

УДК 635.21:632.4:632.952

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ТЕБУКОНАЗОЛА, ТИРАМА И КАРБЕНДАЗИМА ПРОТИВ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ¹

© 2020 г. А. А. Малюга^{1,*}, Н. С. Чуликова¹, С. С. Халиков^{2,**}

¹ Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦ РАН
630501 р.п. Краснообск, Новосибирский р-н, Новосибирская обл., Россия

² Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
111991 Москва, ул. Вавилова, 29, Россия

*E-mail: anna_malyuga@mail.ru

**E-mail: salavatkhaliakov@mail.ru

Поступила в редакцию 26.07.2019 г.

После доработки 20.08.2019 г.

Принята к публикации 10.04.2020 г.

С целью создания протравителей для комплексной защиты картофеля от возбудителей сухих фомозно-фузариозных гнилей при хранении и ризоктониоза разработаны экспериментальные составы препаратов на основе механохимически модифицированных комплексов тебуконазола, тирама и карбендазима с растительными метаболитами и суспендирования действующих веществ этих же фунгицидов без использования традиционных формообразующих компонентов. Испытание этих препаратов показало их высокую эффективность против гнилей хранения, а в полевых условиях они снижали развитие ризоктониоза на стеблях картофеля и оказывали влияние на показатели продуктивности растений, повышали урожайность культуры и качество нового урожая. Показано, что предложенные препараты обладали высокой биологической эффективностью при сниженных нормах расхода действующих веществ.

Ключевые слова: тебуконазол, тирам, карбендазим, растительные метаболиты, механохимическая модификация, суспензии, протравитель, картофель, биологическая эффективность, продуктивность.

DOI: 10.31857/S000218812007008X

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире картофелеводству придается очень большое значение [1]. Общее падение уровня жизни населения в условиях экономических реформ привело к росту значения картофеля для питания населения. Россия по объему потребления картофеля находится на втором месте в мире после Китая. В 2017 г. потребление этого овоща составило 112.6 кг на душу населения. Только за прошедший год показатель вырос на 0.6 кг, а за последние 10 лет — на 4.6 кг [2].

В результате разрушения крупных коллективных хозяйств и “фермеризации” сельского хозяйства произошло резкое ухудшение фитосанитарного состояния агроценозов картофеля. Потери продукции при производстве картофеля от комплекса вредных организмов могут варьировать в пределах от 10 до 60%. По данным Министерства

сельского хозяйства РФ, потери урожая картофеля от болезней составляют 50% валового сбора, что в 1.5 раза превышает потери зерновых культур [3]. В сложившихся условиях происходит накопление значительного количества инфекции, которое приводит к массовому поражению растений картофеля болезнями и в первую очередь — возбудителями, относящимися к группе почвенно-клубневых (ризоктониоз, фузариоз и фомоз), потери от которых могут достигать 45–80% [4–6]. Распространению этих заболеваний также способствует отсутствие устойчивых сортов. В связи с этим биологический и хозяйственный потенциал продуктивности картофеля остается неиспользованным.

Потенциальные возможности отечественных селекционных достижений обеспечивают получение урожайности 35–50 т/га [7]. Однако по показателю фактической средней урожайности в России (14 т/га), и в том числе в Сибири (11.2 т/га), наша страна отстает даже от среднего мирового уровня (17 т/га) [3, 4]. В значительной степени по-

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Таблица 1. Схема опыта с протравливанием клубней протравителями в виде ТД и суспензий

