

УДК 633.13:579.64:579.67

Фузариоз зерна овса и выявление антигенов токсинов в напитках на растительной основе

Л. Н. Харламова, М. Ю. Синельникова, Д. Ю. Матвеева

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, ВНИИ ПБиВП — филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Российская Федерация

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Харламова Лариса Николаевна
E-mail: harlara@yandex.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:
данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Харламова, Л.Н., Синельникова, М.Ю., & Матвеева, Д.Ю. (2023). Фузариоз зерна овса и выявление его в напитках на растительной основе. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 96-102. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.465>

ПОСТУПИЛА: 11.06.2023

ПРИНЯТА: 15.09.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.09.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение: Напитки на растительном сырье, все больше становятся популярными не только как заменители животного молока, но и в качестве элемента правильного питания, особенно в сегменте функциональных напитков. Одним из популярных объектов сырья на российском рынке является овес. При использовании в производстве напитков, основным условием его применения является микологическая чистота, в частности отсутствие заражения грибами рода *Fusarium*. В России напитки на растительной основе довольно молодой продукт, который не имеет нормативные документы, регламентирующие показатели зараженности микроорганизмами готового продукта. Фузариоз зерна ведет не только к снижению урожайности злаков, но и значительно ухудшает его качественные характеристики. Проведены исследование по зараженности зерен овса пленчатых и голозерных форм, а также по содержанию антигенов *Fusarium* различных видов, характерных для зерновых культур, таких как *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sambucinum*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*, *F. fujikuroi*, *F. subglutinans*, *F. verticillitoides*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. poae*, *F. Moniliforme* иммуноферментным методом в образцах промышленных напитков на растительной основе.

Цель: Выявление фузариоза в зерне овса и готовых растительных напитках с целью подтверждения качества и безопасности готовой продукции.

Материалы и методы: Объекты исследований: зерно овса пленчатой формы урожая 2021 года, выращенного в Ивановской области; зерно овса голозерной формы урожая 2021 года, выращенного в Тульской области; промышленные образцы растительных напитков из овса. Исследования были проведены по показателям: оценка зараженности фузариумом; определения антигенов видов *Fusarium* spp. иммуноферментным методом. Определение антигенов возбудителя фузариоза проводилось на автоматическом 8-канальном фотометре для иммуноферментного анализа Ledetect 96.

Результаты: Установлена степень зараженности грибами рода *Fusarium* зерна овса голозерной и пленчатой форм. Проведен анализ зараженности образцов промышленных напитков из растительного сырья методом иммуноферментного анализа. В исследуемых образцах не обнаружены антигены *Fusarium*.

Выводы: В качестве показателя безопасности для растительных напитков необходим контроль антигенов *Fusarium*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

овес, фузариоз, зерно, напитки на растительной основе, антиген

Oat Grain Fusariosis and Identification of Toxin Antigens in Plant-based Drinks

Larisa N. Kharlamova, Marina Yu. Sinelnikova, Daria Yu. Matveeva

All-Russian Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry – Branch of V. M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russian Federation

CORRESPONDENCE:

Larisa N. Kharlamova
E-mail: harlara@yandex.ru

FOR CITATIONS:

Kharlamova, L.N., Sinelnikova, M.Yu., & Matveeva, D.Yu. (2023). Oat grain fusariosis and identification of toxin antigens in plant-based drinks. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 96-102.
<https://doi.org/10.36107/spfp.2023.465>

RECEIVED: 11.06.2023

ACCEPTED: 15.09.2023

PUBLISHED: 30.09.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background: Plant-based drinks are becoming increasingly popular not only as substitutes for animal milk, but also as an element of proper nutrition, especially in the segment of functional drinks. One of the popular raw materials on the Russian market is oats. When used in the production of beverages, the main condition for its use is mycological purity, in particular the absence of contamination with fungi of the genus *Fusarium*. In Russia, plant-based drinks are a fairly young product that does not have regulatory documents regulating the indicators of microorganism contamination of the finished product. *Fusarium* grain not only leads to a decrease in cereal yields, but also significantly worsens its quality characteristics. A study was conducted on the contamination of oat grains of filmy and naked forms, as well as on the content of *Fusarium* antigens of various species characteristic of grain crops, such as *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sambucinum*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*, *F. fujikuroi*, *F. subulutinans*, *F. verticillicides*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. poae*, *F. Moniliforme* by enzyme immunoassay in samples of industrial plant-based beverages.

