

УДК 632.93:632.952:633.256(470.333)

МИКОЦЕНОЗЫ КАРТОФЕЛЯ НА ПОЛЯХ НОВОЗЫБКОВСКОГО РАЙОНА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ[§]

© 2024 г. С. Н. Михалева^{1,*}, Л. Н. Ульяненко¹, Н. И. Бudyнков¹, А. П. Глинушкин¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии 143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия

*E-mail: svetlanova-1985@mail.ru

Изучили особенности формирования микоценозов в посадках картофеля, произрастающего на полях с разным уровнем радиоактивного загрязнения и хозяйственного использования. Эксперименты проведены в 1991–1998 гг. на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции в Брянской обл. (плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} = 1.2 \pm 0.2 \text{ МБк/м}^2$) и выведенных из хозяйственного использования угодьях СХПК «Комсомолец» ($^{137}\text{Cs} > 1.8 \text{ МБк/м}^2$). Отмечены различия в пораженности растений картофеля болезнями в полевом мелкоделяночном опыте (1992 г.) в зависимости от внесенных удобрений (фон – ТНК или дополнительно NPK + Mg), их сбалансированности (разные дозы элементов питания), а также агротехники возделывания. В вариантах с внесением NPK + Mg и применением гербицида Прометрин СК или гумата натрия выявлено достоверное снижение пораженности клубней паршой обыкновенной на 25–60%. Погодные условия оказывали влияние на развитие патогенов. В 1994 г. наиболее активно в посадках картофеля развивался ризоктониоз и на клубнях – парша обыкновенная ($\text{ГТК}_{\text{май-август}} = 2.35$, что значительно выше среднегодовой нормы за 1991–1998 гг. – 1.35). В опыте на картофеле сорта Темп белорусской селекции (1994 г.) показана возможность сдерживания развития возбудителей болезней за счет предпосадочной обработки клубней фунгицидами: при использовании контактного фунгицида ТМТД 80 СП снижение суммарного уровня развития фитопатогенов и сапрофитов было в 1.4 раза меньше, чем в контроле, а при использовании системного фунгицида Текто 450 КС – в 2.3 раза. Применение для предпосадочной обработки клубней картофеля биологически активных веществ (Агат-25К, ТПС, Крезацин, КРП и Эпин-Экстра Р) приводило к снижению пораженности растений фитоспороозом в 2.2–4.5 раза, паршой обыкновенной – на 17–32%, ризоктониозом – на 10–36% и более позднему, чем в контроле, развитию болезней, что определяло тактику фунгицидной защиты картофеля в период вегетации. Отмечено повышение урожайности картофеля на 11–29% и достоверное снижение накопления ^{137}Cs в клубнях на 7–15%.

Ключевые слова: микоценоз, картофель, радиоактивное загрязнение, болезни, фитопатогены, протравители, биологически активные вещества.

DOI: 10.31857/S0002188124010071

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды радионуклидами в результате радиационных аварий оказывает влияние на организацию сельскохозяйственного производства на подвергшихся их воздействию территориях. Из многих проблем, возникающих особенно в отдаленный после аварии период развития радиологической ситуации, на первый план выходят вопросы сохранения плодородия почв, охраны окружающей среды и обеспечения экологической

безопасности [1]. Ограничение поступления радионуклидов или тяжелых металлов в организм человека за счет минимизации их перехода в урожай сельскохозяйственных культур обеспечивается внедрением технологий возделывания растений с использованием специальных агротехнических и агрометеорологических приемов и средств [2, 3]. Оправданность этих мероприятий подтверждена опытом преодоления последствий радиационных аварий в агрофере. Между тем, негативным аспектом этих приемов является дестабилизирующее влияние на компоненты ценозов, в том числе на микробиоту почв [4–6]. В условиях антропогенного загрязнения микроорганизмы способны быстро

[§]Работа выполнена в рамках совместных НИР с ФГБНУ ВНИИРАЭ в 1992–1998 гг.

адаптироваться и изменять свои физиологические и даже наследственные параметры [7]. При этом происходит перераспределение доминирующего положения представителей структуры микоценоза. Показаны различия в развитии консорциумов фитопатогенной микробиоты, в частности, возбудителей болезней из рода *Fusarium* на злаковых травах и зерновых культурах в зоне отчуждения в разные периоды после аварии (Новозыбковский р-н Брянской обл.) [8]. Отмечено появление ранее нетипичных для региона видов фитопатогенных грибов (*Gloeosporium lupini* Bon., *Colletotrichum coccodes* Wallr., *Rhizoctonia solani* Kühn.). На растениях ячменя отмечено доминирование фитопатогенов над другими группами грибов, наблюдаются заметные отличия в соотношениях групп микромицетов по сравнению с “чистыми” от радионуклидов территориями [9].

Цель работы – изучение особенностей формирования микоценозов в посадках картофеля, произрастающего на полях с разным уровнем радиоактивного загрязнения, специфики хозяйственного использования и применения различных агротехнических приемов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование было проведено в 1991–1998 годах в Новозыбковском р-не Брянской обл. на выведенных из использования после аварии на ЧАЭС сельскохозяйственных угодьях СХПК “Комсомолец” (2 участка с посевами зерновых, люпина и картофеля; плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 1.8 \text{ МБк/м}^2$) и на опытных полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции – филиала ФГБНУ “Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса” (плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} = 1.2 \pm 0.2 \text{ МБк/м}^2$). Почвы региона дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, содержание гумуса $< 2\%$, подвижного фосфора – 34–40 и калия – 8–10 мг/100 г почвы, рН 5.4–6.4 [8].

