

Корма и рационы

УДК 639.111.4:636.085.19

doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.779rus

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКОТОКСИНОВ В КОРМАХ ЛЕТНЕГО ПАСТБИЩНОГО РАЦИОНА *Rangifer tarandus* В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ*Е.А. ЁЫЛДЫРЫМ¹, Л.А. ИЛЬИНА¹, К.А. ЛАЙШЕВ¹, В.А. ФИЛИПОВА¹,
А.В. ДУБРОВИН¹, Т.П. ДУНЯШЕВ¹, Г.Ю. ЛАПТЕВ¹, И.Н. НИКОНОВ²,
А.А. ЮЖАКОВ³, Т.М. РОМАНЕНКО⁴, Ю.П. ВЫЛКО⁴

В летне-осенний период основу кормовой базы *Rangifer tarandus* составляют до 300 видов высших растений, около 15 % приходится на долю лишайников. Показано, что в тканях некоторых высших растений и в почве под лишайниками присутствуют микромицеты, способные продуцировать микотоксины. В настоящей работе мы впервые оценили содержание микотоксинов для таких компонентов летних пастбищных рационов северных оленей, как *Salix borealis*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, *B. pendula*. Цель исследования заключалась в анализе распространения микотоксинов в компонентах летнего рациона северных оленей методом иммуоферментного анализа. Образцы лишайников родов *Cladonia* и *Nephroma*, высших растений видов *Salix borealis*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, *B. pendula*, а также смеси различных многолетних трав были отобраны в начале августа 2017 года на территориях тундровых и лесотундровых пастбищ, расположенных в поселке городского типа Харп (Приуральский р-н, Ямало-Ненецкий автономный округ), поселке Нельмин-Нос (Ненецкий АО) и сельском поселении Пушной (Кольский р-н, Мурманская обл.). Количество микотоксинов — афлатоксинов (АФЛА), охратоксина А (ОТА), Т-2-токсина (Т-2), зеараленона (ЗЕН), дезоксиниваленола (ДОН) — в пробах исследовали с применением иммуоферментного метода. В процессе микотоксикологической оценки компонентов летней кормовой базы северного оленя нами была обнаружена множественная контаминация исследованных объектов микотоксинами. В пробах представителей *Embryophyta* выявили большее количество токсичных метаболитов по сравнению с пробами лишайников родов *Cladonia* и *Nephroma*. Практически во всех пробах высших растений присутствовали Т-2, ЗЕН и ДОН, продуцируемые возбудителями фузариоза, который поражает вегетирующие растения, а также АФЛА и ОТА — метаболиты микромицетов *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., ранее считавшихся не адаптированными для роста и размножения на растительных тканях в период вегетации. Однако АФЛА и ОТА были наименее представленными практически на всех образцах. Интересно, что присутствие охратоксина А не выявили ни в одном из исследованных образцов лишайников. При этом практически во всех пробах доминировали фузариотоксины ДОН (накопление в лишайниках до 0,15 мг/кг, в пробах *Embryophyta* — до 33,8 мг/кг), а также ЗЕН (содержание соответственно до 0,1227 мг/кг и 2,543 мг/кг). Загрязнение образцов рода *Cladonia* микотоксинами практически не имело региональных различий, тогда как количество микотоксинов в пробах смеси многолетних трав и *V. uliginosum* варьировало в значительной степени в зависимости от места произрастания. Выявленные микотоксины присутствовали в концентрациях, которые могут представлять угрозу для здоровья животных.

Ключевые слова: *Rangifer tarandus*, корма, лишайники, микотоксины, ИФА.

Оленеводство в качестве продовольственной базы и источника шкурной, пантовой и эндокринно-ферментной продукции играет ведущую роль для регионов Арктической зоны Российской Федерации. Рацион *Rangifer tarandus* состоит преимущественно из малопитательных скудных растительных кормов. В зимне-весенний период доля лишайников в рационе возрастает до 70 %, лишь 30 % приходится на представителей *Embryophyta*. В летне-осенний период основу кормовой базы животных составляют до 300 видов высших растений (представители семейств *Salicaceae*, *Poaceae*, вида *Betula nana*, многолетних трав и др.), доля лишайников — не более 15 % (1).

