

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГНИЛЕЙ КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ В ЦЧР

Шамин А.А., кандидат сельскохозяйственных наук
Стогниенко О.И., доктор биологических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свеклы и сахара
имени А.Л. Мазлумова»
e-mail: proet@mail.ru, stogniolga@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты многолетних исследований патогенного комплекса возбудителей гнилей корнеплодов сахарной свеклы. Установлена тенденция изменения частоты встречаемости и относительного обилия вида грибов рода *Fusarium* и других возбудителей гнилей корнеплодов. Выявлен патогенный комплекс типичных и случайных видов грибов – возбудителей гнилей корнеплодов.

Ключевые слова: сахарная свекла, болезни корневой системы, микроскопические грибы – возбудители гнилей корнеплодов, фитопатогенные почвенные и ризосферные грибы.

Корневые гнили – общее название ряда болезней растений со сходными внешними симптомами поражения, вызываемые, как правило, комплексом факультативных паразитов. Они внедряются в корневую систему через трещины, повреждения, обрывы мелких боковых корешков, что часто случается во время засухи. Возбудителями гнилей выступают грибы из родов *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Pythium*. По частоте встречаемости и вредоносности наиболее распространены грибы рода *Fusarium* [1, 3, 4]. Зачастую возбудители корневых гнилей инфицируют корень в период корнееда, а сама болезнь проявляется уже в виде корневых гнилей [11]. Заболевание может проявляться в течение всего периода вегетации растений.

Современные упрощенные системы земледелия, основанные на короткоротационных севооборотах и безотвальной обработке почвы, способствуют изменению структуры микобиоты почвы и накоплению фитопатогенов в верхнем пахотном горизонте, что приводит к массовому поражению гнилями [6, 7, 9]. Помимо этого, на структуру популяции патогенов сахарной свеклы влияют композиции протравителей семян, тип гибрида (сахаристый, урожайный) [8, 10], а повреждения вредителями вызывает сопряженные гнили [2].

В Центрально-Черноземном регионе наиболее распространена фузариозная гниль корнеплодов сахарной свеклы [4]. Почвенные микроскопические грибы рода *Fusarium* обитают преимущественно на растительных остатках и в ризосфере растений, активно размножаются в мертвых корнях [1]. Растения, ослабленные неблагоприятными погодными условиями, менее устойчивы к проникновению грибов в ткани корнеплодов [3].

Результаты, приведенные в статье, были получены на основе многолетних исследований по определению видового состава возбудителей гнилей корнеплодов сахарной свеклы на опытных полях ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова». Для выделенных колоний различных видов и родов грибов – возбудителей болезни – были рассчитаны показатели относительного обилия вида и частоты встречаемости. На основе установленной временной частоты встречаемости удалось сформировать структуру видов, а именно: выделить типичные виды патогенов для указанной зоны и случайные виды.

Главным образом, возбудителями гнилей корнеплодов сахарной свеклы являются почвенные факультативные паразиты. Это грибы, ведущие сапротрофный образ жизни, но при определенных условиях способные поражать ослабленные растения или их части. Подавляющее количество выделенных видов – представители *Anamorphic fungi* (анаморфные грибы).

Анализ возбудителей гнилей корнеплодов за последние 10 лет свидетельствует о незначительных изменениях в структуре популяции (табл. 1). В период с 2010 по 2022 гг. выделено не более 15 видов различных грибов, а в 2017 г. их количество опустилось до минимального предела – трех видов. Таким образом, видовое разнообразие патоконтекста гнилей корнеплодов по сравнению с патоконтекстом корнееда [11] является более упрощенным.

Показатель обилия вида для мукоровых грибов в первые годы исследований составлял 2 %. Затем, вплоть до 2022 г., он отсутствовал в структуре возбудителей. В среднем за 10 лет обилие данного вида не превысило 0,7 %.

Патогенный гриб *Rhizopus stolonifer* на протяжении всего периода исследований выступал в качестве воз-

Таблица 1. Видовой состав и относительное обилие (%) вида возбудителей гнилей корнеплодов (ВНИИСС, 2010–2022 гг.)

