

В.А. Радивон

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

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ В ПОСЕВАХ СОРТОВ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ

Дата поступления статьи в редакцию: 22.06.2022

Рецензент: канд. с.-х. наук Бойко С.В.

Аннотация. Результаты исследований развития корневой гнили в посевах сортов ярового тритикале за 2015-2019 гг. показали, что степень поражения болезнью сорта Узор к концу вегетации (ст. 85) составляла от 4,0 до 30,4 %, Дублет – от 9,2 до 42,3 % и Садко – от 4,6 до 32,3 %. Высокое развитие корневой гнили отмечалось в годы, когда количество выпавших осадков в вегетационном сезоне было наименьшим (2015 г.) либо наибольшим (2017 г.) относительно нормы. Выявлена полиномиальная зависимость ($R^2 = 0,75$) между показателями площадь под кривой развития болезни и суммой осадков за период от посева до мягкой восковой спелости (ст. 85), свидетельствующая о том, что степень поражения ярового тритикале корневой гнилью возрастает в условиях как недостаточной, так и избыточной увлажненности.

Ключевые слова: яровое тритикале, корневая гниль, развитие, площадь под кривой развития болезни, гидротермические условия.

Введение. Корневая гниль – наиболее распространенная болезнь ярового тритикале в Беларуси среди тех, которые отмечаются в посевах культуры. Основными грибами-возбудителями корневой гнили ярового тритикале являются грибы рода *Fusarium* – их частота встречаемости в общей структуре грибов, контаминирующих корневую систему, достигает 68,5 %. Среди грибов рода *Fusarium*, вызывающих болезнь, идентифицировано 11 видов, из которых *F. equiseti*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum* и *F. culmorum* доминируют на протяжении всего периода вегетации [1]. Виды грибов рода *Fusarium* отличаются различной патогенностью, приуроченностью к стадии развития культуры и негативным влиянием на растение. Снижение всхожести ярового тритикале под воздействием доминирующих видов происходит на 22,0-85,0 %, длины ростков и корней проростков на 31,5-84,4 % и 41,1-77,8 % соответственно в зависимости от патогенности гриба [2]. Вследствие развития болезни недобор урожая ярового тритикале проявляется в снижении количества зерен с колоса на 35,7 %, массы зерен с колоса – на 40,0 %, массы 1000 зерен – на 9,7 % [3].

Семена ярового тритикале являются одним из источников корневой гнили. Установлено, что их инфицированность грибами рода *Fusarium* достигает 20,0 % [4]. Также инфекция сохраняется на растительных остатках в почве и на ее поверхности, пораженных дикорастущих и сорных растениях. Насыщение севооборотов зерновыми культурами, поверхностная обработка почвы и другие нарушения технологии возделывания ярового тритикале способствуют накоплению инфекции, что может привести к возникновению эпифитотии корневой гнили при наступлении благоприятных погодных условий для развития патогенов [5]. Одной из причин высокого развития болезни является нарушение оптимальной увлажненности сезона. Некоторые исследователи отмечают увеличение пораженности зерновых культур корневой гнилью в условиях засушливого вегетационного периода, другие – при повышенной влажности почвы. На основании многолетних исследований М.Ф. Григорьева установлено, что частота встречаемости фузариозной корневой гнили в посевах озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье России возрастала в засушливые годы, яровой – в годы с избытком осадков [6]. Н.В. Васильевой и В.Е. Синещековым, по результатам исследований в посевах яровой пшеницы за 1986-2015 гг., сообщается, что в лесостепи Западной Сибири максимальная вредоносность возбудителей корневой гнили отмечалась в условиях засухи на фоне высоких температур, а также в годы с избыточным выпадением осадков [7]. Л.Ф. Ашмарина отмечала, что решающее значение для развития корневых гнилей зерновых имеет количество влаги в почве во время прорастания всходов до выхода их на поверхность. При снижении влажности почвы в этот период до 30,0 % от нормы увеличение поражения всходов корневыми гнилями происходит на 27,0 % [8]. Н.А. Склименок и С.Ф. Буга, напротив, установили, что увеличение влажности в период август – октябрь способствует поражению озимой пшеницы корневой гнилью в стадии середина кущения (ст. 25) [9].