Распространенность болезней и пораженность ими растений оценивали в соответствие со стандартными методиками [10, 11]. Для микологических анализов образцов растений и клубней картофеля возбудителей выделяли в чистые культуры [12], фитоэкспертизу клубней проводили в соответствие с традиционной методикой [13]. Использовали 2 методических подхода к фитопатологическому анализу посадочного материала: 1 – отбирали явно зараженные клубни с очевидными симптомами болезней и 2 – внешне здоровые клубни для микологического анализа эндогенной инфекции, бессимптомно сохраняющейся в здоровых тканях и развивающейся при благоприятных для патогенеза погодных условиях (температура

и влажность воздуха, отсутствие агротехнических приемов сдерживания болезней).

В полевом мелкоделяночном опыте на картофеле сорта Темп белорусской селекции на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции (1994 г.) оценивали влияние специальных мероприятий, направленных на снижение поступления радионуклидов в урожай, а также использования средств защиты растений и агрохимикатов. Схема мелкоделяночного полевого опыта включала 3 блока: вариант А₀ (фоновый) – внесение органических удобрений – торфо-навозный компост (ТНК) 80 т/га, вариант А₁ – внесение ТНК и минеральных удобрений (NPK) – N90P60K120 + Mg40, вариант А₂ – внесение ТНК и повышенных доз минеральных удобрений (N150P120K120 + Mg60). Дозы внесения NPK соответствовали тем, которые способствуют подавлению перехода ^{137}Cs из почвы в урожай [2]. В каждом из блоков (А₀, А₁ и А₂) были предусмотрены варианты без использования средств защиты растений (контроль), а также: с обработкой посадок гербицидом Прометрин СК (500 г/л) – за 3-е сут до всходов культуры, норма применения – 30 мл/100 м², расход рабочего раствора – 3 л/100 м²; обработка 1%-ным раствором медного купороса (сульфат меди, CuSO_4) в фазе образования основных побегов (6 л/100 м²); обработку 0.1%-ным раствором ортоборной кислоты (H_3BO_3) по всходам (5 см высоты ботвы) в норме 1 л/м² и обработка растений в тот же период гуматом натрия в концентрации 0.035% (3 л/100 м²). Повторность опыта четырехкратная. Гербицид Прометрин СК относится к классу триазинов, характеризуется избирательным системным почвенным действием, имеет длительный защитный эффект против однолетних двудольных и злаковых сорняков. Раствор медного купороса применяют в качестве профилактического и лечебного препарата против фитофтороза. Обработка всходов ортоборной кислотой способствует гармоничному развитию растений. Применение гуматов на начальных фазах развития растений или при действии стресс-агентов разной природы способствует повышению адаптивных возможностей организма.

Предпосадочное протравливание клубней проводили 2-мя фунгицидами: ТМТД 80 СП – контактный, защитный фунгицид, д.в. – тирам, норма применения – 2.5 кг/т (целевые объекты – возбудители фитофтороза, парши обыкновенной, мокрой гнили картофеля); Текто 450 КС – системный фунгицид, д.в. – тиабендазол, 0.06 л/т (фузариоз, фомоз, ооспороз, ризоктониоз, парша обыкновенная), норма расхода рабочего раствора – 10 л/т. Повторность опыта четырехкратная. В рамках этого же эксперимента оценивали влияние предпосадочной обработки клубней картофеля суспензией штаммов грибов – антагонистов *Nematogonium*

auratiacum и *Dactylella anisomeres* на рост растений картофеля в ранних фазах развития. Активность и нормы применения грибных суспензий определяли опытным путем в лаборатории ВНИИ фитопатологии и составляли 9×10^8 – 10^9 КОЕ/мл.

Для обработки клубней биологически активными веществами использовали: Агат-25К ТПС – 3-индолилуксусная кислота + α -аланин + α -глутаминовая кислота (18 + 60 + 70 мг/кг). Действие препарата направлено в том числе на повышение устойчивости к неблагоприятным факторам среды и болезням, норма применения – 135 г/т, 10 л рабочего раствора/т; Крезацин КРП – ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль – синтетический аналог фитогормонов из группы ауксинов, регулирует биоантиоксидантный комплекс, действие направлено на повышение урожайности и устойчивости к болезням (1.5 г/т, 10 л/т);

Эпин-Экстра Р – растительный гормон, д.в. – 2,4-эпибрассинолид, 0.025 г/л, обладает антистрессовыми свойствами (20 мл/т, 10 л/т). В качестве варианта-стандарта для обработки клубней был выбран фунгицид Текто КС (0.06 л/т, 10 л рабочего раствора/т). Повторность опыта четырехкратная.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с применением пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 97.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Микоценозы картофеля на полях с ведением растениеводства и на отчужденных территориях. Регион исследования относится к зоне нестабильной вредоносности большинства вредных организмов. Мониторинг фитосанитарного состояния с 1991 по

Таблица 1. Видовая структура микробных ценозов картофеля на полях Новозыбковского р-на Брянской обл.

