В.В. Чекмарев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией патофизиологии растений,
Среднерусский филиал ФГБНУ Тамбовский НИИСХ
(392553, Тамбовская область, Тамбовский район, п/о Новая жизнь, ул. Молодёжная,
1, тел.:
8(4752) 62-90-60; tmbsnifs@mail.ru)

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗВИТИЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ ОЗИМЫХ ПШЕНИЦЫ И РЖИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ДНЕЙ С ОПРЕДЕЛЁННЫМИ ФАКТОРАМИ ПОГОДЫ

В настоящее время весьма актуальным является вопрос о нахождении общей формулы прогноза развития бурой ржавчины озимых пшеницы и ржи. Существующие методы позволяют составить прогностические формулы и уравнения регрессии только для отдельных пунктов, где проводились многолетние учёты поражения болезнями и наблюдения за погодными условиями. При прогнозе с их помощью бурой ржавчины на достаточно большой территории (например, области) они оказываются достаточно затратными – необходима широкая сеть пунктов наблюдения. Подход к составлению общей формулы был основан на изучении факторов погоды, оказывающих влияние на развитие патогена. Как известно, для прорастания уредоспор ржавчины необходима капельно – жидкая влага. Она образуется на поверхности растений в результате выпадения осадков или росы. В этот период наблюдается существенное повышение влажности воздуха. Температура тоже оказывает влияние на развитие патогена. При ее снижении влага дольше остается на растениях и период заражения удлиняется. Таким образом, были выявлены два фактора – влажность воздуха и его температура, вероятность воздействия которых на развитие возбудителя бурой ржавчины оказалась достаточно высокой. В результате проведенных вычислений было установлено, что соотношение количества дней с относительной минимальной влажностью воздуха, выше или равной 40 %, к числу дней с его среднесуточной температурой, выше или равной 15°C, отражает влияние этих факторов на развитие бурой ржавчины озимых пшеницы и ржи. Период, за который следует рассчитывать данное соотношение – май месяц текущего года. Полученное согласно этой формуле цифровое значение является суммарным индексом погоды ($X_{чд}$). В условиях Тамбовской области при значении $X_{чд}$ выше или равном 1,40 возможно сильное или умеренное развитие бурой ржавчины на посевах озимых пшеницы и ржи.

V.V. Chekmarev, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of pathophysiology of plants,

DEPENDENCE OF BROWN RUST ON WINTER WHEAT AND RYE ON A NUMBER OF DAYS WITH DEFINITE WEATHER FACTORS

Nowadays the primary task is to find a general formula of predicting development of brown rust on winter wheat and rye. The existing methods allow making predictive formulas and the regression equation only for those regions, where a long-year study of disease and weather has been carried out. When we try to predict brown rust on a greater area, it's rather expensive and it needs a wide range of research posts. One of the methods to make a general formula was based on studying weather factors effecting on pathogen development. It's well-known that dripping moisture is necessary for rust spore germination. It usually appears on plant surface as a result of precipitations and dew. A substantial increase in humidity is characteristic for the period. Temperature has also a significant effect on pathogen development. When it lowers, moisture stays on the plant for a longer time and postpones a period of infection. Thus, we found two factors (air humidity and its temperature), which influence a lot on development of brown rust pathogen. Due to calculations we ascertain the ratio of the number of days with minimum air humidity (40% or more) to the number of days with an average daily temperature of 15°C or more, which shows the effect of these factors on brown rust development. The period for which is to ascertain the ratio is May of this year. The figures received according to the formula are a summary index of the weather ($X_{\text{чд}}$). In the conditions of the Tambov region heavy or medium development of brown rust on winter wheat and rye is possible when $X_{\text{чд}}$ is 1,40 or more.

Keywords: *brown rust, winter wheat and rye, forecast (prediction), a number of days, minimum air humidity, an average daily air temperature, a summary index of weather, regression equation.*

Введение. Озимые пшеница и рожь в Центральном Черноземье занимают большую часть всего зернового клина. Потенциальная урожайность возделываемых сортов достаточно высока, но она заметно снижается под воздействием различных факторов, в том числе биотического характера. Довольно часто на посевах пшеницы и ржи развивается возбудитель бурой ржавчины. При сильном поражении растений пустулы патогена занимают существенную часть листовой поверхности, что значительно снижает фотосинтез и, соответственно, продуктивность данных культур. В связи с этим против ржавчинных заболеваний зерновых культур применяют обработки посевов различными фунгицидами. Но использование этих средств не всегда бывает эффективным. При низком уровне

развития бурой ржавчины потери урожая, как правило, минимальны и с экономической точки зрения применение пестицидов становится нецелесообразным. Существует и экологический аспект проблемы – ежегодное и широкомасштабное использование химических препаратов может привести к негативным изменениям в окружающей среде. По этой причине важное значение имеет прогноз развития болезней растений. При вероятности сильного развития патогенов он позволяет заблаговременно планировать защитные обработки или отменить их, когда по прогнозу ожидается депрессия заболевания.

