

УДК 632.35

**РАЗВИТИЕ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ И СОДЕРЖАНИЕ  
ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛИСТЬЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ****Н. Н. Апаева, Л. В. Кудряшова, А. М. Ямалиева***Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола***GROWING OF BROWN RUST AND CONTENT  
OF TANNING SUBSTANCES IN LEAVES OF SPRING WHEAT****N. N. Apaeva, L. V. Kudryashova, A. M. Yamaliyeva***Mari State University, Yoshkar-Ola*

Фенольные соединения составляют наибольшую группу защитных веществ в растениях. К фенольным соединениям относятся и дубильные вещества, которые играют исключительно важную роль в устойчивости растений к фитопатогенам, особенно основанной на сверхчувствительности. Дубильные вещества содержатся в подземных и надземных частях растений: накапливаются в клеточном соке. На патоген они не оказывают непосредственного действия, но их окислительные формы оказывают значительное влияние на процессы патогенеза. Содержание дубильных веществ отличается от вида растений, но в тканях зерновых культур он изучен недостаточно. Нами установлено, что при поражении яровой пшеницы бурой ржавчиной в инфицированных листьях содержание дубильных веществ увеличивается. Накопление их происходит не по всему листу, а локализуется в очагах поражения. Концентрация дубильных веществ в инфицированной ткани увеличивается в 9 раз по сравнению с их естественным уровнем в здоровых клетках. При воздействии на растения химическими агентами (фунгицидами) в листьях возрастает содержание дубильных веществ. Нами установлено, что опрыскивание растений яровой пшеницы фунгицидом способствует увеличению содержания дубильных веществ в листьях в 2 раза. Химический препарат Альто супер в отличие от биологического препарата Агат 25 К способствует наибольшему увеличению содержания дубильных веществ в листьях яровой пшеницы. Обработка семян яровой пшеницы фунгицидами повышает содержание дубильных веществ в тканях яровой пшеницы в 1,6–2,5 раза.

**Ключевые слова:** дубильные вещества, фенольные соединения, яровая пшеница, бурая ржавчина, патогенез, фунгициды

Phenolic compounds constitute the largest group of protective substances in plants. Tanning substances are phenolic compounds that play a crucial role in plant resistance to pathogens, especially based on hypersensitivity. Tanning substances contained in underground and above-ground parts of plants: accumulated in the cell sap. They do not have a direct effect on the pathogen, but their oxidation forms, have a significant impact on the process of pathogenesis. The content of tanning substances is different by plant species, but it is insufficiently studied in the tissues of crops. The study found that the content of tannins in spring wheat leaves infected with brown rust, increases. Its accumulation does not occur over the entire leaf, it is localized in the lesions. The concentration of tannic substances in the infected tissue increases by 9 times as compared to their natural level in healthy cells. Content of tannic substances increases when exposed to chemical agents plants (fungicides) in the leaves. The study found that spraying the plants of spring wheat by fungicide helps to increase twice the content of tannic substances in the leaves. Chemical drug Alto super promotes the greatest increase of the content of tannic substances in leaves of spring wheat as opposed to the biological preparation Agate 25 K. Processing of seeds of spring wheat by fungicides increases the content of tannic substances in the tissues of spring wheat 1,6–2,5-fold.

**Keywords:** tanning substances, phenolic compounds, spring wheat, brown rust, pathogenesis, fungicides

Яровая пшеница ежегодно повреждается различными болезнями, которые могут привести к потере урожая от 30 до 50 %. К числу наиболее распространенных и вредоносных болезней яровой пшеницы следует отнести бурую ржавчину. Возбудитель бурой листовой ржавчины пшеницы – гриб *Puccinia tritici* (*Puccinia recondita* Rob.

et Desm. f. sp. Erikss. tritici). Недобор урожая зерна от бурой ржавчины может достигать 20–30 %.

Распространение, развитие и вредоносность бурой ржавчины, как и большинства вредных организмов, определяются как условиями их перезимовки и метеорологическими факторами года, так и общим уровнем земледелия хозяйств, а именно:

соблюдением севооборотов, качеством вспашки, сроками сева, уборки, протравливанием семян и применением защитных мероприятий в необходимых объемах и сроках. Одной из важных задач специалиста по защите растений является развитие защитных механизмов растений против возбудителей болезней.

