

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
Аграрно-технологический институт**

Кафедра генетики, растениеводства и защиты растений

«Допустить к защите»

Заведующий кафедрой/директор  
учебного департамента

\_\_\_\_\_ (название)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Выпускная квалификационная работа бакалавра**

Направление: «Агрономия 35.03.04»

ТЕМА: Особенности возделывания и защиты картофеля в условиях умеренного и тропического климата.

Выполнил студент: Еланский Александр Сергеевич

Группа: САГбд-01-17

Студ. билет № 1032179193

Руководитель выпускной  
квалификационной работы  
Пакина Елена Николаевна, к. б. н.,  
доцент, директор  
агробιοтехнологического  
департамента АТИ РУДН

\_\_\_\_\_ (подпись)

Автор \_\_\_\_\_ (подпись)

г.Москва  
2021 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»

### Аннотация

Выпускной квалификационной работы

Еланского Александра Сергеевича

на тему:

«Особенности возделывания и защиты картофеля в условиях умеренного и тропического климата».

В литературном обзоре работы рассмотрены технологии возделывания и защиты картофеля в условиях умеренного и тропического климата. Особое внимание уделено рассмотрению основных патогенов картофеля и мерам борьбы с ними.

В экспериментальной части работы представлен анализ видовой структуры грибов – патогенов картофеля и томата, выделенных из образцов, собранных в Уганде. Для сравнения проанализированы штаммы, выделенные в России. Из клубней картофеля, привезенных из Уганды, было выделено 36 штаммов грибов. Анализ видовой принадлежности по культурально-морфологическим и молекулярно-генетическим признакам показал их принадлежность к видам *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti*, *Penicillium* sp., *Colletotrichum coccodes*, *Phoma* sp., *Helminthosporium solani*, *Alternaria solani*, *Alternaria* sp., *Microdochium* sp., *Trichoderma* sp. Из угандийских плодов томата было выделено 9 штаммов, среди которых обнаружены *Fusarium incarnatum-equiseti*, *Cladosporium cladosporioides* и *Alternaria* sp. Особо следует отметить разнообразие фитопатогенных микромицетов рода *Fusarium*. На картофеле встречались виды комплексов *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti*, в то время как на томате – только *F. incarnatum-equiseti*. В России на томате также встречается практически исключительно *F. incarnatum-equiseti*. Однако штаммы *Fusarium* sp., выделенные с картофеля и томата в России и Уганде, различались между собой внутри видового комплекса.

Таким образом, впервые проведенный в Уганде анализ грибов, ассоциированных с пораженными клубнями картофеля и плодами томата, показал, что большинство грибных патогенов Уганды не специфичны для региона, они встречаются и в других регионах мира на посадках этих культур.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"Peoples' Friendship University of Russia"

Annotation

Graduation qualification work

Elansky Aleksandr

On the topic: "Features of cultivation and protection of potatoes in temperate and tropical climates"

In the literature review of the work, the technologies of cultivation and protection of potatoes in temperate and tropical climates are considered. Particular attention is paid to the consideration of the main pathogens of potatoes and measures to combat them.

In the experimental part of the work, an analysis of the species structure of fungi - pathogens of potatoes and tomatoes, isolated from samples collected in Uganda is presented. For comparison, the strains isolated in Russia were analyzed. 36 strains of fungi were isolated from potato tubers imported from Uganda. An analysis of the species belonging to the cultural-morphological and molecular-genetic characters showed their belonging to the species *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti*, *Penicillium sp.*, *Colletotrichum coccodes*, *Phoma sp.*, *Helminthosporium solani*, *Alternaria solani* ... , *Alternaria sp.*, *Microdochium sp.*, *Trichoderma sp.* Nine strains were isolated from Ugandan tomato fruits, including *Fusarium incarnatum-equiseti*, *Cladosporium cladosporioides*, and *Alternaria sp.* The diversity of phytopathogenic micromycetes of the genus *Fusarium* should be especially noted. The species of complexes *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, and *F. incarnatum-equiseti* were found on potatoes, while only *F. incarnatum-equiseti* was found on tomato. In Russia, tomato is also found almost exclusively by *F. incarnatum-equiseti*. However, the *Fusarium sp.* Strains isolated from potatoes and tomatoes in Russia and Uganda differed within the species complex.

So, for the first time in Uganda, an analysis of fungi associated with infected potato tubers and tomato fruits showed that most fungal pathogens in Uganda are not specific to the region; they are also found in other regions of the world on the plantings of these crops.

## Содержание

<b>Содержание</b> .....	4
<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1. Обзор литературы</b> .....	7
1.1 Общие сведения о картофеле.....	7
1.2 Подбор предшественников под картофель.....	8
1.3 Удобрения.....	10
1.4 Обработка почвы.....	12
1.5 Подготовка семенного материала к посадке.....	14
1.6 Посадка картофеля.....	15
1.7 Уход за посадками.....	18
1.8 Уборка урожая.....	20
1.9 Послеуборочная доработка.....	23
1.10 Хранение картофеля.....	25
1.11 Болезни картофеля.....	27
1.12 Особенности возделывания и защиты картофеля в Уганде.....	44
<b>Глава 2. Материалы и методы</b> .....	47
2.1 Получение чистых культур грибов.....	47
2.2 Выделение бактерий в чистую культуру.....	49
2.3 Приготовление питательных сред.....	49
2.4 Выделение ДНК.....	50
2.6 Проведение ПЦР.....	50
<b>Глава 3. Результаты и обсуждение</b> .....	52
<b>Заключение</b> .....	62
<b>Выводы</b> .....	63
<b>Список литературы</b> .....	64

## Введение

Картофель – это четвертая по популярности в мире сельскохозяйственная культура после риса, пшеницы и кукурузы. Благодаря своей пластичности картофель выращивается в более чем 110 странах мира в умеренной, субтропической и тропической зонах. Каждый год в мире производится порядка 370 миллионов тонн картофеля.

Картофель — культура универсального использования. Спирт из картофеля используется в фармацевтической, парфюмерной и ликероводочной промышленности. Крахмал используют в пищевом, текстильном, бумажном производстве; в фармацевтике и при бурильных работах. Кулинарам известно более 500 картофельных блюд. Велико значение картофеля как кормового растения. Картофельная мука — один из основных компонентов в кормовых рационах домашних животных

Картофель легко приспособливается и хорошо растет даже в отсутствие идеальных почвенных и климатических условий. В то же время богатые водой и питательными веществами ботва, корни, столоны и клубни картофеля поражаются фитопатогенными микроорганизмами: вирусами, бактериями, грибами, оомицетами, нематодами. В случае благоприятных для развития эпифитотии условий только из-за развития фитофтороза можно потерять до 70% урожая. Чтобы избежать больших потерь урожая картофеля необходимо грамотно составлять систему возделывания и защиты.

**Целью** настоящей работы было изучение технологии возделывания и защиты картофеля в условиях умеренного и тропического климата, а также оценка видового разнообразия патогенов картофеля и томата в республике Уганда.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи** исследования:

1. Изучить технологии возделывания и защиты картофеля в умеренной и тропической зоне

2. Выделить чистые культуры из пораженных образцов картофеля и томата, собранных в разных регионах Уганды

3. Определить видовую принадлежность коллекционных изолятов по морфологическим признакам и по последовательностям нуклеотидов видоспецифичного участка ДНК ITS1-5,8S-ITS2.

4. Определить видовую принадлежность штаммов рода *Fusarium* по видоспецифичным участкам ДНК ITS1-5,8S-ITS2 и части гена фактора элонгации 1 (TEF1 $\alpha$ ).

## Глава 1. Обзор литературы

### 1.1. Общие сведения о картофеле

Картофель (*Solanum tuberosum*) – вид многолетних травянистых растений из рода паслен (*Solanum*), семейство пасленовые (*Solanaceae*). Лист картофеля тёмно-зелёный, прерывисто-непарноперисторассечённый, состоит из конечной доли, нескольких пар (3—7) боковых долей, размещённых одна против другой, и промежуточных долек между ними. Доли и дольки сидят на стерженьках, прикреплённых к стержню, нижняя часть которого переходит в черешок. Около долей пар размещаются ещё более мелкие дольки.

Цветки у картофеля бывают разных цветов: белые, розовые и фиолетовые, собраны щитком на верхушке стебля, чашечка и венчик пятираздельные. Цвет цветков и форма листьев – сортовой признак.

Плод — многосемянная, тёмно-зелёная ягода диаметром 2 см, по форме напоминающая маленький помидор. В плодах и зелёных частях растения содержится токсичный алкалоид соланин, который защищает растения от поражения фитопатогенными микроорганизмами и насекомыми. Клубни, находящиеся на свету, также зеленеют и накапливают соланин, что делает их несъедобными.

Корневая система картофеля располагается, в основном, на небольшой глубине: 60% ее массы находится не глубже 20 см, 35% - до 40-60 см, отдельные достигают глубины 80 см и более. В связи с этим картофель требователен к содержанию питательных веществ и влаги в верхнем слое почвы. Максимального развития корневая система достигает к фазе бутонизации и цветения.

Клубни и столоны картофеля – видоизмененные подземные побеги. Столоны растут из пазух зачаточных листьев в подземной части стебля, утолщаются кверху. На столонах развиваются клубни, которые представляют собой набухшие почки. Внутри клубни состоят из тонкостенных заполненных крахмалом клеток. Молодые клубни покрыты эпидермисом. Впоследствии он заменяется плотной, не пропускающей воздух покровной

пробковой тканью – перидермой. Этот слой грубеет и образует кожуру, которая чем длиннее период вегетации, тем толще. Поэтому один из тестов, показывающих готовность картофеля к уборке, заключается в том, что пальцем проводят по поверхности клубня. Если при этом сдирается кожура, то убирать рано (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Картофель>).

Картофель выращивается в более чем 110 странах мира в умеренных, субтропических и тропических климатических условиях. Есть сорта, приспособленные к длинному и короткому дню. В основном эта культура предпочитает прохладную погоду. Оптимальная урожайность достигается при среднесуточной температуре в пределах 18-20°C. Рост клубней резко замедляется при температурах ниже 10°C и выше 30°C.

Высокие температуры воздуха, и, в особенности, высокая температура нагреваемой солнцем почвы, - основные ограничивающие урожайность факторы. В тропической зоне (Уганда, Руанда, Индонезия, Мексика и др.) производство культуры обычно находится в горной местности на высоте 1000-2000 над уровнем моря или применяются специальные укрытия для предотвращения перегрева почвы (<http://www.fao.org/potato-2008/ru/potato/cultivation.html>).

Развитие и рост картофеля разделяют на **5 основных фаз**:

- 1 фаза – появление всходов, наступает через 20-25 дней после посадки;
- 2 фаза – бутонизация, через 20-25 дней после появления всходов;
- 3 фаза – начало цветения, через 25-28 дней после появления всходов;
- 4 фаза – соответствует максимальному приросту массы клубней и продолжается в течение 45-70 дней;
- 5 фаза – наступает при отмирании ботвы за 10-12 дней до уборки.

## **1.2. Подбор предшественников под картофель.**

Получение высоких урожаев картофеля во много зависит от грамотно составленного севооборота. Чередование культур способствует борьбе с сорняками, снижает поражаемость культуры болезнями и вредителями.

При выборе участка для посадки следует учитывать, что картофель предъявляет повышенные требования к рыхлости и аэрации почвы. Для возделывания картофеля оптимальны участки с окультуренными легкими супесчаными почвами, торфяники и легкие суглинки. Почвы более тяжелого механического состава необходимо окультуривать с помощью внесения органических удобрений и выращивания сидератов. На тяжелых неокulturенных почвах урожай картофеля снижается, клубни получаются мелкие, неровные, не соответствующие сортовым признакам. При избыточном увлажнении наблюдается удушение клубней и поражение бактериальными болезнями. Картофель необходимо размещать на ровных участках, избегая склонов более 2-3°. При посадке на склонах более 3-5° резко возрастает вероятность возникновения эрозии почв; в этом случае гряды и гребни следует располагать по горизонталям склона. Семенной картофель нельзя располагать ближе 50-100 м от приусадебных участков, садов, посевов овощных и бобовых культур, посадок продовольственного картофеля. Это поможет предотвратить заражение семенных клубней вирусными и другими заболеваниями (Карманов и др., 1988).

Продолжительность ротации севооборота без многолетних трав может составлять 4-6 лет, а с многолетними травами – 5-9 лет. Во избежание распространения болезней и вредителей картофель можно возвращать на прежнее место не ранее чем через три-четыре года. На дерново-подзолистых суглинистых почвах картофель лучше всего размещать после сидеральных культур (люпин, рапс, масличная редька, клевер и др.). Они могут как выращиваться в течение вегетационного сезона, так и быть подсеваемыми после озимой ржи или озимой пшеницы на зерно. На супесчаной почве хорошо растет картофель после кормового люпина на зерно, сидератов, зерновых. В хозяйствах, практикующих ежегодные посадки картофеля, используют посев быстрорастущих сидератов после уборки ранних сортов картофеля. Это позволяет повысить плодородие и улучшить фитосанитарное состояние почв.

В овощных севооборотах картофель обычно размещают после корнеплодов (моркови, свеклы, редьки и др.), огурцов, бахчевых культур. Возделывание картофеля после капусты менее благоприятно, так как для борьбы с килой капусты необходимо внесение больших доз извести, которая повышает опасность заболевания картофеля паршой (Савенко и др., 2008).

### 1.3. Удобрения

Одним из важнейших условий, обеспечивающих получение высоких урожаев картофеля, является внесение удобрений. В среднем с 1 т клубней картофель выносит, кг: N – 3,6–6,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–1,5–2,5; K<sub>2</sub>O – 7,0– 11,4; Ca – 4,0 и Mg – 2,0 (Лекомцева и др., 2015).

**Органические удобрения** обеспечивают растения необходимыми питательными веществами и улучшают общее плодородие почвы. При длительном применении органических удобрений улучшаются структура почвы, водный, воздушный и тепловой режимы. Легкие супесчаные и песчаные почвы становятся более связными, лучше удерживают в пахотном слое питательные вещества и воду, тяжелые суглинистые почвы – более рыхлыми и проницаемыми для воды и воздуха.

Самым распространенным органическим удобрением является **навоз**. Однако высокие дозы внесения (от 40 до 80 т/га) делают нерациональными его внесение на далеко расположенные поля (далее 5 км от животноводческих комплексов). Свежий, неперепревший навоз вносить можно только осенью, под зяблевую вспашку. Обычно под картофель вносят полуперепревший подстилочный навоз. В нем остается небольшая доля сохранивших жизнеспособность семян сорняков и спор фитопатогенов. Наиболее эффективна норма навоза 40-60 т/га, на слабокультуренных почвах она может достигать 100 т/га.