№ п/п	Вариант	Действующее вещество (д.в.) и его содержание в препарате	Норма расхода по препарату на 1 т клубней картофеля
1	Контроль без обработки	—	—
2	Стандарт колфуго Супер, КС (200 г/л)	Карбендазим, 20% д.в.	250 мл
3	Стандарт редут, КС (60 г/л)	Тебуконазол, 6% д.в.	165 мл
4	Стандарт ТМТД, ВСК (400 г/л)	Тирам, 40% д.в.	4000 мл
5	ТД состава БМК : АГ = 1 : 9 (препарат 1)	Карбендазим, 10% д.в.	270 мл
6	ТД состава БМК : Na ₂ ГК = 1 : 9 (препарат 2)	Карбендазим, 10% д.в.	270 мл
7	Суспензия СК-210 на основе ТБК и ТМТД (препарат 3)	Тебуконазол + тирам, 1.25% + 20% по д.в.	667 г
8	Суспензия СК-211 на основе ТБК, ТМТД и БМК (препарат 4)	Тебуконазол + тирам + карбендазим, 1.25% + 20% + 5% по д.в.	667 г
9	ТД состава ТБК : Na ₂ ГК = 1 : 9 (препарат 5)	Тебуконазол, 10% д.в.	100 г
10	ТД состава ТБК : АГ = 1 : 9 (препарат 6)	Тебуконазол, 10% д.в.	100 г
11	ТД состава ТМТД : Na ₂ ГК = 1 : 9 (препарат 7)	Тирам, 10% д.в.	1600 г
12	ТД состава ТМТД : АГ = 1 : 9 (препарат 8)	Тирам, 10% д.в.	1600 г

Примечание. Препарат редут, КС для применения на картофеле не зарегистрирован, использован в эксперименте в качестве источника тебуконазола, который входит в состав исследованных препаратов.

лучению высоких урожаев препятствует широкое распространение болезней.

Частично предотвратить потери урожая позволяет использование интегрированной защиты растений, одним из звеньев которой являются разнообразные химические и биологические средства борьбы с вредными организмами. Эффективность химической защиты картофеля (на основе использования пестицидов) по показателю сохраненного урожая от вредителей, болезней и сорняков составляет 3 млн т (51% от потенциально возможного уровня предотвращения потерь урожая) [8]. Внедрение системы мероприятий по борьбе с болезнями картофеля уже на 3-й год дает возможность снизить их вредоносность и этим обеспечить прибавку урожая на 40%. Одно из важнейших звеньев в защите картофеля — обработка семенных клубней протравителями. Данный прием является экономически выгодным и экологически безопасным приемом защиты культуры от семенной и почвенной инфекций. Экологичность этого приема заключается в том, что в расчете на 1 га вносят небольшое количество действующего вещества (д.в.), быстро разлагающегося в почве и отсутствующего в элементах урожая. Протравливание обеспечивает максимальный эффект при минимальном отрицательном влиянии на агроценоз [9].

В связи с вышеизложенным цель работы — разработка препаратов в виде твердых дисперсий на основе механомодифицированных фунгицидов (тебуконазола, карбендазима, тирама) и суспензий этих же препаратов без применения традиционных формообразующих компонентов, а также изучение их биологической эффективности в период хранения клубней против сухих фомозно-фузариозных гнилей, во время вегетации растений — в отношении ризоктониоза картофеля и их влияние на показатели продуктивности и урожайность культуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве фунгицидов были выбраны: тебуконазол (**ТБК**), д.в. которого (RS)-1p-хлорфенил-4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ил-метил)пентан-3-ил. Это бесцветные кристаллы, хорошо растворяются в органических растворителях, плохо — в воде (1 мг/л) [10]; тирам Д (**ТМТД**), д.в. которого бис (диметилтиокарбамил)дисульфид. Это белый или светло-серый порошок, хорошо растворяется в большинстве органических растворителей, плохо — в воде (16 мг/л) [10]; карбендазим (**БМК**), д.в. которого N-(бензимидазол-2)-О-метилкарбамат. Это сероватый порошок, плохо растворим в воде и многих органических растворителях [10].

В качестве растительных метаболитов были выбраны: арабиногалактан (**АГ**) из лиственницы

Таблица 2. Влияние механомодифицированных протравителей на сухие фомозно-фузариозные гнили при хранении

Вариант	Весовая доля больных клубней в урожае, %	Биологическая эффективность, %
Контроль без обработки	3.1	—
Колфуго Супер — стандарт (карбендазим)	0.8	74.2
Редут — стандарт (тебуконазол)	4.1	—
ТМТД — стандарт (тирам)	1.2	61.3
Препарат 1	2.9	6.5
Препарат 2	0	100
Препарат 3	0.4	87.1
Препарат 4	1.0	67.7
Препарат 5	0.8	74.2
Препарат 6	0	100
Препарат 7	0.4	87.1
Препарат 8	0.7	77.4

сибирской *Larix sibirica* (ТУ 9363-021-39094141-08, серия 02042013); динатриевая соль глицирризиновой кислоты ($\text{Na}_2\text{ГК}$), производитель — Shaanxi Pioneer Biotech Co., Ltd, КНР.