Возбудитель болезни	Название болезни	Распространенность возбудителей болезней	
		1992 г.	1991–1998 гг.
<i>Phytophthora infestans</i>	Фитофтороз	+	++
<i>Colletotrichum coccodes</i>	Антракноз	+	++
<i>Fusarium oxysporum</i>	Корневая гниль, трахеомикоз	+	++
<i>Geotrichum candidum</i>	Резиновая гниль клубня	+	+
<i>Phoma exigua</i>	Фомоз	+	+
<i>Rhizoctonia solani</i>	Корневая гниль, ризоктониоз	+	+++
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Увядание вертициллезное	–	+
<i>Pythium debarianum</i>	Корневая гниль	+	++
<i>Erwinia carotovora</i>	Мокрая гниль клубней	+	++
<i>Pectobacterium phytophthorum</i>	Черная ножка картофеля	+	+
<i>Streptomyces scabies</i>	Парша обыкновенная	+	+++
<i>Oospora pustulans</i>	Бугорчатая парша клубня	+	+
<i>Alternaria solani</i>	Альтернариоз (макроспориоз)	+	++
<i>Ascochyta graminicola</i>	Аскохитоз (пятнистость)	–	++
<i>Botrytis cinerea</i>	Ботритис (серая гниль)	–	+
<i>Fusarium culmorum</i>		+	+
<i>Fusarium moniliforme</i>	Корневая гниль,	+	++
<i>Fusarium nivale</i>	трахеомикоз	+	+
<i>Fusarium solani</i>		+	+++
<i>Penicillium spp.</i>	Пеницеллез	–	+

Примечание. +++ – доминируют (3 балла), ++ – часто встречаются (2 балла), + – редко встречаются (1 балл); прочерк – возбудитель отсутствует. То же в табл. 2–6.

1998 г. на радиоактивно загрязненных территориях Новозыбковского р-на Брянской обл. позволил определить структуру микробных консорциев в посадках картофеля (табл. 1).

Расчитанный за вегетационный период (май–август) гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК по Г.Т. Селянинову) в 1991 г. составил 1.4, в 1992 г. – 0.73 (недостаточное увлажнение), в 1993 г. – 1.58, в 1994 г. – 2.35, в 1995 г. – 1.1, в 1996 г. – 1.23, в 1997 г. – 1.15, в 1998 г. – 1.3, что свидетельствовало о неустойчивом характере погоды. Средний ГТК за период 1991–1998 гг. – 1.35.

Погодные условия 1992 г. характеризовались недостаточным увлажнением – ГТК был в 1.75 раза меньше, чем средний многолетний показатель 1.28. Видовой состав микробиома картофеля на полях Новозыбковского р-на Брянской обл. включал опасные патогены: *Colletotrichum coccodes* Wallr., *Fusarium oxysporum* Schl., *Geotrichum candidum* Link., *Phoma exigua* и *Rhizoctonia solani* Kuhn.

Тенденция нарастания встречаемости в течение 8-летнего периода (1991–1998 гг.) по сравнению с 1992 г. отмечена и для возбудителя фитофтороза (*Phytophthora infestans*), корневой гнили (*Pythium debarianum* Hesse.) и мокрой гнили клубней картофеля (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*). В течение 6 лет более интенсивно проявлялся *Rhizoctonia solani*, а также – *Colletotrichum coccodes* и *F. oxysporum*. Появился новый вид грибов *Verticillium albo-atrum*, отсутствующий в 1992 г. Активность *Fusarium solani* var. *minus* Wollenw., провоцирующего развитие корневых гнилей и трахеомикозов, а также парши обыкновенной *Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman et Hengrici., возросла до 3-х баллов. Прогрессирование других патогенных видов – возбудителей макроспориоза (*Alternaria solani* Sorauer), аскохитоза (*Ascochyta graminicola* Sacc.), корневых гнилей и трахеомикозов (*F. oxysporum* Schl.), нередко в сопровождении токсинообразующего гриба *F. moniliforme* J. Sheld не имело определяющего значения для фитосанитарного состояния посадок картофеля. В целом, как было установлено ранее [8], структура микоценозов зерновых культур, многолетних трав и люпина была типичной для этих культур в средней полосе РФ и не зависела от плотности радиоактивного загрязнения, что оказалось характерно и для картофеля. В то же время на картофеле выявлено снижение распространенности фузариозов, в отличие от усиления их активности на зерновых культурах [8].

На брошенных полях СХПК “Комсомолец”, где спустя 6 лет после аварии на ЧАЭС, в 1992 г. происходило восстановление естественного ценоза, сопровождавшееся изменениями встречаемости отдельных видов патогенов, наблюдали ризоктониозно-антракнозное увядание картофеля,

что не было отмечено на полях с возделыванием культур по специальным технологиям. В посадках картофеля сохранялась вероятность распространения *Colletotrichum coccodes*, *F. oxysporum*, *Pythium debarianum*, *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*, *Fusarium nivale* Fr. Ces. Поскольку перечисленные возбудители болезней в течение длительного времени сохраняются в почве и на растительных остатках, ограничением накопления патогенов является соблюдение научно обоснованных севооборотов с возвратом картофеля не ранее, чем через 3 года. В этот “промежуточный” период возможна стабилизация фитосанитарного состояния полей за счет возделывания культур, не способствующих развитию фитопатогенов картофеля. Собственные исследования на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции (плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} = 1.2 \pm 0.2$ МБк/м²), проведенные в 1993 г., показали, что в посевах некоторых нетрадиционных для региона или занимающих незначительную часть посевных площадей культур выявлено либо отсутствие ряда фитопатогенов, либо их незначительное развитие. Эти культуры могли бы играть санитарную роль для посадок картофеля при включении их в схемы севооборотов. К таким культурам можно отнести амарантус (общих для картофеля патогенов на растениях не обнаружено), сераделлу (выявлен только возбудитель аскохитоза, 1 балл пораженности, август), укроп (по 1 баллу пораженности с начала июля до конца августа возбудителями церкоспороза, мучнистой росы, сухой фиолетовой и фузариозной гнилей) и, отчасти, топинамбур (в конце августа выявлена пораженность пятнистостями листьев – 2 балла, белой и серой гнилями, ризопусом/мягкой гнилью клубней). В целом включение в севооборот бобовых (горох, клевер, люцерна, вика) и пропашных (картофель, свекла) культур также лишает возбудителей болезней питания. При этом насыщенность почвы опасной микробиотой может снижаться в 3–10 раз [14].

