

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.27>

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СМЕСЬЮ СОЛЕЙ АЗОТА И ФОСФОРА НА РАЗВИТИЕ КОРОНЧАТОЙ РЖАВЧИНЫ НА ПРОРОСТКАХ ОВСА

Научная статья

Захаров В.Г.¹, Тырышкин Л.Г.²*

¹ORCID : 0000-0003-2603-8325;

²ORCID : 0000-0002-3502-549X;

¹ Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства-филиал Самарского научного центра РАН, Ульяновск, Российская Федерация

² Федеральное исследовательское учреждение Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (tyryshkinlev[at]rambler.ru)

Аннотация

Корончатая ржавчина (возбудитель *Puccinia coronata* Corda) – одна из широко распространенных и вредоносных болезней овса. Изучили ювенильную устойчивость к сборной популяции возбудителя 89 сортов и перспективных линий ярового овса селекции Ульяновского НИИСХ. По результатам 3-х независимых экспериментов все образцы восприимчивы к ржавчине. Предобработка растений раствором смеси нитрата аммония (концентрация N – 4,5 г/л) и однозамещенного фосфорнокислого натрия (концентрация P – 1,2 г/л) привела к статистически значимому снижению развития болезни ($P > 0,99$) на всех изучаемых образцах овса. Для 40 линий и сортов наблюдали снижение количества пустул патогена в результате такой обработки в 10 и более раз. Различная степень снижения развития болезни под действием внекорневой подкормки подтверждает ранее сделанное предположение о механизме такого снижения: отдельные (но не все) вирулентные генотипы патогена под действием солей азота и фосфора «превращаются» (результат модификационной изменчивости) в авирулентные к конкретным генам устойчивости растения-хозяина. В случае сильного развития корончатой ржавчины через 20 суток после инокуляции проростки высыхали и погибали, чего не наблюдали в опытном варианте для линий с малым количеством пустул. Учитывая крайне узкое генетическое разнообразие культурного овса по эффективной устойчивости к корончатой ржавчине, можно рекомендовать обработку растений смесью аммиачной селитры и фосфорнокислого натрия в качестве метода борьбы с заболеванием.

Ключевые слова: овес, проростки, корончатая ржавчина, устойчивость, NP обработка.

INFLUENCE OF TREATMENT WITH A MIXTURE OF NITROGEN AND PHOSPHORUS SALTS ON THE DEVELOPMENT OF CROWN RUST ON OAT SEEDLINGS

Research article

Zakharov V.G.¹, Tirishkin L.G.²*

¹ORCID : 0000-0003-2603-8325;

²ORCID : 0000-0002-3502-549X;

¹ Ulyanovsk Scientific Research Agriculture Institute, Ulyanovsk, Russian Federation

² Federal Research Center Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (tyryshkinlev[at]rambler.ru)

Abstract

Crown rust (causative agent *Puccinia coronata* Corda) is one of the widespread and harmful diseases of oats. Juvenile resistance to the collected population of the pathogen was studied in 89 varieties and promising lines of spring oats of Ulyanovsk ARI selection. According to the results of 3 independent experiments, all samples were susceptible to rust. Pre-treatment of plants with a solution of a mixture of ammonium nitrate (N concentration – 4.5 g/l) and single-substituted sodium phosphoric acid (P concentration – 1.2 g/l) resulted in a statistically significant reduction of disease development ($P > 0.99$) on all studied oat samples. For 40 lines and varieties, a 10-fold or more reduction in the number of pathogen pustules as a result of this treatment was observed. Different degree of reduction of disease development under the action of foliar feeding confirms the previously made assumption about the mechanism of such reduction: some (but not all) virulent genotypes of the pathogen under the action of nitrogen and phosphorus salts "transform" (the result of modification variability) into avirulent to specific resistance genes of the host plant. In case of strong development of crown rust 20 days after inoculation, seedlings dried up and died, which was not observed in the experimental variant for lines with a few pustules. Given the extremely narrow genetic diversity of cultivated oats in terms of effective resistance to crown rust, it is possible to recommend treatment of plants with a mixture of ammonium nitrate and sodium phosphoric acid as a method of controlling the disease.

Keywords: oats, seedlings, crown rust, resistance, NP treatment.