Твердые дисперсии (ТД) выбранных для исследования фунгицидов с растительными метаболитами готовили с использованием измельчителей с регулируемым энергонапряжением, в условиях, описанных ранее [11]. Составы ТД препаратов представлены в табл. 1. Суспензионные формы препаратов на основе ТБК и ТМТД готовили по методике [12]. Составы суспензионных препаратов также представлены в табл. 1.

Биологические испытания проведены в 2016–2017 гг. Методика проведения биологических исследований описана ранее [11]. Полевые эксперименты проводили в соответствии с общепринятыми методиками [13].

В качестве химического контроля были выбраны фунгициды колфуго-Супер, КС (200 г/л), редут, КС (60 г/л) и ТМТД, ВСК (400 г/л) в соответствии со Списком пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ [10, 14]. Схема опыта по применению препаратов в период хранения и весной перед посадкой представлена в табл. 1.

В экспериментах изучали распространенность сухих гнилей в зимний период при обработке

клубней протравителями перед закладкой на хранение [15], особенности формирования фитосанитарной ситуации в посадках картофеля в отношении ризоктониоза при обработке клубней протравителями перед посадкой культуры [16], а также оценивали продуктивность растений картофеля под действием разработанных протравителей [15].

В связи с поставленными целью и задачами исследования объектами изучения были выбраны картофель (*Solanum tuberosum* L.), ризоктониоз картофеля (*Rhizoctonia solani* Kùch.), сухие гнили при хранении (*Fusarium* spp. и *Phoma exiguа* sp.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования биологической эффективности инновационных препаратов против сухих гнилей в период хранения показали, что более всего оздоравливали хранящийся картофель препараты 2 и 6, где фузариозные и фомозные гнили отсутствовали. Препараты 3 и 7 снизили количество гнилей хранения в 7.8 раза в сравнении с контролем. Препараты 4, 5 и 8 уменьшили весовую долю больных гнилями клубней в 3.1–4.4 раза (табл. 2). Биологическая эффективность инновационных препаратов варьировала от 100% в первом случае, до 87% — во-втором, и 68–77% — в третьем.

Исследование показало, что разработанные препараты были эффективны и против возбудителя ризоктониоза картофеля (рис. 1).

В сравнении с контролем все экспериментальные препараты достоверно снижали развитие болезни в период всходов в 1.6–3.5 раза, в фазе бутонизации—начала цветения — в 1.3–3.7 раза (кроме препаратов 5 и 6). Химические стандарты в фазах всходов и бутонизации—начала цветения картофеля достоверно снижали развитие ризоктониоза по сравнению с контролем в 2.0 и 1.3 раза (препарат колфуго Супер) и в 2.9 и 1.8 раза (препарат ТМТД) соответственно. Препарат редут достоверно снижал развитие болезни только в фазе бутонизации—начала цветения в 1.6 раза.

Установлено, что препараты, содержащие в своем составе БМК (препараты 1, 2 и 4) были эффективными в снижении развития ризоктониоза, как и стандарт — препарат колфуго Супер. Однако по сравнению с препаратом колфуго Супер в фазе всходов достоверно снижал развитие ризоктониоза препарат 1 в 1.7 раза, а в фазе бутонизации—начала цветения препараты 2 и 4 — в 1.9 и 1.4 раза соответственно. В фазе всходов не отмечено достоверных различий между действием на развитие болезни препарата колфуго Супер и препаратов 2 и 4. То же показано в фазе бутонизации—на-



Рис. 1. Влияние инновационных препаратов на развитие ризоктониоза, %; (HCP_{05} частных средних = 5.4). Варианты: 1 – контроль, 2 – препарат колфуго Супер – стандарт, 3 – препарат редут – стандарт, 4 – препарат ТМТД – стандарт, 5 – препарат 1, 6 – препарат 2, 7 – препарат 3, 8 – препарат 4, 9 – препарат 5, 10 – препарат 6, 11 – препарат 7, 12 – препарат 8. То же на рис. 2, 3.