Пораженность картофеля сорта Темп на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции в период созревания (1993 г.) мало отличалась от проявления болезней на отчужденных полях СХПК “Комсомолец”. Это могло свидетельствовать об общих закономерностях формирования микоценозов картофеля на радиоактивно загрязненных территориях (1–2 МБк/м²) (табл. 2).

На следующий год (1994 г.) на картофеле активно встречались *Colletotrichum coccodes*, *F. solani*, *F. nivale*, а также сохранялась вероятность поражения растений фитофторозом, ризоктониозом и паршой обыкновенной. Анализ ризопланы и ризосферы злаковых растений на отчужденных территориях СХПК “Комсомолец” (1994 г. и 1998 г.) [8] показал наличие 5-ти видов возбудителей фузариозов: *F. nivale*, *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc., *F. sporotrichiella*

Таблица 2. Пораженность картофеля болезнями в разные сроки вегетации (1993 г.)

Возбудитель болезни	Пораженность болезнями в разные сроки вегетации			
	Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция			СХПК “Комсомолец”
	всходы	бутонизация– начало цветения	созревание	созревание
<i>Phytophthora infestans</i> spp.	—	3	3	3
<i>Rhizoctonia solani</i>	1	2	3	3
<i>Colletotrichum coccodes</i>	—	1	2	2
<i>Phoma exigua</i>	—	—	1	1
<i>Fusarium</i> spp.	1	1	3	3
<i>Alternaria solani</i>	—	1	1	1
<i>Erwinia</i> sp.	1	—	—	—
<i>Streptomyces scabies</i>	—	1	3	3

Примечание. Пораженность болезнями: 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная.

Таблица 3. Видовой состав патогенов картофеля в посадочном материале (Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция, 1992 г.)

Виды грибов	Активность патогена, балл	Доля от количества обнаруженных колоний, %	
		эндогенная микофлора проростков	микофлора гниющих клубней
<i>Phytophthora infestans</i>	3	1	5
<i>Fusarium oxysporum</i>	3	2	20
<i>Verticillium albo-atrum</i>	2	5	—
<i>Colletotrichum coccodes</i>	2	5	5
<i>Rhizoctonia solani</i>	3	8	10
<i>Phoma exigua</i>	3	1	1
<i>Streptomyces scabies</i>	3	5	5
<i>Fusarium sambucinum</i>	3	10	20
<i>Fusarium solani</i>	3	5	10
<i>Fusarium nivale</i>	2	5	10
<i>Fusarium moniliforme</i>	1	10	—
<i>Oospora pustulans</i>	2	5	10
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	2	2	—
<i>Geotrichum candidum</i>	2	—	5
<i>Alternaria alternata</i>	1	—	1
<i>Myrothecium</i> sp.	—	5	—
<i>Sporotrichum</i> sp.	—	3	—
<i>Mycelia sterilia</i>	—	28	—

Bilai, *F. oxysporum*. Было сделано заключение о том, что злаковые травы выступают как накопители фузариозной инфекции спустя много лет после прекращения хозяйственной деятельности в результате высокой плотности загрязнения радионуклидами.

Влияние специальных мероприятий, направленных на снижение поступления радионуклидов в урожай,

и применения средств защиты картофеля от вредных организмов и агрохимикатов на развитие болезней картофеля. На картофеле сорта Темп в посадочном материале доминировали грибы из рода *Fusarium*, преимущественно *F. sambucinum*, *F. oxysporum* и *F. solani* (табл. 3).

В эндогенной микофлоре проростков также доминировали грибы из рода *Fusarium* (на их долю

Таблица 4. Развитие болезней картофеля в зависимости от агротехники возделывания

Доза внесения удобрений	Обработка пестицидами и агрохимикатами	*Антракноз (фаза созревания), %	Клубни (урожай), %		
			фитофтороз	парша обыкновенная	ризоктониоз
A ₀ ТНК 80 т/га	Контроль	5	0.01	14.2	10
	Прометрин СК	5	0.01	9.2	20
	Гумат натрия 0.035%	15	0.01	15.5	10
	1% CuSO ₄	0	0.01	30.0	10
	0.1% H ₃ BO ₃	0	0.01	15.0	10
A ₁ ТНК 80 т/га + + N90P60K120 + + Mg40	Контроль	40	0.01	21.1	5
	Прометрин СК	30	0.01	16.4	5
	Гумат натрия 0.035%	20	0.01	15.4	5
	1% CuSO ₄	0	0.01	40.0	5
	0.1% H ₃ BO ₃	0	0.01	20.0	5
A ₂ ТНК 80 т/га + + N150P120K120 + + Mg60	Контроль	25	0.01	25.4	5
	Прометрин СК	12	0.01	10.4	5
	Гумат натрия 0.035%	20	0.01	17.2	5
	1% CuSO ₄	0	0.01	35.0	5
	0.1% H ₃ BO ₃	0	0.01	25.0	5
HCP ₀₅		2	—	2.8	1

* Определяли в лабораторных условиях.

приходилось 32%). При этом следует понимать, что активность эндогенно сохраняющихся грибов нередко приводит к массовому проявлению многих болезней во 2-й половине вегетации. Это особенно характерно для возбудителей фузариозов и ризоктониоза, активность которых на проростках была высокой (инфицирования фузариями 32, ризоктонией – 8%).