Полуперепревший и перепревший навоз, как и другие органические удобрения, разлагается медленно, поэтому его обычно вносят осенью. Осеннее внесение позволяет ускорить посадку весной. Однако на супесчаных

и песчаных почвах, в связи с быстрым вымыванием из них питательных веществ, весеннее внесение дает прибавку урожая картофеля по сравнению с осенним внесением. Эффективность навоза зависит от качества и глубины его внесения. В условиях недостатка влаги (в сухую погоду) при неглубокой заделке навоза в почву (на 6-8 см), его питательные вещества используются только в течение короткого времени, а затем (ввиду отмирания активных корней в верхнем слое почвы) они становятся недоступными для растений картофеля. Глубина внесения навоза должна быть тем больше, чем сильнее ощущается недостаток влаги, и чем легче по механическому составу почва. Глубокое внесение удобрений стимулирует развитие более глубокой корневой системы, что важно для картофеля.

**Птичий помет** – ценное органическое удобрение с высоким содержанием азота. Обычная норма внесения сырого свежего помета составляет 20-30 т/га и не должна превышать 40 т/га. Наиболее удобен для внесения термически высушенный птичий помет – он удобен в транспортировке и может вноситься даже машинами для минеральных удобрений. Доза внесения сухого помета не должна превышать 10 т/га.

Благодаря применению **минеральных удобрений** можно создавать оптимальное соотношение между азотом, фосфором, калием и другими необходимыми элементами питания на всех типах почв при разной степени обеспеченности их этими элементами. Из минеральных удобрений, внесенных в почву, растение картофеля может поглощать питательные вещества в необходимом количестве как в первые дни роста и развития, так и в период максимального роста (Зубарев и др., 2010). Минеральные удобрения вносят в значительно меньшем объеме, по сравнению с органическими, их рентабельно перевозить на большие расстояния, обеспечивая питанием даже самые дальние посадки картофеля.

Дозы и соотношения удобрений зависят от назначения продукции (столовый, кормовой или семенной картофель, на переработку) и от сорта картофеля. Под столовый картофель оптимальное соотношение азота,

фосфора и калия следующее: для ранних и среднеспелых сортов – 1:0,7-0,9:1,2-1,4; для среднепоздних сортов – 1:1,0- 1,2:1,3-1,6 для позднеспелых сортов – 1:1,2-1,5:2,0. Для семенного картофеля оптимальное соотношение азота, фосфора и калия составляет: 1,0:1,2-1,8:2,0.

Важно учитывать и сроки внесения удобрений. Фосфорные и калийные вносят преимущественно осенью с заделкой в почву. Азотные удобрения – мочевину и аммиачную селитру лучше применять весной, так как при осеннем внесении нитраты могут вымываться. На легких супесчаных почвах минеральные удобрения вносят весной. В районах с избыточным увлажнением на легких почвах внесение азотных удобрений целесообразно разделять на 2 этапа: 2 /3 до посадки и 1 /3 в начале клубнеобразования. Высокий эффект дает применение гранулированного суперфосфата и комплексных удобрений при посадке картофеля.

#### **1.4. Обработка почвы под картофель**

В системе мероприятий, обеспечивающих высокие урожаи картофеля, важное место занимает качественная обработка почвы. Подготовка почвы под картофель включает основную (зяблевую) и предпосадочную обработки, а также обработки во время вегетации. Система обработки различается в зависимости от предшественника, типа почвы, характера засоренности и погодных условий, сорта картофеля и направления его использования.

Мероприятия по подготовке почвы начинают с осеннего лущения или дискования стерни после уборки зерновых культур на глубину 6-8 см, что способствует лучшему очищению полей от сорняков. Поля, засоренные корнеотпрысковыми (осоты, вьюнок полевой и др.) и корневищными (пырей и др.) сорняками лущат два раза.

Если посевы зерновых были засорены слабо, то вспашку зяби проводят без предварительного лущения плугами с предплужниками. Безотвальная пахота возможна лишь на участках, чистых от сорняков.

В условиях Нечерноземной зоны, особенно на почвах с временным избыточным увлажнением, глубокая осенняя вспашка под картофель необязательна. В глубоко разрыхляемой почве накапливается много влаги. Весной она очень медленно просыхает, а это задерживает начало полевых работ, что особенно нежелательно при ранней культуре картофеля. В данном случае вместо осенней вспашки следует провести две культивации: первую – вслед за уборкой предшествующей культуры, вторую – при появлении всходов сорняков.

Зяблевая вспашка проводится по возможности раньше. Наибольший эффект она дает в августе. Перед зяблевой пахотой вносят органические и минеральные удобрения. Если осенью в почве недостаточно влаги, рекомендуется влагозарядковый полив из расчета 1200 м<sup>3</sup>/га. После того, как почва подсохнет, ее боронуют для закрытия влаги и уничтожения сорняков.

Весенняя обработка зяби начинается с раннего боронования в 1-2 следа, при первой возможности выезда в поле (как только начнут подсыхать гребни пластов). На участках с сильно уплотнившейся почвой одновременно проводят мелкую культивацию на глубину 5-6 см. Перед посадкой картофеля проводят активное культивирование активными фрезерными (на средних и тяжелых почвах) или пассивными культиваторами (на легких почвах).

На склонах для предотвращения эрозии, независимо от размеров поля и типа агрегата, лущат и дискую почву только поперек склонов или по направлению горизонталей сложных склонов. Через 15-20 дней после лущения или культивации, когда появляются всходы сорняков, проводят зяблевую обработку плугами на полную глубину пахотного слоя.

Существует комплекс эффективных современных машин и орудий, которые позволяют производить качественную энергоэффективную обработку почвы. Особо следует отметить современные плуги серии ПБС. Главное преимущество таких плугов заключается в принципиально новом рабочем органе отвального типа (выполняет работу культурного и винтового корпуса совмещенного с глубокорыхлителем чизельного типа). Это

обеспечивает высокую степень крошения и оборота пласта почвы, разрушает плужную подошву, предупреждает переуплотнение подпахотного горизонта, снижает водную эрозию при обработке склоновых полей. Плуги рыхлят сухой пласт почвы высокой твердости в диапазоне от 10 до 16 см с полной заделкой стерни. Это равноценно двум проходам тяжелыми дисковыми боронами типа БДТ. Применение новых плугов в целом повышает производительность в 1,5-2 раза, экономия дизельного топлива составляет до 6-9 кг/га обработанной пашни. Производительность таких плугов составляет от 0,7 до 4,5 га/час в зависимости от модели (Туболев и др., 2010).

### **1.5. Подготовка семенного материала к посадке**

К качеству посадочного материала картофеля предъявляется целый ряд требований. Он должен состоять из клубней одного сорта, здоровых, чистых, сухих, соответствующих данному сорту по форме и окраске; не содержать клубней пораженных мокрой или сухой гнилью, подмороженных, с механическими повреждениями более 4% от общей массы для семеноводческих и 5% для продовольственных посадок; не включать примесей почвы свыше 1% от общей массы. Клубни должны быть разделены на фракции по максимальному поперечному диаметру.

Подготовку семенного материала к посадке следует начинать с проведения клубневых анализов хранящихся партий картофеля. Это позволит отбраковать больные клубни и подобрать соответствующий препарат для обработки каждой партии (Зейрук и др., 2007).

Для ускорения появления всходов и сокращения срока вегетации растений картофеля и повышения их устойчивости к болезням перед посадкой проводят провяливание, воздушно-тепловой обогрев или световое проращивание клубней с озеленением. Для быстрого развития молодого растения и более интенсивного накопления урожая клубни обрабатывают стимуляторами роста и микроудобрениями, а для защиты от вредителей и

болезней применяют современные разрешенные химические и биологические препараты.

Семенные клубни калибруют на 3 основные фракции: мелкую – массой до 50 г (35-45 мм), среднюю семенную – 50-80 г (45-53 мм) и крупную – более 80 г (53-60 и более мм). Использование на посадку смеси семенных клубней различных фракций по массе недопустимо, т.к. это приводит к неравномерным всходам, изреженности посадок и снижению урожая.

Крупные клубни массой более 80 г при сортировке и посадке получают на 75% больше механических повреждений и сильнее поражаются болезнями во время хранения. Посадка крупных семенных клубней обеспечивает высокие урожаи, однако резко возрастает потребность в дорогом семенном материале, что не всегда экономически оправданно. Крупные клубни долго перегнивают в почве и могут служить рассадником бактериальных болезней, заражая молодые клубни. Мелкие семенные клубни часто могут быть заражены вирусными заболеваниями. Картофелесажалки ложечного типа могут захватывать по несколько мелких клубней разом, что снижает качество посадки. С точки зрения экономии посадочного материала механизированная посадка средними по массе клубнями – от 50 до 80 г – наиболее эффективна. Если в процессе сортировки посадочного материала получают средние и крупные семенные фракции клубней надлежащего качества, их высаживают отдельно (Коршунов и др., 2004).

### **1.6. Посадка картофеля**

Посадка – важная операция в технологии производства картофеля, поскольку исправить допущенные при этом ошибки впоследствии нельзя (Зейрук, Глэз, 2007).

На легких супесчаных почвах картофель высаживают без предварительной нарезки гребней по гладкой поверхности с использованием маркера. Для условий большинства регионов нечерноземной зоны наиболее эффективна посадка в предварительно нарезанные весной гребни.

Предпосадочная нарезка гребней позволяет ускорить начало посадки на 3-5 дней, благодаря быстрому прогреву почвы, более точно выдерживать глубину посадки, исключить предпосадочную культивацию на легких почвах, а также локально вносить минеральные удобрения и нарезку щелей под гребнями для отвода избыточного количества воды. Однако в гребнях почва быстрее высыхает, что в засушливых регионах может сыграть отрицательную роль. В зависимости от технологии и условий возделывания ширина междурядий, как говорилось выше, составляет 70, 75, 90, 140 см. Наиболее распространена посадка с междурядьями 70 и 75 см, несмотря на то, что расширенные междурядья и гряды имеют ряд преимуществ.

Густота посадки картофеля зависит от технологии возделывания, массы семенных клубней, а также скороспелости сорта, назначения посадок, плодородия, увлажненности почвы, возможности полива и др.

Оптимальной считается густота, при которой в фазу цветения площадь листьев превышает площадь питания примерно в 4 раза. Например, на хорошо окультуренных или плодородных почвах с достаточным увлажнением картофель высаживают гуще (70×20, 70×25, 90×20 см), чем на менее влагообеспеченных (70×30, 70×35, 90×25, 90×28 см). Густота посадки картофеля на продовольственные цели обычно составляет от 40 до 55 тыс./га. На семенных участках густоту посадки увеличивают до 60-65 тыс./га, что повышает выход семенной фракции - клубней размером 35-45 мм. При посадке на грядках в одну строчку густота посадки составляет 22-25 тыс./га. Ранние и среднеспелые сорта высаживают гуще, среднепоздние и поздние – реже.

**Сроки посадки.** К посадке картофеля приступают сразу после окончания посева яровых зерновых и заканчивают ее в течение 8-10 дней. Оптимальный срок посадки наступает, когда температура почвы на глубине 8-10 см составляет не менее 6-8°C, при влажности почвы 65-75% полевой влагоемкости. Однако не следует забывать, что развитие всходов угнетается при температуре почвы выше 25°C. Оптимальные сроки посадки картофеля

часто совпадают с началом цветения черемухи или с появлением листьев березы размером 2-3 см.

Посадка в непрогретую и избыточно увлажненную почву способствует развитию ризоктониоза на ростках, загниванию клубней, существенной задержке и изреживанию всходов, что в конечном итоге приводит к снижению урожайности картофеля. Запаздывание с посадкой приводит к формированию невызревших клубней с непрочной кожурой, недобору урожая по причине поражения ботвы и клубней фитофторозом. Легкие по гранулометрическому составу почвы, а также участки, расположенные на южных склонах, пригодны для более ранней (на 5-10 дней) посадки. На плодородных почвах растения развиваются медленнее, имеют более продолжительный период вегетации, поэтому здесь посадку начинают раньше. В первую очередь высаживают скороспелые сорта и картофель на семеноводческих участках, а затем – на товарных.

**Глубина посадки** колеблется от 4-5 до 10-12 см. Различают: мелкую (на суглинках – до 6, на супесях – до 10 см), среднюю (соответственно, 6-8 и 10-12 см) и глубокую (больше 8-12 см) посадку. Путем выбора глубины посадки регулируют обеспечение прорастающих клубней теплом, влагой и воздухом. Как правило, в ранние сроки во влажную суглинистую плохо прогретую почву клубни высаживают мелко (особенно в гребни и при выгонке раннего картофеля) – на 4-5 см (от поверхности почвы до верхней поверхности клубня), при этом клубни должны быть обязательно прогретыми, озелененными и пророщенными. В оптимальные сроки на среднесуглинистой почве клубни высаживают на 6-8 см, а в поздние сроки в подсохшую, глубоко прогретую, хорошо аэрируемую почву – на 8-10 см. В условиях засухи и на песчаных почвах глубину посадки можно увеличить до 10-12 см, размещая клубни во влажный, не сильно нагреваемый лучами солнца и достаточно воздухопроницаемый слой почвы. Крупные клубни (50-100 г) высаживают глубоко - до 12 см. Глубокая посадка обуславливает лучшее развитие столонов и размещение дочерних клубней в почве, но

затрудняет уборку. При мелкой посадке клубней корневая система размещается по всему профилю картофельного гребня, что улучшает качество картофеля. Оптимальная глубина заделки клубней – на половину высоты гребней или гряды (Туболев и др., 2010).

### **1.7. Уход за посадками картофеля**

Уход за посадками картофеля предусматривает уничтожение сорняков, формирование гребней с окучиванием, поддержание почвы в междурядьях и гребнях в рыхлом состоянии. Система агротехнических мероприятий по уходу за посадками картофеля зависит от типа почвы, технологии возделывания и погодных условий.

Мероприятия по уходу за картофелем начинают с 1-2 довсходовых обработок. Первую проводят не позднее 6-7 дней после посадки картофеля, когда сорняки, преимущественно однолетние, находятся вблизи поверхности почвы в виде нежных нитей. При запаздывании с первым боронованием сорняки быстро всходят, образуют несколько зеленых листочков и формируют хорошую корневую систему. В таком состоянии сорняки трудно уничтожить. Второе довсходовое боронование проводят в случае необходимости через 7-10 дней после первого. Мероприятия по уходу проводят машинами с пассивными рабочими органами, которые рыхлят почву и уничтожают сорняки в борозде и на откосах гребней. Вершины гребней обрабатывают сетчатыми или ротационными боронами, навешанными на эти же культиваторы.

