

Редакцией подготовлен спецвыпуск журнала, в котором представлены результаты исследований ученых в области фитопатологии сахарной свеклы. В данном номере нашли отражение такие важные темы, как распространение гнилей корнеплодов и корневая гниль, диагностика почвенных вирусов, формирование устойчивости гибридов на основе селекции и биотехнологии.

В следующем номере будут опубликованы материалы, в которых авторы представят методы снижения вредоносности патогенов и способы химической защиты растений.

Ждем откликов от научного и профессионального сообществ.

<http://doi.org/10.25802/SB.2022.47.76.001>

УДК 632.3:632.4:633.63

## ХВОСТОВАЯ БАКТЕРИОЗНО-МИКОЗНАЯ ГНИЛЬ КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ: ЭТИОЛОГИЯ, ПАТОГЕНЕЗ, РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ

**Е.С. Герр**

**О.И. Стогниенко**, доктор биологических наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»

e-mail: stogniolga@mail.ru

**А.Н. Игнатов**

e-mail: an.ignatov@gmail.com

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН)

**Аннотация.** С 2011 г. в ЦЧР широко распространилась хвостовая бактериальная гниль корнеплодов сахарной свеклы, которая приносит большие потери, особенно при хранении сахарной свеклы. Описаны симптомы, распространенность, благоприятные условия развития болезни. Изучена динамика изменения видового состава возбудителей, где доминирующими патогенами являются *Pectobacterium carotovorum*, *Fusarium oxysporum*.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, хвостовая гниль, бактериоз, *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*), *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, *Fusarium oxysporum*.

Хвостовая гниль (гуммоз) была описана еще в 1938 г. ученым В.П. Муравьевым. В засушливых условиях 2011–2012 гг. эта болезнь массово начала выявляться во второй половине вегетации – ближе к выкопке корнеплодов в южных районах Воронежской и Белгородской областей. В 2013–2014 гг. этот вид гнили был выявлен в северной части Воронежской и Липецкой областей. Визуальные симптомы проявлялись в начале августа – сентября в виде увядания ботвы, увядания «хвоста» корнеплода, отмирания и усыхания мелких корешков.

Отмечено, что после извлечения корнеплода из почвы цвет коры чернеет. При разрезе корнеплода происходит такое же быстрое окрашивание тканей и выделяется экссудат. Зона поражения корнеплода может находиться непосредственно в хвостовой части кор-

неплода или развиваться от ортостиха, в зависимости от того, где происходило отмирание мелких корешков. Пораженные корнеплоды не хранятся, сгнивают полностью в течение 3–5 суток. Распространенность болезни в южной части ЦЧР в отдельные годы доходила до 100 %.

Таблица 1. Микобиота поздней хвостовой гнили корнеплодов сахарной свеклы (ЦЧР 2012–2013 гг.)

Возбудитель	Белгородская обл.		Воронежская обл.			ВЧВ, %
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	
<i>Acremonium</i> sp.		+				20
<i>Alternaria alternata</i>	+		+	+	+	80
<i>Botrytis cinerea</i>				+		20
<i>Geotrichum candidum</i>		+				20
<i>Fusarium oxysporum</i>	+				+	80
<i>F. solani</i>		+				20
<i>Mucor</i> sp.				+		20
<i>Gabarnaudia betae</i>	+	+				40
<i>Penicillium cyclopium</i>		+				20
<i>Rhizopus stolonifer</i>	+	+	+	+		80
<i>Sclerotium</i> sp.				+		20
Бактерии	+	+	+	+	+	100

Примечание: ВЧВ – временная частота встречаемости

Таблица 2. Структура популяции возбудителей хвостовой гнили (Белгородская область, 2012 г., Воронежская область, 2014 г.)