Показано, что в тканях некоторых высших растений и в почве под лишайниками присутствуют микромицеты, способные продуцировать ми-

* Работа поддержана грантом РНФ № 17-76-20026 «Микробиоценоз рубца *Rangifer tarandus* Арктических регионов России как фундаментальная основа получения перспективных биотехнологий для сельскохозяйственных животных».

котоксины. Так, Т.Ю. Толпышевой (1) выявлено присутствие значительных количеств микромицетов рода *Penicillium* в почвах под лишайниками. Известно, что некоторые представители этого рода проявляют способность к выработке охратоксина А (2). А.А. Буркин с соавт. (3) обнаружили различные микотоксины (альтернариол, стеригматоцистин, микофеноловую кислоту, цитринин, циклопиазоновую кислоту и др.) в лишайниках, принадлежащих к 20 родам семейств *Cladoniaceae*, *Nephromataceae*, *Parmeliaceae*, *Umbilicariaceae*, *Peltigeraceae*, *Teloschistaceae*. Присутствие микромицетов — продуцентов микотоксинов в тканях древесных и кустарниковых пород, произрастающих в Арктической зоне России, ранее не отмечено. Тем не менее, факт распространения токсигенных микромицетов в многолетних травах, которые также составляют основу рациона северных оленей, широко изучен. А.С. Орина с соавт. (4) обнаружили в тканях многолетних трав значительное количество микромицетов рода *Fusarium*. Известно, что виды *F. sporotrichioides* и *F. langsethiae* способны к выработке Т-2-токсина, *F. culmorum* и *F. graminearum* — зеараленона, *F. culmorum* и *F. graminearum* продуцируют дезоксиниваленол (5).

У северных оленей (в отличие от крупного рогатого скот) физиология, в том числе состояние рубцовой микрофлоры, претерпевает гораздо меньшее антропогенное воздействие. По мнению ряда исследователей (6, 7), анаэробные микроорганизмы рубца северных оленей способны к детоксикации усниновой кислоты (8) и микотоксинов (1, 9), содержащихся в лишайниках. Однако продемонстрировано возникновение интоксикации у северных оленей вследствие потребления лишайников (10).

Публикации, касающиеся содержания токсичных метаболитов микромицетов на высших растениях — компонентах летних пастбищных рационов северных оленей, отсутствуют как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Изучение этой проблемы представляет значительный научный интерес.

В настоящей работе мы впервые выявили присутствие микотоксинов на таких компонентах летних пастбищных рационах северных оленей, как *Salix borealis*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, *B. pendula*.

Цель исследования заключалась в анализе распространения микотоксинов в компонентах летнего рациона северных оленей *Rangifer tarandus* методом иммуноферментного анализа.

Методика. Образцы компонентов летних рационов северных оленей отбирали в начале августа 2017 года на территории тундровых и лесотундровых пастбищ, расположенных в поселке городского типа Харп (Приуральский р-н, Ямало-Ненецкий автономный округ), поселке Нельмин-Нос (Ненецкий АО) и сельском поселении Пушной (Кольский р-н, Мурманская обл.). Лишайники родов *Cladonia* и *Nephroma*, высшие растения видов *Salix borealis* (ива северная), *Salix polaris* (ива полярная), *Vaccinium uliginosum* (голубика обыкновенная), *Betula nana* (береза карликовая), *B. pendula* (береза повислая), смесь многолетних трав отбирали в 3 повторностях. Сборы очищали от остатков других растений, почвы и коры.

Количество микотоксинов — афлатоксинов (АФЛА), охратоксина А (ОТА), Т-2-токсина (Т-2), зеараленона (ЗЕН), дезоксиниваленола (ДОН) в образцах исследовали с применением иммуноферментного метода, используя тест-системы AgraQuant («Romer Labs, Inc.», Австрия) согласно рекомендациям производителя. Микотоксины, за исключением ДОН, экстрагировали из проб 70 % метанолом, ДОН — дистиллированной водой. Стандартами служили растворы пяти анализируемых микотоксинов в известной концентрации. В качестве остановочного раствора при анализе

на наличие ЗЕН и Т-2 служила 10 % соляная кислота, АФЛА, ОТА и ДОН — 10 % фосфорная кислота. Оптическую плотность (OD) измеряли при $\lambda = 450$ нм с помощью микрострипового фотометра Stat Fax 303+ («Awareness Technology, Inc.», США).