Глубина рыхления в довсходовый период зависит от погодных условий и влажности почвы. Рабочие органы агрегатов при работе должны равномерно обрабатывать почву на глубину 3-6 см, разрыхлять почвенную корку и уничтожать сорняки. Своевременные довсходовые обработки уничтожают до 80-90% сорных растений, улучшают почвенную аэрацию, усиливают приток кислорода к корневой системе и клубням, ускоряют всходы картофеля.

После довсходовой обработки гребни должны иметь овальную форму и неглубокие междурядья. На сильно засоренных полях за 3-5 дней до появления всходов или при высоте всходов картофеля не более 3-5 см применяют разрешенные гербициды, включенные в «Каталог пестицидов и агрохимикатов» настоящего года.

После всходов картофеля, в период вегетации, по мере уплотнения почвы и появления сорняков, проводят 2-3 междурядные обработки культиваторами оборудованными стрельчатыми лапами. Первую обработку на легкосуглинистых почвах выполняют на глубину 12-14 см, что создает хорошие условия для развития корневой системы в более глубоких горизонтах пахотного слоя. Ширина защитной зоны (от центра рядка до крайнего рабочего органа) при первой обработке междурядий – 15 см. Вторую обработку проводят при появлении сорняков, примерно через 7-10 дней, на глубину не более 8-10 см, а при недостатке влаги – на 5-6 см. Супеси рыхлят мельче – при первой обработке междурядий на глубину не более 8-10 см, при второй – на 5-6 см.

На легкосуглинистых почвах последнюю обработку проводят культиватором-окучником в фазе бутонизации до смыкания рядков с одновременным рыхлением дна борозды, что вызывает дополнительное образование столонов. Окучивание особенно необходимо при мелкой посадке в ранние сроки. В случае размывания гребней дождями или при высокой засоренности проводят повторное окучивание. В засуху окучивание может усилить иссушение почвы и снизить урожайность. Напротив, неглубокое рыхление почвы в междурядьях на 4-6 см позволяет не только подрезать всходы сорняков, но и сохранить ценную продуктивную влагу. На супесчаных, и тем более на песчаных почвах, окучивание нецелесообразно, т.к. оно усиливает дефицит влаги, поэтому здесь ограничиваются лишь рыхлением междурядий и более глубокой посадкой семенных клубней (Туболев и др., 2010).

Подкормка картофеля в период вегетации – важный элемент в современных технологиях ухода за посадками картофеля. Наибольшее количество элементов питания картофелю необходимо в период интенсивного образования ботвы и клубней. Ко времени цветения он потребляет около 60% азота, 55-58% фосфора и более 50% калия от общей потребности. Поэтому подкормки растений являются неотъемлемой частью мероприятий по уходу, их необходимо проводить во время бутонизации-начала цветения.

Если по какой-то причине не удалось внести необходимое количество удобрений под основную или предпосевную обработки почвы, хороший результат обеспечивает подкормка удобрениями совместно с междурядными обработками. Для этого в сельскохозяйственных предприятиях используют культиваторы КОН-2,8 и КРН-5,6 Евро, оборудованные бункерами для удобрений и туковысевающими аппаратами.

Прикорневое внесение кальциевой селитры в количестве 100-200 кг/га перед окучиванием обеспечивает поступление доступного кальция в растение в течение вегетации, улучшает устойчивость растений картофеля к бактериальным гнилям.

Эффективна некорневая подкормка по ботве картофеля полным минеральным удобрением с микроэлементами, особенно в годы с холодной и дождливой весной.

### **1.8. Уборка урожая картофеля**

Оптимальный срок уборки урожая картофеля совпадает с естественным увяданием и отмиранием ботвы. За 7-10 дней до начала пожелтения ботвы рост клубней прекращается. В это время достигается самая высокая крахмалистость картофеля, мякоть созревает, кожура приобретает прочность. Клубень становится физиологически зрелым. Однако на практике уборку урожая проводят раньше естественного отмирания ботвы по причине высокого спроса на ранний картофель или возможного повреждения урожая

фитофторозом и заморозками. На семенные цели и на раннюю продукцию картофеля убирают раньше, для закладки на зимнее хранение – в более поздние сроки до заморозков при температуре почвы и воздуха не ниже 6–8°C.

Сегодня в России применяют два основных способа уборки – копателем и комбайном. Уборка копателем очень трудоемка, требует много тары и рабочей силы для сбора и затаривания клубней, погрузки в поле в транспортное средство и разгрузки в хранилище. При урожайности, например, 20–25 т/га требуется до 25–30 чел/га. Поэтому этот способ в основном применяют при выращивании картофеля в небольших объемах, уборки ценных репродукций семенного картофеля, когда жалко потерять самые мелкие клубни, или когда комбайны выходят из строя (Пшеченков и др., 2016). В большинстве хозяйств применяют комбайновую уборку. Один однорядный комбайн убирает за сезон примерно 60 га.

Чтобы ускорить созревание клубней, исключив повреждения кожуры и клубней, а также их поражение фитофторозом необходимо обязательное удаление ботвы перед уборкой. Удаление ботвы до уборки раннего картофеля проводят за 1-2 дня, на продовольственных посадках – за 5-7 дней, а на семенных участках – за 10-12 дней. На семенных посадках ботву убирают в момент, когда 80% клубней достигают размеров семенной фракции. Уборка ботвы снижает зараженность клубней вирусными, бактериальными и грибными болезнями.

Используют 3 способа удаления ботвы: **механический, химический и комбинированный.**

**Механическое** удаление проводят с помощью скашивания или измельчения ботвы специальными механизмами. Проблемой является то, что при низком срезе или активном измельчении можно повредить гребень, а это резко увеличивает процент травмированных и позеленевших клубней. Потому механическое удаление ботвы совмещают с химическим (см. ниже).

Хорошие результаты обеспечивает десикация – **химическое** удаление ботвы. Для этих целей используют десикант Реглон Супер. Большие дозы десиканта нежелательно применять на картофеле, предназначенном для переработки на чипсы, т.к. может проявляться потемнение сосудистого кольца. Некоторые сорта (например, Луговской) отрастают после обработки Реглоном и требуют двух обработок через 7-10 дней. Обработку Реглоном Супер часто совмещают с обработкой фунгицидом Ширлан. Ширлан как фунгицид предотвращает переход инфекции с ботвы в клубни, обездвиживая споры возбудителя болезни, которые легко могут заразить клубни через травмы, получаемые при уборке.

**Комбинированное** применение механического, а затем химического способов удаления позволяет сэкономить препарат и качественно уничтожить ботву, предотвратив вторичный рост картофеля. Такой способ используют на хорошо отрастающих сортах. При комбинированном способе механическое удаление ботвы проводится так, чтобы высота оставшихся стеблей была не менее 20-25 см. При проведении последующей десикации такая высота стеблей обеспечивает хорошее впитывание ядохимиката и препятствует повторному отрастанию ботвы. Оптимальным временем начала проведения десикации после механического удаления принято считать 1 сутки. Если стебли лежат очень низко, то можно уменьшить высоту среза, но только до той степени, чтобы не повредить гребень.

Машинную уборку картофеля проводят тремя способами: **прямое комбайнирование, раздельным и комбинированным.**

**Прямое комбайнирование** проводят на хорошо сепарируемых почвах картофелеуборочными комбайнами. От комбайна картофель поступает на сортировальный пункт, в бурты временного хранения или напрямую в хранилище.

**Раздельную** уборку применяют на тяжелых и влажных почвах, не пригодных для поточной уборки. Используют картофелекопатель-валкообразователь, например GVR 1700 и др., которые выкапывают клубни и

укладывают их в валок с 2-х, 4-х или 6-ти рядков. После просушки клубней валки подбирают комбайном и перевозят к сортировальному пункту. Одним из необходимых условий эффективной отдельной уборки является тщательное предуборочное уничтожение ботвы. При этом химические обработки необходимо совмещать с механическим удалением для предотвращения заражения клубней фитофторозом от ботвы.

Преимущества способов отдельной уборки связаны с тем, что выкопанные и уложенные в валок клубни успевают до их подбора обсохнуть, кожура становится прочнее. Такие клубни менее подвержены механическим повреждениям, лучше очищаются от налипшей почвы, их можно закладывать на хранение без специальной послеуборочной доработки. Кроме того, отдельная уборка обеспечивает повышение производительности труда в 2-3 раза по сравнению с прямым комбайнированием.

**Комбинированную** уборку ведут в две фазы. Сначала рядки картофеля выкапывают копателями, например, навесной копалкой WEGA1600 (используются при работе с шириной междурядий 70–90 см на легких и среднеплотных почвах), Z-653 и др., и укладывают их в междурядья двух смежных невыкопанных рядков. В то же междурядье можно уложить клубни и с двух смежных рядков по другую сторону. Затем двухрядный комбайн (Grimme SE 150/170-60, Полесье-2-02) подбирает валок картофеля, одновременно выкапывая клубни в остальных рядках. Этот способ уборки увеличивает производительность комбайнов в 1,5-2 раза. Он применим при хорошей сепарации почвы (гребневые посадки на супесях).

### **1.9. Послеуборочная доработка урожая картофеля**

Существуют три основных типа технологии доработки и закладки клубней на хранение: **перевалочная, поточная и прямоточная**. Технологии доработки урожая зависят от способов уборки картофеля. Их применение характеризуется различными уровнями механических повреждений клубней, а также и других показателей качества закладываемого картофеля.

**Перевалочную** технологию применяют при поражении клубней мокрой гнилью, фитофторозом, проведении уборки урожая в холодную и дождливую погоду на тяжелых почвах. Согласно технологии, клубни, доставленные с поля, перед закладкой на хранение и сортировкой на фракции выдерживают во временных хранилищах или буртах.

**Поточная** технология предусматривает уборку картофеля комбайном или копателем, транспортировку клубней на сортировальный пункт для отделения примесей и калибрования на фракции (Туболев и др., 2010). Отсортированный картофель закладывают на хранение. При такой технологии послеуборочной доработки урожая клубням наносится значительное количество различных механических повреждений, особенно при уборке в дождливую и холодную погоду и при невызревшем картофеле. Клубням наносятся значительные механические повреждения клубням (до 40-60% и более), в связи с чем снижаются их товарное качество и лежкость при хранении. Поточную технологию применяют только тогда, когда клубни урожая не поражены болезнями, достигли полной физиологической зрелости, а также при осенней реализации картофеля или содержании различных примесей в ворохе более 20%.

Наименьшие повреждения клубней и потери при хранении обеспечивает **прямоточная** технология. Технология послеуборочной доработки должна обеспечивать качественную очистку вороха от почвы, камней, растительных остатков, непосредственно на комбайне. Убранный картофель сразу закладывается на хранение. За счет минимального числа операций обеспечиваются наименьшие механические повреждения клубней и наилучшая сохранность урожая после закладки на хранение. При этой технологии допускается примесь почвы в ворохе до 15-20%. Во избежание образования в насыпи почвенных столбов, в которых клубни быстро прорастают и легко загнивают, формирование насыпи в хранилище необходимо проводить при постоянном перемещении стрелы погрузчика в горизонтальной плоскости (Пшеченков, и др., 2007).

## 1.10. Хранение картофеля

Правильно организованное хранение клубней позволяет не только сберечь выращенный урожай, но и не допустить снижения его качества и потери товарного вида.

Результат хранения зависит от многих факторов: сорта, технологии и условий выращивания, уборки, послеуборочной доработки клубней и их загрузки в хранилище, от способа и места хранения, конструкции хранилища, системы вентилирования и управления температурно-влажностными режимами в насыпи картофеля и в помещении хранилища с учетом специфических условий различных климатических зон.

Чтобы свести к минимуму потери и сохранить высокие потребительские качества семенного, продовольственного и идущего на переработку картофеля, необходима не только тщательная подготовка клубней к длительному хранению, но и соблюдение температурно-влажностных режимов, соответствующих каждому периоду хранения, которых современной технологии предусматривается не менее 5 (Пшеченков и др, 2007).

В процессе загрузки по мере заполнения закровов или формирования насыпи проводят просушивание картофеля. Вентилирование проводят непрерывно наружным воздухом. Температура воздуха при этом должна быть не ниже +10°C. Продолжительность вентилирования зависит от состояния картофеля.

В начальный, лечебный период хранения в клубнях идет процесс дозревания: сахара превращаются в крахмал, кожура становится грубее, образуется защитный слой клеток в местах повреждения клубней. В этот период для любого вида картофеля температура должна быть высокой - 10-15°C. При этой температуре быстрее происходит залечивание всех повреждений, которые клубни могли получить при уборке и закладке на хранение.

После завершения лечебного периода наступает период охлаждения. В этот период происходит постепенное снижение температуры в хранилище в течении 20-30 дней до температуры хранения.

В основной период хранения, если температура в насыпи находится на заданном уровне, картофель вентилируют 2-3 раза в неделю по 30 мин для смены воздуха в межклубневых пространствах. Недостаток кислорода и избыток углекислого газа приводит к ухудшению лежкости и качества картофеля. Недостаток кислорода вызывает внутреннее потемнение мякоти клубней многих сортов, избыток углекислоты часто является причиной гибели картофеля. При оптимальных условиях концентрация углекислого газа не превышает 0,5-1,0%, кислорода – 16-18%, при относительной влажности воздуха на уровне 90-95%.

Весенний период – самый сложный и ответственный для хранения семенного картофеля, так как при задержке посадки клубни начинают прорастать под воздействием теплого воздуха, поступающего через ворота. Проросшие клубни высаживаются сажалкой с большими пропусками, кроме того, у них снижаются семенные качества. Все это приводит к значительному снижению урожайности (Пшеченков и др, 2007).

### 1.11. Болезни картофеля

Болезнь растений – нарушение нормального обмена веществ клеток, органов и целого растения, возникающее под влиянием фитопатогена или неблагоприятных условий среды и приводящее к снижению продуктивности растений или к полной их гибели.

Болезни картофеля проявляются различно, часто один и те же признаки болезни вызываются различными причинами. В зависимости от причин, обуславливающих их появление, заболевания картофеля делятся на инфекционные (паразитарные) и неинфекционные. **Инфекционные** болезни вызываются различными микроскопическими организмами: грибами, оомицетами, миксомицетами, актиномицетами, бактериями, вирусами, вириоидами, фитоплазмами, нематодами. Их отличительным признаком является способность передаваться от одного растения к другому, т.е. оно характеризуется инфекционностью – заразностью.

