

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ЗАРАЖЕНИЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ ВОЗБУДИТЕЛЯМИ ФУЗАРИОЗА НА СНИЖЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ

Рецензент: канд. биол. наук Попов Ф.А.

Аннотация. Представлены результаты четырехлетних (2014-2017 гг.) исследований по выявлению критической стадии для заражения початков кукурузы возбудителями фузариоза. Установлена уязвимая стадия для заражения грибами рода *Fusarium* – ст. 71-73. Определена вредоносность фузариоза початков, которая проявляется в снижении массы початка и массы 1000 зерен. Потери урожая зерна при заражении грибом *Fusarium verticillioides* составили 2,5-8,1 %, *Fusarium graminearum* – 2,9-10,3 %.

Ключевые слова: кукуруза, *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, фузариоз початков, развитие болезни, вредоносность, масса початка, масса 1000 зерен, урожайность, потери урожая.

Введение. Растения кукурузы в период вегетации поражаются многими болезнями, среди которых наиболее вредоносным является фузариоз початков. Основными возбудителями болезни за рубежом считаются грибы *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (ранее – *F. moniliforme* J. Sheld) и *Fusarium graminearum* Schwabe [8, 13, 16, 21, 22, 26, 27, 28]. В Республике Беларусь в структуре грибов рода *Fusarium*, поражающих початки, нами установлено также доминирование грибов *F. verticillioides* и *F. graminearum*, частота встречаемости которых достигала 81,9 и 26,0 % соответственно [18].

Семена кукурузы, в сильной степени пораженные грибами *Fusarium* spp., являются невсхожими, а в случае появления всходов они могут погибать. Все это обуславливает значительное изреживание посевов, особенно при понижении температуры почвы в послепосевной период [13]. Установлено снижение полевой всхожести семян на 6,7-40,1 % [10, 17]. Молодые растения, выросшие из пораженных фузариозом семян, хлоротичны, отстают в росте, что хорошо заметно в первой половине вегетации культуры. Наиболее опасна скрытая инфекция, когда семена по своим внешним признакам мало отличаются от здоровых, но содержат инфекцию в области зародыша [7, 19]. Скрытая зараженность семян вокруг очагов поражения фузариозом может достигать 70,0-98,6 % [10]. При высоком развитии болезни поражается более 60,0 % початков [1]. Отмечено снижение содержания крахмала, жиров, повышение белка в зерне [25].

Согласно литературным данным, максимальное развитие фузариоза початков отмечается при заражении в стадии 63-79 (мужское соцветие: рассеивание пыльцы начинается; женское соцветие: видны кончики нитей рыльца – достигнут видо- или сортоспецифический размер зерна) [3, 5, 8, 24, 26]. В период от выдвижения метелок и до полной спелости зерна, помимо продолжающейся системной колонизации растений кукурузы грибами рода *Fusarium*, наблюдается и проникновение аэрогенной инфекции через надземные узлы стебля и рыльца, что является критическим периодом для заражения растений кукурузы и приводит в дальнейшем к высокой степени поражения болезнью [6, 11, 12, 23].

В связи с этим цель исследований заключается в уточнении наиболее уязвимой стадии для заражения растений основными возбудителями болезни – грибами *F. verticillioides* и *F. graminearum* и определении их вредоносности.

Материалы и методы. Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях РУП «Институт защиты растений» Минского района на раннеспелых гибридах Мос 182 СВ (2014-2015 гг.) и Лювена (2016-2017 гг.).

Почва опытного участка дерново-подзолистая, pH – 6,5, содержание гумуса – 2,2 %. Сев кукурузы проводили в оптимальные сроки, способ сева – квадратно-гнездовой. Опыты закладывали в 4-кратной повторности, размер опытной делянки – 10 м².

С целью выявления критической стадии в заражении початков кукурузы возбудителями фузариоза и определения их вредоносности были проведены опыты с искусственной инокуляцией початков в ст. 51; 63; 71-73 грибами *F. verticillioides* и *F. graminearum*. Инокуляция растений грибами в ст. 63 и ст. 71-73 проводилась исходя из литературных данных. В стадии начало выбрасывания метелок (ст. 51) происходит заражение пузырчатой головней, поэтому представлялось целесообразным выяснить, насколько эта стадия уязвима для заражения грибами рода *Fusarium*, что в дальнейшем могло бы послужить основой для проведения защитных мероприятий против двух болезней [3].