Введение

Овес (*Avena sativa* L.) – одна из ведущих злаковых культур в мировом сельскохозяйственном производстве, используемая как для пищевых, так и кормовых целей; среди зерновых в настоящее время он занимает седьмое место по валовому урожаю в мировом производстве [1]. В Российской Федерации его площади в 2023 г занимали 1,9 млн га

[2]. Как и для других сельскохозяйственных культур, важнейшим фактором, снижающим урожай овса и его качество, является поражение грибными листовыми болезнями, среди которых одна из наиболее вредоносных – корончатая ржавчина (возбудитель *Puccinia coronata* Corda) [1], [3]. Потери урожая от болезни в эпифитотийные годы могут достигать 70% на восприимчивых сортах [4].

Несмотря на то, что существуют различные методы борьбы с заболеванием (агротехнические, химические), хорошо известно, что наиболее экономически выгодным и экологически безопасным способом защиты овса от данного заболевания является возделывание устойчивых сортов [1]. Для селекции таких сортов необходимы доноры высокоэффективных генов устойчивости. В настоящее время описано 92 гена устойчивости (98 аллелей) овса к ржавчине с постоянными символами [1], подавляющее число их не являются эффективными против существующих рас патогена, что обусловлено крайне высокой частотой генетической изменчивости *P. coronata* по вирулентности [4]. В нашей стране относительно недавно были выявлены устойчивые к ржавчине образцы овса: например среди 450 изученных генотипов как резистентные к ржавчине описаны 10 [5], из 150 – выделены 9 устойчивых [6]; 13 высокорезистентных форм идентифицированы среди 264 изученных [7], из 183 и 15 образцов овса устойчивыми к корончатой ржавчине были 9 и 2, соответственно [8], [9]. Проверка большинства из них показала восприимчивость к ржавчине как в стадии проростков [10], так и в стадии взрослых растений [11]. Таким образом, по нашим данным, генетическое разнообразие овса по эффективной устойчивости к корончатой ржавчине крайне узко, что обуславливает необходимость разработки альтернативных методов борьбы с болезнью альтернативным возделыванию устойчивых сортов.

Ранее нами было показано явление модификационной изменчивости вирулентности фитопатогенных грибов под действием физических и химических факторов среды [12], в том числе и возбудителя корончатой ржавчины овса [13]. Частое изменение вирулентности к конкретным генам устойчивости в сторону авирулентности было выявлено для многих возбудителей болезней зерновых под действием солей азота и фосфора [12], что позволило предположить возможность снижения развития листовых болезней в результате обработки растений растворами таких солей до заражения патогенами. Для ограниченного количества генотипов это было подтверждено экспериментально, в том числе и небольшого количества сортов и линий овса [12], [14]. Исходя из теоретических представлений о механизмах снижения развития болезней под действием солей азота и фосфора, а также на основе результатов экспериментов, предобработка растений является эффективной только на некоторых, но не всех образцах конкретной культуры, что ставит задачу оценки отзывчивости на обработку конкретного набора образцов. Цель настоящего исследования – изучение ювенильной устойчивости к корончатой ржавчине сортов и перспективных современных селекционных линий овса и влияния обработки их проростков смесью азотного и фосфорного удобрения на развитие болезни.

Методы и принципы исследования

Для изучения устойчивости к корончатой ржавчине и влияния обработки смесью солей азота и фосфора на поражённость болезнью были взяты проростки 89 сортов и перспективных линий ярового овса селекции Ульяновского НИИСХ. Краткая родословная линий представлена в таблице 1. Для удобства восприятия в тексте использовали порядковые номера линий в таблице 1.

Семена овса раскладывали по 10-15 штук на ватные валики в пластиковые кюветы и проростки выращивали при поливе водой на светоустановке (20-22°C, освещение – 2500 люкс). При изучении устойчивости к корончатой ржавчине проростки опрыскивали суспензией уредоспор популяции *P. coronata* (сборы с сортов овса на поле пушкинских лабораторий ВИР, 2022–23 гг). Учет типов реакции на заражение патогеном проводили через 10 суток после инокуляции по общепринятой для злаков [15]. Каждый образец был оценен в 3-х независимых экспериментах.

Для изучения влияния предобработки растений смесью солей азота и фосфора выращенные на валиках проростки помещали в кюветы горизонтально и опрыскивали из пульверизатора в контрольном варианте водой, а в опытном варианте – раствором смеси NH_4NO_3 (концентрация N – 4,5 г/л) и NaH_2PO_4 (концентрация P – 1,2 г/л) (вариант NP). Растения подсушивали и заражали возбудителем ржавчины. Кюветы заворачивали в полиэтилен и накрывали стеклом. На следующий день растения в кюветах возвращали в вертикальное положение. Через 10 суток на срединной части первых листьев проростков (7 см) подсчитывали количество пустул патогена. Повторный визуальный анализ зараженных проростков провели через 20 суток после инокуляции. Статистическую обработку данных проводили с помощью двухфакторного дисперсионного анализа [16] с помощью программы, созданной в Microsoft Excel 2007.