чала цветения для препарата 1 и стандарта колфуго Супер.

Препараты с включением в состав ТБК (препараты 3–6) по сравнению со стандартом препаратом редут были более эффективными в фазе всходов, они все достоверно снижали развитие ризоктониоза в 1.7–3.0 раза. Однако в фазе бутонизации—начала цветения препараты 5 и 6 достоверно увеличивали развитие заболевания в 1.4 и 1.7 раза соответственно. В фазе бутонизации—начала цветения между препаратом редут и препаратами 3, 4 не было достоверной разницы по их влиянию на развитие ризоктониоза.

Препараты с включением в состав тирама Д (препараты 3, 4, 7 и 8) в сравнении со стандартом препаратом ТМТД обладали различной эффективностью в снижении развития ризоктониоза. Например, в фазе всходов картофеля достоверно снижали развитие ризоктониоза препараты 3 и 7 в 1.4 и 1.9 раза соответственно, а в фазе бутонизации—начала цветения препарат 8 достоверно снижал этот показатель в 2.0 раза. Между ТМТД и препаратами 3 и 8 в фазе всходов, и препаратами 3, 4 и 7 в фазе бутонизации—начала цветения достоверной разницы в снижении развития ризоктониоза не было, и они также имели высокую эффективность, как и стандарт.

Изучение влияния инновационных препаратов на биометрические показатели культуры показало, что в сравнении с контрольным вариантом в период всходов протравители 2, 4 и 8 достоверно увеличивали высоту растений на 2.9–4.5 см

(на 7.5–11.6%), а препараты 3, 6 и 7 не оказывали влияния на этот показатель, и растения были ниже на 3.0–7.1 см (на 7.7–18.3%), чем в контроле (рис. 2).

Препараты 1 и 5 не оказывали достоверного влияния на рост растений в этот период. Высота растений при использовании протравителей-стандартов достоверно отличалась от контроля. Например, в вариантах применения препаратов колфуго Супер и ТМТД растения были выше на 2.5–5.5 см (на 6.4–14.2%), а в варианте с препаратом редут – ниже на 12.9 см (на 33.2%). К фазе бутонизации—начала цветения различий в высоте растений между контрольным вариантом и вариантами с препаратами 2, 3, 4 и 8 не отметили. Сохраняли влияние на рост растений картофеля протравители 6 и 7. Высота растений в этих вариантах была существенно ниже, чем в контроле, на 6.2–11.2 см (на 10.0–18.0%). Также достоверно замедляли рост побегов препараты 1 и 7 – на 5.8–14.3 см (на 9.3–23.0%). Растения картофеля в вариантах с препаратами колфуго Супер, редут и ТМТД не отличались по высоте от контрольных.

Установлено, что в фазе всходов картофеля, при сравнении со стандартом – препаратом колфуго Супер, препараты 2 и 4 достоверно увеличивали высоту растений на 1.9–2.0 см (на 4.6–4.8%), а препараты № и № достоверно снижали ее на 3.8–5.5 см (на 9.2–13.3%). К фазе бутонизации—начала цветения данные различия в высоте растений между вариантами с препаратами нивелировались. Препараты 3–6 в фазе всходов по сравнению с протравителем редут показали ростостиму-