Математическую (расчет значений выборочной средней M) и статистическую (расчет вероятности ошибки при отклонении нулевой гипотезы p , ошибки средних арифметических величин $\pm SEM$) обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010.

Результаты. Были сформированы многокомпонентные пробы, повторяющие состав усредненного летнего пастбищного рациона северных оленей (табл. 1).

Практически во всех исследованных пробах (как лишайников, так и высших растений) мы выявили присутствие микотоксинов (табл. 2). В России в настоящее время предельно допустимые концентрации (ПДК) микотоксинов для кормов северных оленей не установлены. В Единых ветеринарных (ветеринарно-санитарных) требованиях, предъявляемых к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору) (утверждены Решением Комиссии таможенного союза ЕврАзЭС от 18 июня 2010 года № 137), обозначены следующие ПДК в зерне, овсе, пшенице и ячмене: для АФЛА — 0,004 мг/кг, ОТА — 0,005 мг/кг, Т-2 — 0,06 мг/кг, ЗЕН — 0,1 мг/кг, ДОН — 1 мг/кг. В сравнении с этими показателями в большинстве исследованных нами проб было зафиксировано превышение ПДК по афлатоксинам, охратоксину А, Т-2-токсину, зеараленону и ДОН. Наблюдалось множественное загрязнение микотоксинами (минимум тремя) всех проб, что усиливало их токсическое действие на организм животных (4).

1. Состав многокомпонентных проб, повторяющих усредненный летний пастбищный рацион северных оленей *Rangifer tarandus* (Арктическая зона России, 2017 год)

Компонент	Доля компонента в общем рационе, %		
	п.г.т. Харп (тундра)	п. Пушной (лесотундра)	с.п. Нельмин-Нос (тундра)
<i>Cladonia</i>	5	10	10
<i>Nephroma</i>	5	—	—
<i>Salix borealis</i>	5	20	20
<i>Salix polaris</i>	15	—	—
<i>Vaccinium uliginosum</i>	10	—	5
<i>Betula nana</i>	25	20	15
<i>Betula pendula</i>	5	20	20
Смесь многолетних трав	30	30	30

Примечание. Прочерки означают, что компонент не был представлен в общем рационе.

При этом содержание микотоксинов в значительной степени варьировало в зависимости от видовой принадлежности объекта. В пробах высших растений обнаружили большее количество токсичных метаболитов по сравнению с пробами лишайников *Cladonia* и *Nephroma*. Более высокое количество микотоксинов в сравнении с таковым для лишайников в чистом виде выявили и в

многокомпонентных пробах, повторяющих усредненные летние рационы.

Практически во всех пробах высших растений было зафиксировано присутствие Т-2, ЗЕН и ДОН, продуцируемых возбудителями фузариоза (11), который поражает вегетирующие растения, а также АФЛА и ОТА — метаболитов *Aspergillus* sp. и *Penicillium* sp. (12). Тем не менее, в наших экспериментах АФЛА и ОТА были наименее представлены практически во всех пробах. Присутствие охратоксина А не выявили ни в одном из исследованных образцов лишайников. Почти во всех пробах доминировали фузариотоксины ДОН, продуцируемые *F. culmorum* и *F. graminearum*, с накоплением в лишайниках до 0,15 мг/кг, в *Embryophyta* — до 33,8 мг/кг, а также ЗЕН с содержанием соответственно до 0,1227 мг/кг и 2,543 мг/кг

2. Среднее содержание (мг/кг) микотоксинов в компонентах летнего рациона северных оленей *Rangifer tarandus* ($M \pm SEM$, Арктическая зона России, 2017 год)

