

## ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В МЕЖФАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ НА РАЗВИТИЕ ЛИСТОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

А. Ю. КЕКАЛО, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,  
Е. В. НЕСТЕРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,  
В. В. НЕМЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник,  
Курганский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
(641325, Курганская обл., Кетовский р-он, с. Садовое, ул. Ленина д. 9; e-mail: knish@ketovo.zaural.ru)

**Ключевые слова:** бурая ржавчина, мучнистая роса, яровая пшеница, погодные условия, прогнозирование болезней, мониторинг.

Для оперативного проведения защитных мероприятий в борьбе с листовыми болезнями яровой пшеницы важно своевременное их прогнозирование. Наибольшее значение при этом имеют факторы тепло-и влагообеспеченности вегетационного периода. В статье представлены результаты исследований влияния погодных условий в межфазные периоды вегетации яровой пшеницы на развитие листовых инфекций при разных сроках посева в условиях центральной зоны Курганской области. Установлена положительная корреляционная связь с осадками и отрицательная – со среднесуточной температурой воздуха. Развитие бурой ржавчины находилось в более тесной связи с суммой осадков в межфазный период от выхода в трубку до колошения ( $r = 0,51$ ). Развитие мучнистой росы усиливалось при увеличении суммы осадков в период от колошения до цветения ( $r = 0,54$ ). При посеве в разные сроки влияние погодных факторов различалось. Развитие бурой ржавчины при позднем посеве усиливалось с повышением количества осадков в периоды от кущения до цветения ( $r =$  от 0,44 до 0,81). Понижение температуры оказывало влияние на усиление развития болезни на 1-м сроке посева в период от колошения до цветения ( $r = -0,50$ ), на 2-м сроке – в период от выхода в трубку до выхода флаг-листа ( $r = -0,52$ ). Развитие мучнистой росы находилось в тесной положительной связи с осадками и отрицательной с температурой в периоды от кущения до выхода флаг-листа и от колошения до цветения при позднем посеве. Это обуславливало наибольшее проявление заболевания в эти фазы и на этом сроке посева. При ранних посевах существенной связи развития болезни с осадками и температурой не установлено, растения яровой пшеницы на этом сроке поражались мучнистой росой значительно меньше. Полученные данные могут быть использованы при мониторинге для прогнозирования развития листовых болезней яровой пшеницы.

## INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS DURING THE INTERPHASE PERIODS OF VEGETATION ON DEVELOPMENT OF LEAF DISEASES IN SPRING-SOWN WHEAT

A. Yu. KEKALO, candidate of agricultural sciences, leading researcher,  
E. V. NESTEROVA, candidate of agricultural sciences, leading researcher,  
V. V. NEMCHENKO, doctor of agricultural sciences, professor, chief scientific employee,  
Kurgan Research Institute of Agriculture  
(9 Lenina Str., 641325, Sadovoye, Ketovskiy district, Kurgan region)

**Keywords:** brown rust, powdery mildew, spring wheat, weather conditions, prediction of diseases, monitoring.

For operational protective measures against foliar diseases of spring wheat is important for their timely prediction. Most important in this case are the factors of heat and humidity of the growing season. The article presents the results of researches of influence of weather conditions the interphase periods of the growing season of spring wheat on development of leaf diseases under different sowing time in the Central zone of the Kurgan region. Positive correlation with precipitation and negative – with the average daily air temperature were established. The development of brown rust was in close linkage with the amount of precipitation and hydrothermal coefficient the interphase period out in the tube to the earing ( $r = 0.51$ ). The development of powdery mildew intensified with increasing amount of precipitation and SCC in the period from the earing to the flowering ( $r = 0.54$ ). When sown at different periods the influence of weather factors differed. The development of brown rust with late planting have increased with the increase in precipitation during periods from the tillering before flowering ( $r =$  from 0.44 to 0.81). Lowering the temperature had an impact on strengthening the development of the disease with early sowing date in the period prior flowering ( $r = -0.50$ ), with late planting in the period from the shooting of the flag leaf ( $r = -0.52$ ). The development of powdery mildew was in close positive dependence relationship with precipitation and negative with temperature in the time from tillering up to flag-leaf and from earing to the flowering, with late planting. This causes the maximal manifestation of the disease in these phases and at this sowing date. With early sowing of significant relationship of disease development rainfall and temperature are not set, the plants of spring wheat at this period had much less powdery mildew. The obtained data can be used to predict the development of the leaf diseases spring wheat.

Положительная рецензия представлена И. Н. Порсевым, доктором сельскохозяйственных наук, профессором кафедры землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения Курганской государственной сельскохозяйственной академии им. Т. С. Мальцева.