Вид	Белгородская обл., 2012 г.		Воронежская обл., 2014 г.	
	Частота встречаемости возбудителей, %			
	слабо завядший хвост	сильно завядший хвост	корнеплоды с завядшим хвостом	
Место проведения анализа	«АгроСервис Диагностика»		ВНИИФ	ВНИИСС
Бактерии:				100
<i>Bacillus mesentericus</i>	0	40		
<i>Bacillus mycoides</i>	0	20		
<i>Erwinia sp.</i>	40	60		
<i>Xanthomonas arboricola</i>			100	
<i>Pantoea agglomerans</i>			100	
<i>Pectobacterium carotovorum</i>			33	
<i>Pseudomonas marginalis</i>			33	
<i>Pseudomonas viridiflava</i>			33	
Грибы				
<i>Acremonium sp.</i>	0	25		
<i>Alternaria alternata</i>				66
<i>Geotrichum candidum</i>	20	50		
<i>Fusarium sp.</i>	60	75		100
<i>Penicillium sp.</i>	40	0		
<i>Rhizopus stolonifer</i>	20	0		33
<i>Rhizoctonia sp.</i>			100	

Таблица 3. Микобиота некроза центрального сосудистого пучка у сахарной свеклы с легкими признаками увядания (09.06.2020 г.)

Патоген	Пробы					Частота встречаемости
	1	2	3	4	5	
Грибы:						
<i>Penicillium</i>		+			+	40%
<i>Pythium</i>		+			+	40%
<i>Fusarium moniliforme</i>				+		20%
<i>Alternaria</i>				+		20%
Бактерии	+	+	+	+	+	100%

Таблица 4. Микробиота корнеплодов сахарной свеклы – результаты БИО-ПЦР-теста, ИЦ «Фитоинженерия» (июнь 2020 г.)

Номер пробы	<i>Pectobacterium carotovorum</i> (=Erwinia carotovorum)	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. aptata	<i>Pectobacterium atrosepticum</i> , <i>Clavibacter michiganensis</i> subs. <i>sepedonicus</i> , <i>Pectobacterium wasabiae</i>
1	+	–	–
2	+	–	–
3	+	+	–

Массового распространения этого вида гнили ранее в ЦЧР не диагностировали, что вызвало большую дискуссию. Многие называли ее необоснованно угольная гниль, макрофомина (на основании симптомов черной коры), резиновая гниль (на основании симптома вялого хвоста, что неправильно, так как резиновая гниль поражает картофель).

Учет распространенности гнилей во время вегетации показал наличие 10–15 % пораженных растений с симптомами увядания хвоста. Помимо гнилей растения сахарной свеклы были поражены церкоспорозом, повреждены долгоносиком-стеблеядом, свекловичной минирующей молью. Наличие таких корнеплодов в полевых буртах временного хранения вызывало массовую скоротечную кагатную гниль (Стогниенко, Воронцова, 2013; Стогниенко, 2014).

Этот вид гнили можно охарактеризовать как бактериозную, бактериозно-микозную, вызываемую комплексом патогенов. В их число входят: бактерии *Pectobacterium carotovorum*, при более сильном увядании хвостовой части корнеплода добавляются *Bacillus mesentericus*, *B. mycoides*, *Xanthomonas arboricola*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas marginalis*, *Ps. viridiflava*; грибы *F. oxysporum*, на поздних сроках вегетации сопутствуют *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Mucor sp.*, *Rhizopus stolonifer*, *Sclerotium sp.* (Стогниенко Е.С. и др., 2020) (табл. 1).

В инфицированных тканях корнеплода присутствуют грибы (*A. alternata*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *Mucor spp.*, *R. stolonifer*, *Sclerotium spp.*) и бактерии. За годы исследований доминирующими патогенами были *A. alternata*, *F. oxysporum*, *R. stolonifer* (ЧВ = 80 %), *G. betae* (ЧВ = 40 %), остальные относятся к группе редких возбудителей.