Заражение початков кукурузы проводили путем инъекции инокулята под обертки початка при помощи шприца [2, 4]. Для этого использовали суспензию спор и мицелия, выращенного на картофельно-сахарозном агаре, с титром спор $1,4 \times 10^7$ - $3,4 \times 10^7$ – *F. verticillioides* и $1,4 \times 10^5$ - $6,4 \times 10^5$ – *F. graminearum*.

Фенологические стадии развития кукурузы отмечали согласно коду BVCH [14]:

ст. 51 – начало выбрасывания метелок; метелка хорошо заметна внутри кроющихся верхних листьев;

ст. 63 – мужское соцветие: рассеивание пыльцы начинается. Женское соцветие: видны кончики нитей рыльца;

ст. 71-73 – начало образования зерна: зерна узнаваемы, содержание водянистое, около 16,0 % сухой массы в зерне – ранняя молочная спелость.

Развитие болезней рассчитывали по формуле [15]:

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

где R – развитие болезни, %;

$\sum(a \times b)$ – сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b);

N – общее количество обследованных растений (больных и здоровых);

K – высший балл шкалы учета.

Учет степени поражения фузариозом початков проводился по 5-балльной шкале, разработанной В.Г. Иващенко и Е.Ф. Сотченко [10]:

балл – поражено до 2,0 % (до 5 зерен);

балл – поражено от 2,1 до 5,0 % (6-15 зерен);

балл – поражено от 5,1 до 10,0 % (16-30 зерен);

балл – поражено свыше 10,1 % поверхности початка (более 30 зерен локального типа проявления);

балл – восприимчивость – поражено свыше 10,1 % поверхности (более 30 зерен рассеянного типа проявления).

Результаты и их обсуждение. Нарастанию пораженности початков фузариозом способствовали погодные условия в период вегетации – выпадение осадков выше средней многолетней нормы и повышенный температурный фон (таблица 1). Так, в августе и сентябре 2014 г. погодные условия характеризовались температурным фоном, близким к среднемноголетним значениям, наблюдался дефицит осадков в конце сезона. В 2015 г. в августе-сентябре температура воздуха превышала норму на несколько градусов. В августе месяце в период развития плода отмечался дефицит осадков. Поэтому в эти годы развитие фузариоза початков не превышало 22,6 % (таблица 2). В 2016-2017 гг. наблюдалось эпифитотийное развитие болезни – 52,7-68,0 %, что обусловлено повышенным температурным режимом 3-й декады августа и 1-2 декад сентября 2016 г. и повышенным температурным фоном после заражения (август) и количеством осадков в период – 3 декада августа – 1-2 декады сентября 2017 г. На наш взгляд, росту степени поражения початков в эти годы способствовало также повышение количества выпавших осадков перед инфицированием, что обусловило сохранение влаги на растении.

Во все годы исследований в полевых опытах с искусственным заражением початков возбудителями фузариоза – грибами *F. verticillioides* и *F. graminearum* – существенных различий в степени поражения не отмечено.

Жизненные циклы этих возбудителей схожи между собой [7]. На растениях кукурузы часто наблюдается совместная и растянутая во времени колонизация данных видов грибов – от всходов до отмирания [9].

Таблица 1 – Метеорологические данные за июль-сентябрь (метеостанция РУП «Институт защиты растений», Минский р-н, аг. Прилуки)

Месяц	Декада	Средняя температура воздуха, °С					Сумма осадков, мм					Средняя относительная влажность воздуха, %				
		мн.н.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	мн.н.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	
Июль	I	17,3	18,9	19,4	17,2	14,6	29,0	11,4	27,4	42,4	20,8	75,2	74,5	85,2	85,2	
	II	17,8	19,3	15,4	17,8	16,5	29,0	62,2	35,0	62,6	36,8	83,7	87,3	91,3	82,9	
	III	17,9	22,2	17,2	20,6	18,9	32,0	1,4	28,8	39,2	103	61,4	84,2	89,7	83,7	
	среднее/сумма	17,7	20,1	17,3	18,5	16,7	90,0	75,0	91,2	144,2	160,6	73,4	82,0	88,7	83,9	
Август	I	17,4	17,4	22,4	15,4	19,9	28,0	9,6	2,6	4,8	12,8	58,8	62,5	83,4	78,8	
	II	16,5	16,5	19,1	15,0	21,6	26,0	71,2	0,0	24,6	16,6	82,1	56,7	85,3	78,4	
	III	15,1	15,1	19,1	18,6	13,6	27,0	75,2	3,6	3,6	45,2	90,5	60,7	77,3	99,2	
	среднее/сумма	16,3	16,3	20,2	16,3	18,4	81,0	156,0	6,2	33,0	74,6	77,1	60,0	82,0	85,5	
Сентябрь	I	13,4	13,4	14,3	16,1	14,2	22,0	9,4	17,6	6,2	33,4	86,6	88,2	86,0	94,0	
	II	11,6	11,6	15,0	13,1	14,0	20,0	2,0	22,4	0,6	46,0	73,0	85,8	94,9	99,8	
	III	9,7	9,6	12,4	10,6	8,0	18,0	21,0	58,4	22,4	11,5	90,7	95,1	95,3	89,5	
	среднее/сумма	11,6	11,5	13,9	13,3	12,1	60,0	32,4	98,4	29,2	90,9	83,4	89,7	92,1	94,4	

