

Н.А. Крупенько

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ СЕПТОРИОЗА ЛИСТЬЕВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Рецензент: канд. биол. наук Плесацевич Р.И.

Аннотация. Представлен анализ влияния гидротермических условий на развитие септориоза листьев озимой пшеницы. Установлено, что для инициирования патологического процесса необходимо выпадение осадков (не менее 11 дней с осадками более 1 мм с середины апреля).

Ключевые слова: озимая пшеница, септориоз листьев, развитие болезни, гидротермические условия.

Введение. Септориоз листьев является одной из наиболее вредоносных и экономически значимых болезней озимой пшеницы во всех зерносеющих регионах мира [11; 15; 28]. Поражение листьев септориозом обуславливает снижение массы 1000 зерен, при этом потери урожая могут достигать 20-43 % [2; 6; 26].

В условиях республики основным возбудителем септориоза листьев является гриб *Septoria tritici* Desm. В настоящее время на основе филогенетического анализа установлено, что гриб, называвшийся ранее *S. tritici*, не относится к роду *Septoria*, а принадлежит к отдельному роду – *Zymoseptoria* [30]. Поэтому далее в статье мы будем использовать новое название гриба-возбудителя септориоза листьев – *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous.

Симптомы поражения растений септориозом проявляются уже с осени. Источником инфекции в этот период помимо дикорастущих злаков, растительных остатков, падалицы [3; 4; 17; 24] могут служить сумкоспоры гриба, которые формируются не только на перезимовавших растительных остатках или дикорастущих растениях, но также на инфицированных листьях на протяжении всего года [20; 25]. Бесполой стадия представлена несколькими генерациями пикноспор, образующихся в пикнидах. Пикноспоры распространяются брызгами дождя на короткие расстояния [19; 22].

Гриб *Z. tritici* способен заражать растения зерновых культур в широком диапазоне температур. Установлено, что успешное инфицирование отмечается при температуре 16-25 °С и продолжительном увлажнении листьев (48 ч и более), оптимум составляет 18 °С. Температура более 25 °С подавляет рост гриба даже при необходимой длительности

увлажнения листа [14]. Минимальной температурой для инициирования инфекционного процесса является 5-10 °С [14; 21].

По сравнению с другими грибами, вызывающими болезни листового аппарата, латентный период (период от заражения до появления спороношения) гриба *Z. tritici* является более продолжительным и может составлять 15-35 дней [23], 14-25 дней [10].

По данным D. J. Lovell и соавторов [13], появление первых видимых симптомов (инкубационный период) в контролируемых условиях (при температурах от 2,9 до 20,2 °С) отмечалось через 11-42 дня после инокуляции растений. При этом авторами установлено, что чем ниже температура, тем продолжительней инкубационный период болезни.

На развитие септориоза листьев влияют такие факторы, как градусо-дни, обильные осадки (как минимум 10 мм в день) [27], влажность [18], количество осадков [12], температура [7; 29]. В условиях Беларуси Ильюком А.Г. была предпринята попытка связать развитие болезни с количеством аккумулированного тепла – градусо-днями [5]. В то же время автор не приводит никаких данных о влиянии на распространение и развитие гриба-возбудителя септориоза листьев осадков.

Цель наших исследований заключалась в выявлении факторов, оказывающих наибольшее влияние на развитие септориоза в начальный период развития инфекционного процесса (до порогового уровня). Это обусловлено тем, что основой для применения фунгицидов в посевах зерновых культур является использование биологического порога вредоносности одной или комплекса болезней, который представляет собой такое развитие, когда патологический процесс можно эффективно затормозить путем применения средств защиты растений. Ранее нами было уточнено, что порог развития септориоза на озимой пшенице составляет 2,5-3,7% в зависимости от сорта и года исследований [9].

Методика и место проведения исследований. Исследования по выявлению гидротермических условий, способствующих развитию септориоза листьев, осуществляли на основе данных 2009-2017 гг. В качестве основных факторов использовали среднюю температуру воздуха, сумму осадков, среднюю относительную влажность воздуха, количество дней с осадками свыше 1 мм, гидротермический коэффициент (ГТК), а также сумму градусо-дней за период с 15 апреля до наступления порогового уровня развития септориоза листьев.

Развитие болезни (R, %) определяли по формуле (1) [1]:

$$R = \frac{\sum(n \times b)}{N \times K} \times 100 \quad (1),$$

где $\sum(n \times b)$ – сумма произведений числа больных растений (n) на соответствующий им балл поражения (b); N – общее количество учетных

растений, шт.; К – наивысший балл поражения шкалы учета для перевода балльной оценки развития болезни в процентную категорию.