В микофлоре гниющих клубней прослежена та же тенденция: на долю грибов из рода *Fusarium* приходилось ≈59, *Rhizoctonia* – 10%. В зависимости от спектра и количества внесенных удобрений (только ТНК или комплекса ТНК + NPK + Mg), их сбалансированности (NPK и Mg в разных дозах), а также применения средств защиты растений и агрохимикатов отмечены разные показатели пораженности растений картофеля болезнями. Пораженность антракнозом в вариантах с внесением минеральных удобрений была больше, чем на фоне ТНК: максимальные показатели пораженности в фазе созревания (увядания стеблей) выявлены в блоке A₁ в контроле (40%) и при довсходовой обработке посадок картофеля гербицидом (30%). Повышение доз внесения Mg с 40 до 60 (блок A₂) способствовало снижению пораженности растений антракнозом. Развитие фитофтороза было

незначительным (0.1%) во всех вариантах опыта (табл. 4).

Пораженность растений ризоктониозом при внесении минеральных удобрений (блоки A₁ и A₂) составила 5%. На фоне ТНК пораженность ризоктониозом была в 2 раза больше: 10% – в контроле и при внесении агрохимикатов, и в 4 раза – в варианте Прометрин СК. Обращает на себя внимание, что при использовании гумата натрия пораженность антракнозом составляла 15–20% независимо от отсутствия или внесения минеральных удобрений. В то же время на фоне только ТНК пораженность антракнозом была в 3 раза больше, чем в контроле, в других блоках – напротив, меньше, т.е. отмечено положительное влияние минеральных удобрений, в частности, в блоке A₁ – снижение пораженности на 50%.

Пораженность клубней паршой обыкновенной значительно отличалась в зависимости от внесенных удобрений, их сбалансированности, а также применения средств защиты растений и агрохимикатов. В целом развитие парши было больше в блоках с внесением NPK, чем в менее удобренных вариантах. Только в вариантах с применением Прометрина СК и гумата натрия в удобренных вариантах отмечено снижение пораженности паршой на 25–60%, тогда как в блоке A₀ на фоне

гумата натрия пораженность болезнью соответствовала ее уровню в контроле.

Таким образом, развитие болезней картофеля зависело от их этиологии, доз внесения минеральных удобрений, применения средств защиты растений от вредных организмов, а также агрохимикатов, что необходимо принимать во внимание при разработке адресных систем защиты растений от вредных организмов в технологиях возделывания культуры на радиоактивно загрязненных территориях.

Влияние предпосадочной обработки клубней протравителями на микоценоз картофеля. В связи с тем, что в посадках картофеля, особенно на отчужденных полях (1992 г.), значительно

распространились антракноз, ризоктониоз и парша обыкновенная клубней картофеля, необходимо было апробировать приемы, сдерживающие развитие болезней, в частности, предпосадочную обработку клубней фунгицидами.

Фитоэкспертиза клубней показала, что в структуре глубинной микрофлоры клубней картофеля сорта Темп преобладал *F. nivale* – 45%, на долю возбудителя сухой гнили *F. sambucinum* приходилось 15%, а возбудителя мокрой бактериальной гнили *Erwinia carotovora* – 20%. При посадке таких клубней в лабораторных условиях в песок происходило их полное сгнивание. Среди поверхностной инфекции доминировал возбудитель парши обыкновенной *Streptomyces scabies* (20%), а также

Таблица 5. Влияние предпосадочной обработки фунгицидными протравителями клубней картофеля сорта Темп на микробиоту корней и стеблей картофеля (1994 г.)

Виды грибов	Развитие грибов в фазе цветения картофеля						
	почва	контроль		ТМТД 80 СП (2.5 л/т)		Текто 450 КС (0.06 л/т)	
		К	С	К	С	К	С
Фитопатогены							
<i>Fusarium oxysporum</i>	–	–	–	–	–	–	–
<i>Colletotrichum coccodes</i>	–	–	1	–	–	–	–
<i>Rhizoctonia solani</i>	1	1	–	–	–	1	–
<i>Fusarium nivale</i>	2	2	2	2	2	1	2
<i>Fusarium solani</i>	1	2	2	2	2	2	–
<i>Fusarium sambucinum</i>	–	–	–	1	–	–	–
<i>Erwinia carotovora</i>	–	1	2	–	–	–	–
<i>Streptomyces scabies</i>	1	1	–	1	–	–	–
Сумма баллов (К + С)		14		10		6	
Сапрофиты							
<i>Alternaria alternata</i>	–	–	2	1	1	–	2
<i>Acremonium spinosum</i>	–	–	1	–	–	–	–
<i>Aureobasidium pullulans</i>	–	–	1	–	–	–	–
<i>Chlamydomyces diffusus</i>	1	1	–	–	–	–	–
<i>Penicillium citrinum</i>	1	–	–	–	–	–	–
<i>Bacillus subtilis</i>	–	–	1	1	1	–	–
Сумма баллов (К + С)		6		4		2	
Сумма баллов (К + С) (фитопатогены + сапрофиты)		20		14		8	
Антагонисты							
<i>Acremonium charticola</i>	–	–	1	–	–	–	–
<i>Penicillium expansum</i>	–	1	–	1	–	–	1
<i>Penicillium chrysogenum</i>	2	–	1	–	–	–	–
<i>Gliocladium delicuescens</i>	2	–	–	–	–	–	–
Сумма баллов (К + С)		3		1		1	
Сумма, всего		23		15		9	

Примечания. К – корни, С – стебли. Развитие грибов: 1 балл – слабое, 2 – доминируют, прочерк – возбудитель отсутствует (0 баллов).