Существующие методы прогноза – метеопатологический и метеобиологический – позволяют с достаточной степенью точности предсказать уровень поражения посевов сельскохозяйственных культур болезнями. Однако составленные формулы оказываются справедливыми лишь для какого – то одного пункта наблюдения и неприменимы при прогнозе развития заболевания на другом пункте. В связи с этим, целью наших исследований было составление формулы, отражающей развитие ржавчинных заболеваний на достаточно большой территории и справедливой для нескольких зерновых культур.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования были использованы годовые отчеты госсортоучастков (ГСУ) Тамбовской области [1,2]. При проведении расчетов применяли методы, изложенные в руководстве К.М. Степанова и А.Е. Чумакова [3]. Вычисления проводили с использованием программы «Excel».

Результаты. В исследованиях по этому вопросу ранее нами было установлено, что общей формулой, отражающей развитие ржавчинных заболеваний зерновых культур, является соотношение сумм относительной минимальной влажности воздуха, выше или равной 40 % и его среднесуточных температур, выше или равных 15°C [4,5,6,7]. В ходе дальнейшей работы выяснилось, что соотношение количества дней с вышеназванными факторами погоды тоже может служить формулой прогноза развития бурой ржавчины на территории Тамбовской области.

Формула имеет следующий вид :

$$X_{\text{чд}} = \frac{\text{Ч.Д.} (B \geq 40 \%) \cdot \text{Ч.Д.} (B \geq 40 \%)}{\text{Ч.Д.} (t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}) \cdot \text{Ч.Д.} (t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C})}, \quad (1$$

)

где $X_{\text{чд}}$ – суммарный индекс погоды за определенный период ;

$\text{Ч.Д.} (B \geq 40 \%)$ – число дней с относительной минимальной влажностью воздуха, выше или равной 40 % за определенный период;

$\text{Ч.Д.} (t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C})$ – число дней со среднесуточной температурой воздуха, выше или равной 15°C за определенный период.

В условиях Тамбовской области период, за который следует рассчитывать суммарный индекс погоды ($X_{\text{чд}}$) для озимых пшеницы и ржи – май месяц текущего года. В таблицах 1 – 4 представлены основные результаты исследований, отражающие зависимость развития бурой ржавчины озимых пшеницы и ржи от числа дней с $B \geq 40\%$ и $t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$.

1. Корреляционная зависимость развития бурой ржавчины озимых пшеницы и ржи от числа дней с $B \geq 40\%$ и $t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$ на Тамбовском ГСУ

Тамбовский ГСУ						
№ п/п	Год	Бурая ржавчина, %		Число дней (Ч.Д.) в мае с		$X_{\text{чд}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}}$
		озимая пшеница	озимая рожь	$B \geq 40\%$	$t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	1970	-	25	12	14	0,86
2	1971	0	0	7	15	0,47
3	1972	0	-	6	17	0,35
4	1974	68	60	26	7	3,71
5	1975	0	0	5	27	0,19
6	1976	58	42	19	9	2,11
7	1977	53	-	12	21	0,57
8	1978	61	42	17	6	2,83
9	1979	0	0	4	24	0,17
10	1980	93	80	19	6	3,17
11	1982	73	37	14	7	2,00
12	1986	0	0	7	18	0,39
13	1987	0	11	16	14	1,14
14	1988	0	24	6	18	0,33
15	1989	0	1	17	13	1,31
16	1990	52	28	13	7	1,86
17	1992	-	8	6	11	0,55
Коэффициент корреляции, R			озимая пшеница	0,708	-0,733	0,840
			озимая рожь	0,742	-0,733	0,887

2. Зависимость развития бурой ржавчины озимых пшеницы и ржи от числа дней с $B \geq 40\%$ и $t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$ на Староюрьевском ГСУ

Староюрьевский ГСУ						
№ п/п	Год	Бурая ржавчина, %		Число дней (Ч.Д.) в мае с		$X_{\text{чд}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}}$
		озимая пшеница	озимая рожь	$B \geq 40\%$	$t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$	
1	1971	12	13	7	17	0,41
2	1972	0	12	9	18	0,50
3	1973	16	-	16	14	1,14
4	1974	68	44	28	6	4,67
5	1975	7	11	6	27	0,22
6	1976	36	24	21	8	2,63
7	1978	48	35	17	5	3,40