Ежегодно посевы зерновых культур в Зауралье в той или иной степени страдают от поражения листовыми инфекциями. На яровой пшенице в Зауралье наибольший вред наносят возбудители бурой ржавчины и мучнистой росы, деятельность которых снижает ассимиляцию растений, усиливает транспирацию, дыхание, вызывает нарушение других физиологических и биохимических процессов, потери урожая зерна могут достигать 20–30 % [1]. В 2016 году массовое поражение листовыми болезнями снизило продуктивность пшеницы на 50–60 % [2].

Бурая листовая ржавчина (возбудитель – *Puccinia triticina*) в Зауралье может проявляться ежегодно, но эпифитотии на посевах пшеницы наблюдаются в среднем 2–3 раза за 10 лет при сочетании благоприятных для развития условий.

Мучнистая роса (*Blumeria graminis*) поражает растения пшеницы в различной степени каждый год, кроме лет с острой летней засухой (например, в 2010, 2012 гг.). В течение вегетации патоген способен давать от 10 до 20 генераций, так как инкубационный период длится в среднем 4–5 суток [1]. Массовые вспышки мучнисторосяных грибов на пшенице отмечаются в регионе в среднем в 4–5 лет из 10-ти.

Распространение болезней усиливается на фоне высоких доз азотных удобрений, повышенной засоренности и загущенности посевов [3, 4]. В то же время сбалансированное внесение удобрений снижает развитие мучнистой росы. Отсутствие механической обработки почвы с осени в опытах Л. Н. Жичкиной (2017) увеличивало развитие, как мучнистой росы, так и бурой листовой ржавчины [5]. Развитию листовых болезней в других исследованиях способствовали также ранний посев озимой пшеницы и поздний яровой, минимализация обработки почвы и стерневые посевы, а также непродуваемость полей [6, 7].

В последние годы в Зауралье отмечается рост вредоносности бурой ржавчины и мучнистой росы пшеницы, что связано в первую очередь с повышенным количеством осадков. В связи с этим особенно актуальными становятся вопросы мониторинга и прогнозирования развития болезней.

Вероятность поражения посевов патогенами определяется в первую очередь наличием инфекционного начала возбудителей, благоприятных погодных условий и восприимчивостью растения-хозяина. Массовое заражение бурой ржавчиной, как правило, происходит в результате заноса уредоспор воздушными течениями из соседних территорий, а также от зараженных растений – многолетних злаковых трав или озимых культур, на которых происходит перезимовка возбудителя. В последние годы отмечено и развитие местной западно-сибирской популяции бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia recondite* Rob. f. sp. *tritici*), которая развивается по сокращенному

циклу в уредостадии [8]. Клейстотеции мучнистой росы зимуют на растительных остатках, в которых весной вызревают сумкоспоры и заражают молодые растения.

Для того, чтобы вызвать заражение, споры патогенов, попав на листья, стебли и другие зеленые части пшеницы, должны прорасти, что, как правило, требует наличия капельно-жидкой влаги на растениях и соответствующей температуры воздуха. Кроме выпадающих осадков, источником влаги может быть роса и капельная влага, конденсированная в травостое растений при влажности воздуха более 80 %. Влажность влияет на жизнеспособность и агрессивность спор, а также на характер их отделения и распространения, но решающее значение этот фактор имеет только в течение относительно короткого периода – от начала прорастания спор до проникновения патогена в растение. В зависимости от требований патогена к условиям существования как высокая, так и низкая влагообеспеченность могут ускорять патологический процесс. От уровня температуры уже на первых стадиях инфекционного процесса зависит жизнеспособность возбудителя, продолжительность инкубационного периода, репродуктивная способность, динамика накопления инфекционного начала и поражения растения. Нижний порог для прорастания спор возбудителя бурой ржавчины и развития в тканях растения начинается от +2 °С, верхний – до +30 °С, оптимум – 20–25 °С. При высоких и низких температурах воздуха патологический процесс замедляется. Чем чаще в период вегетации создаются условия, благоприятные для заражения, тем быстрее развивается заболевание и выше его вредоносное действие.

При достижении критического уровня проявления болезней необходимо опрыскивание посевов фунгицидами. Развитие и распространение листовых инфекций идет быстро, 7–10 суток, в связи с этим агроном должен уметь самостоятельно и оперативно принимать решение о проведении защитных мероприятий. Для заблаговременного прогнозирования развития патогенов требуется мониторинг не только за посевами, но и за погодой. Но доступные прогнозы погоды не учитывают местные особенности и не всегда оправдываются, а официальное оповещение о распространении инфекций нередко совпадает с фактом их массового появления в посевах, поэтому стратегия и тактика защиты должны строиться применительно к каждому конкретному полю и условиям вегетационного сезона. Учеными ВНИИФ под руководством академика РАН С. С. Санина разработаны алгоритмы принятия решений по защите растений [1]. Критическим для яровой пшеницы является период от фазы выхода растений в трубку до выхода флаг-листа, когда формируется верхний ярус расте-

ний (флаг-лист, 2-й, 3-й листья, колос). Сигнальным уровнем заражения в этот период при наличии благоприятных условий (теплая, влажная погода) является: 1–5 % по бурой ржавчине, до 10 % по мучнистой росе. В фазу колошения развитие болезней более 20 % характеризует эпифитотийное состояние развития патогена, 10–20 % – умеренное, менее 10 % – депрессивное [1, 9].