**Неинфекционные** болезни наблюдаются в тех случаях, когда происходят нарушения условий, необходимых для роста и развития растений. Такие заболевания не способны передаваться от одного растения другому. Проявляются они при недостатке или избытке макро- и микроэлементов, влаги, при механических повреждениях, воздействии высоких или низких температур, солнца, озона и др. примесей воздуха, при неправильной обработке ядохимикатами. При нормализации условий окружающей среды симптомы неинфекционных болезней обычно исчезают (Анисимов и др., 2009).

#### **Грибные болезни**

Картофель подвержен многим грибным заболеваниям, таким, как: фитофтороз, альтернариоз, ризоктониоз (черная парша), парша (обыкновенная, порошистая, серебристая), ооспороз, фомоз, фузариоз,

антракноз, вилт, рак, резиновая гниль, церкоспороз, мучнистая роса, белая гниль, серая гниль, аскохитоз.

Ниже будут рассмотрены наиболее распространенные и вредоносные грибные заболевания картофеля.

**Фитофтороз** – самое вредоносное заболевание картофеля в большинстве стран мира. Главная опасность болезни – это высокая скорость ее развития. При благоприятных погодных условиях численность популяций патогена растет экспоненциально, а нарастание болезни в необработанных фунгицидом посадках восприимчивых сортов настолько стремительное, что от единичных больных кустов через 10-15 дней может заразиться все поле, а через 3 недели растения могут быть полностью уничтожены. В России ежегодные потери от этого заболевания в среднем составляют около 4 млн. т. В последние годы фитофтороз обнаруживается на картофельных полях необычно рано. За последние 3-4 десятилетия произошло смещение календарных сроков первого появления заболевания на 1-1,5 месяца (Иванюк, 2005).

Возбудителем фитофтороза является оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Мицелий несептированный, бесцветный, распространяется внутри тканей растения хозяина по межклеточному пространству. В клетки проникают особые выросты мицелия – гаустории. *P. infestans* поражает все органы картофеля. При развитии патогена внутри листьев он вызывает образование темных пятен. В условиях высокой влажности воздуха на нижней стороне пораженного, но не погибшего еще участка листа появляются многочисленные зооспорангиеносцы патогена.

Клубни инфицируются через чечевички и повреждения кожуры. На клубнях образуются слегка вдавленные, твердые, резко ограниченные бурые пятна, мякоть под которыми имеет ржаво-бурую окраску. Заражение клубней возможно с самых ранних этапов их формирования и до уборки урожая. Как правило, инфекция попадает на клубни путем смыва ее с пораженной ботвы

дождем (как правило, через пристеблевые пустоты) или при контакте клубней с пораженной ботвой и заспоренной почвой во время уборки.

В зимний период возбудитель сохраняется в семенных клубнях или в виде ооспор (половые покоящиеся споры) в почве или в растительных остатках.

**Альтернариоз** (Виды рода *Alternaria*: *A. solani*, *A. alternata*, *A. infectoria* и др.). Гриб поражает главным образом листья, иногда стебли и клубни. Сначала на нижних, а затем и на верхних листьях появляются сухие, темно-коричневые (до черных) округлые или угловатые пятна с выраженной концентричностью, разбросанные по всей поверхности листовой пластины. Диаметр пятна может достигать 1,5 см. Впоследствии пятна сливаются вместе и лист отмирает. На пятнах небольшого размера (до 3-4 мм) концентричность может не проявляться.

На стеблях и черешках заболевание проявляется в виде продолговатых серовато-коричневых язв, проникающих внутрь ткани. Впоследствии поврежденные ткани полностью коричневеют, загнивают или засыхают в зависимости от погодных условий. Ботва картофеля преждевременно отмирает. На поверхности клубней появляются бурые или коричневые, несколько вдавленные в ткань пятна разной конфигурации. На разрезе заметна четкая граница между пораженной и здоровой тканью.

Возбудитель сохраняется в пораженных растительных остатках в почве и на клубнях. Поражению картофеля мелкоспоровыми видами *Alternaria* способствуют механические повреждения и физиологические нарушения, ослабляющие растения, в т.ч. нарушения минерального питания, последствие гербицидных токсикозов и период влажной погоды не менее 5 дней.

Основными факторами, способствующими развитию альтернариоза, являются: сухая и жаркая погода, недостаток влаги, недостаток азота в почве (менее 100 кг/га), недостаток калия и избыток фосфора, а также

пораженность семенного материала вирусами, ризоктониозом и другими болезнями. Инфекция сохраняется в почве, грибы способны к сапротрофному образу жизни.

### **Ризоктониоз (черная парша) (*Rhizoctonia solani* Kuehn).**

Гриб способен поражать картофель на всех этапах онтогенеза. Заболевание проявляется в виде черной парши, углубленной (ямчатой) пятнистости и сетчатого некроза клубней, загнивания глазков и ростков, отмирания столонов и корней, а также в виде сухой гнили подземной части стебля в виде коричневых язв различной величины. На ботве заболевание проявляется в виде воздушных клубней, развивающихся в пазухах листьев, антоциановой окраски верхних листьев.

Основной вред гриб причиняет в период развития всходов. В сырую и прохладную погоду, при температуре менее +8°C, на посаженных клубнях склероции прорастают мицелием, который проникает в ростки и приводит к образованию на них темных вдавленных пятен, часто сливающихся и охватывающих ростки кольцом. Особенно сильно болезнь развивается при ранней и глубокой посадке клубней в сырую и недостаточно прогретую почву. Всходы появляются неравномерно, а выпадения растений от ризоктониоза могут достигать 30% и более из-за гибели пораженных ростков.

Гриб может жить в почве сапротрофно, потребляя растительные остатки, перезимовывать в виде мицелия или склероциев на клубнях или в растительных остатках.

### **Фузариозная сухая гниль (*Fusarium solani* App. et Wr.).**

Вначале на клубне появляются серовато-бурые, слегка вдавленные пятна, а покровная ткань слегка сморщивается. Мякоть под пятном становится рыхлой, приобретает буроватую окраску. В ней образуются пустоты, заполненные белым, желтоватым, красноватым или темным пушистым мицелием гриба. Больные ткани быстро подсыхают, образуя

складки кожуры вокруг места первичного пятна. Гриб-возбудитель выходит наружу и образует на поверхности клубня пушистые подушечки мицелия различной окраски. Клубень становится легким и настолько твердым, что с трудом разрезается ножом.

Возбудитель болезни проникает в клубень через раны на кожуре, образовавшиеся в результате механических повреждений, а также через места поражения другими болезнями или повреждения вредными насекомыми. Массовое заражение может происходить во время уборки, когда клубень травмируется при отрыве от столона.

Болезни благоприятствует повышенная температура и высокая влажность воздуха при хранении картофеля. Инфекция сохраняется в почве.

**Парша серебристая.** Возбудитель болезни – гриб *Helminthosporium solani* Durieu et Mont. Гифы возбудителя распространяются только в клетках кожуры клубня.

Массового развития заболевание достигает к концу хранения, ближе к весне. К этому времени пораженная ткань становится слегка вдавленной и приобретает хорошо выраженный металлический или серебристый блеск. Образование блеска объясняется тем, что перидерма не позволяет патогену проникнуть внутрь клубня. При сильном поражении картофельная кожура начинает сморщиваться, ее пропускная способность возрастает, и, как следствие этого, происходит потеря влаги и гибель глазков.

Болезнь распространена во всех зонах картофелеводства. Заболевание чаще встречается на легких почвах. Источниками инфекции являются семенные клубни и почва. В период клубнеобразования заболеванию способствует повышенная температура.

### **Ооспороз**

Возбудитель болезни – несовершенный гриб *Polyscytalum pustulans* (Owen & Wakef.) M.V. Ellis. Патоген поражает глазки на семенных клубнях,

что приводит к сильному изреживанию посевов и снижению урожая на 35% и более. В зараженных клубнях снижается содержание крахмала, белка, витамина С, увеличивается количество моносахаров. Они подвержены более сильному повреждению ризоктониозом, серебристой паршой, мокрыми и сухими гнилями, нематодами.

Заражение клубней ооспорозом происходит в поле в период роста клубней, но признаки поражения обнаруживаются лишь в период хранения (через 2–4 месяца после уборки) и усиливаются к концу хранения. На поверхности клубня образуются округлые по форме пустулы, по окраске почти не отличающиеся от цвета здоровой кожуры. Пустулы, в зависимости от сорта, могут быть плоскими, слегка вдавленными или выпуклыми. Если участки поражения сливаются, образуется крупное, несколько вдавленное пятно, похожее на проявление фитофтороза. Однако при ооспорозе нет характерного для фитофтороза загнивания ткани под пятном. Неразрушенная кожица закрытых пустул позволяет легко отличить ооспороз от других видов парши. На поверхности клубня, особенно при повышенной влажности воздуха в хранилище, может развиваться беловато-сероватый налет конидиального спороношения возбудителя, который вызывает повторные заражения клубней при хранении. При холодном хранении картофеля может развиваться ямчатая форма ооспороза, при которой на поверхности клубней образуются округлые углубления диаметром 4–12 мм.

Заражение клубней в поле происходит от инфекции, сохраняющейся в почве на растительных остатках, либо от занесенной на поле с пораженными семенными клубнями. Заражение происходит через трещины, глазки, механические повреждения и чечевички. Возбудитель ооспороза может поражать корни, столоны и нижнюю часть стеблей, на поверхности которой образуются бурые расплывчатые пятна с поперечными трещинами. Ооспорозом особенно сильно поражается картофель на легких почвах при прохладной погоде и высокой влажности почвы.

## **Борьба с грибными заболеваниями.**

Фитопатогенные виды грибов и оомицетов сильно различаются между собой, соответственно отличается их экология, источники первичной инфекции, способы заражения растений, перенос инфекции с растения на растение, оптимумы роса и другие характеристики. Это требует применения разных приемов защиты при борьбе с патогенами. Как общие приемы, применимые в борьбе с разными грибными инфекциями, можно выделить:

1. Использование качественного семенного материала устойчивых сортов. Необходимо проводить отбраковку больных клубней после уборки и перед посадкой.

2. Предпосадочная обработка семенного материала эффективными химическими и биологическими препаратами.

3. Поддержание оптимального микроклимата в хранилище, постоянный контроль температуры в насыпи продукта с целью выявления очагов развития гнилей. Стерилизация и очистка хранилища после выгрузки продукции.

4. Севообороты с выращиванием невосприимчивых к болезням растений.

Для грибов, активно распространяющих споры по воздуху во время вегетации растений, необходимо проводить химические обработки (опрыскивания) по растениям. Причем при борьбе с фитофторозом обработки должны быть профилактическими, нельзя допускать поражение растений. Обработку против альтернариоза начинают после появления очагов болезни на поле.

Почвообитающие оомицеты, например рода *Pythium*, активно распространяются в переувлажненной почве с помощью зооспор и заражают растения. Поэтому для борьбы с ними необходимо высаживать картофель в подсохшую почву и дренировать поле.

### **Бактериальные болезни.**

Ежегодные потери урожая от многочисленных патогенов оцениваются минимум в 23%, доля бактериозов в них может составлять от 25 до 75%, в зависимости от погодных условий вегетационного сезона. В последние годы в России отмечают значительные изменения видового состава возбудителей бактериозов растений и усиление их вредоносности. Эти процессы связаны, в первую очередь, с завозом в страну зараженного посадочного материала, во вторую – с климатическими изменениями, благоприятными для развития бактериозов, перезимовки патогенов и их переносчиков (насекомых и нематод), и в третью очередь – с отсутствием в интегрированной защите растений химических препаратов, имеющих направленное бактерицидное действие (Игнатов и др., 2018).

По воздействию бактерий на растение и степени поражения тканей бактериозы делят на два типа: *диффузные (системные)* и *местные (локальные)*. *Диффузные* бактериозы проникают в сосудистую систему, распространяются по проводящим пучкам и прилегающим к ним тканям. При этом нарушается процесс поступления в растение воды и оно увядает. Увядание — основной симптом системных бактериозов. *Местные* бактериозы проявляются в поражении паренхимной ткани отдельных органов растений. Основные их симптомы — это некрозы, хлорозы, гнили и опухоли.

### **Парша обыкновенная (*Streptomyces scabies* Waks. et Neur).**

Патоген инфицирует корни, подземную часть стеблей, столоны и клубни. Стрептомицеты заражают молодые клубни, не успевшие развить плотную кожуру. Развитие болезни происходит в течение всего периода роста клубней. На поверхности клубня образуются неглубокие язвы неправильной или округлой формы, которые впоследствии увеличиваются в размерах и пробковеют. Сливаясь, язвы часто образуют сплошную корку. На

свежевыкопанных клубнях заметен белый паутинистый налет мицелия. При подсушивании поверхности клубня налет быстро высыхает и исчезает.

Вред состоит главным образом в снижении товарной ценности клубней: ухудшении вкусовых качеств, снижении содержания крахмала, увеличении отходов продовольственного картофеля, снижении лежкости клубней. Повреждения перидермы, вызываемые паршой обыкновенной, создают благоприятные условия для инфицирования клубней другими раневыми патогенами, в частности возбудителями сухих и мокрых гнилей.

Основным источником инфекции парши обыкновенной является почва и пораженный посадочный материал. Заражение клубней усиливают неразложившиеся растительные остатки и свежие органические удобрения. Достаточное количество в почве марганца, бора и некоторых других микроэлементов снижает вредоносность заболевания, а наличие свободного калия и нитритов повышает. Клубни сильно поражаются паршой также при бессменной культуре картофеля, посадке его по пласту многолетних трав и внесении в почву больших доз извести за три-четыре года до посадки.

### **Черная ножка**

Возбудители – бактерии родов *Pectobacterium* и *Dickeya*

Поражает большое количество как культурных, так и дикорастущих видов растений разных семейств; проявляется в виде увядания и загнивания стеблей и мягкой гнили клубней.

Предвсходовое развитие бактериальной клубневой инфекции или раннее послевсходовое проявление обычно сопровождается обширным загниванием материнского (семенного) клубня и ведет, как правило, к выпадению кустов. Активное развитие болезни на всходах выражается в резком отставании в росте, пожелтении нижних листьев, дольки которых свертываются лодочкой и приобретают жесткую структуру. Верхние листья растут под острым углом и также желтеют. Позднее увядает и засыхает весь куст.