Основные результаты

По результатам 3-х независимых экспериментов все изучаемые сорта и селекционные линии овса были высоко восприимчивы к корончатой ржавчине в стадии проростков – количество пустул восприимчивого типа на единицу листовой поверхности варьировало в пределах 22,3–59,4 (см. таблица 1), что подтверждает ранее сделанный вывод о крайне узком генетическом разнообразии овса по эффективной ювенильной устойчивости к болезни [10], [11].

Внекорневая подкормка проростков смесью аммиачной селитры и фосфорнокислого натрия привела к сильному снижению развития болезни на всех изучаемых образцах овса (таблица 1); различия были достоверны на уровне значимости 0,01. Для 40 линий и сортов наблюдали снижение количества пустул патогена в результате такой обработки в 10 и более раз: например, для линий 1, 3, 10, 16, 18, 38 и др. Различная степень снижения развития болезни под действием внекорневой подкормки подтверждает ранее сделанное предположение о механизме такого снижения: отдельные (но не все) вирулентные генотипы патогена под действием солей азота и фосфора «превращаются» (результат модификационной изменчивости) в авирулентные к конкретным генам устойчивости растения-хозяина [12].

На рисунке 1 представлено развитие ржавчины в контрольном и опытном варианте на проростках линий 3 и 6. Для линии 6 хорошо видно, что в варианте с обработкой типы реакций варьируют от 0;-1 до 3 [15]. Это опять же подтверждает ранее выдвинутое предположение о том, что основным механизмом снижения развития ржавчины

является модификационная изменчивость патогена по вирулентности, а не снижение жизнеспособности возбудителя ржавчины под действием химикатов, используемых для обработки растений [12].

Интересно отметить, что в случае сильного развития корончатой ржавчины через 20 суток после инокуляции проростки высыхали и погибали, чего не наблюдали в опытном варианте для линий с малым количеством пустул, что представлено на рисунке 2.

Заключение

Изучение ювенильной устойчивости к корончатой ржавчине у 89 сортов и линий овса селекции Ульяновского НИИСХ показало высокую восприимчивость к болезни у всех генотипов. Предобработка проростков до инокуляции патогеном смесью солей азота и фосфора привела к статистически значимому снижению количества пустул возбудителя болезни на всех генотипах (у 40 линий более чем в 10 раз). Сильное развитие ржавчины приводило в поздние стадии патогенеза к гибели проростков в контрольном варианте в результате их высыхания, чего не наблюдалось у опытных растений. Учитывая крайне узкое генетическое разнообразие культурного овса по эффективной устойчивости к корончатой ржавчине, можно рекомендовать обработку растений смесью аммиачной селитры и фосфорнокислого натрия в качестве метода борьбы с заболеванием.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out within the framework of the state assignment according to the thematic plan of the All-Russian Institute of Plants under Project No. 0481-2022-0001 "Structuring and Disclosing the Potential of Hereditary Variability of the World Collection of Grain and Cereal Crops of the All-Russian Institute of Plants for the Development of Optimized Gene Bank and Rational Use in Breeding and Plant Production".