Данный подход нашел широкое практическое применение, но учитывает уже сложившуюся фактическую ситуацию. Для составления сезонных прогнозов коллективом ученых под руководством И. Я. Полякова (1984) разработана подробная методика, где, например, для прогнозирования развития бурой ржавчины учитывается дата появления на растениях пшеницы первых пустул, минимальная, максимальная и среднесуточная температура воздуха, относительная влажность воздуха и сумма осадков за каждый день, рассчитывается продолжительность уредогенераций и срок следующего заражения [10].

Однако, для увеличения периода реагирования и проведения защитных мероприятий важно прогнозирование на более ранних сроках, когда болезнь себя еще не проявила. Например, в опытах Ю. Р. Колесниковой (2012) наблюдалось усиление патогенеза возбудителя бурой ржавчины пшеницы в годы с теплой зимой, мучнистой росы – в годы с холодной. Установлена положительная корреляционная связь развития бурой ржавчины со среднемесячными значениями температуры апреля, июня и июля текущего вегетационного периода наблюдений, а также с температурным режимом октября предшествующего года, отрицательная – с увеличением количества осадков в июне. Развитие возбудителя мучнистой росы в весенне-летний период было меньше в годы с повышенной суммой осадков в декабре и феврале предшествующего зимнего периода [11]. Исследованиями Т. К. Шешеговой и др. (2017) установлена связь проявления септориоза, полосатой пятнистости и других болезней ячменя и овса со среднесуточной температурой воздуха и осадками в критически важные периоды вегетации растений [12].

Анализ научной литературы показал, что связь погодных условий и развития болезней пшеницы изучена недостаточно. В работах ученых анализируется преимущественно погода предшествующих месяцев, без учета фазы развития растений. **Цель** наших исследований – выявить связь поражения яровой пшеницы бурой листовой ржавчиной и мучнистой росой с погодными условиями в начальные межфазные периоды вегетации.

**Методика исследований.** Опыты проводились в Курганском НИИСХ в 2004–2016 гг. на Центральном опытном поле (центральная природно-климатическая зона Курганской области). Почва опытного

участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый малогумусный. Предшественник – комбинированный пар с 1 химической и 3 поверхностными обработками. Выбор предшественника обусловлен созданием наиболее благоприятных условий для проявления болезней на высоком агрофоне. Посев делянок сеялкой ССФК-6, перед посевом – культивация КПС-4, площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>, размещение систематическое, повторность 4-х кратная, уборка комбайном САМПО-130. В качестве объекта исследований выбран сорт яровой пшеницы Омская 36, восприимчивый к листовостеблевым инфекциям, норма высева семян в опытах – 5 млн всхожих зерен на гектар. С 2004 по 2008 годы посев проводился при раннем сроке 8–16 мая, с 2009 года – на двух сроках посева – раннем (8–17 мая) и позднем (22–30 мая). Значения среднесуточной температуры взяты из открытого интернет-ресурса по метеостанции г. Курган (pogodaiklimat.ru), сумма осадков – на основании данных метеопоста с. Садовое, где находится опытное поле.

**Результаты исследований.** Развитие эпифитотии бурой ржавчины на яровой пшенице, как правило, наблюдается во влажные годы. По данным М. Койшибаева (2006), это происходит когда в июне и июле отмечается превышение многолетней нормы осадков в 1,2–2 раза, относительная влажность воздуха составляет более 65–70 %, количество дней с осадками > 1 мм достигает 13–20, среднесуточная температура воздуха 18–21 °С [13]. По заключению С. С. Санина (2016), оптимальная температура для заражения бурой ржавчиной 15–20 °С, при этом важно, чтобы влага находилась на растениях не менее 4–5 часов [1]. Анализ метеоусловий в наших исследованиях показал, что превышение среднемесячной суммы осадков в июне или июле было в 10 из 13 лет, вышеназванное количество дней с продуктивными осадками в 7 из 13 лет, температура за все годы варьировала от 16,9 до 22,5 °С. Таким образом, благоприятная для развития бурой ржавчины погода наблюдается в зауральском регионе достаточно часто. Однако в ряде лет складывались условия, но поражения не было (2005, 2007 гг.) и наоборот (2009), либо поражились посевы только одного из сроков сева. Аналогично для мучнистой росы.