На клубнях болезнь проявляется в поле обычно во второй половине вегетационного периода. В месте прикрепления клубня к столону при проникновении инфекции отмечается размягчение бесцветного или светло-желтого цвета. Позже здесь образуется выгнившая полость или дупло. При наличии благоприятных условий загнивание увеличивается и приобретает специфический винный запах. Неприятный запах возникает позже, когда в гнилостный процесс включается большое количество сапрофитных и полусапрофитных микроорганизмов. Признаки проявления болезни варьируют в зависимости от видовой принадлежности возбудителя и сортовых особенностей картофеля.

Основным источником инфекции считают заражённые семенные клубни, где возбудитель может сохраняться в латентном состоянии. В почве возбудитель сохраняется только в негнивших растительных остатках (Белов, 2016).

### **Кольцевая гниль**

Возбудители – бактерии *Clavibacter michiganensis* subsp. *Sepedonicus* Поражает как надземную, так и подземную части картофеля во всех фазах его развития. Проявляется в виде поражения ботвы (увядание) и загнивания клубней ("кольцевая гниль") в поле и при хранении. Развитие болезни протекает медленно. Начало болезни наблюдают, как правило, во второй половине вегетации культуры.

Перезимовывает патоген в больных клубнях. В почве не зимует, но может сохраняться в необработанных растительных остатках и клубнях. Заболеванию легко передается через ножи при резке клубней, сельскохозяйственные орудия, картофелесажалки и т.д.

**Бурая гниль** (южное бактериальное увядание) сосудистое заболевание картофеля, самый опасный бактериоз в странах тропического климата, где может постоянно жить в почве. Возбудитель бурой гнили – бактерия

*Ralstonia solanacearum* (Smith, 1896), карантинный объект на территории России. Первые симптомы заболевания проявляются в фазу цветения – начала формирования клубней в виде увядания листьев и стеблей. Увядающие листья желтеют и сморщиваются, а черешки листьев и стебли поникают. Пораженные стебли бурют, нижняя прикорневая их часть размягчается и загнивает, отмечается расщепление вдоль стебля. Сосуды ксилемы у пораженных растений заполнены плотной желтовато-бурой камедообразной бактериальной массой, что и вызывает увядание. Пораженные сосуды окрашиваются в коричневый или бурый цвет, что вызывает образование темно-коричневого кольца на срезах стебля. При надавливании из пораженной ткани стебля выделяется грязно-белая или коричневая слизь. Вытекающая мутная слизь хорошо видна, если пораженный стебель поместить в дистиллированную воду. Симптомы бактериального увядания отличаются от болезней, вызываемых грибами: при вертициллезе, ризоктониозе, фузариозе пораженные стебли не загнивают и выдергиваются из земли с корнями, отсутствует также бактериальная слизь.

Из пораженных стеблей фитопатогенные бактерии проникают в столоны и сосудистую часть клубня. Происходит размягчение сосудистого кольца клубня и его побурение, а не пожелтение как это бывает при поражении кольцевой гнилью, при надавливании на него выделяются капельки грязно-белой слизи. В конечном итоге клубень полностью сгнивает. В условиях умеренного климата бурая гниль особенно опасна в хранилищах: при образовании очага в нем поднимается температура, что приводит к массовому заражению окружающих клубней.

В тропиках основным источником бурой бактериальной гнили является зараженная почва, в которой возбудитель способен сохраняться длительное время. В клубни нового урожая бактерия проникает через повреждения на корнях и стеблях, а также через устьица и столоны. Распространению болезни в поле способствуют насекомые и нематоды. Заболевание особенно интенсивно развивается в условиях повышенной влажности почвы. В

условиях России не способен сохраняться в почве в зимний период. В тропических странах, где отсутствует зимнее промерзание почвы, успешно перезимовывает и вызывает большие потери урожая.

### **Борьба с бактериальными болезнями.**

Для борьбы с бактериальными болезнями профилактические приемы сочетают с истребительными мероприятиями. Основные из них следующие:

1. Внесение оптимальных доз удобрений, поддержание оптимальных режимов кислотности почвы, листовые подкормки.

2. Соблюдение севооборотов. Использование в севооборотах непоражаемых патогенными для картофеля бактериями растений, зерновых, сидератов, бобовых, многолетних трав.

3. Отбраковка заболевших клубней при уборке и перед посадкой.

4. Использование сортов с повышенной устойчивостью к бактериозам.

5. Обязательное просушивание клубней на первом этапе хранения или перед закладкой.

6. Стерилизация картофелехранилищ перед закладкой картофеля.

7. Тщательные фитопрочистки на посадках семенного картофеля, 2-3 раза за сезон.

8. Мойка сельскохозяйственной техники после работы на полях с распространением бактериозов.

9. При предпосадочной обработке семенных клубней защитно-стимулирующими составами избегать погружения массы клубней в одну и ту же жидкость.

10. Почвообитающие бактерии способны переноситься с поливной водой при арычном орошении. Поэтому в местах, представляющих опасность с точки зрения развития бактериозов, следует использовать другие способы полива и контролировать санитарное состояние используемой воды.

11. Некоторые бактерии, например возбудитель заболевания «зebrочип», переносятся сосущими насекомыми. Поэтому необходима борьба с переносчиками.

### **Фитоплазменные заболевания**

Вызываются микоплазменными организмами. Все известные фитомикоплазмы поражают главным образом клетки флоэмы, реже паренхимы. К основным видам заболеваний относятся столбурное увядание и «ведьмины метлы».

**Столбурное увядание** – проявляется в виде краевого хлороза долей и уменьшения размера верхушечных листьев, поражения корней. Растения замедляют рост. Иногда появляются пазушные побеги. При позднем заражении растения хотя и образуют клубни, но они уродливые и мягкие, при прорастании дают нитевидные ростки.

**Ведьмины метлы** – заболевание, встречающееся в большинстве зон выращивания картофеля. Для зараженных растений характерен кустистый вид растений из-за образования большого количества тонких округлых пазушных побегов. Листья пораженных растений редуцированные, простые или с уменьшенным количеством долей. К моменту уборки под каждым кустом формируется несколько десятков мелких изросшихся клубней.

**Круглолистность** – встречается почти во всех зонах выращивания картофеля. Больные растения низкорослые с деформированными, мелкими, выпуклыми, с желтым окаймлением листьями. Пораженные растения формируют мелкие, уродливой формы клубни, которые часто прорастают нитевидными ростками еще в почве. Может переноситься цикадами. Инфекция от материнских клубней может передаваться потомству.

**Борьба с фитоплазменными заболеваниями** включает посадку здорового семенного материала, выбраковку больных клубней при проращивании. В районах с повышенной активностью фитоплазмозов

применяют прогревание клубней перед проращиванием, ранние посадки клубней ранних сортов, пространственную изоляцию от мест обитания цикад. Уменьшению риска заражения посадок фитоплазмозом способствует контроль численности цикад и проведение инсектицидных обработок при их массовом размножении, а также удаление многолетней сорной растительности (Богоутдинов, 2008).

### **Вирусные заболевания**

Инфекционные заболевания, вызываемые фитопатогенными вирусами. Вирусные болезни картофеля распространены повсеместно, по вредоносности в ряде случаев превосходят грибные и бактериальные болезни. Ежегодно от вирусов мировое картофелеводство теряет 15-20% урожая. Кроме того, значительно ухудшается пищевая ценность клубней: содержание сухого вещества снижается на 0,2-1,5%, крахмала – на 0,5-3,0%, витамина С – на 1,5-7,0 мг/кг. Вред картофелю причиняют около 20 вирусов, нередко на одном растении встречаются два-три их вида.

**Скручивание листьев** (L-вирус картофеля (Вирус скручивания листьев картофеля (ВСЛК); *Potato leafroll virus* (PLRV); *Solanum virus* 14, Smith; *Potato virus* 1, Johnson)). В год заражения отмечается посветление ботвы и скручивание верхних листьев; в потомстве выявляется хлороз и сильное скручивание долей нижних листьев вверх вокруг средней жилки. Верхние листья сухие и ломкие. В полевых условиях передается, в основном, зеленой персиковой тлей. Наибольшее распространение происходит в годы, когда наблюдается большее количество крылатой тли. Вредоносность: снижение урожайности на 20-70%.

**Морщинистая и полосчатая мозаики** (Y-вирус картофеля (*Solanum virus* 2, Smith). *Potato virus* 20, Johnson; *Potato streak virus* Orton; *potato virus Y* (PVY)). Различают три основных штамма вируса Y<sub>0</sub>, Y<sub>n</sub>, Y<sub>c</sub>. Наибольшее распространение имеет штамм Y<sub>0</sub>. В последние годы выделен штамм Y<sub>ntn</sub>, который вызывает клубневые симптомы. Вирус Y в зависимости от

признаков проявления вызывает такие заболевания, как морщинистая и полосчатая мозаики, хотя эти названия не вполне точно отражают характер визуальных признаков.

**Морщинистая мозаика.** Листья приобретают мозаичную расцветку и бугристую, морщинистую поверхность. Морщинистость листьев обусловлена усиленным разрастанием межжилковой ткани и при сильном поражении края листьев загибаются к низу.

**Полосчатость** отмечается при образовании некрозов по жилкам с нижней стороны листа в виде штрихов, полос и пятен. Черешки и листья становятся хрупкими, на нижних листьях появляются угловатые темно-коричневые пятна. В дальнейшем некроз листьев, начиная с нижнего яруса, приводит к отмиранию листьев, и они повисают на черешках. В результате у пораженных растений оголяется стебель, листья остаются только на верхушке, и растение приобретает пальмообразный вид. Полосчатая мозаика проявляется после цветения и усиливается с возрастом растений. Способы передачи: контактом и тлей. Вредоносность: снижение урожайности на 30-90%.

**Крапчатая (обыкновенная, мягкая) мозаика** (X-вирус картофеля (Синонимы: *Potato virus X (PVX)*; *Solanum virus 1 Smith*; *Potato latent virus Schulz*; *Potato virus 16 Johnson*; *Latent mosaic virus*). Проявляется в виде расплывчатых светло-зеленых пятен на листьях, которые трудно рассматриваются в солнечный день. Слабые признаки лучше заметны на молодых растениях до цветения, затем они ослабевают или исчезают. При поражении сильными штаммами на отдельных сортах отмечается образование некрозов на листьях и верхушках стеблей. У большинства сортов вирус часто содержится в латентном состоянии. Способы передачи: в полевых условиях передается контактом, возможна передача почвенным грибом *Synchytrium endobioticum*. Не переносится тлей. Вредоносность: снижение урожая даже при отсутствии симптомов может быть 10-15%, при мозаике до 25%.

**Вирус А** (синонимы: *Solanum virus 3, Smith; potato mild mosaic virus, Holmes; potato virus A (PVA)*). Симптомы вируса А на растениях картофеля проявляются в слабой, обыкновенной мозаике и разнообразных деформациях листьев (курчавость, складчатость, волнистость). Часто встречается латентная форма. Переносится при контакте больных и здоровых растений, но главным образом тлями. Вредоносность: возможно снижение урожая до 40%.

**Мозаичное закручивание** верхних листьев (М-вирус картофеля (вирус К, вирус мозаичного закручивания листьев, *Potato virus 7, Smith; Potato paracrincl virus Salaman; Potato virus M (PVM)*). Отмечается мозаичность, закручивание и волнистость краев верхних листьев в виде ложечки. Сильно проявляется в период бутонизации. К концу вегетации симптомы ослабевают или исчезают полностью. Часто встречается в латентном состоянии и в комплексе с вирусами Х и S. В полевых условиях вирус распространяется контактным путем и насекомыми (тлей и полевыми клопами). Вредоносность: снижение урожая на 25-40%. Содержание крахмала в клубнях снижается на 2-3%.

**Аукуба мозаика** (*Potato virus F; Solanum virus 9, Smith; Potato tuber blotch virus; Potato aucuba mosaic virus, Marmor aucuba Holmes*). Симптомы весьма разнообразны и зависят от сорта и штамма вируса (обыкновенная мозаика, морщинистость листьев, рассеянность некрозы, желтая пятнистость, некротическая штриховатость стебля, некроз черешков долей и жилок). Чаще на верхних листьях образуется ярко-желтая крапчатость, а на клубнях некрозы в паренхиме коры и сердцевине в виде правильной формы пятен, позднее имеющих вид сухих бурых углублений. Во второй и последующие после заражения годы симптомы могут отсутствовать на листе. Некроз клубней происходит обычно во время хранения. Встречается латентная инфекция. В полевых условиях распространяется контактом и тлей (зеленая персиковая тля). Вредоносность – снижение урожайности на 30-40%.

**Мраморность** (каликко) (*Potato-pseudoauctuba virus; Solanum virus 10, Smith; Alfalfa mosaic virus (AMV)*). На листьях отмечается образование между жилками неравномерно расположенных пятен или крапинок ярко-желтого, желто-белого или серого цвета. Встречаются также некротический штаммы, приводящие растение к гибели. Возможна латентная инфекция. Способы передачи: тлями и контактом. Вредоносность – невысокая (Анисимов и др., 2009).

### **Борьба с вирусными инфекциями**

1. Удаление источников вирусных инфекций. Источниками вирусов могут быть больные растения картофеля или дикие растения, с которых переносчики переносят вирусы на здоровые растения картофеля. Поэтому необходимо проводить фитопрочистки даже на продовольственных посадках картофеля. На семенных посадках обязательно проведение не менее 3 фитопрочисток за сезон. Вирусы и вириод могут содержаться в ботанических семенах картофеля. При использовании для посадки ботанических семян следует учитывать, что вириод и некоторые вирусы могут распространяться с пылью.