Гидротермический коэффициент (ГТК), рассчитывали следующим образом (2) [8]:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum O_c}{\sum T} \times 10 \quad (2),$$

где $\sum O_c$ – сумма осадков за теплый период или его часть, мм; $\sum T$ – сумма активных температур (выше 10 °C) за этот же период, °C.

Значение ГТК, равное 1,0-1,5, характеризует оптимальное увлажнение, выше 1,5 – избыточное, ниже 1,0 – недостаточное, менее 0,5 – слабое.

Градусо-дни за каждые сутки, начиная с 15 апреля и до наступления порогового развития септориоза, вычисляли по формуле (3) [16], а затем суммировали:

$$^{\circ}D = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_6 \quad (3),$$

где $^{\circ}D$ – градусо-дни; $T_{\max}$ – максимальная температура воздуха за сутки, °C; $T_{\min}$ – минимальная температура воздуха за сутки, °C; T_6 – нижний температурный порог развития гриба *Z. tritici*, составляющий 5 °C.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с использованием пакета программ MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Гриб-возбудитель септориоза листьев в течение вегетационного сезона формирует несколько генераций спор, при этом интенсивность нарастания заболевания зависит от многих погодных факторов, а нередко – их сочетания.

В таблице 1 представлены значения факторов, для которых анализировали влияние на развитие септориоза листьев.

Результаты статистической обработки данных по изучению влияния метеорологических факторов на развитие септориоза листьев представлены в таблице 2. Наиболее существенное влияние на инфекционный процесс оказывает количество дней с осадками свыше 1 мм ($r = 0,850$; $R^2 = 0,722$).

Полученные нами данные подтверждают литературные, согласно которым основным фактором распространения болезни являются осадки. Это обусловлено биологическими особенностями гриба-возбудителя септориоза листьев, поскольку для начала выхода пикноспор из пикнид требуется капельно-жидкая влага. Распространение пикноспор гриба *Z. tritici* с нижних ярусов листьев на верхние происходит за счет брызг дождя [18; 19; 23; 27].

Таблица 1 – Гидротермические факторы и развитие септориоза листьев озимой пшеницы (РУП «Институт защиты растений»)

Год	Температура, °С	Сумма осадков, мм	Кол-во дней с осадками более 0,1 мм	Кол-во дней с осадками более 0,5 мм	Кол-во дней с осадками более 1,0 мм	Кол-во дней с осадками более 5,0 мм	Сумма градусо-дней, °С	ГТК	Развитие септориоза, %
2009	12,26	123,70	21	17	15	10	419,60	2,16	2,2
2010	13,69	174,20	32	28	21	9	467,65	2,72	4,1
2011	13,68	67,60	15	11	10	6	447,69	1,08	1,3
2012	13,48	137,00	21	15	14	9	401,55	2,36	0,6
2013	14,88	181,60	31	26	23	11	583,37	2,25	5,1
2014	13,35	186,60	25	21	17	10	399,55	3,23	2,4
2015	10,13	88,00	22	14	13	5	207,20	2,98	0,3
2016	12,62	64,20	26	19	16	4	460,10	0,58	1,1
2017	12,26	123,70	21	17	15	10	419,60	2,16	0,2

Таблица 2 – Влияние гидротермических факторов на развитие септориоза листьев озимой пшеницы (РУП «Институт защиты растений», данные 2009-2017 гг.)

Гидротермический фактор	Коэффициент корреляции (r)	Коэффициент детерминации (R ²)	p-значение
Сумма осадков	0,690	0,475	0,039
Средняя температура	0,689	0,477	0,040
Количество дней с осадками более 0,1 мм	0,757	0,573	0,018
Количество дней с осадками более 0,5 мм	0,842	0,708	0,004
Количество дней с осадками более 1 мм	0,850	0,722	0,004
Количество дней с осадками более 5 мм	0,512	0,263	0,158
Сумма градусо-дней	0,204	0,478	0,039
Гидротермический коэффициент	0,692	0,042	0,599

Уравнение зависимости между количеством дней с осадками более 1 мм развитием септориоза листьев имеет вид (4):

$$Y = 0,3675x - 3,9571 \quad (4),$$

где Y – пороговое развитие септориоза листьев (%); x – количество дней с осадками более 1 мм с 15 апреля до наступления порога.