Как отмечают Л. В. Метлицкий и О. Л. Озерцовская [9], наибольшую группу защитных веществ в растениях составляют фенольные соединения. К фенольным соединениям относятся и дубильные вещества. Фенольные соединения играют исключительно важную роль в устойчивости растений к фитопатогенам, особенно основанной на сверхчувствительности. Даже не действуя непосредственно на сам патоген, фенольные соединения, особенно их окислительные формы, оказывают значительное влияние на процессы патогенеза. Прежде всего, это инактивация экзоферментов паразита, в первую очередь пектолитических, с помощью которых паразиты преодолевают клеточную стенку растений. Окисленные производные фенолов реагируют с сульфгидрильными, а также амино- и иминогруппами белков, чем и объясняется в значительной мере их инактивирующее действие на ферменты.

Фенольные соединения всегда присутствуют в тканях здоровых растений. Их количество обычно сильно возрастает в поврежденных тканях [7; 9]. Как отмечает Н. М. Запрометов [5], уже давно было замечено, что устойчивость растений к поражению теми или иными патогенами часто коррелируется с высоким содержанием в их тканях фенольных соединений. В работах В. В. Чигрина [10] показано, что в инфицированных тканях устойчивых растений (в отличие от восприимчивых) происходит существенное накопление свободных фенолкарбоновых кислот, в том числе и фунгитоксичных.

Во многих исследованиях было установлено, что при поражении растений теми или иными патогенами происходит интенсивная вспышка новообразования фенольных соединений, которая сопровождается индукцией активности соответствующих ферментов [6]. В качестве ответной реакции для защиты от дальнейшего проникновения патогенов часто происходит образование раневого лигнина в клетках и тканях растений, примыкающих к месту проникновения инфекции [12, 13]. Установлено, что устойчивость некоторых сортов пшеницы к стеблевой ржавчине связана с быстрым новообразованием фенольных соединений в листьях [11].

В соответствии с имеющимися данными к настоящему времени показана более широкая роль

фенольных соединений в защитном ответе растений и на многие абиотические стимулы окружающей среды [4, 14, 15], что подтверждает их несомненную роль в комплексном защитном ответе растений на разнообразные стрессы и патогены [2].

Учитывая это, мы проводили определение дубильных веществ в зависимости от поражения растений яровой пшеницы.

Цель наших исследований – определить содержание полифенолов в листьях яровой пшеницы в зависимости от развития бурой ржавчины и применения фунгицидов.

Исследования по изучению содержания дубильных веществ в листьях растений яровой пшеницы в зависимости от поражения их бурой ржавчиной проводили на опытном поле и в лабораториях кафедры защиты растений Марийского государственного университета. Сорт яровой пшеницы Лада является среднеустойчивым к бурой ржавчине.

*Схема опыта:* 1. Контроль; 2. Агат 25К (0,03 г/га); 3. Агат 25К (0,03 г/га) + Альто супер (0,25 л/га); 4. Альто супер (0,50 л/га)

Повторность 3-кратная, общая площадь делянки 150 м<sup>2</sup>, учетная площадь 60 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое.

Количественное определение дубильных веществ в растительном материале проводили по методике Левенталья-Нейбауера в модификации Л. Курсанова. Определяли количество дубильных веществ в листьях с бурой ржавчиной и без признаков болезни по способности дубильных веществ быстро окисляться под действием перманганата калия. Анализы проводили в трехкратной повторности.

Фармакопейный метод количественного определения дубильных веществ в растительном сырье основан на их легкой окисляемости калия перманганатом в присутствии индигосульфокислоты при комнатной температуре [3]. Индигосульфокислота является индикатором и регулятором реакции. Титрование вели медленно, при сильном разбавлении экстракта, до появления золотисто-желтого окрашивания.

Пробы (здоровые и инфицированные листья одного растения) брали после заражения листьев бурой ржавчиной.