Яровое тритикале в нашей стране возделывается более 20 лет и на протяжении всего этого периода исследователями отмечалось поражение культуры корневой гнилью [10, 11]. Однако в литературе не имеется достаточно сведений о степени поражения культуры болезнью и условий, влияющих на этот патологический процесс. С целью определения факторов, благоприятствующих развитию болезни в посевах ярового тритикале, нами были проведены исследования о значении гидротермических условий в поражаемости сортов ярового тритикале фузариозной корневой гнилью.

Материалы, методы и условия проведения исследований. Оценку развития корневой гнили проводили на опытных участках РУП «Институт защиты растений» в посевах сортов Садко, Дублет и Узор, включенных

в «Государственный реестр сортов». Обработка почвы и уход за посевами были осуществлены по общепринятой технологии для возделывания ярового тритикале в центральной агроклиматической зоне Республики Беларусь. Сев был проведен в III декаде апреля – I декаде мая.

Метеорологические условия опытных участков отличались по годам. В некоторые годы отмечались экстремальные погодные условия для данной климатической зоны. Так, в 2015 г. в июне был отмечен резкий дефицит влаги на фоне повышенной температуры воздуха – сумма осадков за месяц составила 14,6 мм при норме 83 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические данные (метеостанция РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки)

Месяц	Декада	Метеорологические показатели						
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	норма* до 2017 г.	2018 г.	2019 г.	норма* с 2018 г.
Сумма осадков, мм								
Апрель	III	11,8	11,2	44,0	16,0	23,6	4,0	14,0
Май	I	35,6	13,6	0,2	16,7	1,4	43,6	20,0
	II	14,4	10,6	3,4	20,0	25,8	21,6	20,0
	III	24,6	6,4	6,8	24,0	0,4	3,8	25,0
Июнь	I	0	0,2	10,2	25,0	1,0	13,2	26,0
	II	11,0	43,4	23,2	28,0	16,2	8,2	30,0
	III	3,6	0,8	38,0	30,0	21,0	30,0	33,0
Июль	I	27,4	42,4	20,8	29,0	69,8	21,2	31,0
	II	35,0	62,6	36,8	29,0	85,8	17,2	30,0
	III	28,8	39,2	103,0	32,0	27,0	37,0	28,0
Температура, С°								
Апрель	III	10,5	6,3	5,6	8,0	11,5	13,0	9,6
Май	I	11,4	14,4	17,3	11,0	17,8	8,3	11,6
	II	10,3	12,3	13,6	12,9	15,3	15,5	13,4
	III	14,2	17,4	16,0	14,0	18,0	17,5	14,8
Июнь	I	17,1	15,3	13,7	15,3	16,5	20,3	15,6
	II	16,7	16,6	16,5	15,9	18,0	22,1	16,4
	III	16,0	21,7	16,3	16,7	16,9	19,7	17,1
Июль	I	19,4	17,2	14,6	17,3	16,0	13,3	17,9
	II	15,4	17,8	16,5	17,8	19,6	16,2	18,6
	III	17,2	20,6	18,9	17,9	21,7	19,1	18,9

* По данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды».

В 2017 г. начало вегетации ярового тритикале, которое пришлось на май, проходило при недостатке влаги (на 50,3 мм ниже нормы) и повышенной температуре (на 3 °C выше нормы). В I и II декадах июля температура воздуха составила 15,6 °C при норме 17,6 °C, а в III декаде отмечен резкий избыток осадков – в 3,2 раза больше нормы. В 2016

и 2018 гг. в конце мая – начале июня наблюдался дефицит осадков, а к концу вегетации (в июле) отмечено повышение увлажненности – на 54,2 и 93,6 мм соответственно. Количество выпавших осадков в 2019 г. по декадам было ниже или на уровне, а температура воздуха в целом за сезон превышала среднеголетний показатель.

