

УДК 632.3:633.1

UDC 632.3:633.1

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ
ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАЗВИТИИ
ЭПИФИТОТИИ НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ
ПШЕНИЦЫ**

**APPROACHES TO JUSTIFICATION OF AN
EXPERT SYSTEM IN THE DEVELOPMENT OF
EPIPHYTOTICS ON WINTER WHEAT CROPS**

Бойко Александр Петрович

Boyko Aleksandr Petrovich

к.с.-х.,н,

Cand.Agr.Sci.

*Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова, Филиал Адлерская
опытная станция ВИР (Адлер)*

*Institute of Plant Industry, Vavilov Institute of Plant
Industry, Branch of the Adler experiment station of
VIR (Adler)*

aos.vir@mail.ru

aos.vir@mail.ru

ID 277180

ID 277180

В статье рассматриваются вопросы создания экспертной системы при развитии эпифитотии в посевах озимой пшеницы. Повышение точности прогноза развития эпифитотии должно опираться на улучшение прогноза хода суточных температур (минимальной, максимальной и средней). При этом алгоритм расчета не должен быть громоздким. В алгоритм включены показатели цикличности годового хода температур, т.е. изменение среднесуточных температур за год. Для обработки метода локального прогноза среднесуточных температур в течение года использовали данные метеостанции за 9 лет. Рассмотрев основные вопросы развития эпифитотии бурой ржавчины и её влияние на продукционные ценозы пшеницы, можно приступить к моделированию логики эксперта. В анализ включены следующие показатели: возделываемый сорт; агротехника (предшественник, внесение удобрений, предпосевная обработка и др.); общее состояние посева; фаза развития растений в момент проведения обследования поля; дата начала развития заболевания (если она отмечена); пораженность посева в момент проведения наблюдений. Установлен, что при целенаправленном создании сортов озимой мягкой пшеницы устойчивых к патогену, необходимо проводить экологические испытания устойчивости как селекционного латента, так и рекомендуемых источников и доноров устойчивости, что позволит правильно планировать экономическое размещение устойчивых генотипов озимой мягкой пшеницы

The article examines the creation of the expert system in the development of epiphytotics in winter bread wheat sowing. Increasing the accuracy of the forecast epiphytotics should be based on the improvement forecasting of move daily temperature (minimum, maximum and average). In this case, the calculation algorithm must not be cumbersome. In the algorithm, there are indicators of cyclical annual variations of temperature, i.e. the change in average daily temperatures for the year. For the treatment method of local forecast of daily average temperatures during the year used data of meteorological station for 9 years. Having considered the main issues to epidemics of brown rust and its influence on the production of wheat cenoses, you can proceed to the modeling expert logic. The analysis includes the following indicators: cultivated variety; agricultural machinery (predecessor, fertilizer, pre-processing, and others.); general condition of sowing; phase of plant development at the time of the field survey; date of onset of the disease (if selected); prevalence of sowing at the time of observation. Installed that the purposeful creation of varieties of winter wheat resistant to the pathogen, it is necessary to carry out environmental testing stability as a latent breeding and recommended sources and sustainability of donors, which will allow to plan economic occupancy resistant genotypes of winter wheat

Ключевые слова: ЭПИФИТОТИИ,
ЦИКЛИЧНОСТЬ ЭПИФИТОТИЙНЫХ
ПРОЦЕССОВ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА,
ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Keywords: EPIPHYTOTICS, RECURRENCE OF
EPIPHYTOTIC PROCESSES, WINTER BREAD
WHEAT, CONTROL MEASURES

В практической работе, при планировании и проведении защитных мероприятий специалисты имеют дело с общим инокулюмом на посевах озимой пшеницы, который постоянно увеличивается в процессе развития эпифитотии. Между начальным и общим инокулюмом существует прямая и обратная связь. Это обусловлено тем, что часть общего инокулюма одного региона может служить начальным инокулюмом для полей других регионов.