В инфицированных листьях яровой пшеницы обнаружено повышенное накопление дубильных веществ. Так, в здоровых листьях содержание дубильных веществ составило 9,14 %, а в инфицированных листьях – 11,88 %. Уже на первом этапе взаимодействия с возбудителем бурой ржавчины содержание дубильных веществ в листьях увеличилось.

Известно, что постинфекционная сверхпродукция фенольных соединений [1] не распределяется равномерно по всей ткани листа, а локализуется в очаге поражения. Если произвести перерасчет избыточной продукции дубильных веществ на массу некрозов, которые при обычном 15 %-м поражении листьев пшеницы, по словам Э. П. Комаровой, В. П. Матюшевой [8], составляют 5–7 % от общей массы листа (в зависимости от размеров некрозов), то реальное накопление дубильных веществ в зоне поражения достигает 900 %, т. е. концентрация дубильных веществ в инфицированной ткани увеличивается в 9 раз по сравнению с их естественным уровнем в здоровых клетках. Такая «передозировка» растительных клеток дубильными веществами, обладающими цитотоксичным действием, по словам В. В. Чигрина [10], по-видимому, способна вызвать необратимые нарушения метаболических процессов, сопровождающиеся некрогенезом пораженной ткани (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание дубильных веществ  
в здоровых и пораженных листьях яровой пшеницы**

Образец	Содержание дубильных веществ, %
Контроль (листья здоровые)	9,14
Листья, пораженные ржавчиной	11,88
Очаги поражения ржавчиной	81,40

В здоровых листьях яровой пшеницы содержание дубильных веществ составило 9,14 %, в листьях, пораженных ржавчиной, их количество увеличилось в 1,3 раза. В растительных тканях, очагах поражения ржавчиной, концентрация дубильных веществ увеличивается по сравнению со здоровыми тканями в 9 раз.

Количество дубильных веществ сильно возрастает в растениях, подвергнутых воздействию какого-либо химического агента.

Нами установлено, что опрыскивание растений средствами защиты способствовало увеличению дубильных веществ в листьях яровой пшеницы (табл. 2).

Содержание дубильных веществ при опрыскивании яровой пшеницы биологическим препаратом Агат 25К увеличилось незначительно, а при опрыскивании химическим препаратом Альто супер – в 2 раза. Химический препарат Альто супер в отличие от биологического препарата Агат 25 К способствует наибольшему увеличе-

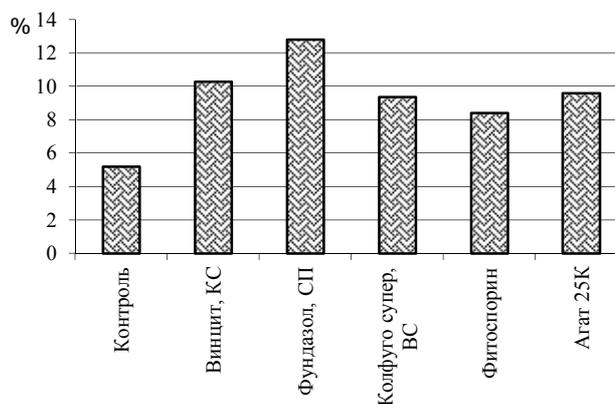
нию содержания дубильных веществ в листьях яровой пшеницы.

Таблица 2

**Влияние опрыскивания посевов яровой пшеницы  
на содержание дубильных веществ в листьях**

Варианты	Содержание дубильных веществ, %	Развитие бурой ржавчины, %
Контроль	9,14	4,6
Агат 25К	10,05	3,8
Агат 25К + Альто супер, КЭ	14,96	1,2
Альто супер, КЭ	18,88	1,2
НСР <sub>05</sub>	2,63	1,1

Обработка семян яровой пшеницы способствовала увеличению дубильных веществ в листьях яровой пшеницы (рис.).



Содержание дубильных веществ  
в листьях яровой пшеницы в зависимости  
от обработки семян, % (НСР<sub>05</sub> 2,15 %)

При протравливании семян яровой пшеницы Винцитом КС количество дубильных веществ увеличилось в 2 раза, Фундазолом, СП – в 2,5 раза, Колфуго супер, ВС – в 1,8 раза. Биологические препараты также способствовали увеличению содержания дубильных веществ в растении в 1,6 и 1,8 раза по сравнению с контролем.