Развитие корневой гнили или степень поражения (R , %), рассчитывали по формуле (1):

$$R = \frac{\sum_{i=0}^K n_i \times b_i}{N \times K} \times 100, \quad (1)$$

где $\sum_{i=0}^K n_i \times b_i$ – сумма произведений числа больных растений n_i на соответствующий им балл поражения b_i ($b_i = 1, 2, \dots, 4$); N – общее количество обследованных растений (больных и здоровых), шт.; K – наивысший балл поражения шкалы учета для перевода балльной оценки развития болезни в процентную категорию.

Степень поражения растений ярового тритикале корневой гнилью определяли на основании шкалы: 0 – здоровые растения; 1 – слабое побурение восприимчивых органов, не более 25 % от всего растения; 2 – сильное побурение корневой системы, от 25 до 50 % от всего растения; 3 – очень сильное побурение корней, от 50 % и более; 4 – гибель растения [12].

Площадь под кривой развития болезни (ПКРБ), выраженную в условных единицах, определяли по формуле (2) [13]:

$$\text{ПКРБ} = \frac{1}{2} \sum_j^{m-1} (d_{j+1} - d_j) \times (R_{j+1} + R_j), \quad (2)$$

где m – количество учетов (не менее 3); d_j – дата (день) j -го учета; R_j – степень поражения при j -м учете, вычисляемая по формуле (1).

Стадии развития растений приводили в соответствии со шкалой ВВСН.

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова [14], используя регрессионный анализ в программе Microsoft Excel 2010. Для определения зависимости поражаемости ярового тритикале корневой гнилью от суммы осадков использовали показатели развития болезни всех сортов за 2015-2019 гг. в ст.85.

Результаты исследований. Поскольку корневая гниль является хроническим заболеванием, нами были проведены учеты ее развития в различные стадии онтогенеза растений ярового тритикале. Установлено постепенное увеличение степени поражения ярового тритикале болезнью в течение вегетации. В первой половине онтогенеза – в стадии середина кущения (ст. 25) развитие корневой гнили не превышало 16,1 %, а к периоду спелости зерна (ст. 85) достигало 42,3 % (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика развития и ПКРБ корневой гнили в посевах сортов ярового тритикале (РУП «Институт защиты растений»)

Сорт	Развитие, %				ПКРБ, усл. ед.
	ст. 25	ст. 32	ст. 65	ст. 85	
2015 г.					
Узор	10,6	11,0	12,8	22,5	1112,2
Дублет	11,8	15,3	13,2	42,3	1615,2
Садко	8,3	10,3	8,3	17,3	835,2
НСР ₀₅					488,6
2016 г.					
Узор	2,5	3,5	3,6	4,0	269,9
Дублет	5,3	7,0	7,5	9,2	575,7
Садко	3,8	1,8	4,1	4,6	276,9
НСР ₀₅					103,5
2017 г.					
Узор	12,9	17,4	23,4	30,4	1618,2
Дублет	16,1	17,3	19,3	36,8	1623,0
Садко	5,9	9,8	21,9	32,3	1431,1
НСР ₀₅					394,7
2018 г.					
Узор	3,8	10,7	5,1	21,2	739,5
Дублет	5,1	11,6	8,8	21,4	873,1
Садко	3,9	6,0	6,2	17,6	627,8
НСР ₀₅					144,7
2019 г.					
Узор	5,3	5,5	8,7	9,3	513,8
Дублет	3,0	6,9	7,6	10,4	510,9
Садко	2,6	3,3	5,1	8,5	353,7
НСР ₀₅					109,6

Степень поражения ярового тритикале корневой гнилью значительно варьировала от погодных условий года исследования и сорта. Наиболее полно развитие корневой гнили в течение вегетации отражает показатель ПКРБ – количественный показатель, характеризующий интенсивность развития болезни в течение временного промежутка. Так, на основании ПКРБ выявлено, что интенсивнее сорта поражались в 2015 и 2017 гг. Как видно из таблицы 2, показатель развития корневой гнили к концу вегетации (ст. 85) на сортах Садко и Узор в 2015 и 2018 гг. был на одном уровне и составил 17,3-17,6 и 21,2-22,5 % соответственно. Однако ПКРБ свидетельствует о более интенсивном развитии коревой гнили на этих сортах в 2015 г. (835,2-1615,2 усл. ед.), чем в 2018 г. (627,8-739,5 усл. ед.). В 2015 и 2016 гг. наиболее

