

УДК 632.3:633.1

UDC 632.3:633.1

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**НЕДОБОР ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ,
ОБУСЛОВЛЕННЫЙ *P. TRITICINA***

**THE SHORTAGE OF WINTER WHEAT GRAIN
CAUSED by *P. triticina***

Бойко Александр Петрович
к. с.-х.н., ID 277180
aos.vir@mail.ru
*Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова, Филиал Адлерская
опытная станция ВИР (Адлер)*

Boyko Aleksandr Petrovich
Cand.Agr.Sci., ID 277180
aos.vir@mail.ru
*Federal Research Center, Vavilov Institute of Plant
Industry
Adler experiment station (Branch) of VIR (Adler)*

Исследовано влияние взаимодействия двух технологий защиты растений: селекционно-иммунологического и химического. Исследования проводились на сортах и линии озимой мягкой, твердой пшеницы и тритикале, созданных в КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко, а также сорта инорайонной и иностранной селекции. При рассмотрении корреляционных связей в группе генотипов, образующих некротический тип реакции на внедрение патогена (первая группа сортов), была установлена достоверная отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,76$) между изменением массы 1000 зерен и числом непродуктивных стеблей, образуемых одним растением. Разработана модель вредоносности возбудителя бурой ржавчины в разреженных посевах пшеницы. Согласно модели, развитие патогена в тканях листьев растения-хозяина приводит первоначально к изменению соотношения продуктивных и непродуктивных стеблей. Изменение этих показателей значительно сказывается на изменчивости таких показателей, как масса зерна с одного колоса, число зерен в колосе и масса 1000 зерен. Незначительная изменчивость массы 1000 зерен позволяет утверждать, что основные потери продуктивности в фазу цветения происходят за счет абортивности цветков. Эта модель позволяет объяснить увеличение массы 1000 зерен у некоторых сортов в опытах по изменению толерантности при поражении растений *P. Triticina* на микроделянках

The article studies the influence of the interaction of two technologies of plant protection: breeding-immunological and chemical. The studies were conducted on the varieties and lines of soft winter, durum wheat and triticale, established in Krasnodar research institute named after P. P. Lukyanenko, and also, on varieties of an alien and foreign selection. When considering the correlations in the group of genotypes, forming a necrotic type of reaction to the introduction of the pathogen (the first group of varieties), the significant negative correlation ($r = -0,76$) between the change in the mass of 1000 grains and the number of unproductive stems formed by one plant was established. The model of the severity of brown rust pathogen in sparse crops of wheat has been collaborated. According to the model, the development of the pathogen in the tissues of the leaves of the host plant leads initially to a change in the relations of the productive and unproductive stems. The change of these parameters significantly affects on the variability of indicators such as the mass of grains from one ear, number of grains per ear and 1000 grain weight. Negligible volatility of weight for 1000 grains suggests that the major losses of productivity in the flowering stage are due to abortive flowers. This model can explain the increase in the mass of 1000 grains in some varieties for tolerance change experiments with the defeat of plants of *P. Triticina* on micro-plots

Ключевые слова: БУРАЯ РЖАВЧИНА, ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ, ПАТОГЕН, СОРТА И ЛИНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ, ПОРАЖЕНИЕ РАСТЕНИЯ
Doi: 10.21515/1990-4665-122-085

Keywords: LEAF RUST, IMMUNOLOGICAL RESISTANCE, PATHOGEN, VARIETIES AND LINES OF SOFT WINTER, DURUM WHEAT AND TRITICALE, DEFEAT OF PLANTS

Актуальность темы исследований определена тем, что рассматриваются вопросы повышения эффективности защиты

агрофитоценозов за счет создания и внедрения в селекционную практику и производство новых высокопродуктивных устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы. А взаимодействие двух направлений защиты растений (селекционно-иммунологического и химического) позволит продлить срок «жизни» препаратов и защитных иммунологических свойств сортов, снизить себестоимость защитные мероприятия и уменьшить пестицидное давление на агроценоз [3,10,11].

Практика показала, что наиболее эффективным средством предотвращения эпифитотий является увеличение генотипической вариабильности культивируемых сортов [1,5,6,9]. Для успешного решения задач, стоящих перед селекционно-иммунологическим способом защиты ценоза культивируемых растений, необходимы знания о генетике устойчивости растений и вирулентности паразитов, типах устойчивости к возбудителям болезней и характере их наследования, сопряженности признака устойчивости с другими хозяйственно-ценными признаками и свойствами, методах оценки и отбора, эпифитотиологическом значении типов устойчивости и вредоносности патогенов.