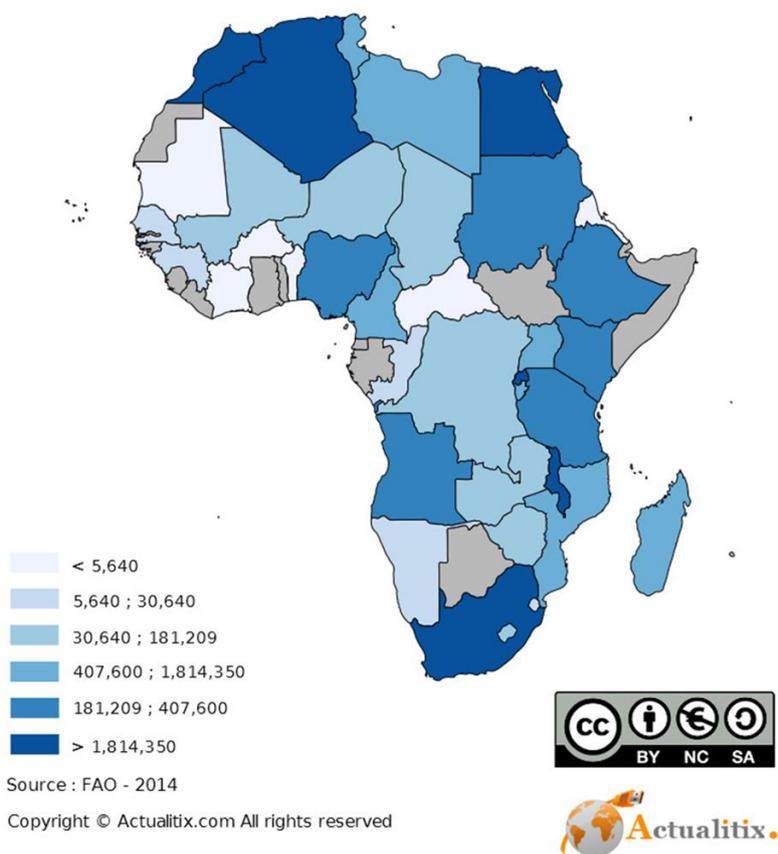
2. Борьба с переносчиками. Обычно переносчиками тлей служат сосущие насекомые. Борьба с ними проводится традиционными способами с использованием инсектицидов и масел. Используют также сетчатые укрытия. Почвенные вирусы переносятся также нематодами и грибами. С ними бороться значительно сложнее.

3. Использование качественного семенного материала. В ГОСТе предусмотрены предельные нормы содержания пораженных вирусами клубней в семенном материале. К сожалению, семенной материал не всегда соответствует требованиям ГОСТа. Поэтому надо постоянно следить за высаженным картофелем, проводить фитопрочистки, бороться с переносчиками.

4. Минимизация приемов, которые могут привести к перезаражению. Часто перезаражение семенного картофеля происходит при предпосадочной резке клубней. Лучше резку не использовать, если же без нее нельзя обойтись, то после каждого клубня нож следует стерилизовать.

### Особенности возделывания и защиты картофеля в Уганде

В Африке картофель выращивается практически повсеместно. Большая доля производства картофеля сосредоточена в восточной Африке. В частности в республике Уганда (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Производство картофеля в странах Африки.

Республика Уганда располагается в Восточной Африке, граничит с Южным Суданом, ДРК, Руандой, Танзанией и Кенией, на юге омывается озером Виктория. Для этой страны характерен субэкваториальный климат. Летом влажный, смягчённый значительной высотой над уровнем моря. Средние температуры самого холодного месяца 20 °С, самого тёплого 25 °С. В растительности преобладают высокотравные саванны, сохранились небольшие массивы тропических лесов.

Технологии возделывания и защиты картофеля в тропической зоне имеет свои особенности из-за климата, особенностей почвы и рельефа, уровня агротехники, доступности пестицидов и т.п.

Производство картофеля в Уганде с каждым годом приобретает все большую популярность. По данным NAADS (National Agriculture Advisory Services) картофель играет значительную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны и доходе мелких фермеров.

Основное производство картофеля сосредоточено в Западной Уганде. Для этой части страны характерен холмистый рельеф. Расположение на высоте от 1000 до 2000 м над уровнем моря не позволяет перегреваться верхнему слою почвы, что хорошо для картофеля. Местные фермеры выращивают картофель на склонах холмов. Такой способ выращивания картофеля не самый удобный, но приходится мириться с неудобствами, потому что в западном регионе преобладают благоприятные почвы для произрастания картофеля – легкие и некаменистые, а также оптимальный режим увлажнения и температуры. В связи с рельефом местности и очень высокой плотностью населения в Уганде поля под картофель тоже небольшие. Преобладают поля размером менее 1 га (среднее поле – 0,97 га) (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).

Самый популярный сорт – Victoria. Он не отличается высокой урожайностью и устойчивостью к заболеваниям, зато является скороспелым, что и привлекает местных фермеров – можно получать два урожая в год и не заниматься производством картофеля в сухой сезон (с ноября по февраль).

По данным ФАО (Faostat 2019) за последние три года площадь возделывания картофеля в Уганде увеличилась с 38500 га до 44000 га, при этом и без того маленькая урожайность продолжает снижаться. Так на 2019 год урожайность картофеля составляет 4,15 т/га (рисунок 2).



**Рисунок 2.** Площадь возделывания, урожайность и валовый сбор картофеля в Уганде за последние годы.

Такая низкая урожайность в республике Уганда обусловлена несколькими факторами. Это низкий уровень агротехники по поддержанию плодородия почвы, низкое качество посадочного материала, часто поражённого вирусами и почвообитающими микроорганизмами, отсутствие грамотно составленного севооборота (Priegnitz et al. 2019).

Производство картофеля в Уганде несет большие потери от поражения картофеля различными грибными, бактериальными и нематодными заболеваниями. Так, потери урожая могут составлять до 60%. В связи с тем, что поля в Уганде небольшие применение пестицидов и агрохимикатов становится нерентабельным. Даже используя самые дешевые средства защиты их доля в конечной стоимости продукта может составлять до 50%.

По данным исследователей наиболее распространенными и вредоносными болезнями картофеля в Уганде являются фитофтороз, бурая бактериальная гниль и вирусные болезни (Gildemacher et al. 2009).

Фитофтороз (*Phytophthora infestans*) наносит самый большой ущерб посадкам картофеля и наблюдается практически во всех местах выращивания картофеля в Уганде. Теплый и влажный климат данной местности способствует развитию этого заболевания. Только от фитофтороза фермеры проводят в среднем 5-6, а в эпифитотийные годы до 15 обработок химикатами. В тропическом климате также распространены фитофторозные корневые и клубневые гнили. Это связано с тем, что в тропической зоне почва зимой не промерзает и патогены накапливаются в почве (Prossy Namugga et al. 2018).

Бурая бактериальная гниль (*Ralstonia solanacearum*) – опасный патоген картофеля тропической зоны из-за его деструктивности, устойчивости, широкого круга хозяев и приспособленности к местным условиям. Штаммы могут сохраняться в почве, воде и альтернативных хозяевах (Abdulwahab Et al., 2019)

Также эти и другие заболевания могут развиваться на томате.

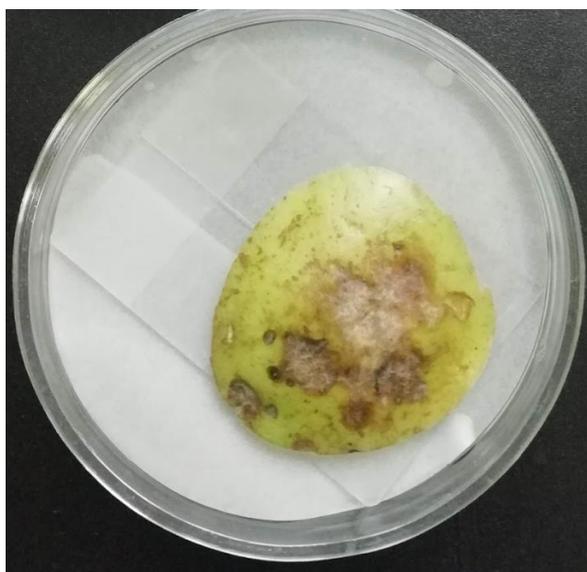
## **Глава 2. Материалы и методы**

### **2.1. Получение чистых культур грибов**

В работе использовались клубни картофеля и плоды томата, привезенные из Африки (Гамбии и Уганды), а также штаммы, выделенные из стеблей картофеля в Астраханской области и в Одинцовском районе Московской области. На клубнях были внешние повреждения: потемнение кожуры, потемнение кончиков проростков, на некоторых клубнях небольшие вмятинки. По внешним признакам определить видовую принадлежность возбудителей поражений не представлялось возможным, поэтому решили выделять микроорганизмы в чистую культуру. Плоды томата были недозрелые, зеленого цвета. Для выделения патогенных грибов из плодов

томата, как правило, берут зеленые томаты, потому что на спелых томатах при помещении их во влажную камеру начинают развиваться сапротрофные бактерии и выделение гриба в чистую культуру становится трудной задачей (рис. 3).

Плоды томата и клубни тщательно мыли проточной водой, слегка обсушивали и протирали салфеткой, смоченной в этаноле. Далее отрезали ломтик томата или картофеля, содержащий пораженную ткань. Очень важно, чтобы в закладываемом во влажную камеру образце содержалась как пораженная ткань, так и здоровая, потому что патогенные виды грибов располагаются, как правило, на границе поражения ткани, а в более пораженных участках ткани могут содержаться сапротрофные микроорганизмы. Влажная камера представляла собой чашку Петри с расположенной на дне влажной фильтровальной бумагой, поверх которой помещали предварительно протертое этанолом предметное стекло. Ломтик клубня или плода помещали на предметное стекло. При таком устройстве влажной камеры ткань исследуемого растения не соприкасается с влажной бумагой и это помогает избежать бактериальной гнили. На вторые сутки в условиях повышенной влажности на образцах развивался мицелий, который переносился с помощью стерильной иглы в чашку Петри с питательным агаром.



**Рисунок 3.** Выделение во влажной камере.

## **2.2. Выделение бактерий в чистую культуру**

Из пораженного плода томата или клубня картофеля вырезали небольшой кусочек ткани так, чтобы он содержал как больную ткань, так и здоровую, и помещали в пробирку со стерильной водой. 10 мкл полученной суспензии помещали в центр чашки Петри с питательной средой и с помощью стерильного шпателя распределяли по поверхности чашки Петри. После того, как развивались индивидуальные колонии, их переносили в другую чашку Петри, где распределяли по агару штрихованием.

## **2.3. Приготовление питательных сред**

Для выделения чистых культур грибов использовали среду сусло-агар или картофельно-глюкозный агар.

Для приготовления среды сусло-агар использовали концентрат пивного сусла. В конечном растворе содержалось 7% солодового пивного сусла и 1,5% агар-агара.

Для приготовления картофельно-глюкозного агара 200 г картофеля варили в 1 литре воды, далее отвар фильтровали и доводили объем до 1 литра, в который добавляли 20 г глюкозы и 15 г агар-агара.

Среды автоклавировали при 1 атмосфере в течение 20 минут.

### *Жидкая гороховая среда*

Для выделения ДНК грибы выращивали в жидкой гороховой среде.

100г мороженого зеленого горошка заливали 1л кипятка, далее доводили до кипения и настаивали в течение 15 минут, после чего отвар фильтровали и автоклавировали (режим: 1 атмосфера, 20 минут).

Для бактерий использовали как картофельно-глюкозный агар, так и агаризованную среду LB, содержащую 1% Триптона, 0,5% дрожжевого экстракта, 1% поваренной соли, 1,5% агар-агара.

## 2.4. Выделение ДНК

Для выделения ДНК гриб выращивали в гороховой среде, выросший мицелий перекладывали на фильтровальную бумагу для просушки. 250 -300 мг мицелия гомогенизировали в ступке, используя оксид алюминия в качестве абразивного агента. Далее в ступку добавляли 1 мл СТАВ буфера (100mM TRIS Ph 8,0; 1,4M NaCl, 20mM EDTA, СТАВ solid 2% (W/V)), полученный гомогенат переливали в 1,5 мл микропробирки и инкубировали 1 час при температуре 65°C. Затем добавляли 500 мкл хлороформа и центрифугировали. 700 мкл верхней водной фазы переносили в чистую микропробирку, в которую добавляли 400 мкл изопропанолового спирта и 70 мкл ацетата калия (5M, pH=4,6), перемешивали и центрифугировали. Супернатант сливали, а осадок, содержащий ДНК, два раза промывали 70% этанолом с помощью центрифугирования. Осадок сушили до полного испарения этанола. Присутствие даже следового количества этанола препятствует растворению ДНК. Затем ДНК ресуспендировали в 100 мкл воды.

## 2.5. Проведение ПЦР

Полимеразную цепную реакцию проводили с помощью амплификатора Биометра Т1.

**Таблица 1.** Состав ПЦР-смеси.

Компонент смеси	Количество на одну пробирку (мкл)	Финальная концентрация
10x PCR buffer (поставляется в наборе с Таq-полимеразой «Helicon»)	2,5	1x
25mM Mg <sup>2</sup> (входит в состав буфера)	2	2,0 mM
Таq-полимераза, 5U/ml	0,5	
dNTP mix	0,5	0,2 mM каждого dNTP
Праймер 1	0,4	1 μM
Праймер 2	0,4	1 μM
Деионизированная вода	19,5	
Раствор ДНК	1	4 нг/мкл
Общий объем реакционной смеси	25	

Для определения видовой принадлежности использовали универсальные праймеры ITS4 и ITS5 к участку рибосомных генов, содержащих внутренний транскрибируемый участок 1 (Internal transcribed spacer ITS1) ген, кодирующий 5,8S РНК и внутренний транскрибируемый участок 2 (ITS2). По этому генному маркеру можно определить большинство грибов до рода. Так как большинство выделенных грибов принадлежали роду *Fusarium*, то решили более подробно изучить эту группу грибов с помощью анализа участков гена  $\beta$ -тубулина (праймеры T1, T222) и фактора элонгации трансляции 1a (праймеры EF1, EF2). Праймеры к этим генам широко используются для определения видов грибов, для каждой группы грибов праймеры к этим генам разные. В работе использовались праймеры, предназначенные для идентификации рода *Fusarium*. Бактерии идентифицировали по участку гена, кодирующего 16S РНК (27fa и 519r) (последовательности праймеров приведены в таблице.2).

**Таблица 2.** Праймеры, используемые в работе.

Название	Последовательность	Тотжига	Время элонгации	Ссылка
ITS4	5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG	55°C	50 с	White et al., 1990
ITS5	5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC	55°C	50с	White et al., 1990
T1	5'-AACATGCGTGAGATTGTAAGT	58°C	60с	O'Donnell and Cigelnik 1997
T222	5'-GACCGGGGAAACGGAGACAGG	58°C	60с	O'Donnell and Cigelnik 1997
EF1	5'-ATGGGTAAGGA(A/G)GACAAGAC-3'	53°C	65с	O'Donnell et al. 1998
EF2	5'-GGA(G/A)GTACCAGT(G/C)ATCATGTT-3'	53°C	65с	O'Donnell et al. 1998
27fa	5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'	56°C	45с	Lane et al, 1991
519r-ТТb	5'-GTATTACCGCGGCTGCTG-3'	56°C	45с	Fessehaie et al, 2002

Режим амплификации был следующий:

- 1) 94°C 3 мин (предварительная денатурация),
- 2) далее 30 циклов, чередующихся температур: 94°C (30 сек.), температура отжига праймеров, которая указана в таблице 2 (30 сек.), 72°C (время, указанное в таблице 2);
- 3) 72°C 5 мин (для завершения элонгации ампликонов),
- 4) 4°C 30 мин.