Примечание – «Мн. н.» – многолетняя норма.

Таблица 2 – Развитие фузариоза початков в зависимости от стадии развития культуры в период заражения (РУП «Институт защиты растений», инфекционные фоны)

Вариант	Развитие фузариоза початков, %		
	ст. 75	ст. 83	ст. 89
<i>2014 г., гибрид Мос 182 СВ</i>			
Естественный фон	0,0	2,0	8,6
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 51)	0,0	1,8	2,9
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 71-73)	2,8	6,6	20,2
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 51)	0,0	2,3	3,4
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 71-73)	3,3	7,2	22,6
<i>2015 г., гибрид Мос 182 СВ</i>			
Естественный фон	0,0	0,0	0,2
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 51)	0,0	0,0	0,3
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 71-73)	1,2	6,2	15,7
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 51)	0,0	0,0	0,2
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 71-73)	0,6	5,6	13,0
<i>2016 г., гибрид Лювена</i>			
Естественный фон	0,6	6,2	10,8
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 51)	0,0	0,1	0,4
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 71-73)	1,8	26,2	68,0
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 51)	0,0	0,0	0,4
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 71-73)	1,2	22,2	66,4
<i>2017 г., гибрид Лювена</i>			
Естественный фон	1,6	4,6	7,2
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 51)	1,3	4,6	7,6
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 63)	1,6	4,4	8,0
<i>F. verticillioides</i> (заражение в ст. 71-73)	20,0	28,9	52,7
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 51)	1,3	4,6	7,8
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 63)	1,8	4,8	8,2
<i>F. graminearum</i> (заражение в ст. 71-73)	26,7	33,6	54,0

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют о том, что наиболее оптимальным периодом для заражения початков кукурузы *F. verticillioides* и *F. graminearum* независимо от вида гриба-возбудителя фузариоза в условиях Беларуси является стадия содержимое зерна водянистое – начало молочной спелости зерна (ст. 71-73).

Также выявлено, что инфицирование початков в этот период обуславливает снижение показателей хозяйственной эффективности: массы початка на 4,4-24,4 % и массы 1000 зерен – на 5,7-9,2 % в зависимости

от года исследований (таблица 3). Полученные результаты подтверждают исследования А.С. Хроменко: недобор урожая от болезни составлял 10,7 % [20].

Таким образом, потери урожая при заражении грибом *F. verticillioidea* составили 2,1-7,3 ц/га, *F. graminearum* – 2,4-9,3 ц/га.

Таблица 3 – Влияние зараженности початков кукурузы возбудителями фузариоза грибами *F. verticillioidea* и *F. graminearum* на формирование урожайности (РУП «Институт защиты растений», полевые опыты, заражение ст. 71-73)

Вариант	Снижение мас- сы початка, %	Снижение массы 1000 зерен, %	Урожайность,		
			ц/га	± к варианту без зараже- ния, ц/га	%
2014 г., гибрид Мос 182 СВ					
Без заражения*	198,0	240,0	79,1	–	–
Заражение грибом <i>F. verticillioidea</i>	14,5	6,1	76,1	3,0	3,8
Заражение грибом <i>F. graminearum</i>	14,2	5,7	76,3	2,8	3,5
HCP ₀₅	11,6	8,2	2,2		
2015 г., гибрид Мос 182 СВ					
Без заражения*	206,3	258,0	83,0	–	–
Заражение грибом <i>F. verticillioidea</i>	5,0	8,8	80,9	2,1	2,5
Заражение грибом <i>F. graminearum</i>	4,4	7,0	80,6	2,4	2,9
HCP ₀₅	6,4	7,9	2,0		
2016 г., гибрид Лювена					
Без заражения*	210,8	290,0	90,2	–	–
Заражение грибом <i>F. verticillioidea</i>	9,3	8,1	82,9	7,3	8,1
Заражение грибом <i>F. graminearum</i>	16,6	8,6	80,9	9,3	10,3
HCP ₀₅	10,4	8,2	4,4		
2017 г., гибрид Лювена					
Без заражения*	132,6	198,0	69,9	–	–
Заражение грибом <i>F. verticillioidea</i>	23,0	5,5	63,3	6,6	9,4
Заражение грибом <i>F. graminearum</i>	24,4	9,2	62,8	7,1	10,2
HCP ₀₅	8,8	8,4	4,6		

Примечание – «*» – масса в граммах.