В связи с этим нами были сведены и проанализированы данные по сумме положительных температур, среднесуточной температуре, сумме осадков и гидротермическому коэффициенту в периоды между основными фазами роста и развития яровой пшеницы, начиная от посева до момента цветения, когда максимально эффективно прогнозирование появления болезней.

Годы, в которые отмечено умеренное или эпифитотийное развитие бурой ржавчины ( $R > 5$  % в фазу

Таблица 1  
Условия тепло- и влагообеспеченности в период от посева до цветения яровой пшеницы в годы проявления листовых болезней, 2004–2016 гг.

Table 1  
The meteorological conditions in the period from sowing to flowering spring wheat in the years of the lesions of the foliar diseases, 2004–2016

Год, дата посева <i>Year, date of planting</i>	Развитие бурой ржавчины, % <i>The development of brown rust, %</i>	Среднесуточная температура, °С <i>The average daily temperature, °C</i>	Сумма осадков, мм <i>The amount of precipitation, mm</i>	Год, срок посева <i>Year, date of planting</i>	Развитие мучнистой росы, % <i>The development of powdery mildew, %</i>	Среднесуточная температура, °С <i>The average daily temperature, °C</i>	Сумма осадков, мм <i>The amount of precipitation, mm</i>
2013, 28.05.	5,3	18,0	40	2006, 12.05.	4,6	18,2	126
2009, 26.05.	6,4	18,6	59	2016 8.05.	16,3	16,2	122
2015, 30.05.	8,7	20,0	91	2014 16.05.	25,7	17,3	13
2013 17.05.	10,0	17,2	65	2013, 28.05.	29,0	18,0	40
2009, 09.05.	16,3	16,9	34	2014, 30.05.	29,5	17,6	71
2011, 12.05.	22,4	16,3	122	2013 17.05.	29,7	17,2	65
2015 15.05.	32	18,5	122	2009, 26.05.	42,8	18,6	59
2016, 02.05.	32,2	18,4	177	2016, 22.05.	64,7	18,4	177

выхода флагового листа), за период от посева до цветения характеризовались среднесуточной температурой от 16,3 до 18,6 °С, исключением стал 2015 год, из-за жаркого июня температура в среднем составила 20 °С. Сумма осадков варьировала от 34 до 177 мм. В годы с умеренным или эпифитотийным развитием мучнистой росы в период от посева до цветения средняя температура составляла от 16,2 до 18,6 °С, сумма осадков – от 40 до 177 мм (таблица 1).

При среднесуточной температуре в период от посева до цветения выше 19 °С развития бурой ржавчины и мучнистой росы не наблюдалось (кроме 2015 г.). По осадкам за анализируемый период четких закономерностей не отмечено. В целом, общая характеристика метеоусловий периода от посева до цветения за годы исследований для прогнозирования развития инфекции оказалась малоинформативной. Связи между суммой положительных температур и развитием болезней, как за данный период, так и по отдельным фазам, не установлено.

Наибольшую информативность имели значения среднесуточной температуры и суммы осадков в различные межфазные периоды. За годы исследований замечено, что при существенных осадках в период до выхода флага-листа наибольшее развитие наблюдалось у возбудителей бурой ржавчины, при более поздних осадках – позднее развитие мучнистой росы.

Для комплексного анализа метеоусловий был рассчитан гидротермический коэффициент в каждый межфазный период. Анализ данных таблицы 2 пока-

зал, что высокие значения ГТК (более 1,0) в период до выхода в трубку яровой пшеницы не отразились на уровне поражения растений листовыми инфекциями. Большее значение имели условия тепло- и влагообеспеченности более поздних периодов вегетации, начиная с фазы выхода в трубку.

Отмечено, что в годы проявления бурой ржавчины межфазные периоды с ГТК 1,0 и выше чередовались с периодами с ГТК 0,0–0,7 на фоне высоких температур.

Например, в 2009 году, не отличающимся обилием осадков, в период выхода флага-листа – колошения для ранних посевов наблюдался резкий спад температуры (до 14,1 °С) и незначительные, но продуктивные осадки, это несколько ослабило растения, но способствовало распространению спор, в следующий период колошения – цветения температура повысилась до 19,9 °С, что оказалось благоприятно для появления и распространения новых уредопустул, и развитие бурой ржавчины достигло 16,3 %. Более поздние посевы уже не попали под такой перепад температур в колошение, развитие болезни составило 6,4 %. Наши наблюдения подтверждаются заключением ученых ВНИИФ о том, что для интенсивного развития бурой ржавчины благоприятно чередование кратковременных осадков с теплыми солнечными днями, когда температура воздуха 20–25 °С, что связано с условиями для проявления новых уредопустул: при температуре 20 °С они появляются через 4–5 дней, при 15 °С – через 8–9 дней, при 10 °С через 15–16 дней [1].