Согласно схеме развития эпифитотии, начальное заражение растений озимой пшеницы в весенний период бурой ржавчиной может быть вызвано либо урениоспорами, привнесенными воздушными течениями извне (начальный инокулюм), либо урениоспорами, образовавшимися на зараженных с осени растениях (общий инокулюм). Различия в понятиях начальный и общий инокулюм условны и отражают лишь происхождение инфекционных структур и, косвенно, могут определять время начала эпифитотии. В данном контексте термин начальный инокулюм описывает не только те инфекционные структуры *P. triticina*, которые были занесены воздушными течениями из других регионов, но и те урениоспоры, источником которых являются дикие злаки. Исследованиями М.П. Лесового (1977) значительно расширены знания о круге растений – хозяев *Puccinia triticina* и о значении последних в формировании вирулентности популяции паразита, что имеет важное значение как для селекции, так и при планировании защитных мероприятий. Термин «общий инокулюм» всю совокупность урениоспор паразита, т.е. инфекционные структуры, которые образовал паразит на сортах данного региона (или сорте данного поля), а также те, которые были описаны термином «начальный инокулюм» [1,2].

Урениоспоры возбудителя, попадая на растения и инфицируя их, дают начало первому циклу развития эпифитотии. От момента попадания урениоспор на листовую поверхность растений и внедрения паразита до

начала спорулирования новых урединиопустул, существует промежуток времени, называемым латентным периодом. Величина этого отрезка зависит от температуры и окружающей среды. Появление урединиопустул и освобождение от них урединиоспор – это конец первого цикла эпифитотии и, одновременно, начало второго. Таким образом, упрощенно эпифитотию можно рассматривать как ряд последовательных циклов, для каждого из которых характерно пополнение общего инокулюма. Увеличение количества инфекционных структур с каждым циклом развития эпифитотии можно рассматривать как геометрическую прогрессию [5].

В действительности, провести четкое разграничение циклов развития возбудителя практически невозможно, так как инфекционные структуры (урединиоспоры) освобождаются от урединиопустул в течение 10 – 14 дней. Вместе с тем, понимание цикличности эпифитотийных процессов как одного из способов прогноза развития заболевания дает возможность построить модель развития эпифитотии и спланировать защитные мероприятия.

При создании экспертной системы при развитии эпифитотии нами была предпринята попытка рассмотрения развитие эпифитотии на различающихся по устойчивости сортах озимой мягкой пшеницы, при этом была исключена возможность любого заноса урединиоспор возбудителя из других регионов. Исследовательские работы выполнены на опытных полях селекционного севооборота КНИИСХ, расположенного в центральной зоне Краснодарского края и Адлерского опорного пункта КНИИСХ в период 2006-2011 гг. В работе мы использовали результаты экспериментов по изучению зависимости величины латентного периода от температуры воздуха на различных сортах озимой мягкой пшеницы. Ранней весной, как правило, температуры воздуха низкие. В таких условиях на устойчивых и умеренно устойчивых сортах проявление

возбудителя наблюдаться не будет, а на восприимчивых и, обладающих слабой полевой устойчивостью сортах величина латентного периода будет продолжительной. При повышении температуры, которое наблюдается поздней весной, величина латентного периода на восприимчивых сортах уменьшается, а на умеренно устойчивых формах в этих условиях наблюдается появление урединиопустул бурой ржавчины. При последующем повышении температуры, характерном для летнего периода, различия по величине латентного периода практически исчезают. Таким образом, скорость эпифитотии в весенне-летний период изменяется. Подтверждение чему мы и получили в полевых экспериментах.

Использование фунгицидов оказывает влияние на биохимические процессы, происходящие в растении-хозяина. Анализируя действие системных фунгицидов J.L. Ingham (1972) отметил, что оно осуществляется по одному из трех направлений: подавление образования энергии (1); подавление тех или иных звеньев биосинтеза (2); дезинтеграция клеточных структур (3) [3].

При этом следует отметить, что наличие эффекта, как например блокирования синтеза АТФ, влечет за собой развитие другого (нарушение функций мембран, подавление синтеза биополимеров и др.). В литературе пока очень мало сведений о воздействии противогрибковых веществ на биохимические процессы растений – хозяев.