Анализ результатов исследований, проведенных в испытательной лаборатории «АгроСервисДиагностика» ООО «Фармбиомедсер-вис» (протокол испытаний № 31, отбор проб проведен в ЗАО «Алексеевка Агро» Белгородской области 21.08.2012), по изучению микробиоты корнеплодов с сильно увядшим хвостом и со слабо выраженным увяданием показал на начальном этапе наличие в тканях *Erwinia sp.*, при более сильном увядании хвоста добавились *Bacillus mesentericus* и *Bacillus mycoides* (табл. 2). Анализ, проведенный в 2014 г. А.Н. Игнатовым в лаборатории бактериальных болезней ВНИИФ, показал, что во всех образцах из увядшей зоны кончика корня выделена нетипичная форма *Rhizoctonia sp.* (без образования склероциев в условиях опыта). Из верхней части корнеплода и черешка листьев с симптомами сосудистого некроза были выделены желто-пигментированные бактерии, определенные как *Xanthomonas arboricola* (ПЦР анализ) в сопровождении *Pantoea agglomerans*. Из отдельных корнеплодов были выделены следующие фито-

патогенные бактерии – возбудители черной ножки, сосудистого некроза и мокрой гнили многих растений: *Pectobacterium carotovorum*, *Pseudomonas marginalis*, *Pseudomonas viridiflava*. Причем вид *Xanthomonas arboricola* был выделен из пораженных корнеплодов сахарной свеклы впервые.

Можно предположить следующую последовательность патологического процесса. Под воздействием факторов абиотической (засушливые условия, недостаток влаги в почве) и биотической природы (повреждение вредителями и поражение болезнями) снижается тургор растения, что на первом этапе способствует проникновению через корневые волоски гриба *F. oxysporum* и бактерии *Erwinia sp.*, которые попадая в сосуды, закупоривают их, выделяют токсины, вызывающие увядание. На втором этапе к ним подключаются *Bacillus mesentericus*, *B. mycoides*, *G. candidum*. Затем идет проникновение в корнеплод *A. alternata* и прочих сапрофитных грибов.

Следует отметить, что с 2010 г. происходит увеличение доли бактериозов сахарной свеклы в потерях от болезней по сравнению с предыдущими годами, когда они играли эпизодическую роль.

#### Возбудители некроза центрального сосудистого пучка и увядания сахарной свеклы

В 2020 г. изучались динамические изменения в структуре популяции возбудителей хвостовой гнили. В отобранных 9 июня пробах растений с признаками легкого увядания выявлено начало повреждения центрального сосудистого пучка в виде потемнения сосудов. Микробиологический анализ показал инфицирование сосудистых пучков преимущественно бактериями (рис. 1–2).

В патогенном комплексе возбудителей некроза центрального сосудистого пучка доминировали бактерии. Частота встречаемости грибов *Penicillium*, *Pythium*, *Fusarium moniliforme*, *Alternaria* изменялась от 20 до 40 %, то есть грибы были не основными возбудителями некроза сосудистого пучка (табл. 3).

В результате проведения БИО-

ПЦР анализа установлено наличие во всех пробах *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*) и *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* (табл. 4).

В сентябре в растительных пробах с симптомами некроза центрального сосудистого пучка и признаками увядания выявлены бактерии *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*) (табл. 5).

Таким образом, *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*) заселилась на ранних этапах онтогенеза, предположительно, в период развития корнееда, о чем свидетельствует 100 % частота встречаемости бактерий в пораженных этой болезнью проростках. В июне на фоне повышения температуры до 35° С *Pectobacterium carotovorum* выявлена в корнеплодах с симптомами некроза центрального сосудистого пучка в начальной стадии развития. Бактерия продолжала существовать в тканях корнеплодов вплоть до выкопки, при этом в конце вегетации на фоне дефицита влаги вызывала симптом увядания хвостовой части корнеплода. После выкопки и непродолжительного хранения в буртах (2–3 суток) в солнечную погоду при температуре 15–18° С кора вялых корнеплодов начинала чернеть с хвоста. Корнеплод легко разрезается и выделяется экссудат. Это соответствует симптомам бактериальной гнили.

На основании многолетних наблюдений можно представить этапы формирования патогенного комплекса и проявления симптомов хвостовой гнили:

**Первый этап.** Инфицирование в период корнееда бактериальной инфекцией. Этот этап поражения необходимо исследовать и в дальнейшем, чтобы определить видовой состав бактерий, входящих в патогенный комплекс корнееда.

**Второй этап.** Инфицирование в фазу 5–6 пар листьев. Симптом некроза центрального сосудистого пучка (окрашивание в коричневатые оттенки) (рис. 4).