Объектами исследований являлись сорта и линии озимой мягкой, твердой пшеницы и тритикале, созданные в КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко, а также сорта инорайонной и иностранной селекции. Учитывая, что устойчивость растений в значительной степени зависит от условий окружающей среды, ряд модельных экспериментов, а также изучение вирулентности возбудителя заболевания проводили в контролируемых условиях. При этом климатические параметры подбирались таким образом, чтобы они имитировали среднеголетние данные Краснодарского края.

Нами выделено пять основных групп сортов, иммунологическая характеристика которых представлена в таблице 1. Результаты многолетних исследований (2006–2009 гг.) (среднеголетние значения

коэффициентов вариации отдельных показателей по каждой группе сортов и линий) сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Иммунологическая характеристика групп сортов и линий озимой мягкой пшеницы по устойчивости *P. Triticina*

| Номер группы | Латентный период, сут | Грибной белок, мкг/г сырой массы | Тип реакции на внедрение патогена, балл | Интенсивность поражения растений, % | Площадь под кривой развития болезни |
|--------------|-----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| I | – | 48,3 ± 13,1 | VR | – | – |
| II | 23,8 ± 1,7 | 68,0 ± 19,9 | R–MR | 5–10 | 22,2 ± 1,3 |
| III | 18,4 ± 1,3 | 107,5 ± 21,8 | M–MS(S) | 20–40 | 38,0 ± 2,4 |
| IV | 16,0 ± 0,8 | 381,0 ± 53,9 | MS–S | 50–60 | 291,5 ± 8,7 |
| V | 12,0 ± 3,4 | 486 ± 62,8 | S–VS | 100 | 674,8 ± 16,6 |

Таблица 2 – Изменчивость массы 1000 зерен (Δ МТЗ), продуктивной (Δ ПК) и непродуктивной (Δ НПК) кустистости, и массы семян одного колоса (Δ МКС) в микроделяночных опытах, искусственный инфекционный фон, 2006–2009 гг.

| Номер группы | Коэффициенты вариации | | | |
|--------------|-----------------------|-------------|--------------|--------------|
| | Δ МТЗ | Δ ПК | Δ НПК | Δ МКС |
| I | 12,5 | 4,7 | 24,5 | 23,2 |
| II | 8,1 | 11,1 | 46,1 | 15,4 |
| III | 9,4 | 10,6 | 45,5 | 12,6 |
| IV | 5,1 | 8,6 | 33,4 | 8,1 |
| V | 2,6 | 5,6 | 30,0 | 9,1 |

Таблица 3 – Коэффициенты толерантности к возбудителю бурой ржавчины по озерненности (Δ ОК) и массе зерна колосьев (Δ МЗК) различных стеблей у некоторых сортов озимой мягкой пшеницы, относящихся к различным группам устойчивости

| Сорт | Коэффициенты толерантности, рассчитанные по каждому колосу на растении | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | 1-й стебель | | 2-й стебель | | 3-й стебель | | 4-й стебель | |
| | Δ ОК | Δ МЗК | Δ ОК | Δ МЗК | Δ ОК | Δ МЗК | Δ ОК | Δ МЗК |
| Красота | 0,94 | 0,90 | 0,73 | 0,73 | 0,83 | 0,74 | 0,26 | 0,25 |
| Коллега | 0,97 | 0,92 | 0,87 | 0,85 | 0,89 | 0,91 | 0,24 | 0,33 |
| ПалПич | 0,98 | 1,17 | 0,98 | 1,09 | 0,95 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Безостая 1 | 1,22 | 0,97 | 0,83 | 0,76 | 0,93 | 0,61 | 0,00 | 0,00 |
| Скифянка | 0,79 | 0,68 | 0,77 | 0,61 | 0,81 | 0,51 | 0,23 | 0,31 |
| Мафэ | 1,00 | 0,88 | 0,89 | 0,61 | 0,93 | 0,64 | 0,78 | 0,47 |
| Полукарликовая 49 | 0,94 | 0,96 | 0,90 | 0,91 | 0,83 | 0,94 | 0,00 | 0,00 |
| Старшина | 0,99 | 1,20 | 0,93 | 0,74 | 0,61 | 0,87 | 0,66 | 0,80 |

Из таблицы 2 следует, что практически во всех группах сортов (исключая группу I) при поражении паразитом масса 1000 зерен подвержена наименьшим изменениям. Этот показатель оказался наиболее консервативным. Он не может служить ни мерой недобора зерна, ни мерой степени выносливости сорта к возбудителю бурой ржавчины. Большой изменчивости подвержены показатели кустистости и массы зерна одного колоса. Причем, в наименьшей степени варьирует масса зерна главного колоса, а в наибольшей – массы зерна колосьев боковых побегов.