Purpose: Detection of fusarium in oat grain and finished herbal drinks in order to confirm the quality and safety of the finished product.

Materials and Methods: Objects of research: filmy oat grain from the 2021 harvest, grown in the Ivanovo region; naked oat grain of the 2021 harvest, grown in the Tula region; industrial samples of herbal drinks made from oats. The studies were carried out according to the following indicators: assessment of *Fusarium* infestation; determination of antigens of *Fusarium* spp. enzyme immunoassay method. Determination of fusarium pathogen antigens was carried out using an automatic 8-channel photometer for enzyme immunoassay Ledetect 96.

Results: The degree of infection by fungi of the genus *Fusarium* of oat grains of naked and chaffy forms has been established. An analysis of the contamination of samples of industrial drinks from plant raw materials was carried out using the enzyme immunoassay method. No *Fusarium* antigens were detected in the samples studied.

Conclusion: Monitoring of *Fusarium* antigens is necessary as a safety indicator for herbal beverages.

KEYWORDS

oats, fusarium, grain, plant-based drinks, antigen

ВВЕДЕНИЕ

Овес — злаковая культура, занимающая в мировой статистике производства шестое место после пшеницы, кукурузы, риса, ячменя и сорго. Прогнозируется, что мировой рынок овса будет расти на 4,80 % в течение прогнозируемого периода с 2022 по 2027 год¹. Высокие пищевые и кормовые качества, а также разнообразные возможности использования обуславливают значительный интерес к этой зерновой культуре. Пищевую ценность зерна определяет не только химический состав, соотношение питательных веществ, но состав, свойства и усвояемость белков (Mushtaq et al., 2014; Prasad et al., 2015). Белок овса превосходит белок пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, проса по качеству аминокислотного состава, имеет большую биологическую ценность. Он легко усваивается, так как его аминокислотный состав близок к физиологически необходимой норме (эталону) по данным ФАО/ВОЗ, и может использоваться организмом для создания собственных белков (Шаболкина с соавт., 2020; Manzali et al., 2017). Также овес содержит высокий уровень витаминов, антиоксидантов и минералов, служат отличным источником β-глюкана (Premkumar et al., 2017; Decker et al., 2014).

Для безопасного потребления и для использования в качестве полезного ингредиента, овес должен контролироваться по зараженности грибами рода *Fusarium* и загрязнению микотоксинами (Lombert et al., 2003). Обилие и видовой состав микобиоты — важные факторы, определяющие качество зерна. Грибы рода *Fusarium* образуют токсичные вторичные метаболиты, способные негативно воздействовать на здоровье потребителей зерновой продукции. (Буркин с соавт., 2015). Грибы, возбудители фузариоза, способны поражать растения зерновых культур на протяжении всего онтогенеза — от семени до семени, начиная цикл с зараженного зерна или инфицированных растительных остатков, являющихся причиной корневой гнили и гибели проростков, и заканчивая аэрогенной инфекцией — причиной поражения при фузариозе колоса. В пораженных зернах уменьшается способность прорастания (Волкова, 2010).