Инфицирование на втором этапе может происходить как продолжение развития корнееда и как самостоятельное заболевание на фоне резких колебаний температуры воз-

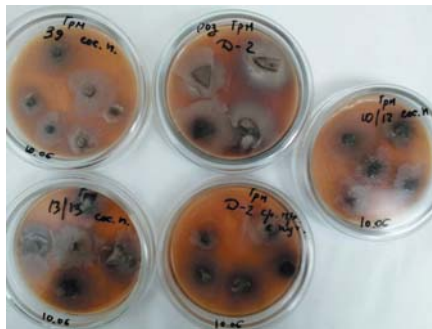


Рисунок 1. Развитие бактерий на высечках из корнеплодов



Рисунок 2. Развитие грибов на высечках из корнеплодов



Рисунок 3. Увядание ботвы



Рисунок 4. Снижение тургора хвоста в засушливых условиях июля

Таблица 5. Микробиота корнеплодов сахарной свеклы, ИЦ «Фитоинженерия» (сентябрь 2020 г.)

Номер пробы	Образец	Симптом	<i>Pectobacterium carotovorum</i> (=Erwinia carotovorum)
1	1	Некроз ЦСП	+
2	2	Увядание	+
3	3	Увядание	+
4	Корнеплоды из бурта	С черным хвостом	+

духа и почвы, пересыхания верхнего слоя почвы и растрескивания, в результате чего происходит обрыв боковых питающих корешков.

**Третий этап.** В летний период (июль–август) на фоне засушливых погодных условий и повышенных

температур воздуха более 35° С наблюдается отмирание листьев, дальнейшее развитие некроза сосудистого пучка, снижение тургора тканей хвостовой части корнеплода, ее увядание, переход патогенов из сосудов в ткани (рис. 5–7).

**Четвертый этап.** Во время уборки сахарной свеклы (август–сентябрь) и непродолжительного хранения при температуре выше 20° С кора вялых хвостов корнеплодов темнеет в течении суток (рис. 8–9). На разрезе ткани хвоста имеют черный цвет. Такие корнеплоды быстро сгнивают в результате бактериальной гнили.

### Этиология хвостовой гнили

На основании многолетних исследований можно



Рисунок 5. Развитие некроза сосудистых пучков в середине вегетации и начало развития хвостовой гнили (август)



Рисунок 6. Поражение сосудисто-проводящей системы, образование эксудата и изменение цвета тканей (август)



Рисунок 7. Дальнейшее развитие гнили вверх по сосудам и тканям (сентябрь)

Таблица 6. Микробиота хвостовой гнили сахарной свеклы

Показатель	Корнеед	Фаза 5–6 пар листьев	Июль–август	Конец вегетации, выкопка
Симптом		Некроз центрального сосудистого пучка	Увядание листьев, хвоста корнеплода, Некроз центрального сосудистого пучка, начало загнивания тканей хвостовой части корнеплода	Увядание листьев, хвоста корнеплода, некроз центрального сосудистого пучка, гниль тканей хвостовой части, почернение коры после выкопки и непродолжительного хранения
Бактерии	+	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aptata</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aptata</i> <i>Bacillus mesentericus</i> , <i>Bacillus mycoides</i> <i>Erwinia</i> sp., <i>Xanthomonas arboricola</i> , <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Pseudomonas marginalis</i> , <i>Pseudomonas viridiflava</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aptata</i>
Грибы		<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Penicillium</i> ssp., <i>Pythium</i> , <i>Alternaria</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Acremonium</i> ssp. <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Penicillium</i> ssp., <i>Rhizopus stolonifera</i> , <i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Alternaria alternata</i> <i>Acremonium</i> sp., <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>F. solani</i> , <i>Mucor</i> sp., <i>Gabarnaudia betae</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Sclerotium</i> sp.

описать следующую динамику инфицирования тканей корнеплода сахарной свеклы патогенами, вызывающими хвостовую гниль (табл. 6).