Здесь уместно заметить, что в ходе эволюции вряд ли произошли кардинальные отличия в метаболизме клеток растений и грибов. Таким образом, вещества, оказывающие влияние на метаболические процессы гриба, оказывают аналогичное воздействие на метаболические процессы растения-хозяина. Вопрос заключается лишь в том, какова сила воздействия этих веществ на биохимические процессы в клетке защищаемого растения, и в какой степени эти процессы затрагивают продукционные процессы.

В наших экспериментах, на некоторых сортах наблюдается эффект ингибирования продукционных процессов под влиянием паразита и системных фунгицидов. Ранее нами проводилось изучение влияние паразита *P. triticina* и фунгицида Байлетон, относящегося к триазоловой группе, на активность фермента каталаза. Широко распространено мнение о том, что каталаза характеризует интенсивность окислительно-восстановительных процессов и дыхания, при этом, считается, что высокая активность фермента коррелирует с высокой жизнедеятельностью клеток и тканей рядом авторов [3,4] показано, что высокая активность каталазы обнаруживается в тканях с высокой активностью синтетических процессов. В наших экспериментах мы использовали сорта озимой мягкой пшеницы с различной устойчивостью к *P. triticina*. Результаты подтвердили, что каталаза и пероксидаза являются ферментами антагонистами. Показано, что чем выше толерантность сорта к возбудителю бурой ржавчины, тем в большей степени возрастает активность каталазы. Обработка растений препаратом Байлетон приводила к снижению активности фермента (таблица).

Таблица – Изменение активности каталазы у проростков различных сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Поражение, %	Активность каталазы у:			
		поражен-ных растений	обработанных		среднее значение по опыту
			байлетоном	водой	
ПалПич	27,1±0,63	600	350	474	474,6
Таня	26,9±1,14	698	524	650	624,0
Память	29,9±1,55	664	514	558	558,6

Точность опыта, P, % =1,61

НСР (0,05) F (1)=17,24 F (2)=17,91

Таким образом, обработки препаратами, снижающими активность этого жизненно важного фермента приводят к уменьшению активности

синтетических процессов, что сказывается на урожае. Следовательно, оптимизация защиты должна учитывать эффект воздействия фунгицида не только на паразитический организм, но и на организм растения-хозяина. Безусловно, незначительный недобор зерна, наблюдаемый на обработанных препаратом участках при слабом развитии возбудителя на посевах не решат проблемы, однако в значительной степени уменьшат себестоимость продукции, не говоря о том, что позволит хотя бы частично ослабить пестицидную нагрузку.

Ранее мы указывали, что управление эпифитотийными процессами есть не что иное, как управление скоростью развития эпифитотии (имеются в виду гены, которые контролируют иммунологические показатели, такие как величина латентного периода, тип реакции растений на внедрение паразита и др.) модифицируются условиями окружающей среды. Следовательно, повышение точности прогноза развития эпифитотии должно опираться на улучшение прогноза хода суточных температур (минимальной, максимальной и средней). Прогноз погоды в том понимании, в котором его ежедневно преподносит радио и телевидение, не только не удовлетворяет сельскохозяйственное производство, но и часто приводит к значительным ошибкам, прежде всего потому, что такой прогноз предназначен для огромного региона. Различия в средней температуре воздуха за одни и те же сутки в центральном районе (г. Краснодар) и северной части края (ст. Ленинградская) достигают 5-7°C, а по минимальной и максимальной суточной температуре и более. Следовательно, необходим прогноз хода температур для небольших территорий. При этом учитывая требования, предъявляемые к любой экспертной системе по защите посевов, алгоритм расчета не должен быть громоздким.

Вполне естественно, что алгоритмы, применяемые в гидрометцентрах, неприемлемы для локальных экспертных систем. Из этого мы и исходили,