На основании ранее полученных данных, которые считаются недостаточно достоверными, полагалось, что злак менее подвержен контаминации грибами рода *Fusarium*. Это связано с тем, что на зерне овса, в отличие от других злаковых, внешние проявления зараженности носят не столь яркий характер. (Martin et al., 2018). Но такой характер заболеваний связан с особенностями биологического, биохимического и морфоанатомического строения овса. Соцветие овса — метелка, которая состоит из колосков с большими кроющими чешуйками, и цветение и созревание происходит в нисходящем порядке с верхних колосков. В метелке овса колоски расположены на концах многократно ветвящихся веточек на расстоянии, что значительно затрудняет распространение патогенов (Yan et al., 2010; Matsuyama et al., 2014).

Чаще всего овес поражает *Fusarium poae*, за ним следует *Fusarium graminearum*, *Fusarium avenaceum* выявляется реже. *Fusarium poae* относительно малотребователен к теплу и влажности и продуцирует микотоксин ниваленол, относящийся к трихотеценовой группе химических соединений (Гаврилова с соавт., 2021, Пирязева с соавт., 2016.). Распространение *Fusarium poae*, в сравнении с другими патогенами овса, не имеет четкого разъяснения, но именно этот патоген не образует скопление макроконидий, дающих узнаваемую розово-оранжевую окраску. Заражение *Fusarium poae* дает штриховатость и глазковую пятнистость колоскам чешуй, а также культуры гриба выделяют приторно-сладкий запах (Gordon, 1959; Pettersson & Olvang, 1997).

Фузариозный фитофтороз (ФНВ) может привести к резким потерям урожая и заражению микотоксинами мелких зерновых культур. В результате морфологического и молекулярного анализа канадскими учеными было обнаружено, что преобладающими видами фузариоза, поражающими овес, являются *F. poae*, за которыми следуют *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. Avenaceum* и *F. culmorum*. Дезоксиниваленол (DON) и ниваленол (NIV), трихотецены типа В, были наиболее распространенными фузариозными микотоксинами, обнаруженными в овсе. Боверицин (BEA) также часто обнаруживался, хотя и в более низких концентрациях (Nazrul et al., 2021).

¹ Shahbandeh, M. (2023). *Oats production worldwide from 2015/2016 to 2022/2023*. <https://www.statista.com/aboutus/our-research-commitment/1239/m-shahbandeh>

Учеными выявлена зависимость интенсивности заражения голозерного овса грибами рода *Fusarium* от метеорологических условий в период роста и развития растений. Можно отметить, что при низких температурах воздуха и высокой влагообеспеченности вегетационного периода степень заражения семян грибными и бактериальными инфекциями увеличивается. (Исачкова, 2018).

Для овса характерно многополярное экзогенное первичное заражение колосков. А в поле фузариоз проявляется на единичных колосках, расположенных на концах разветвленных веточек соцветий. Выявлено, что у овса основная доля колосков и зерна в них, не подвергается видимым изменениям даже при наличии инфекции. Поэтому визуальный анализ поражения метелки в поле, и зерна овса мало информативен (Гагкаева & Гаврилова, 2011).

Целью представленного исследования являлось выявление фузариоза в зерне овса и готовых растительных напитках с целью подтверждения их качества и безопасности. Также важным аспектом исследования являлось исследование по наличию антигенов возбудителя фузариоза в готовых напитках, полученных из зерна, зараженного фузариозом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Объектами исследования являлись:

- (1) Образцы овса голозерной формы.
- (2) Образцы овса пленчатой формы.
- (3) Образцы растительных напитков из овса, приобретенные в торговой сети.

Оборудование

Определение антигенов *Fusarium* проводилось на автоматическом 8-канальном фотометре для иммуноферментного анализа Ledetect 96. Центрифугирование образцов растительных напитков проводилось на настольной мини-центрифуге Velocity 13-и. Микроскопирование образцов овса после инкубирования проводили на микроскопе MoticBA 300.

Методы

Оценка зараженности фузариумом

Цельные зерна инкубировали на твердой питательной среде CZID с добавлением фунгицидов, избирательно действующих на грибы, ограничивая скорость роста быстрорастущих грибов и создавая тем самым преимущества для развития колоний возбудителей фузариоза.