Род, вид	2010	2011	2012	2013	2016	2017	2018	2019	2021	2022
Zygomycota										
<i>Mucor sp.</i> Mich.			2	3						2,0
<i>R. stolonifer</i> Ehrenb.	39	24	2	8	13,7	16,7	7,7		7,3	5,0
Anamorpha fungi										
<i>F. gibbosum</i> App. et Wr.		5		6	2,8			1	9,8	10,0
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	20	24	16	21	36,7		48,3	22	14,6	25,0
<i>F. oxysporum v. ortoceras</i> (App. et Wr.) Bilai	7	10	11	9	2,8	25	8,3	25	14,6	10,0
<i>F. solani</i> (Martin) App. et Wr.	13	24	22	20	20,3	58,3	19,3	12	14,6	15,0
<i>Aspergillus sp.</i> Mich. ex Fr.		5	3	4	3,4			3	9,8	6,0
<i>Penicillium sp.</i> Link ex Fr.	16			3	2,7		16,4	34	14,6	15,0
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link					2,2					
<i>Gliocladium sp.</i> Pidopl.	3									
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl			10	4					4,9	1,0
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	2				0,8			3	7,3	5,0
Прочие виды		8							2,4	6,0
Бактерии			34	22	14,6					
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

будителя гнилей корнеплодов, часто самостоятельно. Это проявлялось особенно наглядно в нетипично засушливые годы (2010, 2011). Его обилие в структуре видов резко менялось от 2 до 39 %.

Обилие вида грибов *Alternaria alternata* и *Cladosporium herbarum* не превышало 10 %. В 2012 г. вид *Alternaria alternata* выступал в качестве самостоятельного возбудителя гнилей корнеплодов, но затем практически исчез и не выявлялся в составе возбудителей. Этот вид перешел из группы типичных представителей в случайные. *Cladosporium herbarum* был выделен единожды в 2016 г. и является случайным видом.

Суммарная доля представителей рода *Aspergillus* в 2021 г. достигала своего максимума – 9,8 %.

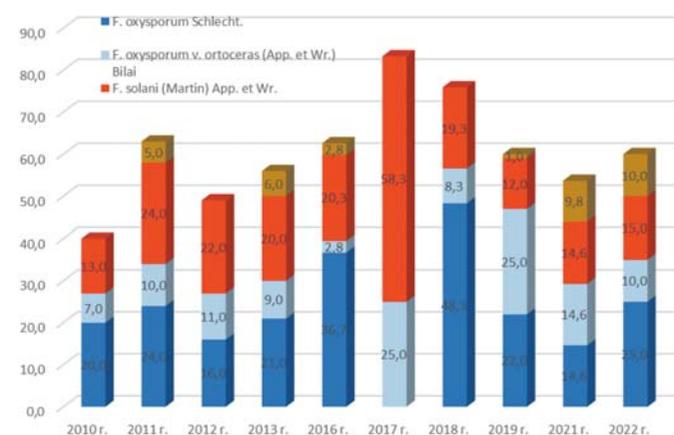


Рисунок 1. Относительное обилие (%) видов рода *Fusarium* (ВНИИСС, 2010–2022 гг.)

Практически на протяжении всех лет исследований они присутствовали в структуре возбудителей болезни. Среднемноголетнее обилие вида составило 3,5 %.

Гриб *Trichoderma viride* выделялся только в половине сезонов периода исследований. Его обилие не превышало 7,3 %, он не выступал в качестве самостоятельного возбудителя заболевания.

Грибы рода *Penicillium* – типичные почвенные грибы, отличаются экологической пластичностью и высокой степенью устойчивости к воздействию неблагоприятных условий окружающей среды. Поэтому на протяжении всего периода исследований они присутствовали не только в структуре возбудителей гнилей корнеплодов, но и корнееда, и почвенно-ризосферного

комплекса. Наиболее типичными для гнилей являются виды: *P. expansum*, *P. chrysogenum*, *P. cyclopium*. Суммарное обилие видов рода *Penicillium* изменялось в пределах 3–16 %. В среднем их доля составляла десятую часть от общего количества выделенных колоний фитопатогенов. *Penicillium sp.* – это один из пяти наиболее обильно представленных родов микобиоты в комплексе возбудителей гнилей корнеплодов.