когда разрабатывали свой алгоритм, основанный на цикличности годового хода температур, т.е. изменение среднесуточных температур за год при представлении их на графике можно описать синусоидой. Причем, различия их по годам не столь уж значительны и заключаются во времени наступления климатического, а не календарного времени года. Мы привыкли к фразам «ранняя весна» или «поздняя весна». Эти фразы означают, что температура воздуха начала повышаться рано, допустим в конце февраля, во втором случае – в конце марта или начале апреля. Учитывая это, мы попытались прогнозировать температуру, используя алгоритмы временных рядов и рядов Фурье. В первом случае использовали векторы метеостанции по ходу температур с февраля – начале мая и пытались прогнозировать температуру на 15 суток. Полученные прогнозируемые величины температур совпадали на 3, редко на 5 суток (в зависимости от года), при увеличении прогнозируемого периода точность резко снижалась. Использование рядов Фурье для приближения функций дало лучшие результаты. В этом случае годовой ход температур можно описать следующей функцией общего вида:

$$t = a + c \sin (N - N_s) 2\pi/365,$$

где: a – среднегодовая температура;

c – амплитуда;

N – календарные сутки;

N_s – фаза аппроксимирующей синусоиды.

Лучшие результаты обусловлены прежде всего тем, что функция, описывающая ход температур, периодична. Однако прогноз хода температур требует исходной функции, по которой можно построить прогнозируемую. Найти её можно двумя путями. Первый путь – классифицировать года по началу наступления весны. Получить стандартные уравнения затем относить прогнозируемый год к одному из классов, строя функцию, которая будет описывать прогнозируемые

температуры. Анализ расчетов по этим алгоритмам показал, что этот метод лучше прогнозируют, чем использование временных рядов.

Второй путь – подбирать типичные (или наиболее близкие к текущему году) года, и по ним вычислять предполагаемую температуру на любом отрезке времени в прогнозируемом ряду. В этом случае в качестве критерия типичности можно использовать различные алгоритмы (кластерный или корреляционный анализ).

Для обработки метода локального прогноза среднесуточных температур в течение года использовали данные метеостанции за 9 лет (2004-2011 гг.). Прогноз рассчитывали на 2010 год и прогнозируемые температуры сравнивали с фактическими среднесуточными температурами. Корреляционный анализ данных среднесуточных температур с января по 1 марта показал, что в качестве типичного года, при прогнозе на 2010 г., лучше использовать данные 2006 года (коэффициент корреляции равен 0,7272). В этом случае коэффициенты функции рассчитывались по данным «типичного года». Для того, чтобы установить насколько изменяется точность прогноза при увеличении ошибки при подборе типичного года коэффициенты функции рассчитывали также по 2004 (коэффициент корреляции с 2010 годом равен 0,4916) и 2005 г. ($r = 0,6020$). Об увеличении ошибки судили по суммам квадратов отклонений расчетных и фактических значений. При прогнозе по 2008 году сумма квадратов отклонений расчетных от фактических значений составила 1913,48; по 2004 г. – 2723,65, а по 2007 г. – 5112,07. Таким образом, уменьшение точности определения типичности года на 0,12 увеличивало ошибку почти в 1,5 раза, а при уменьшении r на 0,24 увеличивало ошибку прогноза более, чем в три раза. Таким образом, можно считать, что коэффициенты корреляции не ниже 0,7 с достаточной точностью типизируют год по среднесуточной температуре и данные этого

года можно использовать для приближения функции Фурье, рассчитывая предполагаемый ход температур на время развития эпифитотии.

Рассмотрев основные вопросы развития эпифитотии бурой ржавчины и её влияние на продукционные ценозы пшеницы, можно приступить к моделированию логики эксперта – специалиста по защите растений.

Как правило, перед тем, как вынести решение специалист знакомится с посевом и уточняет следующие вопросы:

1. Возделываемый сорт;
2. Агротехника (предшественник, внесение удобрений, предпосевная обработка и др.);
3. Общее состояние посева;
4. Фаза развития растений в момент проведения обследования поля;
5. Дата начала развития заболевания (если она отмечена);
6. Пораженность посева в момент проведения наблюдений.

Вся дальнейшая работа эксперта – это цепь логических умозаключений, интуиции и научных расчетов. Прогнозируя, как сложатся погодные условия, специалист рассчитывает ход развития эпифитотии, возможную пораженность данного сорта (с учетом его иммунологического статуса), оценивает возможный недобор зерна ценозом, подбирает из доступного и разрешенного к использованию перечня препаратов те, которые обеспечить наиболее оптимальную (с позиции экономики, экологии и токсикологии) защиту ценоза (в том случае, если она необходима) и в результате этой работы рекомендует технологию защиты.