Микотоксин	<i>Cladonia</i>	<i>Nephroma</i>	<i>Vaccinium uliginosum</i>	<i>Salix borealis</i>	Смесь многолетних трав	<i>Betula pendula</i>	<i>B. nana</i>	Смесь компонентов рациона
п.г.т. Харп (Приуральский р-н, Ямало-Ненецкий АО)								
АФЛА	0,005±0,0002*	0,003±0,0006	0,123±0,0190	0,129±0,0100	0,011±0,0047	0,111±0,0054*	—	0,089±0,0041**
ОТА	< п.д.о.	< п.д.о.	0,0371±0,00186*	0,0968±0,00800	0,0007±0,00003*	0,0895±0,00640	—	0,041±0,0036
Т-2	0,0385±0,00200*	0,0179±0,00083*	1,9690±0,09300*	1,0210±0,10000	0,0004±0,00008	0,4050±0,04700	—	0,1058±0,009
ЗЕН	0,04±0,002	0,12±0,009	2,54±0,110*	2,44±0,220	0,12±0,008	1,94±0,150	—	0,52±0,021*
ДОН	0,003±0,0003	0,150±0,0075*	10,300±0,9000	9,810±0,8700	1,550±0,07500*	< п.д.о.	—	1,700±0,0750*
п. Пушной (Кольский р-н, Мурманская обл.)								
АФЛА	0,003±0,0001*	—	—	0,067±0,0084	0,009±0,0004*	0,111±0,0080	0,107±0,0200	0,057±0,0021*
ОТА	< п.д.о.	—	—	0,0307±0,00140*	< п.д.о.	0,0601±0,00690	0,0540±0,00270*	0,0195±0,00310
Т-2	0,0098±0,00400	—	—	0,1770±0,03000	< п.д.о.	0,1484±0,00720*	0,1387±0,01200	0,0288±0,00110*
ЗЕН	0,09±0,004*	—	—	0,56±0,040	0,13±0,008	1483,00±97,600	0,90±0,039*	0,49±0,047
ДОН	< п.д.о.	—	—	2,790±0,1200*	0,350±0,0370	1,060±0,0890	2,080±0,4800	2,510±0,2400
с.п. Нельмин-Нос (Ненецкий АО)								
АФЛА	0,0046±0,00058	—	0,005±0,0200	0,129±0,0060*	0,009±0,0003*	—	0,1351±0,0230	0,099±0,0120
ОТА	< п.д.о.	—	< п.д.о.	0,1119±0,00970	< п.д.о.	—	0,1017±0,00800	0,0755±0,00310*
Т-2	0,0064±0,00100	—	< п.д.о.	0,7615±0,06400	0,0548±0,00210*	—	0,8188±0,03200*	0,4154±0,89000
ЗЕН	0,09±0,012	—	0,49±0,021*	1,25±0,058*	0,19±0,0094*	—	1,70±0,170	0,79±0,035*
ДОН	0,020±0,0010*	—	0,130±0,0090	2,60±0,3400	1,020±0,2200	—	33,800±1,7000*	1,530±0,4300

Примечание. АФЛА — афлатоксины, ОТА — охратоксин А, Т-2 — Т-2-токсин, ЗЕН — зеараленон, ДОН — дезоксиниваленола. Прочерки означают, что анализ на содержание микотоксина в указанном варианте не выполняли.

*, ** Статистически значимо соответственно при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$; < п.д.о. — ниже предела достоверного определения методом ИФА.

(при $p \leq 0,05$).

Загрязнение лишайников рода *Cladonia* микотоксинами не имело географических различий. Количество микотоксинов в пробах таких представителей высших растений, как *V. uliginosum* и многолетние травы, варьировало в значительной степени в зависимости от места произрастания. Так, этот показатель был наименьшим в пробах смеси многолетних трав, отобранных на пастбищах лесотундры в п. Пушной, по сравнению с образцами, произраставшими на пастбищах тундры в п.г.т. Харп и с.п. Нельмин-Нос. В образцах *V. uliginosum*, произраставших на пастбище с.п. Нельмин-Нос, присутствия ОТА и Т-2 не выявили, тогда как в аналогичных пробах, отобранных в п.г.т. Харп, их содержание составляло соответственно 0,0371 и 1,969 мг/кг (при $p \leq 0,05$). При этом количество АФЛА, ЗЕН и ДОН в пробах *V. uliginosum* из с.п. Нельмин-Нос было соответственно в 26,1; 5,2 и 79,2 раза больше, чем в пробах из п.г.т. Харп. Поскольку лето 2017 года в Ямало-Ненецком, Ненецком АО и Мурманской области характеризовалось сходными метеорологическими условиями, географические различия в степени загрязнения микотоксинами могут быть обусловлены несходством почв по химическому составу и содержанию питательных веществ. Кроме того, описанные региональные особенности, возможно, связаны со специфичностью структурных организаций эпифитных бактериальных сообществ высших растений. Сообщается, что многие бактерии, в том числе эпифитные, осуществляют биодеструкцию вторичных метаболитов микромицетов, а также обладают антибиотической активностью в отношении продуцентов этих метаболитов (13-15).

