. Richter W., Zimmermann N., Abriel M., Schuster M., Kölln-Höllrigl K., OstertagMeyer J., Bauer K. J., Spiekens H. Hygiene bayerischer Silagen : Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo // Schriftenreihe. Vol. 9. 2009. P. 130.  
 13. Driehuis F. Silage and the safety and quality of dairy foods : a review // Agricultural and Food Science. 2013. Vol. 22. P. 16–34.

#### References

1. Diaz D. Mycotoxins and mycotoxicosis. M. : Pechatniy gorod, 2006. 382 p.
2. Bennett J. W., Klich M. Mycotoxins // Clin. Microbiol. Rev. 2003. Vol. 16 (3). P. 497–516.
3. Streit E., Schatzmayr G., Tassis P., Tzika E., Marin D., Taranu I., Tabuc C., Nicolau A., Aprodu I., Puel O., Oswald I. P. Current Situation of Mycotoxin Contamination and Co-occurrence in Animal Feed-Focus on Europe wald // Toxins. 2012. Vol. 4 (10). P. 788–809.
4. StSt 31653-2012. Feed. Method of enzyme-linked immunosorbent determination of mycotoxins.
5. Requirements of the Commission of the Customs Union 18 June 2010 № 317.
6. Skladanka J., Adam V., Dolezal P., Nedelnik J., Kizek R., Linduskova H., Edison Jh., Mejia A., Nawrath A. How Do Grass Species, Season and Ensiling Influence Mycotoxin Content in Forage? // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2013. Vol. 10. P. 6084–6095.
7. D’Mello J. P. F., Macdonald A. M. C. Fungal toxins as disease elicitors // Environmental toxicology : current developments. Amsterdam, the Netherlands, Gordon and Breach Science Publishers, 1998. P. 253–289.
8. Simpson D. R., Weston G. E., Turner J. A., Jennings P., Nicholson P. Differential control of head blight pathogen of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination // European Journal of plant pathology. 2001. Vol. 107. P. 421–431.
9. Ramirez M. L., Reynoso M. M., Farnochi M. C., Chulze S. Vegetative compatibility and mycotoxin chemotypes among *Fusarium graminearum* (*Gibberella zeae*) isolates from wheat in Argentina // European Journal of Plant Pathology. 2006. Vol. 115. P. 139–148.
10. Ioos R., Belhadj A., Menez M., Faure A. The effects of fungicides on *Fusarium spp.* and *Microdochium nivale* and their associated trichothecene mycotoxins in French naturally-infected cereal grains // Crop Protection. 2005. Vol. 24. P. 894–902.
11. Lepom P., Baath H., Knabe O. Occurrence of *Fusarium* species and their mycotoxins in maize. The influence of silaging on the zearalenone content of CCM maize // Archives of Animal Nutrition. 1988. Vol. 38. P. 817–823.
12. Richter W., Zimmermann N., Abriel M., Schuster M., Kölln-Höllrigl K., OstertagMeyer J., Bauer K. J., Spiekens H. Hygiene bayerischer Silagen : Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo // Schriftenreihe. Vol. 9. 2009. P. 130.
13. Driehuis F. Silage and the safety and quality of dairy foods : a review // Agricultural and Food Science. 2013. Vol. 22. P. 16–34.