встречалась *Rhizoctonia solani* (6%). Распространенность фузариозов была в 2.3 раза больше, чем инфекции на поверхности семенного клубня, глубинной инфекции в целом (по выявленным патогенам) – в 3.1 раза больше при том же сравнении. Наличие в посадочном материале клубней картофеля, пораженных фузариозом, приводят к изреживанию посадок и недобору урожая [15]. В зависимости от степени поражения посадочного материала зараженность клубней нового урожая в период хранения увеличивалась на 4.4–15.7%.

Микологический анализ образцов картофеля, отобранных в течение вегетационного периода 1994 г., после предпосадочной обработки клубней контактным фунгицидом ТМТД 80 СП (2.5 л/т) и системным фунгицидом Текто 450 КС (0.06 л/т) показал, что во внутренних тканях растений развивается сложное сообщество грибов и бактерий. Наиболее интенсивно проявилась фузариозная инфекция: из грибов рода *Fusarium* доминировал вид *Fusarium nivale* (на фоне высокой его активности в почве), который с различной интенсивностью выделяли во всех вариантах опыта на различных частях растения (табл. 5).

Заселенность стеблей *F. solani* была равномерной во всех вариантах опыта на корнях, а на стеблях отмечено полное подавление патогена в варианте применения протравителя Текто 450 КС. Следует отметить, что в почвенной микрофлоре, при доминировании *F. nivale* встречались *Rhizoctonia solani* и *Streptomyces scabies*. *F. nivale* (возбудитель снежной плесени злаков) доминировал в контроле и в опытных вариантах, за исключением снижения его активности на корнях после применения системного препарата Текто 450 КС.

Совокупная оценка распространенности фитопатогенов (в баллах, на корнях и стеблях) свидетельствовала о преимуществе варианта применения Текто 450 КС (0.06 л/т) в подавлении возбудителей болезней: 6 баллов против 14 в контроле и 10 баллов в варианте ТМТД 80 СП.

Следует отметить, что в опытных вариантах распространенность сапрофитных грибов была в 3 раза меньше, чем в контроле. Снижение суммарного уровня развития фитопатогенов и сапрофитов при использовании контактного фунгицида ТМТД 80 СП было 1.4-кратным по сравнению с контролем, а при использовании системного фунгицида Текто 450 КС – 2.3-кратным. Группа грибов-антагонистов в почве была представлена видами из родов *Gliocladium* и *Penicillium* (сильное развитие). Их присутствие в тканях растений картофеля было незначительным – 1 балл при предпосадочной обработке клубней фунгицидами, в контроле – 4 балла.

Погодные условия оказали существенное влияние на развитие патогенных микроорганизмов: не произошло обычно значительного распространения фитофтороза на картофеле, по данным визуального учета в фазе бутонизация–цветение ($ГТК_{июнь} = 1.4$) поражение ботвы в опытных вариантах составило 5, в контроле – 7% (меньше ЭПВ), а последующая засушливая погода ($ГТК_{июль} = 0.6$) не способствовала развитию болезней. В зависимости от групп сортов картофеля биологические пороги вредоносности фитофтороза (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) в течение вегетации различны: для ранних сортов – 10–15% поражения, среднеранних – 15–20, среднепоздних – 25–35 и поздних – 35–45% [15].

Таблица 6. Влияние биологически активных веществ на пораженность картофеля болезнями, урожайность и содержание ^{137}Cs в клубнях

Вариант	Пораженность растений <i>Phytophthora infestans</i> , %	Пораженность клубней болезнями, %		Урожайность, ц/га	Содержание ^{137}Cs , % к контролю	* КН ^{137}Cs , $\times 10^{-3}$
		<i>Streptomyces scabies</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>			
Контроль	7.6	73	31.7	205	–	35
Агат-25 К ТПС	1.7	49	20.3	245	85.0	30
Крезацин КРП	3.5	60	28.4	228	92.7	32
Эпин -Экстра Р	2.2	54	21.8	242	88.2	31
Текто 450 КС (эталон)	1.4	48	18.3	272	80.7	28
НСР ₀₅	0.7	14	4.3	40	3.0	–

* КН – коэффициент накопления ^{137}Cs – отношение концентраций радионуклида в продукции (Бк/кг) к его концентрации в почве (Бк/кг).

Пораженность клубней картофеля нового урожая паршой составила соответственно 24.1 и 35.4% в вариантах применения ТМТД 80 СП и Текто 450 КС, тогда как в контроле – 53.4% (различия значимы при $p < 0.05$). Распространенность ризоктониоза на клубнях нового урожая в контроле составила 15.7, в опытных вариантах – 3.0–5.5% без значимых различий между опытными вариантами. Ризоктониоз (возбудитель *Rhizoctonia solani* Kuhn.) или черная ножка причиняет большой ущерб картофелеводству. За порог вредоносности признают наличие в посадочном материале 25% клубней со склероциями гриба на половине их поверхности [15]. Использование больных клубней на семенные цели приводит к недобору 15–40% урожая [16].

Результаты предпосадочной обработки клубней суспензией грибов-антагонистов показали стимуляцию роста картофеля в ранних фазах развития. При обработке клубней *Nematogonium auratiacum* и *Dactyella anisomeres* отмечено увеличение количества стеблей на 1 клубень по сравнению с контролем на 25 и 6% соответственно, высоты стебля – на 55 и 47%.