Присутствие в тканях высших растений токсигенных микромицетов (*Fusarium sporotrichioides*, *F. langsethiae*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. graminearum*), способных продуцировать фузариотоксины, широко известно (16, 17). При этом ранее было принято считать (18), что представители родов *Aspergillus* и *Penicillium* (продуценты афлатоксинов и охратоксина А) не адаптированы для роста и размножения на растительных тканях в период вегетации. Однако в 2014 году с использованием метода количественной ПЦР в составе микобиоты многолетних трав были выявлены микромицеты родов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* и их вторичные метаболиты — афлатоксины, охратоксин А, ДОН, зеараленон, Т-2-токсин (19). Присутствие токсинопродуцирующих микромицетов в составе микобиоты древесных и кустарниковых растений — компонентов летних рационов северных оленей ранее не выявляли.

Вопрос об источниках загрязнения лишайников микотоксинами также практически не изучен. По одной из гипотез, выдвинутой Т.Ю. Толпышевой (20), загрязнение лишайников микотоксинами происходит в результате контакта с микромицетами *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., которые обнаруживаются в почве под лишайниками (21). По мнению Т.Ю. Толпышевой (20), лишайники способны поглощать микотоксины, содержащиеся в почвенных растворах. Как объясняет автор, лишайники — это пойкологидридные организмы, которые пассивно впитывают влагу. Большинство лишайников произрастает на почве куртинами, в которых наблюдается тесное соприкосновение слоевищ и дольше сохраняется влага. Это активизирует капиллярный подъем воды с растворенными в ней веществами из почвы вверх по лишайниковой куртине.

Ранее некоторые российские (22-24) и зарубежные (25-27) исследователи отмечали высокую частоту встречаемости и значительное количество микотоксинов в вегетирующем кормовом травостое для крупного рогатого скота, однако вопрос содержания токсичных метаболитов в листьях

древесных и кустарниковых растений не исследован. В зарубежной литературе существуют лишь отдельные указания, касающиеся обнаружения микотоксинов в листьях древесных культурных растений (28).