Иммуноферментный метод определения антигенов *Fusarium*

Основывается на количественном определении антигенов *Fusarium* различных видов, характерных для зерновых культур, таких как *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sambucinum*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*, *F. fujikuroi*, *F. subalutinanans*, *F. verticillitides*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. poae*, *F. Moniliforme* образцах растительных напитков. Определение антигенов *Fusarium* основано на использовании «сэндвич»-варианта твердофазного иммуноферментного анализа.

Процедура исследования

Оценка зараженности овса фузариумом

Готовили полную среду CZID и разливали по чашкам Петри. Затем раскладывали 100 зерен в чашки Петри, подвергнутые поверхностной стерилизации 1 % раствором гипохлорита натрия, для выявления внутренней микрофлоры. Остальные 100 зерен, подвергали инкубации для выявления наружной микрофлоры без стерилизации. Инкубацию проводили в течении 7 дней с режимом дневной свет/УФ с $\lambda = 360$ нм фотопериодом 12 часов.

Иммуноферментный метод определения антигенов *Fusarium*

На внутренней поверхности лунок планшета иммобилизованы антитела к *Fusarium*. При добавлении исследуемого образца, происходило связывание антител с антигенами из образца. Полученный комплекс выявляется с помощью конъюгата, меченного пероксидазой антигена. В результате образовывался связанный с пластиком «сэндвич», содержащий пероксидазу. Во время инкубации с субстратным раствором тетраметилбензидина (ТМБ) происходило окрашивание растворов в лунках. Интенсив-

ность окраски прямо пропорциональна концентрации антигенов *Fusarium* в исследуемом образце.

В полученных окрашенных растворах измеряли величину оптической плотности на спектрофотометре при длине волны 450 нм.

Анализ данных

Оценка зараженности фузариумом

Результаты выражали, как долю в процентах зерен, зараженных фузариозом. Из двух вариантов — с предварительной поверхностной стерилизацией зерен и без нее — учитывали больший.

Иммуноферментный метод определения антигенов *Fusarium*

Полученные значения оптической плотности обрабатывали с помощью ПО RIDASOFT Win.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее, рядом авторов, были проведены исследования по зараженности овса фузариозом, что было подтверждено нами в результате микологического анализа. При этом, влияние использования за-

раженного зерна на качество напитков на растительной основе не проводились. Это связано с тем, что данный тип напитков появился сравнительно недавно, а нормативная документация на него была разработана впервые только в 2023 году.

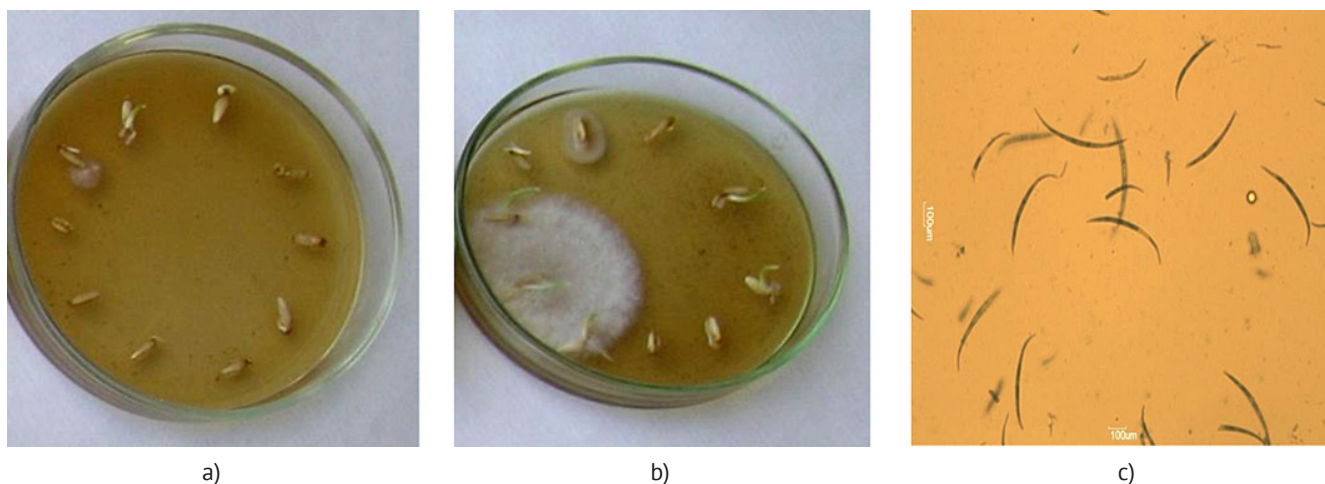
Были проведены микологические исследования 11 образцов овса различных форм, из них 5 образцов пленчатого и 6 образцов голозерного. Данные эксперимента представлены на Рисунке 1.