Для развития возбудителя мучнистой росы *Blumeria graminis* оптимальная температура воздуха – 17–20 °С, относительная влажность – 96–98 %, но он может заражать растения и без наличия на них капельной влаги при широком диапазоне погодных факторов: температуре 4–30 °С и относительной влажности воздуха от 10 до 100 %. Повышенная температура воздуха (выше 30 °С) задерживает развитие мучнистой росы пшеницы. В то же время, наибольший вред от болезни бывает при низкой влажности почвы, которая вызывает угнетение растений, потерю тургора, увядание [4]. Этим можно объяснить проявления мучнистой росы в достаточно засушливых условиях первой половины вегетации в 2013 и 2014 гг. при раннем сроке посева и в 2009 году – при позднем. Частые дожди и сильные росы также ограничивают развитие мучнистой росы. Так, в 2011 и 2015 гг. количество дней с осадками больше 1 мм в июне и июле составило 17, но мучнистая роса на рас-

тениях практически не проявилась. По мнению ученых ВНИИФ, вредоносные вспышки наблюдаются, как и в случае с бурой ржавчиной, когда в период вегетации хлебных злаков влажная погода чередуется с сухой. Повышенная влажность воздуха благоприятствует прорастанию конидий и заражению растений, а сухая и ясная погода – образованию новых конидий и их распространению в посевах [1].

По срокам посева отмечены некоторые различия условий вегетации. Метеоусловия на ранних сроках по сравнению с поздними характеризовались более пониженным температурным фоном и повышенным увлажнением от всходов до фазы выхода в трубку.

Мучнистая роса на 1-м сроке проявлялась реже. Ее умеренное и интенсивное развитие на этом сроке отмечено в 2013, 2014 и 2016 гг. На 2-м сроке массовое развитие мучнистой росы сопровождалось повышенными осадками и низкими температурами в колошение-цветение.

Таблица 2  
Гидротермический коэффициент в межфазные периоды и развитие листовых болезней яровой пшеницы при разных сроках посева, 2004–2016 гг.

Table 2  
Hydrothermal coefficient in interphase periods and the development of leaf diseases of spring wheat at different dates of sowing, 2004–2016

Год, дата посева <i>Year, date of planting</i>	Гидротермический коэффициент за период между фазами развития яровой пшеницы <i>Hydrothermal coefficient for the period between the phases of development of spring wheat</i>					Развитие бурой ржавчины, % <i>The development of brown rust, %</i>	Развитие мучнистой росы, % <i>The development of powdery mildew, %</i>
	Посев – кушение <i>Sowing – tillering</i>	Кушение – выход в трубку <i>Tillering – shooting</i>	Выход в трубку – выход флаг-листа <i>Shooting – the output of the flag leaf</i>	Выход флаг-листа – колошение <i>The output of the flag leaf – earing</i>	Колошение – цветение <i>Earing – flowering</i>		
1-ый срок посева (8–17 мая) <i>1<sup>st</sup> sowing time (May 8–17)</i>							
2004, 16.05	0,4	0,8	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0
2005, 08.05	1,3	0,1	0,0	1,5	0,1	4,0	0,0
2006, 12.05	1,0	0,7	0,7	1,8	2,4	0,6	4,6
2007, 13.05	1,4	0,2	0,0	0,7	0,0	0,0	1,0
2008, 12.05	1,6	0,1	1,3	0,3	0,0	2,0	0,0
2009, 09.05	0,3	0,1	1,4	0,7	0,0	16,3	0,0
2010, 08.05	0,2	0,6	0,2	1,2	0,0	0	0,0
2011, 12.05	1,8	0,9	1,9	0,0	0,2	22,4	0,0
2012, 10.05	0,3	0,3	0,0	0,7	0,0	0,9	0,0
2013, 17.05	1,2	0,2	0,5	0,8	0,0	10,0	29,7
2014, 16.05	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	25,7
2015, 15.05	0,9	0,1	0,1	5,3	2,7	32	2,7
2016, 08.05	0,4	1,8	0,0	5,9	0,7	0,0	16,3
2-ой срок посева (22–30 мая) <i>2<sup>nd</sup> sowing time (May 22–30)</i>							
2009, 26.05	0,1	0,9	0,5	1,4	2,1	6,4	42,8
2010, 25.05	0,5	0,0	1,9	0,1	0,3	0,0	0,0
2011, 28.05	2,0	0,0	0,9	1,8	0,5	0,0	3,8
2012, 24.05	0,3	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
2013, 28.05	0,2	0,7	0,7	0,3	1,4	5,3	29,0
2014, 30.05	0,1	0,0	0,1	3,1	1,9	0,6	29,5
2015, 30.05	0,3	0,1	4,6	2,1	0,0	8,7	0,5
2016, 22.05	1,1	0,6	2,8	2,6	4,4	32,2	64,7