Эффективность применения биологически активных соединений для обработки клубней картофеля перед посадкой. В ряду широко культивируемых сельскохозяйственных растений картофель относится к культурам с низким накоплением ^{137}Cs в хозяйственно-ценной части [17]. Поэтому возделывание картофеля на радиоактивно загрязненных территориях может иметь практическое значение для регионов, подвергшихся техногенному загрязнению при разработке технологий, обеспечивающих защиту растений от вредных организмов и предотвращающих потери урожая.

По результатам опытов, проведенных в 1992–1998 гг., была показана эффективность применения ряда биологически активных веществ в борьбе с болезнями и накоплением ^{137}Cs в урожае картофеля (табл. 6).

Предпосадочная обработка клубней способствовала снижению пораженности растений грибными болезнями: пораженность растений фитотрофом в фазе бутонизация–цветение во всех вариантах опыта достоверно отличалась от контроля. При этом эффективность фунгицида с системными свойствами была больше, чем при использовании биологически активных веществ. Пораженность клубней нового урожая паршой обыкновенной и ризоктониозом была в большинстве вариантов достоверно меньше, чем в контроле (кроме варианта Крезацин КРП). Урожайность картофеля имела тенденцию к увеличению, однако достоверные отличия отмечены только в вариантах с применением препаратов Агат-25 К, ТПС

и после обработки клубней фунгицидом Текто 450 КС. Предпосадочная обработка клубней способствовала достоверному снижению содержания ^{137}Cs в урожае: коэффициент накопления радионуклидов был на 9–20% меньше контроля. При предпосадочной обработке клубней веществами с биологической активностью признаки проявления грибных заболеваний в посадках отмечали позднее, чем в контроле, что, с одной стороны, имеет важное значение для зоны с неустойчивым характером агрометеоусловий, с другой, – позволяет сократить количество фунгицидных обработок в течение вегетации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных в 1991–1998 гг. комплексных исследований установлено, что структура микробных консорциев картофеля Новозыбковского р-на Брянской обл. соответствовала в основном типичной при повышенном уровне активности возбудителей антракноза (*Colletotrichum coccodes* Wallr.), ризоктониоза (*Rhizoctonia solani* Kuhn.) и резиновой гнили картофеля (*Geotrichum candidum* Link.). В нарушенных биоэкологических системах в условиях загрязнения почв ксенобиотиками обычно сохранялись микроорганизмы, имеющие тесные паразитические связи с растением, а также обладающие высокой конкурентной активностью. К ним относятся грибы из рода *Fusarium* и *Rhizoctonia solani* Kuhn. У возбудителей фузариозов наиболее ярко выражена полифагия, а их развитие в значительной мере зависит от условий, складывающихся в ризосфере. Возбудители фузариозов сохраняются непосредственно в почве в виде конидий, хламидоспор до 5 лет в отсутствие хозяина, и минерализация растительных остатков не играет существенной роли в снижении количества инфекции. Именно поэтому борьба с фузариозами должна осуществляться в посевах всех культур севооборота, а также за счет включения в севооборот культур с санитарными функциями, таких как амарантус, сераделла, что было подтверждено в ходе исследований.

Высокой конкурентной активностью в сравнении с другими видами грибов обладают грибы из рода *Rhizoctonia*. Возбудитель ризоктониоза люпина *Rhizoctonia solani* является общим для люпина и картофеля, а также зерновых. В случае интенсивного поражения люпина ризоктонией (как отмечено в 1994 г. на угодьях СХПК “Комсомолец”) и последующей посадки картофеля растения поражались болезнью на 30%. Для борьбы с грибами из рода *Rhizoctonia* рекомендуется включать в севооборот слабopоражаемые культуры, например, сераделлу.