поражаемым корневой гнилью был сорт Дублет, ПКРБ которого достоверно превышала таковой показатель на сортах Узор и Садко. Однако в дальнейшем – в 2018 и 2019 гг. развитие болезни на сорте Дублет достоверно превышало развитие только на сорте Садко. Поражение сорта Узор в эти годы было на уровне сорта Дублет, что может указывать на снижение устойчивости к корневой гнили. В 2017 г. – наиболее увлажненный год – сорта по степени нарастания болезни значительно не отличались друг от друга.

На основании статистической обработки данных была определена полиномиальная зависимость ($R^2 = 0,75$) между ПКРБ и суммой осадков за период от посева до мягкой восковой спелости (ст. 85). Графическое изображение полученной зависимости представлено на рисунке 1.

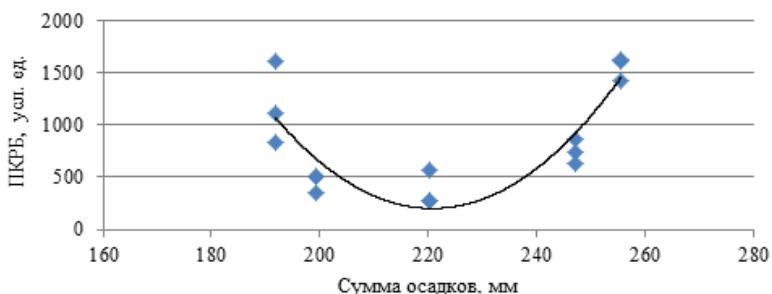


Рисунок 1 – Влияние суммы осадков за период вегетации на интенсивность развития корневой гнили в посевах сортов ярового тритикале

Установленная корреляционная зависимость описывается уравнением:

$$Y = 1,0412x^2 - 459,66x + 50932,$$

где Y – ПКРБ (усл. ед.) корневой гнили, x – количество осадков (мм) за период от посева до мягкой восковой спелости (ст. 85).

Полученные результаты подтверждают литературные данные, согласно которым развитию корневой гнили способствует как избыток, так и недостаток влаги в почве. Недостаток осадков, главным образом, приводит к ухудшению физиологического состояния растений, что повышает их восприимчивость к возбудителям, вследствие чего происходит интенсивное заражение корневой системы. Избыток осадков обуславливает изменение оптимального воздушного режима, уплотнение почвы, что препятствует нормальному развитию растений и создает благоприятную среду для развития грибов рода *Fusarium* [15].

Выводы. Степень поражения ярового тритикале корневой гнилью в годы с благоприятными погодными условиями для развития

болезни достигала 42,3 % (сорт Дублет). Основным фактором, способствующим поражению ярового тритикале корневой гнилью, является увлажненность вегетационного сезона – усиление развития болезни наблюдалось в годы более засушливые или более увлажненные относительно нормы, на что указывает установленная полиномиальная зависимостью между площадью под кривой развития корневой гнили, описывающей нарастание болезни в течение вегетации, и количеством выпавших осадков за период от посева до мягкой восковой спелости ($R^2 = 0,75$).