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между показателями метеоусловий в межфазные периоды и развитием листовых инфекций при посеве яровой пшеницы в разные сроки

Table 3

The correlation coefficients between the indicators of the conditions of the interphase periods and the development of leaf infection at sowing of spring wheat at different times

Показатель <i>Parameter</i>	Межфазные периоды развития яровой пшеницы <i>The interphase periods of development of spring wheat</i>				
	посев – кущение <i>sowing – tillering</i>	кущение – выход в трубку <i>tillering – shooting</i>	выход в трубку – выход флаг-листа <i>shooting – the output of the flag leaf</i>	выход флаг-листа – колошение <i>the output of the flag leaf – earing</i>	колошение – цветение <i>earing – flowering</i>
1 срок посева (8–17 мая) <i>1 sowing time (May 8–17)</i>					
Бурая ржавчина пшеницы <i>Brown rust of wheat</i>					
Среднесуточная температура за период между фазами <i>The average temperature for the period between the phases</i>	0,05	–0,08	0,01	–0,41	–0,50
Сумма осадков за период между фазами <i>The amount of precipitation for the period between phases</i>	0,24	–0,27	0,24	0,43	–0,03
Мучнистая роса <i>Powdery mildew of wheat</i>					
Среднесут. темп. за период между фазами <i>The average temperature for the period between the phases</i>	–0,42	0,03	0,07	–0,02	0,09
Сумма осадков за период между фазами <i>The amount of precipitation for the period between phases</i>	–0,26	0,09	–0,29	–0,16	0,23
2 срок посева (22–30 мая) <i>2 sowing time (May 22–30)</i>					
Бурая ржавчина пшеницы <i>Brown rust of wheat</i>					
Среднесут. темп. за период между фазами <i>The average temperature for the period between the phases</i>	–0,14	–0,19	–0,52	0,30	–0,09
Сумма осадков за период между фазами <i>The amount of precipitation for the period between phases</i>	0,09	0,55	0,44	0,58	0,81
Мучнистая роса <i>Powdery mildew of wheat</i>					
Среднесут. темп. за период между фазами <i>The average temperature for the period between the phases</i>	–0,37	–0,50	–0,49	0,25	–0,49
Сумма осадков за период между фазами <i>The amount of precipitation for the period between phases</i>	–0,12	0,68	–0,11	0,60	0,93

Интенсивность развития бурой ржавчины как на 1-м, так и на 2-м сроках больше зависела от осадков, начиная с периода выхода флаг-листа до колошения.

С целью установления тесноты связи между пораженностью болезнями и погодными условиями в зависимости от межфазного периода, проведен корреляционный анализ данных. Положительная связь установлена с суммой осадков, отрицательная – со среднесуточной температурой.

При анализе всех вариантов обоих сроков посева развитие бурой ржавчины находилось в более тесной корреляционной связи с суммой осадков и ГТК ( $r = 0,51; 0,58$ , связь средняя) в межфазный период выход флаг-листа – колошение. Развитие мучнистой росы особенно усиливалось при увеличении суммы осадков и ГТК в период колошение – цветение

( $r = 0,54; 0,49$ , связь средняя). В целом корреляционная связь оказалась незначительной. Но при рассмотрении тех же показателей в разрезе сроков посева проявились различия. Зависимость развития болезни при позднем посеве оказалась выше. Это видно в таблице 3 по количеству закрашенных ячеек, где коэффициенты корреляции составили условно больше 0,3 (порог значимости).

Для развития бурой ржавчины при раннем сроке сева повышалась роль пониженных температур в периоды после выхода флаг-листа ( $r = -0,41$ , связь слабая), а при позднем – роль осадков в колошение-цветение ( $r = 0,81$ , связь сильная). Уровень развития мучнистой росы при ранних посевах количественно мало зависел от температуры и суммы осадков (первых фазах до кушения связь с температурой  $r = -0,42$ ,

с осадками в период выход в трубку – выход флаг-листа  $r = -0,33$ ), а при позднем посеве – положительное влияние продуктивных осадков значительно усиливалось в период кушение – выход в трубку ( $r = 0,68$ ), выход флаг-листа – колошение ( $r = 0,60$ ) и в наибольшей степени – колошение – цветение ( $r = 0,93$ ). Понижение температуры влияло на развитие патогена в течение почти всей вегетации.