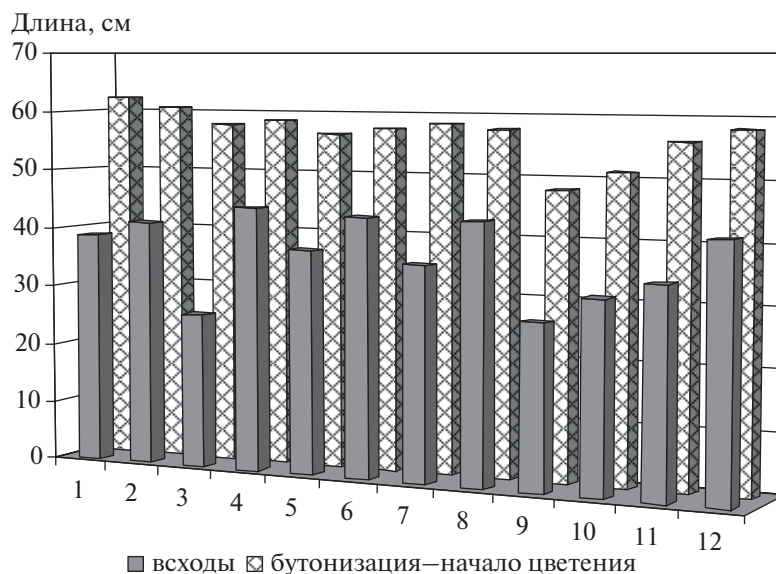


Рис. 2. Влияние инновационных препаратов на высоту растений картофеля, см (HCP_{05} частных средних: фаза всходов — 1.4, фаза бутонизации—начала цветения — 4.7).

лирующее действие, высота растений была больше на 1.6–17.3 см (на 6.2–66.8%). Однако к периоду бутонизации—начала цветения в вариантах с препаратами 5 и 6 растения были достоверно ниже, чем при использовании препарата редут (на 6.8–9.9 см или на 11.8–17.1%), между вариантами с остальными препаратами достоверной разницы не было.

При сравнении влияния препаратов с тирамом Д установили, что в фазе всходов картофеля препараты 3, 7 и 8 достоверно снижали высоту растений на 2.6–9.9 см или на 5.8–22.3%. К бутонизации—началу цветения культуры различия в длине растений между вариантами с этими препаратами исчезали.

Модифицированные фунгициды оказывали влияние не только на высоту растений, но и на их биомассу (рис. 3). В сравнении с контролем в фазе всходов картофеля практически все препараты (за исключением препарата 6) достоверно увеличивали фитомассу одного стебля на 1.8–40.2 г или на 6.5–145%. Наиболее значимое влияние на увеличение биомассы культуры на 36.6–40.2 г или на 132–145% оказали препараты 7 и 8. К фазе бутонизации—начала цветения продолжали оказывать свое стимулирующее влияние на растения препараты 1, 3, 4, 6 и 7, они достоверно увеличивали фитомассу одного стебля на 54.3–152 г или на 34.7–96.9%. Также максимальной была прибавка массы растений при использовании протравителя 7 — 152 г или на 96.9%, тогда как препарат 8 достоверно снижал массу одного стебля картофеля на 37.1 г (23.7%). Между контролем и

вариантами с препаратами 2 и 5 достоверных отличий в фитомассе растений не отмечали.

В сравнении с контролем протравители редут, ТМТД и колфуго Супер в фазах всходов и бутонизации—начала цветения (за исключением колфуго Супер в этой фазе) достоверно увеличивали фитомассу растений на 5.7–20.2 г или на 20.6–50.5% и на 24.8–89.3 г или 15.8–57.0% соответственно.

Установлено, что в фазе всходов картофеля масса одного стебля в вариантах с карбендазимом (препараты 1, 2 и 4) по сравнению с вариантом с препаратом колфуго Супер была достоверно меньше на 2.9–18.4 г или на 6.0–38.4%. Однако к фазе бутонизации—начала цветения ситуация изменилась. Все изученные препараты (кроме препарата 2) достоверно увеличивали фитомассу одного стебля на 51.3–72.5 г или на 31.1–43.9%.

Препараты с содержанием тебуконазола (препараты 3, 4 и 5) при сравнении с протравителем редут в фазе всходов достоверно увеличивали фитомассу одного стебля на 4.0–11.6 г или на 12.0–34.7%, а препарат 6, наоборот, способствовал уменьшению данного показателя на 10.4 г или на 31.1%. К фазе бутонизации—начала цветения в вариантах с препаратами 3, 5 и 6 было отмечено достоверное снижение массы одного стебля на 29.6–98.6 г или на 12.0–10.1%. При этом более сильно подавлял накопление биомассы растений препарат 5. Между протравителем редут и препаратом 4 достоверной разницы не было.



Рис. 3. Влияние инновационных препаратов на фитомассу стеблей картофеля, г/стебель (НСР₀₅ частных средних: фаза всходов — 1.0, фаза бутонизации—начала цветения — 12).