Список литературы

1. Радивон, В.А. Видовой состав грибов-возбудителей корневой гнили ярового тритикале / В. А. Радивон // Защита растений: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений. – Минск, 2018. – Вып. 42. – С. 135–140.
2. Радивон, В. А. Патогенность грибов рода *Fusarium*, вызывающих корневую гниль ярового тритикале / В. А. Радивон, А. Г. Жуковский // Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин : Міжнар. наук.-практ. конф., фак. захисту рослин, Харків. нац. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва, 11–12 жовтня 2018 р. / Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва, [Ф-т захисту рослин] [та ін.]. – Харків, 2018. – С. 104–107.
3. Радивон, В. А. Вредоносность болезней, вызываемых грибами рода *Fusarium*, в посевах ярового тритикале / В. А. Радивон, А. Г. Жуковский // Защита растений: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений. – Минск, 2019. – Вып. 43. – С. 183–189.
4. Радивон, В.А. Фузариоз колоса и зерна ярового тритикале в Республике Беларусь / В. А. Радивон // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию со дня основ. РУП «Ин-т защиты растений», аг. Прилуки, 27-29 июля 2021 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений. – Минск: Колорград, 2021. – С. 95-97 .
5. Буга, С. Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси / С. Ф. Буга; Ин-т защиты растений. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип., 2013. – 240 с.
6. Григорьев, М. Ф. Корневые гнили зерновых культур и закономерности их проявления на примере Центрального Нечерноземья России: этиология, экология, распространение, вредоносность / М. Ф. Григорьев ; Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. – М.: ВСТИСП, 2016. – 532 с.
7. Васильева, Н. В. Причины усиления распространения корневых гнилей всходов яровой пшеницы в лесостепи Приобья / Н. В. Васильева, В. Е. Синещев // Вестн. НГАУ (Новосиб. гос. аграр. ун-т). – 2016. – №4 (41). – С. 13–18.
8. Ашмарина, Л. Ф. Изучение динамики популяции возбудителей корневой гнили // Резервы повышения продуктивности агроценозов Сибири и Дальнего Востока: науч.-техн. бюл. – Новосибирск, 1983. – С. 45–46.
9. Склименок, Н. А. Влияние гидротермических условий на развитие корневой гнили озимой пшеницы / Н. А. Склименок, С. Ф. Буга // Корневые гнили сельскохозяйственных культур: биология, вредоносность, системы защиты: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 14–17 апр. 2014 г. / отв. ред. М. И. Зазимко. – Краснодар, 2014. – 2014. – С. 30–33.
10. Лукашевич, Н. П. Оценка яровых тритикале в условиях БССР / Н. П. Лукашевич, В. Е. Росенкова // Пути повышения урожайности полевых культур: межвед. темат. сб. / Беларус. науч.-исслед. ин-т земледелия. – Минск, 1984. – Вып. 15. – С. 84–87.

11. Сидунова, Е. В. Влияние сроков и способов основной обработки почвы на поражение болезнями и урожайность ярового тритикале / Е. В. Сидунова, Е. Б. Карпач, Ю. С. Соловей // Современные технологии сельскохозяйственного производства: X Междунар. науч.-практ. конф. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2007. – С. 16–17.

12. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / НИЦ НАН по земледелию, Ин-т защиты растений; под ред. С. Ф. Буга. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип., 2007. – 508 с.

13. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ / Л. Т. Бабаянц [и др.]. – Прага: Координац. центр, 1988. – 321 с.

14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

15. Чулкина, В. А. Биологические основы эпифитотииологии / В. А. Чулкина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.

V.A. Radivon

RUE «Institute of Plant Protection», Priluki, Minsk region

INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON ROOT ROT SEVERITY IN CROPS OF SPRING TRITICALE VARIETIES

Annotation. The results of research on spring triticale varieties for 2015–2019 showed that root rot severity on Uzor variety by the end of the growing season (st. 85) ranged from 4,0 to 30,4 %, Doublet – from 9,2 to 42,3 % and Sadko – from 4,6 to 32,3 %. A high severity of root rot was noted in years when the amount of precipitation in the growing season of spring triticale was the lowest (2015) or the highest (2017) relative to the norm. A polynomial dependence ($R^2 = 0,75$) was found between the area under the disease progress curve and the amount of precipitation for the period from sowing to soft dough (st. 85), indicating that root rot severity of spring triticale increases under conditions of both insufficient, and excess moisture.

Key words: spring triticale, root rot, severity, area under the disease progress curve (AUDPC), hydrothermal conditions.