**Выводы и рекомендации.** Общие заключения по изучению влияния погодных условий на развитие болезней можно представить следующими выводами, ориентируясь по таблице 3:

1) В начальный период посев – кушение условия тепло и влагообеспеченности не являются определяющими, значительного влияние на различия в развитии листовых инфекций за анализируемые годы они не оказали. Но на обоих сроках посева установлена слабая (умеренная) корреляционная связь развития мучнистой росы и среднесуточной температуры воздуха,  $r = -0,42$  и  $r = -0,37$ .

2) В следующий период кушение – выход в трубку, по данным наших исследований, усиленному развитию мучнистой росы благоприятствуют осадки и пониженная температура воздуха, но наибольшее влияние оказалось при позднем посеве: коэффициент корреляционной связи развития мучнистой росы со среднесуточной температурой составил  $r = -0,50$ , с суммой осадков  $r = 0,68$ ; для бурой ржавчины на этом сроке посева установлена связь с осадками  $r = 0,55$ .

3) В критичный период выход в трубку – выход флаг-листа в годы эпифитотий бурой ржавчины ГТК в большинстве случаев составляет больше 1,2. При позднем посеве установлена средняя корреляционная связь развития болезни с температурой воздуха,  $r = -0,52$ ; с осадками  $r = 0,44$ . По развитию мучнистой росы тесной связи в этот межфазный период с осадками не оказалось, но с температурой коэффициент корреляции составил  $r = -0,49$ . При раннем посеве корреляционная связь слабая.

4) В период выход флаг-лист – колошение в годы проявления как мучнистой росы, так и бурой ржавчины, как правило, могут наблюдаться высокие значения ГТК – от 0,7 до 5,3, повышенная сумма осадков (более 20 мм) и температура ниже 19 °С. На обоих сроках посева влияние температуры на развитие бурой ржавчины и мучнистой росы в этот период оказалось слабым причем при раннем посеве отрицательное,  $r = -0,41$  и  $r = -0,02$ , а при позднем посеве связь положительная,  $r = 0,30$  и 0,25 соответственно. Влияние же осадков при позднем посеве выразилось более значимыми коэффициентами корреляции  $r = +0,58$  и  $r = +0,60$ , соответственно.

5) В период колошение – цветение снижение температуры до 14–16 °С способствовало усиленному развитию мучнистой росы и бурой ржавчины. При

раннем посеве влияние данного фактора было незначительным для мучнистой росы, средней значимости ( $r = -0,50$ ) для бурой ржавчины. На позднем сроке, напротив, температура больше влияла на развитие мучнистой росы ( $r = -0,49$ ) и не влияла на бурую ржавчину ( $r = -0,09$ ). Для поздних посевов в этот период вегетации наибольшим оказалось влияние осадков: коэффициент корреляции суммы осадков и развития бурой ржавчины составил  $r = 0,81$ , мучнистой росы –  $r = 0,93$ , в большинстве лет среднего и эпифитотийного развития болезней (2013, 2014, 2015, 2016) в этот межфазный период отмечены продуктивные осадки > 9 мм.

Данные выводы для проверки сопоставили с результатами 2017 года. Период до кушения был холодным и дождливым (выпало 64 мм осадков при температуре 16,2 °С), по нашим наблюдениям, это не определяет обязательное развитие болезней, но благоприятно для развития мучнистой росы.

В следующий период осадков было немного, температура повысилась до 19,9 °С, но влажность воздуха сохранялась очень высокой, что оказалось благоприятно для массового прорастания и распространения спор мучнистой росы.

В период от выхода в трубку до выхода флаг-листа ГТК составил 1,1. Это сигнал о благоприятных условиях для развития бурой ржавчины. Перед колошением ГТК повысился до 2,1, температура снизилась до 16,7 °С, что создало условия для развития обоих возбудителей.

Понижение температуры воздуха и повышенная влагообеспеченность периода от выхода флаг-листа до колошения подтвердили положительное влияние на развитие мучнистой росы, которое достигло критического уровня, развитие болезни к моменту цветения составило 16,2 %. Однако возбудителю бурой ржавчины осталось значительно меньше площади питания. Кроме того, в период колошение-цветение температура воздуха повысилась до 18,6 °С, а осадки прекратились, ГТК составил 0,4. Эти факторы снизили и притормозили инфекцию, развитие достигло лишь 2,4 %, тем не менее, этого оказалось достаточно, чтобы нанести значительный урон урожаю и качеству зерна при отсутствии защитных мероприятий. Данный факт говорит о том, что уже первые проявления листовых заболеваний при благоприятных погодных условиях требуют оперативного принятия защитных мер.

Таким образом, влияние погодных условий в начальные фазы роста яровой пшеницы на развитие листовых инфекций – существенно, это подтверждается средней и сильной степенью корреляционной связи. Для прогнозирования развития болезней целесообразно проводить мониторинг метеоусловий и болезней, начиная с фазы кушения.