После проведения ПЦР ставили электрофорез в 1% агарозном геле для контроля длины, концентрации и чистоты ампликона. Если ампликон удовлетворял всем требованиям, то его вырезали из геля и очищали с помощью коммерческого набора (Евроген), согласно методике, предложенной производителем. Кусочек геля помещали в пробирку, наливали 3 объема от объема геля «связывающего» раствора и инкубировали при температуре 55°C до полного растворения геля. Полученный раствор переливали в маленькую пробирку (колонку), в нижней части которой имеется отверстие, закрытое фильтром, связывающим ДНК и свободно пропускающим остальные компоненты раствора. Связанную на фильтре ДНК дополнительно промывали буфером, содержащим 70% этанол. После чего ДНК смывали «элюирующим» раствором. Очищенные ампликоны секвенировали по Сэнгеру в компании Евроген.

### Глава 3. Результаты и обсуждение

В результате проведенной работы была создана коллекция грибных патогенов картофеля и томата.

Из клубней картофеля, привезенных из Уганды, было выделено 36 штаммов грибов. Анализ видовой принадлежности по культурально-морфологическим и молекулярно-генетическим признакам показал их принадлежность к следующим видам: 16 штаммов *Fusarium oxysporum*, 1 штамм *F. solani*, 2 штамма *F. graminearum*, 3 штамма *F. incarnatum-equiseti*, 2

штамма *Penicillium* sp., 4 штамма *Colletotrichum coccodes*, 1 штамм *Phoma* sp., 3 штамма *Helminthosporium solani*, 3 штамма *Alternaria solani*, 1 штамм мелкоспоровой *Alternaria*, 1 штамм *Microdochium* sp., 1 штамм *Trichoderma* sp.

Из угандийских плодов томата было выделено 9 штаммов, из которых 7 *Fusarium equiseti*, 1 - *Cladosporium cladosporioides* и 1 штамм *Alternaria alternata* (таблица 3).

На некоторых клубнях были видны признаки бактериального поражения, из этих клубней было выделено и определено методом секвенирования участка гена, кодирующего 16S рРНК, 6 штаммов бактерий: 2 штамма *Pseudomonas putida*, 2 штамма *Serratia liquefaciens*, 2 штамма *Raoultella terrigena*. Для картофеля они не считаются патогенными. Эти бактерии находят на поверхности клубней картофеля, они могут вести также эндофитный образ жизни. При развитии патологического процесса, инициированного патогенами, эти микроорганизмы также способствуют разрушению ткани растения.

Эти же клубни были поражены грибами рода фузариум. По-видимому, развитие бактерий *P. putida*, *S. liquefaciens*, *R. terrigena* было вторичным. На одном из клубней (клубень №4), привезенном из Уганды, на срезе было заметно кольцо из сосудов, заполненных мутноватой желтоватой жидкостью (рис. 4). По внешним признакам такое поражение напоминает *Ralstonia solanacearum*. К сожалению, выделить бактерии в чистую культуру не удалось, по-видимому, среда, которую мы использовали для выделения бактерий, не подошла данному виду. С этого же клубня в чистую культуру был выделен гриб *F. oxysporum*, поэтому трудно определить был ли на этом клубне патогенный вид бактерий или этот вид бактерий развился как вторичная инфекция после поражения фузариозом.



**Рисунок 4.** Внешний вид и разрез клубня №4, на котором были найдены бактериальные и грибные поражения.

Два штамма бактерий было выделено из плодов томата. На поверхности томатов были заметны небольшие язвочки, заполненные мутным экссудатом. Один из штаммов бактерии был патогенным. Это был вид бактерии *Pseudomonas syringae*. Наш штамм полностью совпадал по последовательности ДНК, кодирующей 16S рРНК со штаммами *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, выделенных из листьев (JQ945226) и плодов томата (MF582570 и MK591130). Второй штамм принадлежит виду *Enterobacter asburiae*. Этот вид бактерий не патогенен для томата. Один из штаммов этого вида бактерий пытались использовать для разработки биопрепарата, контролирующего Вирус желтизны листьев томатов (Tomato yellow leaf curl virus)

Определение видовой принадлежности грибов проводили по культурально-морфологическим признакам и видоспецифичному участку ДНК (ITS1-5,8S-ITS2). Грибы рода *Colletotrichum coccodes*, *Helminthosporium solani* и *Penicillium* sp. определяли в первую очередь по культурально-морфологическим признакам.

*C. coccodes* образовывал на поверхности клубня характерные черные склероции, при культивировании гриба на картофельно-глюкозном агаре на 7 сутки также формировались характерные склероции (рис. 5). Под

бинокляром на склероциях можно рассмотреть щетинки. По морфологии африканские штаммы *C. coccodes* не отличались от российских.



**Рисунок 5.** Формирование склероций у гриба *C. coccodes*.

*H. solani* также легко отличить от других видов грибов. При инкубации ломтика картофеля или целого клубня во влажных условиях на поверхности появляются конидиеносцы, напоминающие ветвь пальмы. На картофельно-глюкозном агаре гриб растет медленно, формируя серо-зеленые колонии (рис. 6).



**Рисунок 6.** Колония гриба *Helminthosporium solani* на картофельно-глюкозном агаре.

Грибы рода *Penicillium* sp. определяли по характерному спороношению. На чашках с питательным агаром гриб формировал колонии,

которые через некоторое время покрывались мелкими зелеными спорами (рис. 7).



**Рисунок 7.** Колонии гриба *Penicillium* sp на картофельно-глюкозном агаре.

Остальные грибы определяли, ориентируясь на анализ последовательности ITS1-5,8S–ITS2.

Грибы рода *Alternaria* представлены крупноспоровыми и мелкоспоровыми видами. Были найдены как на томатах, так и на картофеле. *Alternaria* была ранее найдена на картофеле в Африке, но подробного изучения видового разнообразия африканских штаммов этого гриба проведено не было (Van der Waals et al., 2011).

Больше всего было выделено грибов, относящихся к роду фузариум. Фузариумы сложно определить по морфологии и универсальному генетическому маркеру – последовательности ITS1-5,8S–ITS2.

**Таблица 3.** Изоляты, использованные в работе.

Название штамма	Год	Вид патогена	Страна, регион сбора	Культура
20 Ug TF 2	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 Ug TF 3	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 UG TF 5/2	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 UG TF 5/1	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 UgLaTF 1	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 UgLaTF 7	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 UgLaTF 9/1	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	ТП
20 UgLaTF 2/1	2020	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	Уганда	ТП
20Ug LaTF5	2020	<i>Alternaria</i> sp.	Уганда	ТП

18KVTF22 B25	2018	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Россия, Краснодарский край	ТП
19MOVTL	2019	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Россия, Московская обл.	ТЛ
20 AKTFzav2	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Россия, Астраханская обл.	ТП
20 UgPT 4	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 UgPT 5	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 UgMbPT 5/2	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20UgMbPT5	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 UgKacPT 15	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 Ug KgPT 1/3	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 UgKgPT 3	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 Ug KgPT 3/1	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 UgKgPT 3/2	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT195	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT 199	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT 200	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT 201	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT 203	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT 217	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
AB20PT 241	2020	<i>F. oxysporum</i>	Уганда	КК
20 UgMbPT 3/1	2020	<i>F. solani</i>	Уганда	КК
F20AKPS4	2020	<i>F. solani</i>	Россия, Астраханская обл.	КС
F20AKPS5	2020	<i>F. solani</i>	Россия, Астраханская обл.	КС
20 Ug LaPT 1	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	КК
AB20PT 208	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	КК
AB20PT 211	2020	<i>F. incarnatum-equiseti</i>	Уганда	КК
AB20PT 198	2020	<i>F. graminearum</i>	Уганда	КК
20 Ug LaPT 2/1-1	2020	<i>F. graminearum</i>	Уганда	КК
AB20PT 213	2020	<i>Microdochium</i> sp.	Уганда	КК
20 Ug Mb 1-1	2020	<i>Alternaria solani</i>	Уганда	КК
20 Ug La PT 2 2	2020	<i>A. solani</i>	Уганда	КК
20 UgMbPT 2/1	2020	<i>A. solani</i>	Уганда	КК
20 UgLaPT1-1	2020	<i>Alternaria</i> sp.	Уганда	КК
20 UgMbPT 4	2020	<i>Phoma</i> sp.	Уганда	КК
20UgKgPT 1	2020	<i>Colletotrichum coccodes</i>	Уганда	КК
20UgKgPT 2	2020	<i>C. coccodes</i>	Уганда	КК
20UgLaPT 1/1	2020	<i>C. coccodes</i>	Уганда	КК
20UgLaPT ½	2020	<i>C. coccodes</i>	Уганда	КК
Кигами Кар 14	2020	<i>Penicillium</i> sp.	Уганда	КК
AB20PT245	2020	<i>Penicillium</i> sp.	Уганда	КК
AB20PT215	2020	<i>Trichoderma</i> sp.	Уганда	КК

\* - КК – клубень картофеля, КС – стебель картофеля, ТП – плод томата, ТЛ – лист томата.

Определение видовой принадлежности видов рода *Fusarium* проводили методом секвенирования видоспецифичных участков фактора элонгации трансляции и бета-тубулина. Анализ штаммов по этим генам позволил определить штаммы до видов. Как видно на дендрограммах, обнаруженные штаммы фузариума разделились на 4 видовых комплекса: *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti* и *F. solani*. Каждый видовой комплекс на дендрограмме представлен отдельной ветвью (рис 10,11). Большинство картофельных штаммов представлены видом *F. oxysporum* (рис. 8,10,11). Этот же вид преобладает на клубнях картофеля и в Московской области (неопубликованные данные нашей лаборатории), в Польше (Stefańczyk et al. 2012), в штате Иллинойс в США (Gachango et al. 2012) и в Южной Корее (Kim and Lee 1994). В Алжире и Китае показано преобладание другого вида фузариума *F. sambucinum* (Azil et al. 2012, Du et al. 2012). *F. oxysporum* также распространен в этих регионах. В нашей коллекции *F. sambucinum* не был представлен. Кроме *F. oxysporum* на картофеле были выявлены штаммы *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti* и *F. solani*. Эти виды довольно часто встречаются на клубнях картофеля. *F. solani* (рис. 9) доминировал в Англии в 2000-2002 годах (Peters et al. 2008).

На томате был обнаружен только *F. incarnatum-equiseti*. По-видимому, это самый распространенный вид фузариумов, поражающих томаты. Так, в исследованиях фузариозных поражений томатов в Северном Пакистане 68.9% процентов относились к виду *F. incarnatum-equiseti*, 20.7% *F. graminearum*, 6.8% *F. acuminatum* и 6.8% *F. solani* (Akbar et al. 2018). Представителей комплекса *F. oxysporum* также находили на растениях томата (Srinivas et al. 2014). По-сравнению с комплексом *F. incarnatum-equiseti* штаммы *F. oxysporum*, по-видимому, менее агрессивны по отношению к томату. В работе Инами с соавторами (2014), в которой проверялась патогенность штаммов фузариума, ни один из 433 изолятов *F. oxysporum*, за исключением штамма SE4-391, не вызывал болезни увядания при инокулировании трех тестируемых сортов томата. Штамм SE4-391

принадлежал виду *F. oxysporum* Schlecht. *F. Sp. radidis-lycopersici*, вызывал книль корневой системы томатов.



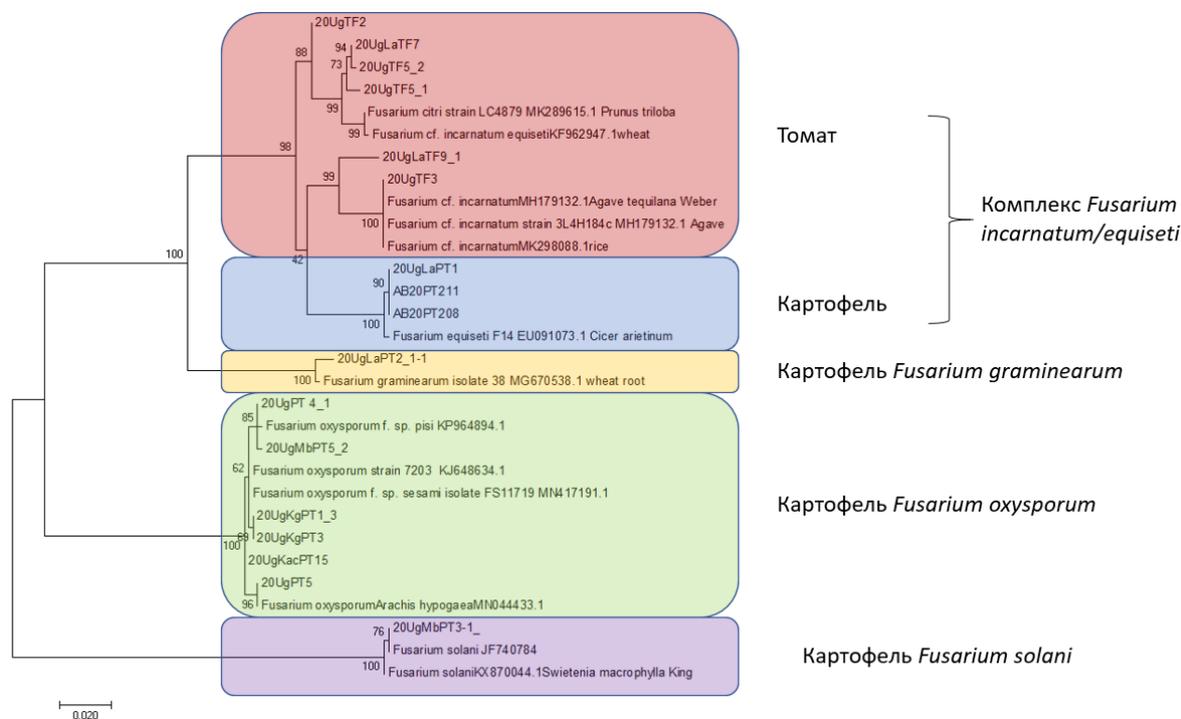
**Рисунок 8.** Колония *F. oxysporum* на картофельно-глюкозном агаре