Таким образом, в процессе микотоксикологической оценки компонентов летней кормовой базы северного оленя — лишайников и высших растений, произрастающих на тундровых и лесотундровых пастбищах в трех регионах Арктической зоны Российской Федерации, нами обнаружена множественная контаминация исследованных объектов афлатоксинами, охратоксином А, зеараленоном, Т-2 токсином и ДОН. Продемонстрировано, что проблема загрязнения высших растений микотоксинами стоит значительно острее, чем проблема контаминации лишайников. Загрязнение микотоксинами образцов рода *Cladonia* практически не имело региональных различий, тогда как содержание микотоксинов в пробах смеси многолетних трав и *V. uliginosum* варьировало в значительной степени в зависимости от места произрастания. Выявленные микотоксины присутствовали в концентрациях, которые могут представлять угрозу для здоровья животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чикалев А.И., Юлдашбаев Ю.А., Родионов Г.В. *Оленеводство*. М., 2015.
2. Bennett J.W., Klich M. Mycotoxins. *Clin. Microbiol. Rev.*, 2003, 16(3): 497-516 (doi: 10.1128/CMR.16.3.497-516.2003).
3. Буркин А.А., Кононенко Г.П. Особенности накопления микотоксинов в лишайниках. *Прикладная биохимия и микробиология*, 2013, 5(49): 522-530 (doi: 10.7868/S0555109913050036).
4. Орина А.С., Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. Колонизация культурных и дикорастущих злаковых растений грибами родов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium*. *Защита и карантин растений*, 2017, 6: 25-27.
5. Диаз Д. *Микотоксины и микотоксикозы*. М., 2006.
6. Palo R.T. Usnic acid, a secondary metabolite of lichens and its effect on in vitro digestibility in reindeer. *Rangifer*, 1993, 13: 39-43.
7. Sundset M.A., Edwards J.E., Cheng Y.F., Senosiain R.S., Fraile M.N., Northwood K.S., Praesteng K.E., Glad T., Mathiesen S.D., Wright A.D. Rumen microbial diversity in Svalbard reindeer, with particular emphasis on methanogenic archaea. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 2009, 70(3): 553-562 (doi: 10.1111/j.1574-6941.2009.00750.x).
8. Лузина О.А., Салахутдинов Н.Ф. Биологическая активность усниновой кислоты и ее производных. Часть 2. Действие усниновой кислоты и ее производных на высшие организмы, молекулярные и физико-химические аспекты биологической активности (обзорная статья). *Биоорганическая химия*, 2016, 3(42), 2016: 276 (doi: 10.7868/S0132342316030106).
9. Буркин А.А., Кононенко Г.П. Вторичные метаболиты грибов (микотоксины) в лишайниках разной таксономической принадлежности. *Известия Российской академии наук. Серия Биологическая*, 2014, 3: 228 (doi: 10.7868/S0002332914030047).
10. Kingsbury J.M. *Poisonous plants of the United States and Canada*. NY, 1964.
11. Кононенко Г.П., Буркин А.А. Фузариотоксины в зерне колосовых культур: региональные особенности. В сб.: *Успехи медицинской микологии*. М., 2003: 141-144.
12. Буркин А.А. Актуальность изучения проблемы охратоксикоза в России. В сб.: *Успехи медицинской микологии*. М., 2003: 122-124.
13. Hernandez-Mendoza A., Garcia H.S., Steele J.L. Screening of *Lactobacillus casei* strains for their ability to bind aflatoxin B1. *Food Chem. Toxicol.*, 2009, 47(6): 1064-1068 (doi: 10.1016/j.fct.2009.01.042).
14. Čvek D., Markov K., Frece J., Friganović M., Duraković L., Delaš F. Adhesion of zearalenone to the surface of lactic acid bacteria cells. *Croatian Journal for Food Technology, Biotechnology & Nutrition*, 2012, 7(Special Issue): 49-52.
15. Shi L., Liang Z., Li J., Hao J., Xu Y., Huang K., Tian J., He X., Xu W. Ochratoxin A biocontrol and biodegradation by *Bacillus subtilis* CW 14. *J. Sci. Food Agr.*, 2014, 94(9): 1879-1885 (doi: 10.1002/jsfa.6507).
16. Левитин М.М., Новожилов К.В., Афанасенко О.С., Михайлов Л.А., Мироненко Н.В., Гагкаева Т.Ю., Ганнибал Ф.Б. Миграции фитопатогенных грибов и ареалы популяций. В кн.: *Микология сегодня. Т. 2*. М., 2011: 261-274.
17. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П. Новые виды грибов *Fusarium*, выявленные на территории России. *Мат. Межд. науч. конф., посвященной 150-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР, проф. А.А. Ячевского «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке»*. СПб,