*Выводы:*

1. При поражении яровой пшеницы бурой ржавчиной в листьях происходит концентрация дубильных веществ вокруг пораженного участка. Концентрация дубильных веществ в инфицированной ткани увеличивается в 9 раз по сравнению с их естественным уровнем в здоровых клетках.

2. При опрыскивании растений яровой пшеницы фунгицидом происходит увеличение содержания дубильных веществ в 2 раза.

**Литература**

1. Андреев Л. Н., Верзилова Т. В. Активность и изоэнзимный состав пероксидазы листьев пшеницы, пораженной ржавчиной // Изв. АН СССР. Сер. «Биол.». 1973. № 4. С. 481–487.
2. Андреева И. В. Фенольные соединения сои при вирусном патогенезе // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы. Новосибирск, 2013. С. 124–127.
3. Государственная фармакопея СССР. 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1987. Вып. 1. 336 с.
4. Дмитриев А. П. Сигнальные молекулы растений для активации защитных реакций в ответ на биотический стресс // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 4. С. 465–474.
5. Запрометов М. Н. Специализированные функции фенольных соединений в растениях // Физиология растений. 1993. Т. 40. С. 921.
6. Запрометов М. Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения. М.: Наука, 1996.
7. Иванов В. В., Денисенко О. Н. Количественное определение дубильных веществ в траве горца сахалинского, индуцированного в условиях Кавказских минеральных вод, различными аналитическими методами // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: [www.science-education.ru/120-16511](http://www.science-education.ru/120-16511)
8. Комарова Э. П., Матюшевская В. П. Характер взаимодействия зерновых культур и неспецифических облигатных паразитов // Докл. АН ВССР. 1985. Т. 29. С. 852–854.
9. Метлицкий Л. В., Озерцовская О. Л. Как растения защищаются от болезней. М.: Наука, 1985. 187 с.
10. Чигрин В. В. Физиолого-биохимическая регуляция совместимости клеток высшего растения и биотрофного патогенна на примере взаимодействия пшеницы и возбудителя стеблевой ржавчины // Журн. Общ. Биологии. 1986. Т. 47. № 3. С. 310–326.
11. Moerschbacher B. Lignin biosynthesis and the resistance of wheat to stem rust // *Phytoparasitica*. 1988. Vol. 250. P. 1004.
12. Pearce R. B., Ride J. B. Specificity of induction of the lignification response in wounded wheat leaves, *Physiol. Plant Pathol.* 1980. Vol. 16. P. 197.
13. Rhodes M. J. C. Physiological significance of plant phenolics // *The biochemistry of plant phenolics*. Oxford: Clarendon press, 1985. P. 99–118.
14. Sakuta M. Transcriptinal control syntase by environmental stimuli // *Journal of plant research (Japan)*. 2000. Vol. 113. № 1111. P. 327–333.
15. Shirley B. F. Flavonoid biosynthesis: «New» functions for an «old» pathway // *Trands Plant Sci.* 1996. Vol. 11. № 11. P. 377–382.