Инновационные протравители, имеющие в своем составе тирам Д (препараты 4, 7 и 8), в сравнении со стандартом ТМТД в фазе всходов способствовали достоверному увеличению массы одного стебля на 3.3–26.2 г или на 7.9–62.8%, в варианте с препаратом 3 — достоверному ее снижению на 4.3 г или на 10.3%. В фазе бутонизации—начала цветения была отмечена прибавка биомассы одного стебля в вариантах с препаратами 3 и 4 (на 34.9–56.1 г или на 19.2–30.9%) и макси-

мальная прибавка при использовании препарата 7 (на 127 г или на 70.0%). Препарат 8 не способствовал увеличению фитомассы растения, и она была достоверно меньше на 61.9 г или на 34.1%, чем в варианте с протравителем-стандартом.

Разработанные препараты также оказали влияние на количество стеблей на одном растении (табл. 3). Установлено, что в фазе всходов картофеля все экспериментальные препараты при сравнении с контролем достоверно снижали количество стеблей на одном растении на 1.0–2.0 шт. или на 28.6–57.1%. В фазе бутонизации—начала цветения данная тенденция сохранялась в вариантах с препаратами 1, 3 и 7, где количество стеблей было меньше на 0.8–1.3 шт. или 32.0–52.0%, чем в контроле. Протравители 2, 4, 5, 6 и 8 достоверно не влияли на изменение количества стеблей растения картофеля.

Протравители-стандарты по сравнению с контролем достоверно снижали количество стеблей на одном растении в фазе всходов на 1.5–2.3 шт. или на 42.8–65.7% (варианты с препаратами редут, ТМТД и колфуго Супер) и в фазе бутонизации—начала цветения — на 0.8–1.0 шт. или на 32.0–40.0% (варианты с препаратами ТМТД и редут).

Фунгициды с действующим веществом карбендазим (препараты 1, 2 и 4) по сравнению с препаратом колфуго Супер в фазе всходов культуры достоверно увеличивали количество стеблей на одном растении на 0.8–1.3 шт. или на 66.7–108%. К фазе бутонизации—начала цветения было отмечено достоверное снижение данного показателя в варианте с препаратом № 1 на 0.8 шт. или на 32.0%. Установлено, что между препаратом кол-

Таблица 3. Влияние инновационных препаратов на количество стеблей картофеля, шт./растение

№ п/п	Вариант	Фаза развития растений картофеля	
		всходы	бутонизация—начало цветения
1	Контроль	3.5	2.5
2	Колфуго Супер — стандарт	1.2	2.5
3	Редут — стандарт	2.0	1.5
4	ТМТД — стандарт	2.0	1.7
5	Препарат 1	2.5	1.7
6	Препарат 2	2.0	2.5
7	Препарат 3	1.7	1.7
8	Препарат 4	2.0	2.0
9	Препарат 5	1.5	2.2
10	Препарат 6	2.2	2.0
11	Препарат 7	1.5	1.2
12	Препарат 8	2.2	2.5
	НСР ₀₅	0.6	0.7

Таблица 4. Влияние инновационных препаратов на количество и качество столонов на одном растении картофеля

№ п/п	Вариант	Количество столонов, шт./растение		Поврежденные столоны, %
		фаза развития растений картофеля		
		всходы	бутонизация—цветение	бутонизация—цветение
1	Контроль	6.7	5.0	30.2
2	Колфуго Супер — стандарт	6.5	4.7	14.3
3	Редут — стандарт	2.0	2.0	0
4	ТМТД — стандарт	8.2	6.5	17.5
5	Препарат 1	9.2	4.5	11.1
6	Препарат 2	11.7	7.0	2.5
7	Препарат 3	3.5	2.0	8.3
8	Препарат 4	6.0	1.0	0
9	Препарат 5	1.0	1.5	4.2
10	Препарат 6	3.0	0.7	0
11	Препарат 7	3.0	3.7	0
12	Препарат 8	8.5	6.0	1.9
	<i>HCP</i> ₀₅	1.1	0.4	1.1

фуго Супер и препаратом 3 в фазе всходов, а также препаратами 2 и 4 в фазе бутонизации—начала цветения достоверных различий в изменении количества стеблей на одном растении не было.