- 2013: 400.
18. Christensen C.M., Kaufmann H.H. *Storage of cereal grains and their products*. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota, 1974: 158-192.
 19. Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И., Ильина Л.А., Ёылдырым Е.А., Солдатова В.В., Никонов И.Н., Филиппова В.А., Бражник Е.А., Соколова О.Н. Динамика накопления микотоксинов в силосе на разных этапах хранения. *Сельскохозяйственная биология*, 2014, 6: 123-130 (doi: 10.15389/agrobiology.2014.6.123rus).
 20. Толпышева Т.Ю. Микотоксины, усниновая кислота и их распределение в лишайниках родов *Cetraria*, *Flavocetraria*, *Cladonia*. *Вестник Московского Университета. Серия 16: Биология*, 2014, 3: 37-41.
 21. Girlanda M., Isocrono D., Bianco C., Luppi-Mosca A.M. Two foliose lichens as microfungus ecological niches. *Mycologia*, 1997, 89(4): 531-536 (doi: 10.2307/3760987).
 22. Бурдов Л.Г. *Мониторинг микотоксинов, профилактика и лечение микотоксикозов в Удмуртской Республике*. Канд. дис. Казань, 2013.
 23. Буркин А.А., Кононенко Г.П. Контаминация микотоксинами луговых трав в европейской части России. *Сельскохозяйственная биология*, 2015, 50(4): 503-512 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.4.503rus).
 24. Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И., Дубровина Е.Г., Ильина Л.А., Ёылдырым Е.А., Филиппова В.А., Никонов И.Н., Бражник Е.А. Анализ накопления микотоксинов в кормовом растительном сырье и силосе. *Кормопроизводство*, 2014, 10: 35-39.
 25. Boudra H., Morgavi D.P. Reduction in fusarium toxin levels in corn silage with low dry matter and storage time. *J. Agr. Food Chem.*, 2008, 56(12): 4523-4528 (doi: 10.1021/jf800267k).
 26. Mansfield M.A., Jones A.D., Kuldau G.A. Contamination of fresh and ensiled maize by multiple *Penicillium* mycotoxins. *Phytopathology*, 2008, 98(3): 330-336 (doi: 10.1094/PHYTO-98-3-0330).
 27. Teller R.S., Schmidt R.J., Whitlow L.W., Kung L. Jr. Effect of physical damage to ears of corn before harvest and treatment with various additives on the concentration of mycotoxins, silage fermentation, and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.*, 2012, 95(3): 1428-1436 (doi: 10.3168/jds.2011-4610).
 28. Watanabe I., Kakishima M., Adachi Y., Nakajima H. Potential mycotoxin productivity of *Alternaria alternata* isolated from garden trees. *Mycotoxins*, 2007, 57(1): 3-9 (doi: 10.2520/myco.57.3).

¹ООО «БИОТРОФ+»,

192284 Россия, г. Санкт-Петербург, Загребский бульвар, 19, корп. 1,
e-mail: ilina@biotrof.ru ✉, deniz@biotrof.ru, dumova@biotrof.ru,
dubrowin.a.v@yandex.ru, timur@biotrof.ru, laptev@biotrof.ru;

²Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства — филиал ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН,

198412 Россия, г. Санкт-Петербург—Ломоносов, ул. Черникова, 48,
e-mail: ilnikonov@yandex.ru;

³ФГБУ Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, 196608 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, ш. Подбельского, 7,
e-mail: layshev@mail.ru, alyuzhakov@yandex.ru;

⁴ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. Н.П. Лаврова РАН, Нарьян-Марская сельскохозяйственная станция, 166004 Россия, Ненецкий автономный округ, г. Нарьян-Мар, ул. Рыбников, 1А,
e-mail: nmshos@atnet.ru, vylcko.yury@yandex.ru

Поступила в редакцию
9 ноября 2017 года

Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2018, V. 53, № 4, pp. 779-786

MYCOTOXINS DIFFUSION IN FEEDS OF SUMMER PASTURING RATION OF *Rangifer tarandus* IN ARCTIC ZONES OF RUSSIA

E.A. Yildirim¹, L.A. Ilina¹, K.A. Laishev¹, V.A. Filippova¹, A.V. Dubrowin¹,
T.P. Dunyashev¹, G.Yu. Laptev¹, I.N. Nikonov², A.A. Yuzhakov³,
T.M. Romanenko⁴, Yu.P. Vylko⁴

¹JSC «Biotrof+», 19 korp. 1, Zagrebsskii bulv., St. Petersburg, 192284 Russia, e-mail ilina@biotrof.ru (✉ corresponding author), deniz@biotrof.ru, dumova@biotrof.ru, dubrowin.a.v@yandex.ru, timur@biotrof.ru, laptev@biotrof.ru;

²All-Russian Research Veterinary Institute of Poultry Science — Branch of the Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute RAS, Federal Agency of Scientific Organizations, 48, ul. Chernikova, St. Petersburg—Lomonosov, 198412 Russia, e-mail ilnikonov@yandex.ru;

³Northwest Center for Interdisciplinary Research of Food Security Problems, Federal Agency of Scientific Organizations, 7, sh. Podbel'skogo, St. Petersburg—Pushkin, 196608 Russia, e-mail layshev@mail.ru, alyuzhakov@yandex.ru;

⁴Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research (FCIARctic) RAS, Naryan-Mar Agro-Experimental Station, Federal Agency of Scientific Organizations, 1a, ul. Rybnikov, Naryan-Mar, Nenets AO, 166004 Russia, e-mail nmshos@atnet.ru, vylcko.yury@yandex.ru