В связи с этим были рассмотрены коэффициенты толерантности по этим показателям у ряда сортов (таблица 3).

В этом эксперименте сорта формировали зерно на колосьях трех стеблях как в варианте, защищенном фунгицидом, так и в варианте с инокуляцией растений *P. Triticina*. При этом наблюдается тенденция

уменьшения числа зерен в колосе и их массы при поражении растений паразитом. У некоторых сортов (ПалПич, Безостая 1, Полукарликовая 49) четвертый стебель в варианте с инокуляцией паразитом зерно не сформировал, в то время как в варианте, защищенном фунгицидом, у всех сортов на всех стеблях зерно было сформировано. Следует отметить, что у сорта Безостая 1; увеличение числа зерен в колосе приводило к незначительному уменьшению массы сформированных на нем семян [2].

Расчет недобора зерна одним растением, обусловленный возбудителем заболевания, показывает, что у всех сортов наблюдается снижение массы сформированного растения зерна. В то же время у некоторых сортов и линий в отдельные годы наблюдалось увеличение массы 1000 зерен.

В целом повреждение листовой пластинки, обусловленное *P. Triticina*, в большинстве случаев не вызывает резких изменений массы 1000 зерен. Как правило, этот показатель у большинства сортов оставался неизменным, или же значимость его изменения была статистически недоказанной.

Увеличение массы 1000 зерен у ряда сортов нельзя объяснить стимулирующим воздействием паразита. Структурный анализ компонентов урожая свидетельствуют о том, что мы имеем дело не с симбиозом, а с типичным паразитом, т. е. развитием одного организма (в данном случае *P. Triticina*) за счет другого (*Triticum aestivum* L.). Изменение массы 1000 зерен, обусловленное паразитом, не может служить мерой толерантности. Нами был поставлен ряд экспериментов с целью разработать критерии отбора толерантных генотипов в условиях искусственно созданной эпифитотий [4,7].

При рассмотрении корреляционных связей (таблица 4) в группе генотипов, образующих некротический тип реакции на внедрение патогена (первая группа сортов), была установлена достоверная отрицательная корреляционная зависимость ($r = 0,76$) между изменением массы 1000

зерен и числом непродуктивных стеблей, образуемых одним растением. Корреляционные связи между показателями *P. Triticina* во флаговых листьях с изменением структуры урожая были недостоверны. Однако, следует отметить, что степень связи между развитием грибного мицелия в тканях листа с изменением показателей кустистости была выше ($r = 0,57$ для продуктивной и $r = 0,46$ для непродуктивной), чем с изменением массы 1000 зерен ($r = 0,14$). Это свидетельствует о том, что бурая ржавчина, воздействуя на некоторые элементы структуры урожая, вызывает такие изменения у сортов этой группы, которые компенсируют изменение крупности зерна.

Таблица 4 – Коэффициенты пути и коэффициенты корреляции между изменчивостью целевого признака (Δ МТЗ) и косвенными (Δ МЗК, Δ ПК, Δ НПК, % поражения, развития гибридного мицелия) в первой группе генотипов, искусственный инфекционный фон

| Косвенные признаки | Δ МЗК | Δ ПК | Δ НПК | Грибной белок | Коэффициенты корреляции целевого признака (МТЗ) с селекционными |
|---|--------------|-------------|--------------|---------------|---|
| Δ МЗК | 0,31 | 0,10 | -0,08 | 0,09 | 0,42 |
| Δ ПК | -0,09 | - | -0,03 | 0,24 | -0,21 |
| Δ НПК | 0,02 | - | -0,96 | 0,19 | -0,76 |
| Грибной белок | -0,06 | 0,19 | 0,43 | -0,42 | 0,14 |
| Примечание – Для неучтенного фактора = 35,7 % | | | | | |

Большая величина неучтенного фактора (35,7 %) связана, вероятно, с тем, что не учитывалась площадь листовой пластинки. Некрозообразование же связано: во-первых, с убылью энергетического материала вследствие патологически возросшего дыхания; во-вторых, с увеличением площади листовой пластинки, не участвующей в фотосинтезе.