Заключение. Изучена вредоносность фузариоза початков в условиях искусственного инфекционного фона в зависимости от вида гриба-возбудителя болезни. Установлено, что наиболее уязвимым периодом для заражения початков фузариозом является начало образования зерна – ранняя молочная спелость. Инфицирование початков вызывает снижение показателей хозяйственной эффективности: массы початка и массы 1000 зерен. Потери урожая при заражении грибом *F. verticillioides* составили 2,1-7,3 ц/га (2,5-8,1 %), *F. graminearum* – 2,4-9,3 ц/га (2,9-10,3 %). Выяснение роли стадии в заражении початков кукурузы фузариозом имеет практическое значение, так как позволит обосновать сроки применения фунгицидов для защиты культуры от болезни.

Список литературы

1. Агибалова, В.С. Протравители семян кукурузы / В.С. Агибалова // Защита и карантин растений. – 2015. – № 2. – С. 16–17.
2. Борисов, В.Н. Методы инокуляции кукурузы при создании инфекционного фона фузариоза початков / В.Н. Борисов // Материалы четвертой Всесоюз. науч.-техн. конф. молодых ученых по проблемам кукурузы / Всесоюз. НИИ кукурузы; редкол.: В.С. Циков [и др.]. – Днепропетровск, 1985. – С. 98–104.
3. Буга, С.Ф. Биологическое обоснование эффективности химической защиты кукурузы от болезней: рекомендации / С.Ф. Буга, А.Г. Жуковский, Т.Н. Жердецкая; РУП «Ин-т защиты растений». – Минск, 2012. – 54 с.
4. Грисенко, Г.В. Методика фитопатологических исследований по кукурузе / Г.В. Грисенко, Е.Л. Дудка. – Днепропетровск, 1980. – 57 с.
5. Ивахненко, А.Н. Фузариоз и плесневение зерна кукурузы / А.Н. Ивахненко, В.Н. Борисов, Е.Л. Дудка // Сел. хоз-во за рубежом. – 1983. – №3. – С. 24–28.
6. Иващенко, В.Г. О взаимосвязи корневых и стеблевых гнилей кукурузы и пшеницы в условиях юга УССР / В.Г. Иващенко // Науч.-техн. бюлл. – ВСГИ: Одесса, 1977. – № 30. – С. 44–47.
7. Иващенко, В.Г. Семенные инфекции кукурузы: этиология, диагностика, особенности защиты / В.Г. Иващенко // Вестн. защиты растений. – 2015. – № 1 (83). – С. 22–30.
8. Иващенко, В.Г. Болезни кукурузы: этиология, мониторинг и проблемы сортоустойчивости / В.Г. Иващенко. – СПб. – Пушкин: ФГБНУ ВИЗР, 2015. – 286 с.
9. Иващенко, В.Г. Колонизация кукурузы возбудителями стеблевых гнилей распространенных на юге Украины / В.Г. Иващенко // Микология и фитопатология. – 1989. – Т. 23, вып. 6. – С. 572–576.
10. Иващенко, В.Г. Совершенствование системы оценок кукурузы на устойчивость к засухе и фузариозу початков / В.Г. Иващенко, Е.Ф. Сотченко, Ю.В. Сотченко // Вестн. защиты растений. – 2006. – №1. – С. 16–20.
11. Иващенко, В.Г. Стеблевые и корневые гнили кукурузы в Одесской области / В.Г. Иващенко // Науч.-техн. бюлл. ВСГИ. – 1970. – № 12. – С. 54–56.
12. Иващенко, В.Г. Устойчивость кукурузы к основным болезням и разработка методов ее повышения: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.11 / В.Г. Иващенко; Рос.акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ защиты растений. – СПб., 1992. – 38 с.
13. Иващенко, В.Г. Фузариозная и цефалоспориозная инфекция, ее влияние на жизнеспособность семян кукурузы и возможность переноса возбудителей / В.Г. Иващенко, В.А. Никоноренков // Бюл. ВИЗР. – Л., 1991. – №75. – С. 33–39.
14. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. В.И. Щербакова. – Минск, 1999. – 198 с.
15. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / РУП «Ин-т защиты растений»; подгот.: С.Ф. Буга [и др.]. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2007. – 511 с.