**Рисунок 9.** Колония *F. solani* на картофельно-глюкозном агаре

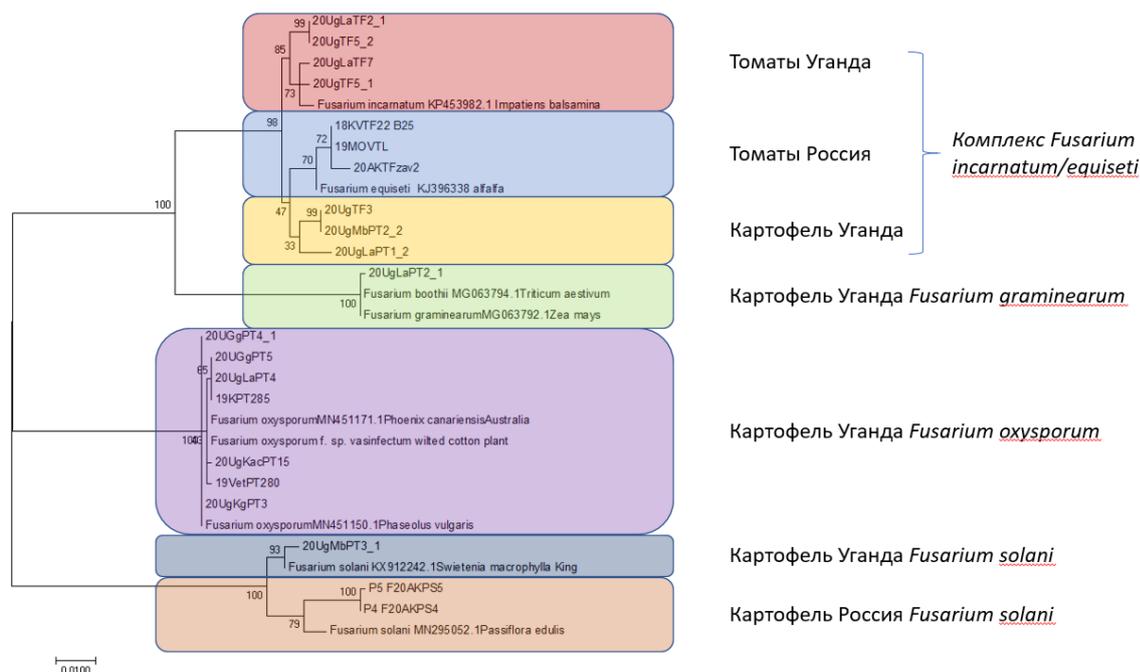
Фузариумы - очень разнообразная группа грибов, различающихся по своим физиологическим особенностям. По-видимому, большинство патогенных фузариумов высокоспецифичны не только к определенному растению, но и к определенной части растения. Так, согласно нашим и литературным данным, *F. incarnatum-equiseti*, поражающие плоды томата и стебли картофеля, отличаются друг от друга по последовательности генов бета-тубулина и фактора элонгации. Томатные и картофельные штаммы четко разделяются в разные клады (рис. 8). *F. incarnatum-equiseti* находили

только на стеблях картофеля, на клубнях этот вид фузариума не был обнаружен.



**Рисунок 10.** Дендрограмма распределения видов рода *Fusarium* по участку гена фактора элонгации транскрипции.

На рисунке 9 показана дендрограмма распределения видов рода *Fusarium* по участку гена бета-тубулина. Помимо штаммов, выделенных с Африканских образцов картофеля и томата в нее включены штаммы, отобранные в России в Астраханской области и в Одинцовском районе Московской области. Штаммы, найденные в Уганде и РФ различаются между собой внутри видового комплекса. Возможно, эти отличия связаны с различной степенью патогенности штаммов или с преимущественным поражением листьев и стеблей (Российские штаммы). Все это вопрос дальнейших исследований.



**Рисунок 11.** Дендрограмма распределения видов рода *Fusarium* по участку гена бета-тубулина.

Исходя из полученных данных по различию между патогенами из умеренной и тропической климатических зон, можно сделать предположение о необходимости разработки специфической системы защиты от патогенов в странах тропической зоны.

## Заключение

Анализ технологий выращивания картофеля в условиях умеренного и тропического климата показал, что основные элементы технологии могут применяться в обоих регионах. Защита картофеля в тропиках имеет свои особенности. В условиях теплой зимы не происходит промерзания почвы, что позволяет в ней постоянно сохраняться возбудителям бактериальных инфекций, особенно *Ralstonia solanacearum*. В условиях круглогодичной вегетации паразиты и фитопатогены могут легко перелетать с одних посадок на другие, что затрудняет борьбу с ними. Поэтому в условиях тропиков особое внимание должно уделяться пространственной изоляции посадок, севообороту и качеству семенного материала.

Проведение экспериментальной работы по анализу видовой структуры микобиоты, ассоциированной с картофелем и томатом, показало, что основные виды фитопатогенных грибов в России и Уганде совпадают, что позволяет использовать сходные технологии защиты и спектр пестицидов. В то же время показаны различия внутри видовых комплексов между грибами рода *Fusarium*, выделенными с картофеля и томата в России и Уганде. Имеет ли это различие практическое значение – предмет дальнейших исследований. Возможно, штаммы фитопатогенов умеренной и тропической зон имеют различия в восприимчивости к фунгицидам и в патогенности. В этом случае потребуется адаптация системы защиты картофеля для использования в различных климатических зонах.

## Выводы

1. Из пораженных образцов картофеля и томата, собранных в разных регионах Уганды были выделены чистые культуры грибов: 36 из картофеля и 9 из томата.

2. Анализ видовой принадлежности по культурально-морфологическим и молекулярно-генетическим признакам штаммов, выделенных из картофеля, показал их принадлежность к следующим видам: *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti*, *Penicillium* sp., *Colletotrichum coccodes*, *Phoma* sp., *Helminthosporium solani*, *Alternaria solani*, *Alternaria* sp., *Microdochium* sp., *Trichoderma* sp.

3. Анализ штаммов, выделенных из пораженных угандийских плодов томата, выявил виды *Fusarium incarnatum-equiseti*, *Cladosporium cladosporioides* и *Alternaria* sp.

4. Детальный анализ штаммов рода *Fusarium* с использованием двух видоспецифичных участков ДНК показал, что на картофеле встречались виды комплексов *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. incarnatum-equiseti*, в то время как на томате – только *F. incarnatum-equiseti*. В России на томате также встречается практически исключительно *F. incarnatum-equiseti*. При этом штаммы *Fusarium* sp., выделенные с картофеля и томата в России и Уганде, различались между собой внутри видового комплекса.

## Список литературы

Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н. и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков // М.: Картофелевод, 2009. – 272 с.

Балабко П. Н., Хуснетдинова Т. И., Головков А. М., Черкашина Н. Ф. Влияние нетрадиционных органических удобрений на урожай картофеля в условиях Московской области // Защита картофеля № 1, 2014.

Белов Г.Л., Зейрук В.Н., Васильева С.В. Бактериальные болезни картофеля и методы их диагностики // Защита и карантин растений, 2016.

Берим М.Н. Тли – вредители картофеля // Защита картофеля, 2017.

Богоутдинов Д.З., Можаяева К.А., Гирсова Н.В., Кастальева Т.Б. Изучение фитоплазменных болезней картофеля // Защита и карантин растений, 2008.

Верещагин Н.И., Пшеченков К.А., Герасимов В.С. Уборка картофеля в сложных условиях. – М.: Колос, 1983. – 208 с

Волков, Д.С., Воронин, А.Н., Гусев, Г.С. Современные технологии производства картофеля в условиях Нечерноземной зоны – Ярославль : Изд-во ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА, 2013. – 180 с.

Зейрук В.Н., Глѐз В.М. Подготовка семенного материала и посадка картофеля // Картофель и овощи, 2007.

Зубарев А.А., Каргин И.Ф., Костин Д.А. Минеральные удобрения, урожай и качество клубней картофеля // Картофель и овощи, 2010.

Игнатов А.Н., Паньчева Ю.С., Воронина М.В., Джалилов Ф.С. Бактериозы картофеля в Российской Федерации // Картофель и овощи №1, 2018.

Карманов С.Н., Кирюхин В.П., Коршунов А.В. Урожай и качество картофеля. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 167 с.

Кокаева Л. Ю. микобиота пораженных листьев *Solanum tuberosum l.*, *S. lycopersicum l.* и *S. dulcamara l.* // Дисс. на соискание учёной степени кандидата биологических наук. // Москва – 2016 г.

Лекомцева Е.В., Иванова Т.Е., Иванов И.Л., Бортник Т.Ю. Удобрение картофеля // Картофель и овощи №4, 2015.

Прямов С. Б. Усовершенствование технологии выращивания, уборки, хранения и товарной подготовки картофеля в условиях крупнотоварного производства при орошении – Дисс. на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. // Москва – 2016 г

Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В. Технологии хранения картофеля. – М.: «Картофелевод», 2007. – 192 с.: ил.

Пшеченков К.А., Мальцев С.В., Семёнов Д.Г. Картофель: убрать эффективно // Картофель и овощи №9, 2016.

Савенко В.Г., Савриев Г.М., Симаков Е.А. , Анисимов Б.В. Современные технологии производства и хранения картофеля: рекомендации. – М.: ФГУ РЦСК, 2008. – 103 с.

Созонов А.Н. Вирус Y картофеля в СевероЗападном регионе РФ: распространение, штаммовый состав и профилактика вызываемых ими заболеваний.- Дисс. на соискание канд. биолог. наук.– СПб, ВИЗР, 2005. – 127с.

Старовойтов В.И., Коршунов А.В., Симаков Е.А., Анисимов Б.В. и др. Современные технологии производства картофеля: рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 72 с.

Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля. – М.: Агроспас, 2010. – 316 с.

Abdulwahab A., M. L. Parker, Jan Kreuze, John G. Elphinstone, Paul C. Struik, A. Kigundu, E. Arengo, K. Sharma. Molecular Epidemiology of *Ralstonia solanacearum* Species Complex Strains Causing Bacterial Wilt of Potato in Uganda // Phytopathology Vol. 109, No. 11, 2019.

Akbar A, Hussain S, Ullah K, Fahim M, Ali GS. Detection, virulence and genetic diversity of *Fusarium* species infecting tomato in Northern Pakistan. PLoS

One. 2018 Sep 20;13(9):e0203613. doi: 10.1371/journal.pone.0203613. PMID: 30235252; PMCID: PMC6147440.

Azil, N., Stefańczyk, E., Sobkowiak, S. et al. Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. associated with tuber dry rot and wilt of potato in Algeria. *Eur J Plant Pathol* 159, 495–509 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02177-5>.

Carbone, I., and Kohn, L. M. A Method for Designing Primer Sets for Speciation Studies in Filamentous Ascomycetes. *Mycologia*. 1999. V. 91. P.553.

Du, M., Ren, X., Sun, Q., Wang, Y., & Zhang, R. (2012). Characterization of *Fusarium* spp. causing potato dry rot in China and susceptibility evaluation of Chinese potato germplasm to the pathogen. *Potato Research*, 55, 175–184.

Gachango, E., Hanson, L. E., Rojas, A., Hao, J. J., & Kirk, W. W. (2012). *Fusarium* spp. causing dry rot of seed potato tubers in Michigan and their sensitivity to fungicides. *Plant Disease*, 96, 1767–1774.

Gildemacher P.R., W. Kaguongo, O. Ortiz, A. Tesfaye, G. Woldegiorgis, W.W. Wagoire, R. Kakuhenzire, P.M. Kinyae, M. Nyongesa, P.C. Struik, C. Leeuwis Improving Potato Production in Kenya, Uganda, and Ethiopia: A System Diagnosis // *Potato Research*. 2009. V. 52. P. 173-205.

Glass N.L., and Donaldson G.C. 1995. *Applied and environment microbiology* 61(4): 1323-1330.

Inami K, Kashiwa T, Kawabe M, et al. The tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* shares common ancestors with nonpathogenic *F. oxysporum* isolated from wild tomatoes in the Peruvian Andes. *Microbes Environ*. 2014;29(2):200-210. doi:10.1264/jsme2.me13184.

Kutuzova I.A., Kokaeva L.Y., Pobedinskaya M.A., Krutyakov Y.A., Scolotneva E.S., Chudinova E.M., Elansky S.N. Resistance of *Helminthosporium solani* strains to the fungicides applied for tuber treatment // *Journal of Plant Pathology*. — 2017. — V. 99(3). — P.635–642.

Kim, J. C., & Lee, Y. W. (1994). Sambutoxin, a new mycotoxin produced by toxic *Fusarium* isolates obtained from rotted potato tubers. *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 4380–4386.

Namugga P., Sibiya J., Melis R., Barekye A. Yield response of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes to Late Blight caused by *Phytophthora infestans* in Uganda // *American Journal of Potato Research*, 2018.

Peters, J. C., Lees, A. K., Cullen, D. W., Sullivan, L., Stroud, G. P., & Cunnington, A. C. (2008a). Characterisation of *Fusarium* spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain. *Plant Pathology*, 57, 262–271.

Priegnitz U, Lommen WJM, Onakuse S and Struik PC (2019) A Farm Typology for Adoption of Innovations in Potato Production in Southwestern Uganda. *Front. Sustain. Food Syst.*, 2019.

Srinivas C, Nirmala Devi D, Narasimha Murthy K, Mohan CD, Lakshmeesha TR, Singh B, Kalagatur NK, Niranjana SR, Hashem A, Alqarawi AA, Tabassum B, Abd Allah EF, Chandra Nayaka S. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity- A review. *Saudi J Biol Sci.* 2019 Nov;26(7):1315-1324. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.06.002. Epub 2019 Jun 4. PMID: 31762590; PMCID: PMC6864208.

Stefańczyk, E., Sobkowiak, S., Brylińska, M. et al. Diversity of *Fusarium* spp. associated with dry rot of potato tubers in Poland. *Eur J Plant Pathol* 145, 871–884 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0875-0>. B B(Gachango et al. 2012) and South Korea (Kim and Lee 1994).

Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipinski A., and Kumar S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. // *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.

Van der Waals JE, Pitsi BE, Marais C, Wairuri CK. First Report of *Alternaria alternata* Causing Leaf Blight of Potatoes in South Africa. *Plant Dis.* 2011 Mar;95(3):363. doi: 10.1094/PDIS-11-10-0820. PMID: 30743533.

White, T. J., et al. 1990. Page 315 in: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Academic Press, San Diego.

Картофель [Электронный ресурс]

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8C> (дата последнего обращения к сайту 04.05.21).

<http://www.fao.org/potato-2008/ru/potato/cultivation.html> (дата последнего обращения к сайту 04.05.21).

<http://www.fao.org/faostat/en/> (дата последнего обращения к сайту 04.05.21).