8	1979	5	3	2	25	0,08
9	1980	34	30	21	5	4,20
10	1982	16	27	21	8	2,63
11	1986	6	16	8	17	0,47
12	1987	6	-	16	15	1,07
13	1988	3	-	6	18	0,33
14	1989	11	-	17	10	1,70
15	1990	19	-	14	5	2,80
Коэффициент корреляции, R			озимая пшеница	0,778	-0,702	0,885
			озимая рожь	0,933	-0,894	0,950

3. Корреляционная связь развития бурой ржавчины озимой пшеницы с числом дней с $B \geq 40\%$ и $t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$ на Кирсановском ГСУ

Кирсановский ГСУ					
№ п/п	Год	Озимая пшеница			
		Бурая ржавчина, %	Число дней (Ч.Д.) в мае с		$X_{\text{чд}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}}$
			$B \geq 40\%$	$t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$	
1	1971	0	6	11	0,55
2	1972	0	5	14	0,36
3	1974	42	21	9	2,33
4	1975	0	3	27	0,11
5	1976	36	20	8	2,50
6	1977	3	12	21	0,57
8	1979	6	5	23	0,22
9	1980	50	20	7	2,86
10	1982	16	18	7	2,57
11	1986	0	9	15	0,60
12	1987	3	14	15	0,93
13	1988	0	5	17	0,29
14	1990	13	13	6	2,17
Коэффициент корреляции, R			0,819	-0,660	0,882

4. Зависимость уровня поражения озимой ржи бурой ржавчиной от числа дней с $B \geq 40\%$ и $t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$ на Ржаксинском ГСУ

Ржаксинский ГСУ					
№ п/п	Год	Озимая рожь			
		Бурая ржавчина, %	Число дней (Ч.Д.) в мае с		$X_{\text{чд}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}} = \frac{\text{Ч.Д. (} B \geq 40\% \text{)}}{\text{Ч.Д. (} t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C)}}$
			$B \geq 40\%$	$t^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$	
1	1971	16	6	12	0,50
2	1974	44	16	9	1,78
3	1975	0	4	26	0,15
4	1976	35	19	9	2,11
5	1978	40	17	8	2,13

6	1979	4	6	26	0,23
7	1980	50	20	6	3,33
8	1982	43	17	8	2,13
9	1985	0	6	17	0,35
10	1986	0	12	17	0,71
11	1987	0	14	17	0,82
12	1989	28	14	10	1,40
Коэффициент корреляции, R			0,804	-0,862	0,917

Согласно полученным результатам, при расчетах по формуле (1) коэффициенты корреляции, отражающие связь развития возбудителей бурой ржавчины озимых пшеницы и ржи с индексом погоды по «числу дней» ($X_{чд}$) оказались достаточно высокими – 0,840 – 0,950. Это позволило составить уравнения прямолинейной регрессии. Для озимой пшеницы они имеют следующий вид :

Тамбовский ГСУ :

$$Y = - 3,75 + 24,96 \cdot X_{чд}; \quad (2)$$

Староюрьевский ГСУ :

$$Y = - 0,31 + 11,12 \cdot X_{чд}; \quad (3)$$

Кирсановский ГСУ :

$$Y = - 6,07 + 16,30 \cdot X_{чд}; \quad (4)$$

для озимой ржи :

Тамбовский ГСУ :

$$Y = - 2,78 + 18,95 \cdot X_{чд}; \quad (5)$$

Староюрьевский ГСУ :

$$Y = 8,54 + 6,74 \cdot X_{чд}; \quad (6)$$

Ржаксинский ГСУ :

$$Y = - 2,62 + 18,64 \cdot X_{чд}. \quad (7)$$

Оправдываемость прогноза за 1970–1992 гг. составила 86,7–100,0%, среднеарифметическое отклонение – 3,1–14,1 %, среднеквадратическое – 4,0–19,2%. Для проверки формулы (1) был составлен прогноз развития бурой ржавчиной озимой пшеницы на 2007 – 2010 годы (таблица 5).