Во второй группе стабильность целевого признака поддерживается за счет изменения соотношения числа продуктивных и непродуктивных стеблей. Причем, влияние поражения в этой группе сортов на кустистость растений увеличивается по сравнению с представителями первой группы.

Во второй группе генотипов изменение массы 1000 зерен связано с пораженностью растений, увеличением числа непродуктивных стеблей и величиной латентного периода, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции целевого признака с перечисленными выше косвенными ($-0,62$, $-0,73$ и $0,75$ соответственно). Связь между изменением целевого признака и изменениями, вызываемыми возбудителями заболевания, в продуктивной кустистости растений очень слаба ($r = -0,01$). Аналогичная по силе связь между изменением массы 1000 зерен и накоплением грибного мицелия в листьях растений ($r = -0,03$).

Применение метода путей коэффициентов позволило установить, что при развитии патогена на растениях (которые характеризуют такие показатели как интенсивность поражения, количество грибного мицелия в листьях и величина латентного периода) наибольшие изменения происходят в кустистости растений, которые и вносят наибольший вклад в поддержание стабильности массы 1000 зерен.

Можно предположить, что число зерен в колосе у этой группы сортов оказывает очень слабое влияние на поддержание стабильности массы 1000 зерен, о чем свидетельствует наибольшая величина неучтенного фактора (1,9 %).

Анализ стабильности массы 1000 зерен у генотипов, составляющих третью группу, показал, что влияние изменения косвенных признаков на целевой несколько отличается от описанного для генотипов второй группы. Эти отличия связаны, прежде всего с тем, что основной вклад в поддержание стабильности массы 1000 зерен вносит масса зерна одного

колоса. Последнее вероятно связано с числом сформировавшихся в колосе зерен.

На основе полученного нами экспериментального материала мы разработали модель вредоносности возбудителя бурой ржавчины в разреженных посевах пшеницы.

Согласно модели, развитие патогена в тканях листьев растения-хозяина приводит первоначально к изменению соотношения продуктивных и непродуктивных стеблей. Изменение этих показателей в значительной степени сказывается на изменчивости таких показателей, как масса зерна с одного колоса, число зерен в колосе и масса 1000 зерен. Незначительная изменчивость массы 1000 зерен позволяет утверждать, что основные потери продуктивности в фазу цветения происходят за счет абортивности цветков. Эта модель позволяет объяснить увеличение массы 1000 зерен у некоторых сортов в опытах по изменению толерантности при поражении растений *P. Triticina* на микроделянках.

Использование этой модели в селекционном процессе при отборе родоначальников селекционных номеров позволит на начальных этапах селекционного процесса избавиться от большого количества генотипов, проявляющих устойчивость к паразиту, но не обладающих одним важным свойством толерантных сортов, а именно, защитой урожая от потерь, обусловленных возбудителем заболевания [8,12,13].

Так, при отборе в гибридных популяциях растений, образующих некротический тип реакции на внедрение патогена, необходимо учитывать общую кустистость растений. Чем больше кустистость, тем меньше будет недобор зерна в условиях эпифитотий.

При отборе слабopоpажаемых растений (с интенсивностью поражения 5–20 %, устойчивым и умеренно устойчивым топом реакции на внедрение патогена) особое внимание следует уделять растениям с большим числом продуктивных стеблей. При отборе умеренно-поражаемых растений

большее внимание следует уделять тем, которые формируют колос с наибольшей массой семян.