Для прогнозирования наступления порогового уровня развития септориоза листьев и обоснования сроков проведения защитных мероприятий нами были преобразованы полученные уравнения с тем, чтобы вычислить, сколько дней с осадками более 1 мм (х) потребуется, чтобы развитие септориоза достигло порога. Полученное уравнение имеет вид (5):

$$x = (Y + 3,9571) / 0,3675 \quad (5).$$

Подставив в формулу (4) значения развития болезни, можно рассчитать необходимое для его достижения количество дней с осадками более 1 мм. В целом, для начала патологического процесса септориоза листьев (развитие болезни, равное 0,1 %) необходимо как минимум 11 дней с осадками свыше 1 мм, т.е. не менее 11 мм осадков. Степень поражения растений болезнью и необходимое для этого количество дней с осадками более 1 мм представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Количество дней с осадками более 1 мм, необходимое для достижения необходимого уровня развития септориоза на листьях озимой пшеницы

Прогнозируемое развитие септориоза листьев, %	Необходимое для прогнозируемого развития количество дней с осадками более 1 мм
0,5	12,1
1,0	13,5
1,5	14,9
2,0	16,2
2,5	17,6
3,0	18,9
3,5	20,3
4,0	21,7
4,5	23,0
5,0	24,4

Таким образом, в условиях повышенного выпадения осадков в весенний период следует ожидать быстрого наступления порогового уровня развития септориоза листьев, что следует учитывать при планировании проведения защитных мероприятий.

Выводы. Проанализировано влияние гидротермических факторов на развитие септориоза листьев озимой пшеницы. Установлено, что наиболее существенное влияние на начало инфекционного процесса оказывает количество дней с осадками более 1 мм (не менее 11 дней с осадками свыше 1 мм с середины апреля).

Список литературы

1. Болезни зерновых культур / С.Д. Здрожевская [и др.] // Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Науч.-практ. центр

НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; ред. С.Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – С. 61–101.

2. Деревянкин, А.А. Септориоз пшеницы / А.А. Деревянкин // Защита растений. – 1970. – № 10. – С. 17–18.

3. Жук, Е.И. Роль почвы в сохранении грибов *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano и *Septoria tritici* Roberge ex Desm. – возбудителей септориоза яровой пшеницы в условиях Республики Беларусь / Е.И. Жук, С.Ф. Буга // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные мировые тенденции в производстве и применении биологических и экологически малоопасных средств защиты растений», Краснодар, 25-27 сент. 2012 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т биол. защиты растений; Фонд им. А.Т. Болотова, Краснодар. отд-ние Рус. энтомол. о-ва; под ред. В. Д. Надыкты [и др.]. – Краснодар, 2012. – Вып. 7. – С. 404–406.

4. Зеленева, Ю.В. Источники инфекции возбудителей септориоза в Тамбовской области / Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова // The World of Sci. Discoveries. – 2012. – № 5. – С. 170–173.

5. Ильюк, А.Г. Прогностическая модель развития септориоза листового аппарата озимой пшеницы / А.Г. Ильюк // Базы данных и информационные технологии в диагностике, мониторинге и прогнозе важнейших сорных растений, вредителей и болезней растений : тез. докл. междунар. конф., Санкт-Петербург – Пушкин, 14-17 июня 2010 г. – СПб. – Пушкин, 2010. – С. 37–39.

6. Пахолкова, Е.В. Развитие септориоза / Е.В. Пахолкова // Защита и карантин растений. – 1999. – № 4. – С. 28–29.

7. Санин, С.С. Прогноз риска развития эпифитотий септориоза листьев и колоса пшеницы / С.С. Санин, Л.Г. Корнева, Т.М. Полякова // Защита и карантин растений. – 2015. – № 3. – С. 33–36.

8. Селянинов, Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов // Мировой агро-климатический справочник. – М. – Л., 1937. – С. 5–27.

9. Склименок, Н.А. Комплекс грибов, паразитирующих на озимой пшенице, и меры по ограничению их вредоносности: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.07 / Н.А. Склименок; НАН Беларуси, РНДПУ «Ин-т защиты растений». – Прилуки, Мин. р-н, 2015. – 23 с.

10. Brokenshire, T. The reaction of wheat genotypes to *Septoria tritici* / T. Brokenshire // Annals of Appl. Biol. – 1976. – Vol. 82. – P. 415–423.

11. Chungu, C. *Septoria tritici* blotch development as affected by temperature, duration of leaf wetness, inoculum concentration and host / C. Chungu, J. Gilbert, F. Townley-Smith // Plant Disease. – 2001. – Vol. 85, № 4 – P. 430–435.

12. Coakley, S. M. Model for predicting severity of *Septoria tritici* blotch on winter wheat / S.M. Coakley, L.R. McDaniel, G. Shaner // Phytopathol. – 1985. – Vol. 75. – P. 1245–1251.

13. Effect of temperature on latent period of *septoria* leaf blotch on winter wheat under outdoor conditions / D.J. Lovell [et al.] // Plant Pathology. – 2004. – Vol. 53, № 2. – P. 170–181.