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Park R.F. Breeding Oat for Resistance to the Crown Rust Pathogen *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*: Achievements and Prospects / R.F. Park, W.H.P. Boshoff, A.L. Cabral [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. — 2022. — № 135. — P. 3709-3734.
2. Кулистикова Т. Росстат: посевная площадь оказалась меньше прошлогодней. Посевы зерновых и зернобобовых увеличились, масличных – сократились / Т. Кулистикова // *Агроинвестор*. — 2023. — URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/40784-rosstat-posevnaya-ploshchad-okazalas-menshe-proshlogodney/> (дата обращения: 09.03.2024).
3. Nazareno E.S. *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*: a Threat to Global Oat Production / E.S. Nazareno, F. Li, M. Smith [et al.] // *Molecular Plant Pathology*. — 2017. — P. 1-14.
4. Lovatto M. Crown Rust on Oat Genotypes with Different Levels of Resistance: Damages and Losses / M. Lovatto, G.B.P. Da Silva, F.K. Coelho [et al.] // *Ciência Rural*. — 2021. — Vol. 51. — № 3. — P. 1-9.
5. Магарамов Б.Г. Изменчивость и селекционная ценность культурных видов овса в условиях южно-плоскостной зоны Дагестана / Б.Г. Магарамов. — Санкт-Петербург: ВИР, 2003. — 18 с.
6. Смирнова Л.О. Генетическое разнообразие овса по фотопериодической чувствительности и скороспелости / Л.О. Смирнова. — Санкт-Петербург: ВИР, 2011. — 20 с.
7. Жуйкова О.А. Исходный материал для селекции овса на устойчивость к грибным болезням и шведской мухе на северо-востоке черноземной зоны Российской Федерации / О.А. Жуйкова. — Пенза: ПГСХА, 2015. — 23 с.
8. Градобоева Т.П. Оценка сортообразцов овса на устойчивость к корончатой ржавчине / Т.П. Градобоева, Г.А. Баталова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. — 2018. — № 1. — С. 91-97.
9. Свиркова С.В. Восприимчивость растений овса к корончатой ржавчине и генетические источники устойчивости / С.В. Свиркова, А.А. Старцев, А.В. Заушинцева [и др.] // *Сельскохозяйственные науки*. — 2016. — № 12. — С. 99-104.
10. Тырышкин Л.Г. Ювенильная устойчивость к грибным листовым болезням высокорезистентных по литературным данным образцов ячменя и овса из коллекции ВИР / Л.Г. Тырышкин, А.В. Сидоров // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции*. — 2019. — Т. 1. — С. 89-92.
11. Сидоров А.В. Полевая устойчивость образцов овса и ячменя к грибным листовым болезням / А.В. Сидоров, В.Г. Захаров, Л.Г. Тырышкин // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. — 2018. — № 53 — С. 76-79.