**Литература**

1. Санин С. С. Фитосанитарная экспертиза и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами. Теория и практические рекомендации // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2016. № 5. С. 54 (2)–88(36).
2. Кекало А. Ю., Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Цыпышева М. Ю. Защита зерновых культур от болезней. Куртамыш : ООО «Куртамышская типография», 2017. 172 с.
3. Ганиев М. М., Недорезков В. Д. Химические средства защиты растений. М. : Колос, 2006. 248 с.
4. Кулешов В. А., Билик М. О., Довгань С. В. Фитосанитарный мониторинг і прогноз. 2-е вид. перероб. и доп. : навчальний посібник. Харків : Еспада, 2011. 608 с.
5. Жичкина Л. Н. Листостеблевые болезни в посевах пшеницы // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. ст. Барнаул, 2017. С. 108–110.
6. Васильева Н. В., Синещев В. Е. Листостебельные инфекции яровой пшеницы при почвозащитном земледелии в лесостепи Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2014. Т. 2. № 31. С. 7–13.
7. Богданова В. В., Евсеев В. В., Голощапов А. П. Новый подход к мониторингу аэрогенных инфекций зерновых культур // Защита и карантин растений. 2010. № 8. С. 47–48.
8. Горленко М. В. О некоторых направлениях эволюции фитопатогенных грибов // Микология и фитопатология. 1995. № 29. С. 87–94.
9. Чулкина В. А., Коняева П. М., Кузнецова Т. Т. Борьба с болезнями сельскохозяйственных культур в Сибири. М. : Россельхозиздат, 1987. 252 с.
10. Поляков И. Я., Персов М. П., Смирнов В. А. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Л. : Колос, 1984. 320 с.
11. Колесникова Ю. Р. Влияние агроэкологических факторов на продуктивность яровой мягкой пшеницы и развитие возбудителей болезней в условиях Северо-Запада РФ : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2012. 22 с.
12. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Щенникова И. Н., Мартянова А. Н. Зависимость развития грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 58–61.
13. Койшибаев М. Защита зерновых культур от болезней с воздушно-капельной инфекцией : практическое руководство. Алматы, 2006. 30 с.

**References**

1. Sanin S. S. Phytosanitary examination and decision-making on spraying of wheat fungicides. Theory and practical recommendations // Annex to the “Protection and Quarantine of Plants” magazine. 2016. № 5. P. 54 (2)–88(36).
2. Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Tsypysheva M. Yu. Protection of grain crops against diseases. Kurtamysh : Kurtamyshsky Printing House, 2017. 172 p.
3. Ganiyev M. M., Nedorezkov V. D. Chemical means of protection of plants. M. : Kolos, 2006. 248 p.
4. Kuleshov V. A., Bilik M. O., Dovgan S. V. Phytosanitary monitoring and forecast : textbook for beginners. Kharkov : Espada, 2011. 608 p.
5. Zhichkina L. N. Leaf and stem diseases in crops of wheat // Agrarian science – to agriculture: coll. of art. Barnaul, 2017. P. 108–110.
6. Vasilyeva N. V., Sineshchekov V. E. Leaf and stem infection of spring-sown field at soil-protective agriculture in the forest-steppe of Western Siberia // Bulletin of the Novosibirsk State Agricultural University. 2014. Vol. 2. № 31. P. 7–13.
7. Bogdanova V. V., Evseev V. V., Goloshchapov A. P. New approach to monitoring of aerogenic infections of grain crops // Protection and quarantine of plants. 2010. № 8. P. 47–48.
8. Gorlenko M. V. About some directions of evolution of phytopathogenic mushrooms // Mycology and phytopathology. 1995. № 29. P. 87–94.
9. Chulкина V. A., Konyayeva P. M., Kuznetsova T. T. Fight against diseases of crops in Siberia. M. : Rosselkhozizdat, 1987. 252 p.
10. Polyakov I. Ya., Persov M. P., Smirnov V. A. Forecast of development of wreckers and diseases of crops. L. : Kolos, 1984. 320 p.
11. Kolesnikova Yu. R. Influence of agroecological factors on efficiency of spring-sown soft field and development of causative agents of diseases in the conditions of the Northwest of the Russian Federation : abstract of dis. ... cand. of agr. sci. SPb., 2012. 22 p.
12. Sheshhegova T. K., Shchekleina L. M., Shchennikova I. N., Martyanova A. N. Correlation between development of mushroom infection of grain crops and seasonal dynamics of climatic factors // Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex. 2017. Vol. 31. № 4. P. 58–61.
13. Koyshibayev M. Protection of grain crops against diseases with an airborne infection : practical guidance. Almaty, 2006. 30 p.