В условиях техногенного “давления” применяются технологии, направленные на регулирование процессов транспорта загрязняющих веществ в системе почва–растение. Критерием выбора таких технологий является их экологическая ориентированность. По результатам наших исследований с разными нормами внесения минеральных удобрений (ТНК и комплекс ТНК + NPK + Mg) показано, что пораженность растений картофеля болезнями отличалась как в зависимости от сбалансированности элементов питания, так и от применения различных средств защиты растений и агрохимикатов. Установлена положительная роль предпосадочной обработки клубней фунгицидами разного спектра действия (ТМТД 80 СП и Текто 450 КС) на развитие возбудителей болезней на корнях и стеблях картофеля. Обнаружено снижение суммарного уровня развития фитопатогенов и сапрофитов по сравнению с контролем при использовании ТМТД 80 СП в 1.4 раза, Текто 450 КС – в 2.3 раза. Подавление развития болезней возможно за счет предпосадочной обработки клубней картофеля биологически активными веществами. В нашем опыте использование препаратов Агат-25К, ТПС, Крезацин, КРП и Эпин-Экстра Р приводило к снижению пораженности фитофторозом в 2.2–4.5 раза, пораженности клубней нового урожая паршой обыкновенной – на 17–32, ризоктониозом – на 10–36% и более позднему, чем на контрольном участке, развитию болезней. Это имеет важное значение для определения тактики фунгицидных обработок растений в период вегетации, особенно при неустойчивым характере погоды с выраженными периодами недостаточного увлажнения. Отмеченное повышение урожайности картофеля на 11–29% и достоверное снижение накопления ¹³⁷Cs в клубнях на 7–15% придает этому способу практическую перспективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дутов А.И., Пузанова Л.А. Формирование устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем (на примере аварии на Чернобыльской АЭС) // Инновац. в АПК: пробл. и перспект 2021. № 4. С. 32.
2. Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Ульяненко Л.Н. Рекомендации по организации земледелия на техногенно загрязненных сельскохозяйственных угодьях (загрязнение радионуклидами и тяжелыми металлами) Обнинск, 2006. 66 с.
3. Ульяненко Л.Н., Арышева С.П., Филипас А.С., Круглов С.В., Малеванная Н.Н., Пименов Е.П. Продуктивность, морфометрические признаки растений яровой пшеницы и накопление кадмия в урожае под влиянием регулятора роста Циркон // Сел.-хоз. биол. 2005. № 5. С. 75–80.
4. Филипас А.С., Лой Н.Н., Ульяненко Л.Н., Пименов Е.П., Алексахин Р.М. Влияние комбинированного воздействия ¹³⁷Cs и тяжелых металлов на пораженность ячменя стеблевой ржавчиной // Докл. РАСХН. 2001. № 3. С. 18–20.
5. Андросов Г.К., Симонов В.Ю., Холопова Е.В. Распространение патогенных грибов в агробиоценозах различной степени радионуклидного загрязнения в Брянской области // Сел.-хоз. биол. 2010. Т. 45. № 5. С. 118–122.
6. Ульяненко Л.Н., Удалова А.А. Оценка состояния окружающей среды по реакции сельскохозяйственных растений на действие ионизирующих излучений // Бюл. Нац. радиац.-эпидемиол. регистра “Радиация и риск”. 2015. № 1. С. 118–131.
7. Тугай А., Тугай Т., Лукашов Д. Влияние хронического облучения на физиолого-биохимические свойства трех облученных “поколений” *Aspergillus versicolor* // Биология. 2015. Т. 2. № 70. С. 77–81.
8. Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н., Акимова С.В., Глинушкин А.П. Фитосанитарное состояние почв на территориях, загрязненных радионуклидами ЧАЭС, и подходы к решению проблем, возникающих при их возврате в сельскохозяйственный оборот // Достиж. науки и техн. АПК. 2022. Т. 36. № 2. С. 37–41.
9. Михалева С.Н. Фитопатогенный состав и пути оптимизации защиты зерновых и кормовых растений в условиях техногенного радиоактивного загрязнения Брянской области. Автореф. ... канд. биол. наук, 2022. 27 с.
10. Попкова К.В. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.
11. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки и селекции растений. М.: Колос, 1978. 205 с.
12. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с.
13. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. Л., 1970. 105 с.
14. Защита зерновых культур от корневых гнилей (рекомендации). М.: Агропромиздат, 1986. 152 с.
15. Чумаков А.К., Захарова Т.Н. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 105 с.
16. Попкова К.В., Шнейдер Ю.И., Воловик А.С., Шмыгля В.А. Болезни картофеля. М.: Колос, 1980. 304 с.
17. Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Ульяненко Л.Н. Методические указания по получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции на техногенно загрязненных территориях. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2005. 85 с.

Potato Mycocenoses in the Fields of the Novozybkovsky District of the Bryansk Region with Different Levels of Radioactive Contamination and Economic Use

S. N. Mikhaleva^{a,#}, L. N. Ulianenko^a, N. I. Budynkov^a, A. P. Glinushkin^a

^aAll-Russian Research Institute of Phytopathology,

ul. Institute, poss. 5, Moscow region, Odintsovo district, r.p. Bolshye Vyazemy 143050, Russia

[#]E-mail: svetlanova-1985@mail.ru

The peculiarities of the formation of mycocenoses in potato plantings growing in fields with different levels of radioactive contamination and economic use were studied. The experiments were carried out in 1991–1998 in the fields of the Novozybkov agricultural experimental station in the Bryansk region (pollution density $^{137}\text{Cs} = 1.2 \pm 0.2 \text{ MBq/m}^2$) and the lands of the Komsomolets Agricultural Complex withdrawn from economic use ($^{137}\text{Cs} > 1.8 \text{ MBq/m}^2$). Differences were noted in the incidence of potato plants with diseases in the field small-scale experiment (1992), depending on the fertilizers applied (background – peat manure compost (PMC) or additionally NPK + Mg), their balance (different doses of nutrients), as well as agricultural cultivation techniques. In the variants with the introduction of NPK + Mg and the use of the herbicide Promethrin SC or sodium humate, a significant decrease in the incidence of tubers with scab by 25–60% was revealed. Weather conditions influenced the development of pathogens. In 1994 rhizoctoniosis developed most actively in potato plantings and common scab on tubers (hydrothermal coefficient $(\text{GTC})_{\text{may-august}} = 2.35$, which is significantly higher than the average long-term norm for 1991–1998–1.35). In the experiment on potatoes of the Temp variety of Belarusian selection (1994), the possibility of restraining the development of pathogens due to pre-planting treatment of tubers with fungicides was shown: when using contact the decrease in the total level of development of phytopathogens and saprophytes was 1.4 times less than in the control, and when using the systemic fungicide Tect 450 CS – 2.3 times. The use of biologically active substances for the pre-planting treatment of potato tubers (Agate-25K, TPS, Crezacin, KRP and Epin-Extra R) led to a decrease in plant infestation with late blight by 2.2–4.5 times, infestation of tubers with scab by 17–32%, rhizoctoniosis by 10–36% and later than in the control, the development of diseases, which determined the tactics of fungicidal protection of potatoes during the growing season. There was an increase in potato yield by 11–29% and a significant decrease in the accumulation of ^{137}Cs in tubers by 7–15%.

Keywords: mycocenosis, potato, radioactive contamination, diseases, phytopathogens, mordants, biologically active substances.