Таким образом технология защиты посева на основе экспертной системы, должна начинаться с момента создания с определенными иммунологическими параметрами, обеспечивающими надежную защиту сорта от паразита не только за счет уменьшения общего инокулюма, но и

за счет того, что недобор зерна пораженного ценоза делает экономически невыгодными проведение защитных мероприятий с помощью химических препаратов. При целенаправленном создании сортов озимой мягкой пшеницы устойчивых к патогену, необходимо проводить экологические испытания устойчивости как селекционного латента, так и рекомендуемых источников и доноров устойчивости, что позволит правильно планировать экономическое размещение устойчивых генотипов озимой мягкой пшеницы.

Литература

1.Аблова И.Б., Беспалова Л.А., Мокроусов В.В., Аблова О.С., Бойко А.П. Вирусные болезни зерновых культур в Краснодарском крае // Защита и карантин растений, 2012.– № 6.–С.14-17.

2. Аблова И.Б., Беспалова Л.А., Бойко А.П. проблема вирусных болезней озимой пшеницы в Краснодарском крае// Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: Материалы международной науч.-практ. конференции посвященной 50-летию ВНИИБЗР – Краснодар, 2010- С.622-626.

3.Ван Дер Планк Я. Устойчивость растений к болезням. М. «Колос», 1972. –253 с.

4. Коновалова Н.Е., Файнштейн А. Наследование родительских свойств в потомстве при скрещивании биотипов *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*. //Труды V Всесоюзного Совещания по иммунитету растений. Зерновые культуры. Киев, 1969. – С. 19-24.

5.Тархов А.С., Аблова И.Б., Бойко А.П. Видовой полиморфизм грибов рода *Fusarium* – возбудителей фузариоза колоса пшеницы в Краснодарском крае // Иммунологическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика: материалы международной науч.-практ. конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова – Большие Вяземы, 17-21 июля 2012г. – с.101-105.

6. Lehman J.S., Hanson K.A., Shaner G. Relationship among genes conferring partial resistance to leaf rust (*Puccinia triticina*) in wheat lines CI 13227 and L-574-1 //Phytopathology. 2005.– №95, V2. - P.1 98-205.

References

1. Ablova I.B., Bepalova L.A., Mokrousov V.V., Ablova O.S., Bojko A.P. Virusnye bolezni zernovykh kul'tur v Krasnodarskom krae // Zashhita i karantin rastenij, 2012.– № 6.–S.14-17.

2. Ablova I.B., Bepalova L.A., Bojko A.P. problema virusnykh boleznej ozimoy pshenicy v Krasnodarskom krae// Biologicheskaja zashhita rastenij – osnova stabilizacii agrojekosistem: Materialy mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konferencii posvjashhennoj 50-letiju VNIIBZR – Krasnodar, 2010- S.622-626.

3. Van Der Plank Ja. Ustojchivost' rastenij k boleznjam. M. «Kolos», 1972. –253 s.
4. Konovalova N.E., Fajnshtejn A. Nasledovanie roditel'skih svojstv v potomstve pri skreshhivanii biotipov *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*. //Trudy V Vsesojuznogo Soveshhanija po иммунитету rastenij. Zernovye kul'tury. Kiev, 1969. – S. 19-24.
5. Tarhov A.S., Ablova I.B., Bojko A.P. Vidovoj polimorfizm gribov roda *Fusarium* – vzbuditelej fuzarioza kolosa pshenicy v Krasnodarskom krae // Immunologicheskaja zashhita sel'skohozjajstvennyh kul'tur ot boleznej: teorija i praktika: materialy mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konferencii, posvjashhennoj 125-letiju so dnja rozhdenija N.I. Vavilova – Bol'shie Vjazemy, 17-21 ijulja 2012g. – s.101-105.
6. Lehman J.S., Hanson K.A., Shaner G. Relationship among genes conferring partial resistance to leaf rust (*Puccinia triticina*) in wheat lines CI 13227 and L-574-1 //Phytopathology. 2005.– №95, V2. - P.1 98-205.