Исследования подтвердили, что в ЦЧР наиболее распространены гнили фузариозной этиологии, и именно группа почвенных микроскопических грибов *Fusarium sp.* представляла наибольший интерес для исследований (рис. 1).

Доля обилия вида в структуре возбудителей гнилей корнеплодов составляла 60 % от общего количества выделенных колоний. Наибольших значений этого показателя среди всех представителей родов грибов за все время исследований достигали *F. oxysporum* (до 48 %), *F. solani* (до 58 %) и *F. oxysporum v. ortoceras* (до 25 %). Эти же виды составляли наибольшую долю в комплексах видов корнееда, почвенных и ризосферных грибов.

Важным показателем патоккомплексов является частота встречаемости (ЧВ), а также коэффициент – относительное число выборок (образцов), в которых определяется вид возбудителей. На основании данных о частоте встречаемости была сформирована среднемноголетняя структура видов возбудителей гнилей корнеплодов (табл. 2).

Для грибов *Cladosporium herbarum* и *Gliocladium sp* показатель временной частоты встречаемости выявил случайный характер их присутствия в структуре патогенов возбудителей корнееда. Они были выделены в структуре возбудителей гнилей только единожды в 2016 и 2010 гг.

Средняя частота встречаемости рода *Mucor sp.* составила 44 %, а временная частота встречаемости за 9 лет – 30 %. Это означает, что в структуре патогенов корнееда род является типичным и входит в категорию редких. *Rhizopus stolonifer* в отдельные периоды, будучи самостоятельным возбудителем гнилей корнеплодов, имел значение временной частоты встречаемости, равное 90 %. Это указывает на то, что он является не только типичным видом в структуре патогенов, но и относится к группе доминирующих (ЧВ > 60 %).

Фитопатогены *Alternaria alternata* и *Aspergillus sp.* также являются типичными возбудителями гнилей. Частота их встречаемости изменялась в пределах 10–67 %. По величине временной ЧВ вид *Alternaria alternata* отнесен к группе частых видов (временная ЧВ = 40 %), а род *Aspergillus* – к группе доминирующих (временная ЧВ = 70 %).

Trichoderma viride представляет собой вид, присутствовавший в структуре возбудителей только в половине из 10 лет исследований. В первые пять лет он, скорее, входил в категорию случайных видов

Таблица 2. Частота встречаемости (%) возбудителей гнилей корнеплодов (ВНИИСС, 2010–2022 гг.)

Род, вид	Пространственная частота встречаемости											Временная частота встречаемости
	2010	2011	2012	2013	2016	2017	2018	2019	2021	2022		
<i>Zygomycota</i>												
<i>Mucor sp.</i> Mich.			22	44							10	30,0
<i>Rhizopus stolonifer</i> Ehrenb.	100	100	22	44	33	50	25		50	50		90,0
<i>Anamorpha fungi</i>												
<i>Fusarium gibbosum</i> App. et Wr.		10		67	8			11	67	25		60
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	100	100	100	89	92		100	75	100	50		90
<i>F. oxysporum v. ortoceras</i> (App. et Wr.) Bilai	40	25	67	67	13	25	50	33	100	50		100
<i>F. solani</i> (Martin) App. et Wr.	60	100	100	78	48	75	100	25	100	50		100
<i>Aspergillus sp.</i> Mich. ex Fr.		25	33	33	15			15	67	33		70
<i>Penicillium sp.</i> Link ex Fr.	40			22	4		25	75	100	25		70
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link					13							10
<i>Gliocladium sp.</i> Pidopl.	10											10
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl			67	33					33	11		40
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	10				2			11	50	50		40
Прочие виды		25							17	33		30
Бактерии			100	89	38							30

(ЧВ = 0–10 %), а в последние три года показатель начал расти и в 2022 г. составил 50 %.