ORCID:

Yildirim E.A. orcid.org/0000-0002-5846-5105

Iilina L.A. orcid.org/0000-0003-2789-4844

Laishev K.A. orcid.org/0000-0003-2490-6942

Filippova V.A. orcid.org/0000-0001-8789-9837

Dubrowin A.V. orcid.org/0000-0001-8424-4114

Dunyashov T.P. orcid.org/0000-0002-3918-0948

Laptev G.Yu. orcid.org/0000-0002-8795-6659

Nikonov I.N. orcid.org/0000-0001-9495-0178

Yuzhakov A.A. orcid.org/0000-0002-0633-4074

Romanenko T.M. orcid.org/0000-0003-0034-7453

Vylko Yu.P. orcid.org/0000-0002-6168-8262

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by Russian Science Foundation, grant № 17-76-20026 “Rumen microbiocenosis of *Rangifer tarandus* as a basis for developing promising biotechnologies for reindeer herding in Russia's Arctic regions”

Received November 9, 2017

doi: 10.15389/agrobiologia.2018.4.779eng

Abstract

In the summer and autumn, the food base of *Rangifer tarandus* consists of up to 300 species of higher plants, of which lichens account for about 15 %. It is shown that in the tissues of some higher plants and in the soil under lichens there are micromycetes capable of producing mycotoxins. In the present work, we are the first to estimate the content of mycotoxins for the components of summer reindeer rations, i.e. *Salix borealis*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, and *B. pendula*. The aim of the study was to analyze the distribution of mycotoxins in the components of the summer diet of reindeer. Samples of genera *Cladonia* and *Nephroma* lichens, higher plants of the species *Salix borealis*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, *B. pendula*, and mixtures of perennial grasses were collected in early August 2017 in the pastures of the Harp town of the Yamalo-Nenets Autonomous District, the Nelmin-Nos town of Nenets Autonomous District and the Pushnoy town of the Murmansk region. Aflatoxins (AFLA), ochratoxin A (OTA), T-2 toxin (T-2), zearalenone (ZEN), deoxynivalenol (DON) were detected and measured in the samples using ELISA test. During the mycotoxicological evaluation of the summer food ration components of reindeer, we found multiple contaminations with the mycotoxins. The samples of *Embryophyta* representatives revealed a greater number of toxic metabolites compared to samples of the genera *Cladonia* and *Nephroma* lichens. Practically, in all samples of higher plants, the presence of mycotoxins T-2, ZEN and DON produced by *Fusarium* pathogens which affects plants during vegetation, as well as AFLA and OTA metabolites of micromycetes *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. which previously were considered not adapted for growth and reproduction in plant tissues during the growing season. However, AFLA and OTA were the least represented on virtually all samples. It is of interest that OTA was not detected in any of the lichen samples assayed. In most of the samples, DON *Fusarium* toxins dominated with accumulation in lichens up to 0.15 mg/kg and in *Embryophyta* samples up to 33.8 mg/kg, as well as ZEN at the amount of up to 0.1227 mg/kg and 2.543 mg/kg, respectively. Mycotoxin contamination of the samples of genus *Cladonia* practically did not have regional differences, whereas in the mixture of perennial grasses and in *V. uliginosum* mycotoxin contamination varied to a large extent depending on the place of plant growth. The mycotoxins are found in concentrations that may pose a threat to animal health.

Keywords: *Rangifer tarandus*, feed, lichens, mycotoxins, ELISA.

Выставки

CHANGCHUN AGRICULTURE EXPO (CCIAFF) 2018

(17-26 августа 2018 года, г. Чанчунь, Китай)

Организатор: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China



Экспонируемые продукты:

Современные сельскохозяйственные технологии

Садоводство

Рыбный промысел

Животноводство

Экологически чистое сельское хозяйство

Органическая сельскохозяйственная продукция

Переработка сельскохозяйственной продукции

Передовая сельскохозяйственная техника

На мероприятии предусмотрена деловая программа.

Информация: <http://szsz.ccnby.com/> (сайт выставки),
<https://expomap.ru/expo/changchun-agriculture-expo-cciaff-2018/>