Таким образом, хвостовую гниль корнеплодов сахарной свеклы по патогенному комплексу можно считать бактериозно-микозной, доминирующими возбудителями являются: *Pectobacterium carotovorum* и *Fusarium oxysporum*, сопутствующими с более низкой частотой встречаемости *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* и *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer*. Прочие микроорганизмы вторичны, так как инфицирование ими происходит на поздних этапах вегетации и зависит от условий выращивания. По симптомам (скоротечность, образование экссудата и слизи, развитие при высоких температурах) гниль можно охарактеризовать как преимущественно бактериозную.

Хвостовую бактериозно-микозную гниль не следует путать с сухим склеротиниозом (*Macrophomina phaseolina*).

#### Меры защиты

Соблюдение севооборота, поддержание почвы в рыхлом состоянии, мероприятия, направленные на накопление и сохранение влаги, междурядная культивация почвы. В июле-августе необходимо проводить мониторинг хвостовой гнили.

Для этого оценивается распространенность болезни по наличию корнеплодов с вялым хвостом и некрозом сосудистых пучков, высчитывается ее распространенность. Корнеплоды с полей, на которых выявлено увядание хвоста и некроз сосудистых пучков, нельзя закладывать на хранение, даже краткосрочное, особенно при температуре выше 10° С в солнечную погоду. Такие поля нужно убирать и отвозить на переработку «с колес». Максимальное время от выкопки до переработки – 48 часов, затем корнеплоды начинают быстро чернеть и гнить. Поля с большим количеством вялых корнеплодов лучше убирать при снижении температуры до 5° С, при которой бактерии практически не развиваются.

#### Список литературы

1. Муравьев, В.П. Хвостовая гниль, или гоммоз / В.П. Муравьев. в кн. Свекловодство. - М., 1959.- Т. 3. - С. 498-499.



Рисунок 8. Симптом черного «хвоста»



Рисунок 9. Почернение тканей корнеплода после непродолжительного хранения в кагате (октябрь)

2. Стогниенко, О.И. Гнили корнеплодов сахарной свеклы во время вегетации и при хранении: этиология, патогенез, сходство популяций возбудителей // О.И. Стогниенко, А.И. Воронцова / Материалы 3-го Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем» в 3-х томах. - СПб. - 2013 (6). - Т.1. - С. 274-277.

3. Стогниенко, О.И. Микробиота свекловичного долгоносика стебледа – внутрестеблевого вредителя сахарной свеклы // О.И. Стогниенко, Е.С. Стогниенко/ Мат. 3 Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем» в 3-х томах. - СПб, 2013. - Т.1. – С. 277-279.

4. Стогниенко, О.И. Гнили сахарной свеклы в период вегетации // О.И. Стогниенко / Корневые гнили сельскохозяйственных культур: биология, вредоносность, системы защиты: мат. меж. научн.-практ. конф., Краснодар 14-17 апреля 2014 / под ред. М.И. Зазимко. – Краснодар: Куб. ГАУ, 2014. - С. 33-36.

5. Стогниенко, О.И. Влияние внутрестеблевых вредителей на болезни сахарной свеклы / О.И. Стогниенко, Е.С. Стогниенко // Сахарная свекла. - 2015. - № 1. - С. 26 - 32.

6. Стогниенко, Е.С. Связь между повреждением свекловичным долгоносиком-стебледом и поражением сахарной свеклы хвостовой гнилью / Е.С. Стогниенко, О.И. Стогниенко, А.Н. Игнатов // Защита картофеля. - 2020. - № 1 (апрель). - С. 25-26.

#### Bacterial-mycosis root tail rot of sugar beet: etiology, pathogenesis, prevalence

E.S. Gerr, O.I. Stognienko, A.N. Ignatov

**Summary.** Since 2011, bacterial tail rot of sugar beet roots has spread widely in the Black-Earth Region leading to great losses, especially during sugar beet storage. The symptoms, prevalence, and favorable conditions for the disease development are described. The dynamics of changes in species composition of the disease agents where the dominant pathogens are *Pectobacterium carotovorum* and *Fusarium oxysporum* has been studied.

**Key words:** sugar beet, root tail rot, bacteriosis, *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*), *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, *Fusarium oxysporum*