Отдельные виды рода *Penicillium* являются не просто типичными, а доминирующими видами. Их частота встречаемости превышала 60 %-ный предел. Средняя за девять лет исследований временная частота встречаемости составила 70 %.

Грибы *Fusarium sp.* – вторая группа грибов, представители которой выступали доминирующими

Таблица 3. Комплекс возбудителей гнилей корнеплодов (ВНИИСС, 2010–2022 гг.)

	Типичные			Случайные
	Доминирующие	Частые	Редкие	
Временная частота встречаемости, %	60–100	30–60	10–30	< 10
Возбудители гнилей корнеплодов	<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl	<i>Mucor sp.</i> Mich.	<i>Cladosporium herbarum</i> Link ex Fr.
	<i>F. solani</i> (Martin) App. et Wr.	<i>Aspergillus sp.</i> Mich. ex Fr.	Бактерии	<i>Gliocladium sp.</i> Pidopl.
	<i>F. oxysporum v. ortoceras</i> (App. Et Wr.) Bilai	<i>Penicillium sp.</i> Link ex Fr.		
	<i>R. stolonifer</i> Ehrenb.	<i>Fusarium gibbosum</i> App. et Wr.		
		<i>Trichoderma viride</i> Pers.		

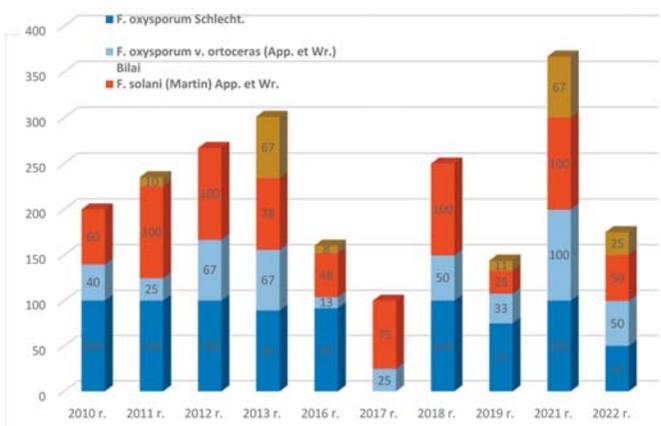
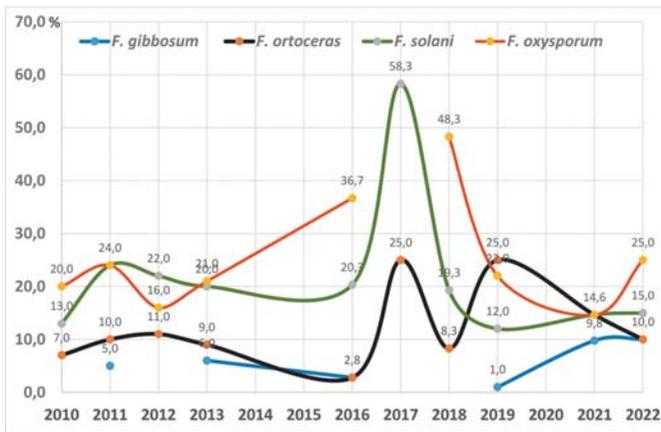


Рисунок 2. Частота встречаемости (%) *Fusarium sp.* (ВНИИСС, 2010–2022 гг.)

в патогенном комплексе возбудителей гнилей корнеплодов

(*F. oxysporum*, *F. solani*, *F. oxysporum v. ortoceras*) видами в структуре популяции возбудителей гнилей корнеплодов (рис. 2).

Частота встречаемости вида *F. oxysporum* изменялась в пределах 50–100 %. Среднее значение ЧВ за весь период исследований среди всех выделявшихся видов было наибольшим и составило 80,6 %.

Вторым по показателю средней частоты встречаемости за девять лет был вид *F. solani* (73,6 %). Для *F. oxysporum v. ortoceras* установлено среднее значение ЧВ = 47 %. Все эти виды выделялись из поврежденных частей корня на протяжении всего периода исследований и их временная ЧВ составляла 100 %.

По итогам анализа многолетних данных по частоте встречаемости фитопатогенных видов грибов, вызывающих корневую гниль проростков сахарной свеклы, была сформирована структура видов (табл. 3).