16. Немлиенко, Ф.Е. Болезни кукурузы / Ф.Е. Немлиенко. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 230 с.
17. Павук, З.С. Вредоносность фузариоза и серой гнили початков кукурузы / З.С. Павук // Бюл. ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1974. – Т. 1, № 2. – С. 34–35.
18. Свидуневич, Н.Л. Видовой состав грибов, паразитирующих на початках кукурузы в условиях Республики Беларусь / Н.Л. Свидуневич // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию», РУП «Ин-т защиты растений»; редкол.: Л.И. Трепашко [и др.]. – Несвиж, 2018. – Вып. 42. – С. 151–157.
19. Хорошайлов, Н.Г. Методы определения посевных качеств семян с учетом состояния их здоровья и воздействия обеззараживающих веществ / Н.Г. Хорошайлов // Влияние микроорганизмов и протравителей на семена. – М.: Колос, 1972. – С. 16–21.
20. Хроменко, А.С. Устойчивость кукурузы к кукурузному мотыльку в условиях Центральной лесостепи Украины: автореф. дис. ... канд с.-х. наук: 06.01.11 / А.С. Хроменко; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ защиты растений. – Л., 1982. – 24 с.
21. Alakonya, A.E. Fumonisin B₁ and aflatoxin B₁ levels in Kenya maize / A.E. Alakonya, E.O. Monda, S. Ajanga // Plant Pathology. – 2009. – Vol. 91, № 2. – P. 459–464.
22. Auftreten und Befallshäufigkeit von Erregern der Fusarium-Kolbenfäuleim Maisanbau in Deutschland / A. Gortz [et al.] // 56 Deutsche Pflanzenschutztagung, Kiel, 22-25 Sept., 2008. – Mitt. Julius Kuhn-Inst. – 2008. – № 417. – P. 70.
23. Foley, D. Systemic infection corn by *Fusarium moniliforme* / D. Foley // Phytopathology. – 1962. – Vol. 52, № 9. – P. 870–872.
24. Inoculation methods and disease rating scales for maize diseases / ed.: M. Shekhar [and ed.] – New Delhi: Directorate of Maize Research PusaCampus, 2012. – 31 p.
25. The influence of Fusarium ear infection on the maize yield and mycotoxin content (Transylvania-Romania) / E. Nagy [et al.] // Plant Breed and Seed Sci. – 2011. – Vol. 64, № 1. – P. 35–44.
26. The effect of different infection pathways on maize kernel infection by *Fusarium fumonis* contamination / S. Povero [et al.] // 15 National Meeting of the Italian Society for Plant Pathology (SIPaV), Locorondo, Sept. 28-Oct.1, 2009 // Plant Pathology. – 2009. – Vol. 91, № 4. – P. 81.
27. Szecsi, A.A. Lizeolaszekciobartartozofuzariumok 1992 / A.A. Szecsi // Növényvédelem. – 1994. – Vol. 30, № 70. – S. 313–318.
28. Ulrike, F. Genetic diversity of *Gibberellafujikuroi* isolates from different geographic origins / F. Ulrike, E.M. Schlacht, H.G. Geiger // Proc. V. Europ. Fusarium Seminar. Hungary, Szeged. – 1997. – Vol. 25, № 3/2. – P. 557–560.

N.L. Svidunovich, A.G. Zhukovsky

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

INFLUENCE OF CORN COBS INFECTION TERMS BY FUSARIUM WILT AGENTS FOR REDUCING CORN PRODUCTIVITY

Annotation. The results of four-year (2014-2017) studies on the identification of the critical stage for corn cobs infection by fusarium wilt agents are presented. A vulnerable stage has been determined for the infection by fungi of the genus *Fusarium* - st. 71-73. The harmfulness of cobs fusarium wilt has been determined, which is manifested in cob mass and weight of 1000 grains decrease. Grain yield losses by the fungus *Fusarium verticillioides* have made 2,5-8,1 %, *Fusarium graminearum* - 2.9-10.3 %.

Key words: corn, *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, cob fusarium, wilt, disease severity, harmfulness, cob mass, 1000 grain weight, yield, yield loss.