12. Тырышкин Л.Г. Модификационная изменчивость вирулентности и агрессивности фитопатогенов зерновых культур: выводы, следствия, возможности практического применения / Л.Г. Тырышкин. — Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2016. — 137 с.
13. Тырышкин Л.Г. Влияние факторов внешней среды на вирулентность и агрессивность возбудителя корончатой ржавчины овса / Л.Г. Тырышкин, О.Г. Мишенькина, В.Г. Захаров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2016. — № 42. — С. 82-86.
14. Тырышкин Л.Г. Влияние обработок смесью нитратного и фосфорного удобрений на развитие корончатой ржавчины и урожайность овса / Л.Г. Тырышкин, О.Г. Мишенькина, В.Г. Захаров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2017. — № 49. — С. 33-38.
15. Mains E.B. Physiological Specialization in Leaf Rust of Wheat, *Puccinia triticina* / E.B. Erikss Mains, H.S. Jackson // *Phytopathology*. — 1926. — № 1. — P. 89-120.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — Москва: Колос, 1979. — 416 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Park R.F. Breeding Oat for Resistance to the Crown Rust Pathogen *Puccinia coronata* f. sp. avenae: Achievements and Prospects / R.F. Park, W.H.P. Boshoff, A.L. Cabral [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. — 2022. — № 135. — P. 3709-3734.
2. Kulistikova T. Rosstat: posevnaja ploshhad' okazalas' men'she proshlogodnej. Posevy zernovyh i zernobobovyh uvelichilis', maslichnyh – sokratilis' [Rosstat: The sown area was less than last year. Crops of grains and legumes increased, but oilseeds declined] / T. Kulistikova // *Agroinvestor*. — 2023. — URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/40784-rosstat-posevnaya-ploshchad-okazalas-menshe-proshlogodney/> (accessed: 09.03.2024). [in Russian]
3. Nazareno E.S. *Puccinia coronata* f. sp. avenae: a Threat to Global Oat Production / E.S. Nazareno, F. Li, M. Smith [et al.] // *Molecular Plant Pathology*. — 2017. — P. 1-14.
4. Lovatto M. Crown Rust on Oat Genotypes with Different Levels of Resistance: Damages and Losses / M. Lovatto, G.B.P. Da Silva, F.K. Coelho [et al.] // *Ciência Rural*. — 2021. — Vol. 51. — № 3. — P. 1-9.
5. Magaramov B.G. *Izmenchivost' i selekcionnaja cennost' kul'turnyh vidov ovsa v usloviyah juzhno-ploskostnoj zony Dagestana* [Variability and Breeding Value of Cultivated Oat Species under Conditions of the Southern Flat Zone of Dagestan] / B.G. Magaramov. — Saint-Petersburg: VIR, 2003. — 18 p. [in Russian]
6. Smirnova L.O. *Geneticheskoe raznoobrazie ovsa po fotoperiodicheskoj chuvstvitel'nosti i skorospelosti* [Genetic Diversity in Oat for Photoperiodic Sensitivity and Early Maturity] / L.O. Smirnova. — Saint-Petersburg: VIR, 2011. — 20 p. [in Russian]
7. Zhujkova O.A. *Ishodnyj material dlja selekcii ovsa na ustojchivost' k gribnym boleznjam i shvedskoj muhe na severo-vostoke chernozemnoj zony Rossijskoj Federacii* [Initial Materials for Oat Breeding for Resistance to Fungal Diseases and Frit Fly in Northeast of the Black Earth Zone of the Russian Federation] / O.A. Zhujkova. — Penza: PGSHA, 2015. — 23 p. [in Russian]
8. Gradoboeva T.P. *Ocenka sortoobrazcov ovsa na ustojchivost' k koronchatoj rzhavchine* [Assessment of Oat Varieties for Resistance to Crown Rust] / T.P. Gradoboeva, G.A. Batalova // *Zernobobovye i krupjanye kul'tury* [Leguminous and Cereal Crops]. — 2018. — № 1. — P. 91-97. [in Russian]
9. Svirikova S.V. *Vospriimchivost' rastenij ovsa k koronchatoj rzhavchine i geneticheskie istochniki ustojchivosti* [Susceptibility of Oat Plants to Crown Rust and Genetic Sources of Resistance] / S.V. Svirikova, A.A. Starcev, A.V. Zaushincena [et al.] // *Sel'skohozjajstvennye nauki* [Agricultural Science]. — 2016. — № 12. — P. 99-104. [in Russian]
10. Tyryshkin L.G. *Juvenil'naja ustojchivost' k gribnym listovym boleznjam vysokorezistentnyh po literaturnym dannym obrazcov jachmenja i ovsa iz kollekcii VIR* [Juvenile Resistance to Fungal Leaf Diseases of Highly Resistant, According to Literature Data, Barley and Oat Samples from the ARI Collection] / L.G. Tyryshkin, A.V. Sidorov // *Nauchnoe obespechenie razvitija APK v usloviyah importozameshhenija* [Scientific Support for the APC Development under Conditions of Import Substitution]: proceedings of Materials of the International Scientific and Practical Conference. — 2019. — Vol. 1. — P. 89-92. [in Russian]
11. Sidorov A.V. *Polevaja ustojchivost' obrazcov ovsa i jachmenja k gribnym listovym boleznjam* [Field Resistance of Oat and Barley Samples to Fungal Leaf Diseases] / A.V. Sidorov, V.G. Zaharov, L.G. Tyryshkin // *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]. — 2018. — № 53 — P. 76-79. [in Russian]
12. Tyryshkin L.G. *Modifikacionnaja izmenchivost' virulentnosti i agressivnosti fitopatogenov zernovyh kul'tur: vyvody, sledstvija, vozmozhnosti prakticheskogo primenenija* [Modification Variability of Virulence and Aggressiveness in Phytopathogens of Cereal Crops: Conclusions, Consequences, Possibilities of Practical Application] / L.G. Tyryshkin. — Saint-Petersburg: SPbSAU, 2016. — 137 p. [in Russian]
13. Tyryshkin L.G. *Vlijanie faktorov vneshnej sredy na virulentnost' i agressivnost' vozбудitelja koronchatoj rzhavchiny ovsa* [Influence of Environmental Factors on Virulence and Aggressiveness of Crown Rust Pathogen of Oat] / L.G. Tyryshkin, O.G. Mishen'kina, V.G. Zaharov // *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]. — 2016. — № 42. — P. 82-86. [in Russian]
14. Tyryshkin L.G. *Vlijanie obrabotok smes'ju nitratnogo i fosfornogo udobrenij na razvitie koronchatoj rzhavchiny i urozhajnost' ovsa* [The Effect of Treatment with Mixture of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers to Crown Rust Development and Oat Yield] / L.G. Tyryshkin, O.G. Mishen'kina, V.G. Zaharov // *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]. — 2017. — № 49. — P. 33-38. [in Russian]

15. Mains E.B. Physiological Specialization in Leaf Rust of Wheat, *Puccinia triticina* / E.B. Erikss Mains, H.S. Jackson // *Phytopathology*. — 1926. — № 1. — P. 89-120.
16. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta [Field Experiment Methodology] / B.A. Dospheov. — Moscow: Kolos, 1979. — 416 p. [in Russian]