В результате исследований установлено, что в структуру видов возбудителей гнилей корнеплодов входят не более 15 видов микроскопических грибов, 85 % видов являются представителями группы *Anamorphic fungi*. Типичными возбудителями гнилей корнеплодов является около 10 видов и родов грибов. Среди них доминирующие виды (ЧВ > 60 %): *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. oxysporum v. ortoceras*, *R. stolonifer*. Частые

виды (ЧВ = 30–60 %): грибы рода *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Alternaria alternata*, *Fusarium gibbosum*, *Trichoderma viride*. Редкие виды (10–30 %) представлены *Mucor sp.* и бактериальными возбудителями гнилей. Случайными видами (< 10 %) являются: *Cladosporium herbarum* и *Gliocladium sp.*, а наиболее вредоносными и распространенными – виды *F. oxysporum* и *F. solani*.

Список использованной литературы

- Билай, В.И. Фузариоз [текст] / В.И. Билай // Киев: Наукова думка, 1977. - 442 с.
- Герр, Е.С. Гнили сахарной свеклы, сопряженные с повреждением минирующими фитофагами / Е.С. Герр, О.И. Стогниенко // Биосфера. - 2022. - № 4. - С. 299-302.
- Овсянкина, А.В. Корневые гнили зерновых [текст] / А.В. Овсянкина // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями, 2023. - С. 300-333.
- Стогниенко, О.И. Болезни сахарной свеклы, их возбудители [текст] / О.И. Стогниенко, Г.А. Селиванова: иллюстрированный справочник. - Воронеж: ООО «Антарес», 2008. - 112 с.
- Стогниенко, О.И. Фитопатогенная микобиота почвы свекловичного агроценоза [текст] / О.И. Стогниенко, А.А. Шамин // Современная микология в России. Т. 3. Мат. 3-го Съезда микологов России. - М.: Национальная академия микологии, 2012. - С. 316-317.
- Шамин, А.А. Влияние элементов агротехники на формирование фитопатогенного комплекса возбудителей и развитие микозов корневой системы сахарной свеклы / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко, О.К. Боронтов // Земледелие. - 2013. - № 4. - С. 35-38.
- Шамин, А.А. Влияние структуры популяции почвенных грибов на развитие болезней сахарной свеклы и фитотоксичность чернозема / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко // Защита и карантин растений. - 2017. - № 3. - С. 24-27.
- Шамин, А.А. Влияние устойчивости гибридов сахарной свеклы к гнилям и протравителей на почвенный и ризосферный фитопатогенный комплекс грибов свекловичного агроценоза / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко // Сахарная свекла. - 2019. - № 1. - С. 24-27. DOI:10.25802/SB.2019.25/13/003
- Шамин, А.А. Изменения в комплексе почвенных микроскопических грибов (чернозем выщелоченный) в свекловичном агроценозе / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко // Биосфера. - 2022. - № 4. - С. 422-427.
- Шамин, А.А. Влияние фунгицидных протравителей на фитопатогенный комплекс возбудителей болезней корневой системы и ризосферы / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко // Сахарная свекла. 2022. - № 6. - С. 21-24. DOI:10.25802/5865.2022.95.13.003
- Шамин, А.А. Патогенный комплекс возбудителей корнееды / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко // Сахарная свекла. 2022. - № 5. - С. 22-26. DOI:10.25802/SB.2022.14.10.005

The structure of populations of pathogens of sugar beet root crops rot on leached black soil in the Central Black-Earth Region

A.A. Shamin, O.I. Stognienko

Summary. The results of long-term studies of the pathogenic complex of pathogens of rot of sugar beet root crops are presented. The tendency of changes in the frequency of occurrence and relative abundance of the species of fungi of the genus *Fusarium* and other pathogens of root rot has been established. A pathogenic complex of typical and random species of fungi – pathogens of the root rot has been identified.

Key words: sugar beet, diseases of sugar beet root system, microscopic fungi - root rot pathogens, phytopathogenic soil and rhizospheric fungi.