В результате исследования в двух образцах пленчатого овса было выявлено заражение грибами, один образец голозерного овса также имел слабые признаки зараженности грибом *Fusarium*. Остальные исследуемые образцы не имели признаков заражения. Следует также отметить, что голозерная форма овса имеет более высокие показатели устойчивости к фузариозу по сравнению с пленчатым (Лоскутов с соавт., 2016).

Из исследуемого зерна, зараженного фузариозом, в лабораторных условиях были приготовлены напитки. Во всех напитках были обнаружены антигены возбудителя фузариоза, что подтверждает возможность перехода возбудителей фузариума из зерна в готовую продукцию. Также следует отметить, что исследуемые образцы имели низкую органолептическую оценку, что говорит о влиянии исследуемого гриба не только на безопасность, но и на качественные характеристики готовой про-

Рисунок 1

Наличие зараженности фузариумом



Примечание: а) голозерной формы овса, б) пленчатой формы овса; с) Микропрепарат спор возбудителя фузариоза на пленчатой форме овса

дукции. Так как сырье для изготовления напитков подвержено заражению фузариозом, нами были проведены исследования по содержанию антигенов *Fusarium* иммуноферментным методом в семи образцах напитков на растительной основе, приобретенных в торговой сети. Согласно полученным данным, ни в одном исследуемом напитке из растительного сырья не были выявлены антигены фузариоза, характерные для зернового сырья, используемого при их производстве. Результаты говорят о том, что в исследованных напитках использовалось сырье, без признаков поражения фузариозом.

ВЫВОДЫ

Согласно целям исследования данной работы, проведенные исследования показали, что зерно овса может быть заражено грибом *Fusarium*, следовательно, необходимо контролировать безопасность зерна овса, даже если при использовании овса цветковые чешуи удаляются, что безусловно, снижает количество микотоксинов в готовой продукции. При этом следует отметить, что в процессе хранения зерна, при возникновении благоприятных условий для развития грибов вида *Fusarium*, инфекция с чешуй может легко перейти на саму зерновку и продолжить развитие, которая в свою очередь, приводит к заражению.

Проведенные исследования по наличию антигенов возбудителя фузариоза в готовых напитках, полученных из зерна, зараженного фузариозом, показали, что данное заболевание овса отражается как на безопасности, так и на качестве готовой продукции. В образцах, закупленных в торговой сети, не были обнаружены антигены токсинов фу-

зариоза. Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что зараженность растений овса грибами и опасность высокого содержания микотоксинов требуют постоянного наблюдения за состоянием зернового сырья и продуктов его переработки с целью получения безопасных напитков. Проведенные исследования отличались комплексным подходом к проблеме, а также использованием новых методов идентификации не только готового продукта, но и сырья.

Дальнейшие работы направлены на изучение и контроль сырья, а также полученной из него продукции не только овса, а всего спектра зернового сырья в РФ.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Харламова Лариса Николаевна: концептуализация; создание модели исследования; проведение исследования; верификация данных; создание черновика и редактирование рукописи; визуализация; ресурсное обеспечение.