**References**

1. Andreev L. N., Verzilova T. V. Aktivnost' i izozenzimnyj sostav peroksidazy list'ev pshenicy, porazhennoj rzhavchijoj. *Izv. AN SSSR. Ser. «Biol.»*. 1973, no. 4, pp. 481–487.
2. Andreeva I. V. Fenol'nye soedinenija soi pri virusnom patogeneze. *Lekarstvennye rastenija: fundamental'nye i prikladnye problemy*. Novosibirsk, 2013, pp. 124–127.
3. Gosudarstvennaja farmakopeja SSSR. 11-e izd., dop. M.: Medicina, 1987, vyp. 1, 336 p.
4. Dmitriev A. P. Signal'nye molekuly rastenij dlja aktivacii zashhitnyh reakcij v otvet na bioticheskij stress. *Fiziologija rastenij*. 2003, t. 50, no. 4, pp. 465–474.
5. Zaprometov M. N. Specializirovannye funkicii fenol'nyh soedinenij v rastenijah. *Fiziologija rastenij*. 1993, t. 40, p. 921.
6. Zaprometov M. N. Fenol'nye soedinenija i ih rol' v zhizni rastenija. M.: Nauka, 1996.
7. Ivanov V. V., Denisenko O. N. Kolichestvennoe opredelenie dubil'nyh veshhestv v trave gorca sahalinskogo, inducirovannogo v uslovijah Kavkazskih mineral'nyh vod, razlichnymi analiticheskimi metodami. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2014, no. 6. URL: [www.science-education.ru/120-16511](http://www.science-education.ru/120-16511)
8. Komarova Je. P., Matjushevskaja V. P. Harakter vzaimodejstvija zernovyh kul'tur i nespecificheskih obligatnyh parazitov. *Dokl. AN VSSR*. 1985, t. 29, pp. 852–854.
9. Metlickij L. V., Ozereckovskaja O. L. Kak rastenija zashhishhajutsja ot boleznej. M.: Nauka, 1985, 187 p.
10. Chigrin V. V. Fiziologo-biohimicheskaja reguljacija sovmetimosti kletok vysshego rastenija i biotrofnogo patogenna na primere vzaimodejstvija pshenicy i vozбудitelja steblevoj rzhavchiny. *Zhurn. Obshh. biologii*. 1986, t. 47, no. 3, pp. 310–326.
11. Moerschbacher B. Lignin biosynthesis and the resistance of wheat to stem rust. *Phytoparasitica*. 1988, vol. 250, p. 1004.
12. Pearce R. B., Ride J. B. Specificity of induction of the lignification response in wounded wheat leaves, *Physiol. Plant Pathol.* 1980, vol. 16, p. 197.
13. Rhodes M. J. C. Physiological significance of plant phenolics. *The biochemistry of plant phenolics*. Oxford: Clarendon press, 1985, p. 99–118.
14. Sakuta M. Transcriptinal control syntase by environmental stimuli. *Journal of plant research (Japan)*. 2000, vol. 113, no. 1111, pp. 327–333.
15. Shirley B. F. Flavonoid biosynthesis: «New» functions for an «old» pathway. *Trands Plant Sci.* 1996, vol. 11, no. 11, pp. 377–382.

Статья поступила в редакцию 14.01.2016 г.

Submitted 14.01.2016.

**Для цитирования:** Апаева Н. Н., Кудряшова Л. В., Ямалиева А. М. Развитие бурой ржавчины и содержание дубильных веществ в листьях яровой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016. № 2 (6). С. 10–14.

**Citation for an article:** Apaeva N. N., Kudryashova L. V., Yamaliyeva A. M. Growing of brown rust and content of tanning substances in leaves of spring wheat. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2016, no. 2 (6), pp. 10–14.

**Апаева Нина Николаевна,**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, Марийский государственный  
университет, г. Йошкар-Ола,  
[apaevanina@mail.ru](mailto:apaevanina@mail.ru)

**Кудряшова Любовь Владимировна,**  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, Марийский государственный уни-  
верситет, г. Йошкар-Ола, [kudralub@mail.ru](mailto:kudralub@mail.ru)

**Ямалиева Асия Мансуровна,**  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, Марийский государственный  
университет, г. Йошкар-Ола,  
[asiayamaliyeva@mail.ru](mailto:asiayamaliyeva@mail.ru)

**Апаева Нина Николаевна,**

Candidate of Agricultural Sciences,  
Associate Professor, Mari State University,  
Yoshkar-Ola, [apaevanina@mail.ru](mailto:apaevanina@mail.ru)

**Kudryashova Lyubov Vladimirovna,**  
Candidate of Agricultural Sciences, Associate  
Professor, Mari State University, Yoshkar-Ola,  
[kudralub@mail.ru](mailto:kudralub@mail.ru)

**Yamaliyeva Asiya Mantsurovna,**  
Candidate of Agricultural Sciences, Associate  
Professor, Mari State University, Yoshkar-Ola,  
[asiayamaliyeva@mail.ru](mailto:asiayamaliyeva@mail.ru)