5. Прогноз развития бурой ржавчины озимой пшеницы в Центральной части Тамбовской области на 2007 – 2010 годы

Год	Число дней в мае с		$X_{чд} =$	Поражение бурой ржавчиной, %	
	$B \geq 40 \%$	$t^{\circ}C \geq 15^{\circ}C$	$\frac{Ч. Д. (B \geq 40 \%)Ч. Д. (t^{\circ}C \geq 15^{\circ}C)}{Ч. Д. (B \geq 40 \%)Ч. Д. (t^{\circ}C \geq 15^{\circ}C)}$	по прогнозу : $Y = - 3,75 + 24,96 \cdot X_{чд}$	фактически
2007	16	17	0,94	20	0
2008	22	10	2,20	51	45
2009	12	14	0,86	18	19
2010	13	25	0,52	9	0

Согласно вычислениям, прогноз на 2007–2010 гг. в целом оправдался –

фактическое поражение растений озимой пшеницы бурой ржавчиной было близким к ожидаемому. Следует отметить, что при расчетах уравнений регрессии необходимы два ряда данных – о развитии болезней и метеонаблюдения за те же годы. В связи с этим, уравнения регрессии возможно составить лишь для тех пунктов, где такие наблюдения проводились, а также близлежащих к ним хозяйств. В производственных условиях лучше ориентироваться непосредственно на суммарный индекс погоды ($X_{\text{чд}}$), рассчитанный согласно формуле (1). На основе данных таблиц 1 – 4 можно сделать заключение, что при значении $X_{\text{чд}}$ равном 1,40 и выше, развитие бурой ржавчины на посевах озимых пшеницы и ржи достигает эпифитотийного или умеренного развития. В этом случае проведение защитных обработок фунгицидами становится эффективным.

Выводы. В условиях Тамбовской области развитие бурой ржавчины на посевах пшеницы и ржи зависит от соотношения количества дней с относительной минимальной влажностью воздуха, выше или равной 40 % и его среднесуточной температурой, выше или равной 15°C, в мае месяце текущего года. На основе полученной формулы возможно составить краткосрочный прогноз данного заболевания. Сильное или умеренное поражение растений пшеницы и ржи бурой ржавчиной следует ожидать при значении суммарного индекса погоды ($X_{\text{чд}}$), равном 1,40 и выше.

Литература

1. Годовые метеорологические отчеты Тамбовского, Староюрьевского, Кирсановского и Ржаксинского ГСУ за 1970-1992гг / Тамбовское областное государственное учреждение «Государственный архив Тамбовской области» (ТОГУ ГАТО), г. Тамбов.
2. Годовые отчеты о сортоиспытании озимой пшеницы и ржи на Тамбовском, Староюрьевском, Кирсановском и Ржаксинском ГСУ за 1970-1992гг / Тамбовское областное государственное учреждение «Государственный архив Тамбовской области» (ТОГУ ГАТО), г. Тамбов.
3. *Степанов, К.М.* Прогноз болезней сельскохозяйственных растений / К.М. Степанов, А.Е. Чумаков. – Л. «Колос», – 1972. – 271 с.
4. *Чекмарев В.В.* Существует ли универсальная формула развития ржавчины / В.В. Чекмарев // Защита и карантин растений. – 2012. – №5. – С. 35 - 37.
5. *Чекмарев, В.В.* Зависимость развития корончатой ржавчины ярового овса от погодных условий / В.В. Чекмарев // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 5 (23). – С. 62 – 65.
6. *Чекмарев, В.В.* Погодные условия и развитие бурой ржавчины на посевах яровой пшеницы / В.В. Чекмарев // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 2 (26). – С. 57 – 60.

7. *Чекмарев, В.В.* Влияние температуры и влажности воздуха на развитие бурой ржавчины озимой ржи / В.В. Чекмарев // Защита и карантин растений. – 2013. – № 4. – С. 47 – 48.

Literature

1. Annual meteorological reports of Tambov, StaroUrsk, Kirsanovsk and Rzhaksinsk SBS during 1970-1992 / Tambov regional state establishment “State Archive of Tambov Region”, Tambov

2. Annual reports about variety testing of winter wheat and rye on Tambov, StaroUrsk, Kirsanovsk and Rzhaksinsk SBS during 1970-1992 / Tambov regional state establishment “State Archive of Tambov Region”, Tambov.

3. *Stepanov, K.M.* Forecast of agricultural plants diseases / K.M. Stepanov, A.E. Chumakov – L. «Kolos», – 1972. – 271 p.

4. *Chekmarev, V.V.* Is there a universal formula of leaf rust development / V.V. Chekmarev // Plant protection and quarantine. – 2012. – №5. – PP. 35 - 37.

5. *Chekmarev, V.V.* Dependence of leaf rust development of spring oats on weather conditions / V.V. Chekmarev // Grain Economy of Russia. – 2012. – № 5 (23). – PP. 62 – 65.

6. *Chekmarev, V.V.* Weather conditions and leaf rust development on sowings of spring oats / V.V. Chekmarev // Grain Economy of Russia. – 2013. – № 2 (26). – PP. 57 – 60.

7. *Chekmarev, V.V.* Influence of temperature and air moisture on leaf rust development on sowings of spring oats / V.V. Chekmarev // Plant protection and quarantine. – 2013. – № 4. – PP. 47 – 48.