Синельникова Марина Юрьевна: концептуализация; создание модели исследования; проведение исследования; верификация данных; создание черновика и редактирование рукописи; визуализация; ресурсное обеспечение.

Матвеева Дарья Юрьевна: концептуализация; создание модели исследования; проведение исследования; верификация данных; создание черновика и редактирование рукописи; визуализация; ресурсное обеспечение.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Буркин, А. А., Кононенко, Г. П., Гаврилова, О. П., & Гагкаева, Т. Ю. (2015). Микотоксикологическое обследование зерна овса и продуктов его переработки. *Современная микология в России*, (5), 221–223.
- Burkin, A. A., Kononenko, G. P., Gavrilova, O. P., & Gagkaeva, T. Yu. (2015). Mycotoxycological examination of oat grain and its processed products. *Modern Mycology in Russia*, (5), 221–223. (In Russ.)
- Волкова, Т. Н. (2010). Оценка зараженности зерна ячменя и солода плесневыми грибами. *Пиво и напитки*, (2), 26–32.

- Volkova, T. N. (2010). Assessment of contamination of barley and malt grains with mold fungi. *Beer and Drinks*, (2), 26–32. In Russ.)
- Гаврилова, О. П., Гагкаева, Т. Ю., Орина, А. С., Маркова, А. С., Кабашов, А. Д., & Лоскутов, И. Г. (2021). Характеристика устойчивости селекционных линий овса к заражению *Fusarium langsethiae* и накоплению Т-2/НТ-2 токсинов. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 25(7), 732–739. <https://doi.org/10.18699/VJ21.083>
- Gavrilova, O. P., Gagkaeva, T. Yu., Orina, A. S., Markova, A. S., Kabashov, A. D., & Loskutov, I. G. (2021). Characteristics