14. Environmental influence of the infection of wheat by *Mycosphaerella graminicola* / A.M. Magboul [et al.] // Phytopathology. – 1992. – Vol. 82, № 12. – P. 1407–1413.

15. Garcia, B.M. Observations on the ascogenous stage of *Septoria tritici* in Texas / B.M. Garcia, D. Marshall // Mycological Research. – 1992. – Vol. 96, № 1. – P. 65–70.

16. Growing degree-day [Electronic resource] // Wikipedia. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Growing_degree-day. – Date of access: 15.03.2018.

17. Haghdel, M. Survival and host range of *Mycosphaerella graminicola* the causal agent of *Septoria* leaf blotch of wheat / M. Haghdel, Z. Banihashemi // Iran. J. of Plant Pathology. – 2005. – Vol. 41, № 4. – P. 613–630.

18. Hess, D.E. Effect of moisture on *Septoria tritici* blotch development on wheat in the field / D.E. Hess, G. Shaner // Phytopathology. – 1987. – Vol. 77. – P. 220–226.

19. Holmes, S.J.I. Straw-borne inoculum of *Septoria nodorum* and *S. tritici* in relation to

incidence of disease on wheat plants / S.J.I. Holmes, J. Colhoun // *Plant Pathology*. – 1975. – Vol. 24, № 2. – P. 63–66.

20. Hunter, T. The teleomorph stage, *Mycosphaerella graminicola*, in epidemics of *Septoria tritici* blotch on winter wheat in the UK / T. Hunter, R.R. Coker, D.J. Royle // *Plant Pathology*. – 1999. – Vol. 48, № 1. – P. 51–57.

21. Renfro, B. L. Techniques for studying varietal response to *Septoria* leaf blotch of wheat (abstr.) / B.L. Renfro, H.C. Young // *Phytopathology*. – 1956. – Vol. 46. – P. 23–24.

22. Shaw, M.W. Assessment of upward movement of rain splash using a fluorescent tracer method and its application to the epidemiology of cereal pathogens / M.W. Shaw // *Plant Pathology*. – 1987. – Vol. 36, № 2. – P. 201–213.

23. Shaw, M.W. Factors determining the severity of epidemics of *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) on winter wheat in the UK / M.W. Shaw, D.J. Royle // *Plant Pathology*. – 1993. – Vol. 42, № 6. – P. 882–889.

24. Studies on the host range of *Septoria* species on cereals and some wild grasses in Iran / S. Seifbarghi [et al.] // *Phytopathologia Mediterranea*. – 2009. – Vol. 48, № 3. – P. 422–429.

25. Successful crosses and molecular tetrad and progeny analyses demonstrate heterothallicism in *Mycosphaerella graminicola* / G.H.J. Kema [et al.] // *Current Genetics*. – 1996. – Vol. 30, № 3. – P. 251–258.

26. The *Septoria* diseases of wheat: concepts and methods of disease management / Z. Eyal [et al.]. – Mexico : CYMMIT, 1987. – 52 p.

27. Thomas, M.R. Factors affecting development of *Septoria tritici* in winter wheat and its effect on yield / M.R. Thomas, R.J. Cook, J.E. King // *Plant Pathology*. – 1989. – Vol. 38, № 2. – P. 246–257.

28. Todorova, M. First report of tan spot caused *Pyrenophora tritici-repentis* (anamorph *Drechslera tritici-repentis*) in Bulgaria / M. Todorova // *Plant Pathology*. – 2006. – Vol. 55, № 2. – P. 305.

29. Wainshilbaum, S.J. Temperature and growth stage on development of leaf and glume blotch caused by *Septoria tritici* and *S. nodorum* / S.J. Wainshilbaum, P.E. Lipps // *Plant Disease*. – 1991. – Vol. 75, № 10. – P. 993–998.

30. *Zymoseptoria* gen. nov.: a new genus to accommodate *Septoria*-like species occurring on graminicolous hosts / W. Quaedvlieg [et al.] // *Personia*. – 2011. – Vol. 26. – P. 57–69.

N.A. Krupenko

RUE «Institute of Plant Protection», a/c Priluki, Minsk district

INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON SEPTORIA LEAF SPOT SEVERITY IN WINTER WHEAT

Annotation. The analysis of hydrothermal conditions influence on winter wheat *Septoria* leaf spot severity is presented. It is determined that for starting the pathological process the precipitation (for not less than 11 days with a rainfall at the amount of more than 1 mm from medium of April) is necessary. The calculation equation of threshold *Septoria* leaf spot severity is stated.

Key words: winter wheat, *Septoria* leaf spot, disease severity, hydrothermal conditions.