Литература

1. Беспалова Л.А., Аблов И.Б., Колесников Ф.А. и др. Развитие наследия академика П.П. Лукьяненко по генетической борьбе с ржавчинными болезнями пшеницы // Земледелие. 2011. - №4. - С. 16-19.
2. Бойко А.П. Мониторинг развития эпифитотии *Puccinia triticina* rob. Ex desm f. Sp. *Triticum erikss. Et henn.* У сортов и линий озимой пшеницы / А.П. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №04(118). С. 1587 – 1598. – IDA [article ID]: 1181604104. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/104.pdf>, 0,75 у.п.л.
3. Бойко А.П. Подходы к обоснованию экспертной системы при развитии эпифитотии на посевах озимой пшеницы / А.П. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №04(118). С. 1576 – 1586. – IDA [article ID]: 1181604103. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/103.pdf>, 0,688 у.п.л.
4. Вавилов Н. И. Пути советской селекции // Избранные труды : в 5 т. — М.; Л.: Наука, 1965. — Т. 5 : Проблемы происхождения, географии, генетики, селекции растений и агрономии.
5. Ван Дер Планк Я. Устойчивость растений к болезням. М. «Колос», 1972. - 253 с.
6. Воронкова А.А. Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине. – М.: Колос, 1980. - 191 с.
7. Гешеле. Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М. «Колос», 1978. - 208 с.
8. Лукьяненко П.П. О методике селекции сортов озимых пшениц, устойчивых к бурой ржавчине // Яровизация, 1941. - №3. – С.38-47.
9. Лукьяненко П.П. Новые ржавчино-устойчивые сорта озимой пшеницы // Селекция и семеноводство, 1933. – №2. – С.34.
10. Малюга Н.Г., Цаценко Л.В. Перспективы растениеводства в будущем веке // Аграрная наука. 1998. - № 4. - С. 14-19.
11. Михайлова Л.А. Генетика ржавчинных грибов в связи с селекцией зерновых культур на болезнестойчивость. /Сб. «Ржавчина хлебных злаков». М. «Колос», 1975, с.67-79.
12. McIntosh R.A., Brown G.N. Anticipatory breeding for resistance to rust diseases in wheat. /Ann. Rev. Phytopathology, 35, 1997, p.311-326.
13. Poyntz V., Hyde P.M. The expression of partial resistance of wheat to *Puccinia recondit.* L. Phytopathology, 1987. V.12. -P.136-142.

References

1. Bepalova L.A., Ablov I.B., Kolesnikov F.A. i dr. Razvitie nasledija akademika P.P.Luk'janenko po geneticheskoj bor'be s rzhavchinnymi boleznyami pshenicy // Zemledelie. 2011. - №4. - S. 16-19.
2. Bojko A.P. Monitoring razvitija jepifitotii *Puccinia triticina* rob. Ex desm f. Sp. *Triticum erikss. Et henn.* U sortov i linij ozimoy pshenicy / A.P. Bojko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №04(118). S. 1587 – 1598. – IDA [article ID]: 1181604104. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/104.pdf>, 0,75 u.p.l.
3. Bojko A.P. Podhody k obosnovaniju jekspertnoj sistemy pri razvitii jepifitotii na posevah ozimoy pshenicy / A.P. Bojko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №04(118). S. 1576 – 1586. – IDA [article ID]: 1181604103. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/103.pdf>, 0,688 u.p.l.

4. Vavilov N. I. Puti sovetskoj selekcii // Izbrannye trudy : v 5 t. — M.; L.: Nauka, 1965. — T. 5 : Problemy proishozhdenija, geografii, genetiki, selekcii rastenij i agronomii.
5. Van Der Plank Ja. Ustojchivost' rastenij k boleznjam. M. «Kolos», 1972.- 253 s.
6. Voronkova A.A., Genetiko-immunologicheskie osnovy selekcii pshenicy na ustojchivost' k rzhavchine. — M.:Kolos, 1980. - 191s.
7. Geshele. Je. Je. Osnovy fitopatologicheskoy ocenki v selekcii rastenij. M. «Kolos», 1978. - 208s.
8. Luk'janenko P.P. O metodike selekcii sortov ozimyh pshenic, ustojchivyh k buroj rzhavchine //Jarovizacija, 1941. - №3. —S.38-47.
9. Luk'janenko P.P. Novye rzhavchino-ustojchivye sorta ozimoj pshenicy //Selekcija i semenovodstvo, 1933. — №2. — S.34.
10. Maljuga N.G., Tsatsenko L.V. Perspektivy rastenievodstva v budushhem veke// Agrarnaja nauka. 1998.- № 4.- S. 14-19.
11. Mihajlova L.A. Genetika rzhavchinnyh gribov v svjazi s selekciej zernovyh kul'tur na boleznoustojchivost'. /Sb. «Rzhavchina hlebnih zlakov». M. «Kolos», 1975, s.67-79.
12. McIntosh R.A., Brown G.N. Anticipatory breeding for resistance to rust diseases in wheat. /Ann. Rev. Phytopathology, 35, 1997, p.311-326.
13. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of partial resistance of wheat to Puccinia recondit. L. Phytopathology, 1987. V.12. -P.136-142.