- of resistance of oat breeding lines to *Fusarium langsethiae* infection and accumulation of T-2/HT-2 toxins. *VVavilov Journal of Genetics and Breeding*, 25(7), 732–739. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ21.083>
- Гаркаева, Т. Ю., & Гаврилова, О. П. (2011). Особенности поражения овса фузариозом (обзор). *Сельскохозяйственная биология*, (6), 3–4.
- Gagkaeva, T. Yu., & Gavrilova, O. P. (2011). Features of the defeat of oats with fusarium (review). *Agricultural Biology*, (6), 3–4. (In Russ.)
- Исачкова, О. А. (2018). Устойчивость голозерного овса к семенной инфекции. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, (2), 11–16. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-2-2>
- Isachkova, O. A. (2018). Resistance of naked oats to seed infection. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, (2), 11–16. (In Russ.) <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-2-2>
- Лоскутов, И. Г., Блинова, Е. В., Гаврилова, О. П., & Гаркаева, Т. Ю. (2016). Разнообразие культурного овса по хозяйственно ценным признакам и их связь с устойчивостью к фузариозу. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 20(3), 286–294. <https://doi.org/10.18699/VJ16.151>
- Loskutov, I. G., Blinova, E. V., Gavrilova, O. P., & Gagkaeva, T. Yu. (2016). The diversity of cultivated oats according to economically valuable characteristics and their relationship with resistance to fusarium. *VVavilov Journal of Genetics and Breeding*, 20(3), 286–294. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ16.151>
- Пирязева, Е. А., Кононенко, Г. П., & Буркин, А. А. (2016). Пораженность грубых кормов токсинообразующими грибами рода *Fusarium*. *Сельскохозяйственная биология*, (6), 937–945. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.937rus>
- Pirayeva, E. A., Kononenko, G. P., & Burkin, A. A. (2016). The infestation of coarse feeds with toxin-forming fungi of the genus *Fusarium*. *Agricultural Biology*, (6), 937–945. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.937rus>
- Шаболкина, Е. Н., Шевченко, С. Н., Баталова, Г. А., Васин, А. В., Анисимкина, Н. В., & Бишарев, А. А. (2020). Изучение биологической ценности белка зерна овса голозерного. *Зернобобовые и крупяные культуры*, (2), 78–83. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11173>
- Shabolkina, E. N., Shevchenko, S. N., Batalova, G. A., Vasin, A. V., Anisimkina, N. V., & Bisharev, A. A. (2020). The study of the biological value of the protein of the grain of naked oats. *Legumes and Cereals*, (2), 78–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11173>
- Decker, E. A., Rose, D. J., & Stewart, D. (2014). Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 112(S2), 58–64. <https://doi.org/10.1017/s000711451400227x>
- Gordon, W. L. (1959). The occurrence of *Fusarium* species in Canada: VI. Taxonomy and geographic distribution of *Fusarium* species on plants, insects and fungi. *Canadian Journal of Botany*, 37(2), 257–290. <http://dx.doi.org/10.1139/b59-021>
- Lombert, G. A., Pellers, P., Roscoe, W., Mancotia, M., Neal, R., & Scott, P. M. (2003). Mycotoxins in infant food cereals in the Canadian retail market. *Food Additives & Contaminants*, 20(5), 494–504. <https://doi.org/10.1080/0265203031000094645>
- Manzali, R., Antari, A., Douaik, A., Taghouti, M., Benchekroun, M., Bouksaim, M., & Saidi, N. (2017). Profiling of nutritional and health-related compounds in developed hexaploid oat lines derivative of interspecific crosses. *International Journal of Celiac Disease*, 5(2), 72–76. <https://doi.org/10.12691/IJCD-5-2-6>
- Martin, C., Schöneberg, T., Vogelgsang, S., Mendes Ferreira, C. S., Morisoli, R., Bertossa, M., Bucheli, T. D., Mauch-Mani, B., & Mascher, F. T. (2018). Responses of Oat Grains to *Fusarium poae* and *F. langsethiae* Infections and Mycotoxin Contaminations. *Toxins*, 10(1), Article 47. <https://doi.org/10.3390/toxins10010047>
- Matsuyama, H., Shimazaki, Y., Ohshita, Y., & Watanabe, Y. (2014). Varietal difference in lodging resistance and Culm characteristics of wheat. *Japan Journal of Crop Science*, 83(2), 136–142. <https://doi.org/10.1626/jcs.83.136>
- Mushtaq, A., Gul-Zaffar, Dar, Z. A., & Mehfuza, H. (2014). A review on Oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop. *Scientific Research and Essays*, 9(4), 52–59. <https://doi.org/10.5897/SRE2014.5820>
- Nazrul Islam, M., Tabassum, M., Banik, M., Daayf, F., Fernando, D., Harris, L., Sura, S., & Xiben, W. (2021). Naturally occurring fusarium species and mycotoxins in oat grains from Manitoba, Canada. *Toxins*, 13(9), Article 670. <https://doi.org/10.3390/toxins13090670>
- Pettersson, H., & Olvang, H. (1997). Trichothecene production by *Fusarium poae* and its ecology. *Sydowia, Special Issue*, 1997, 217–218.
- Prasad, R., Alok, J., Latha S., Arvind, K., & Unnikrishnan, V. S. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods — a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 662–675. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>
- Premkumar, R., Nirmalakumari, A., & Anandakumar, C. R. (2017). Studies on Genetic Variability and Character Association among Yield and Yield Attributing Traits in Oats (*Avena sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 4075–4083. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.477>
- Yan, W., Fregeau — Reid, J., Rioux, S., Pageau, D., Xue, A., Martin, R., Fedak, G., De Haan, B., Lajeunesse, J., & Savard, M. (2010). Response of oat genotypes to *Fusarium* head blight in Eastern Canada. *Crop Science*, 50(1), 134–142. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.03.0129>