Установлено, что в фазах всходов и бутонизации—начала цветения препараты с содержанием тебуконазола (препараты 3—6) в сравнении с препаратом редут и протравители с тирамом Д (препараты 3, 4, 7, 8) в сравнении с препаратом ТМТД не оказывали достоверного влияния на количество стеблей на одном растении. Исключение составил препарат 8, он по сравнению с ТМТД в фазе бутонизации—начала цветения достоверно увеличивал количество стеблей на одном растении на 0.8 шт. или на 47.1%.

Разработанные инновационные препараты также оказывали влияние на количество и поврежденность столонов на одном растении (табл. 4). Установлено, что в фазе всходов картофеля препараты 1, 2 и 8 по сравнению с контролем достоверно увеличивали количество столонов на одном растении на 1.8—5.0 шт. или на 26.9—74.6%, а протравители 3, 5, 6 и 7 — уменьшали на 3.2—5.7 шт. или на 47.8—85.1%.

В фазе бутонизации—начала цветения препараты 2 и 8 по сравнению с контролем, достоверно увеличивали количество и качество столонов. В этих вариантах столонов на одном растении было больше на 1.0—2.0 шт. или на 20.0—40.0% при снижении их повреждения на 27.7—28.3%. Препараты 1, 4, 5—7 не способствовали столоно-

образованию, и в этих вариантах столонов было меньше, чем в контроле на 0.5—4.3 шт. или на 10.0—86.0%. Однако данные протравители снижали поврежденность столонов от 26 до 100%.

Протравители-стандарты по сравнению с контролем оказывали различное влияние на столонообразование. Например, препарат колфуго Супер не имел достоверной разницы с контролем в количестве столонов на одном растении ни в фазе всходов, ни в фазе бутонизации—начала цветения. Однако колфуго Супер влиял на качество столонов: поврежденных столонов было достоверно меньше на 15.9%. В варианте с препаратом редут количество столонов в изученные фазы развития растений было достоверно меньше, чем в контроле на 4.7 шт. или на 70.1% и на 3.0 шт. или на 60.0% соответственно. При этом редут полностью защищал столоны картофеля от повреждения ризоктониозом. Фунгицид ТМТД по сравнению с контролем способствовал образованию не только достоверно большего количества столонов на 1.5 шт. или на 22.4% в фазе всходов и на 1.5 шт. или на 30.0% в фазе бутонизации—начала цветения, но и их качеству — поврежденных столонов было меньше на 12.7%.

Препараты 1 и 2 в сравнении с колфуго Супер в фазе всходов картофеля достоверно увеличивали количество столонов на одном растении на 2.7—5.2 шт. или на 41.5—80.0%, а препарат 3 — уменьшал на 3.0 шт. или на 53.8%. В фазе бутонизации—начала цветения в варианте с препаратом

Таблица 5. Влияние инновационных препаратов на количество и массу клубней картофеля в фазе бутонизации—начала цветения

№ п/п	Вариант	Количество клубней, шт./растение	Масса клубней, г/растение
1	Контроль	9.0	681
2	Колфуго Супер — стандарт	11.0	584
3	Редут — стандарт	5.7	495
4	ТМТД — стандарт	8.7	605
5	Препарат 1	7.0	525
6	Препарат 2	11.2	729
7	Препарат 3	6.7	608
8	Препарат 4	8.0	770
9	Препарат 5	4.7	316
10	Препарат 6	7.0	541
11	Препарат 7	6.5	628
12	Препарат 8	6.5	480
	НСР ₀₅	1.4	42

2 была отмечена та же тенденция к увеличению количества столонов: их было больше на 2.3 шт. или на 48.9%, чем в варианте со стандартом. В вариантах с препаратами 3 и 4 количество столонов было достоверно меньше на 2.7–3.7 шт. или на 57.4–78.7%, чем в варианте со стандартом. При этом все механохимически модифицированные препараты достоверно снижали поврежденность столонов ризоктониозом от 3.2 до 100%.

Препараты 3 и 4 в сравнении со стандартом редут в фазе всходов картофеля достоверно улучшали процесс столонообразования, столонов было больше на 1.5–4.0 шт./растение или на 75.0–200%. Между вариантами с препаратами 5, 6 и редут не было обнаружено достоверной разницы. Однако к фазе бутонизации—начала цветения, в вариантах с препаратами 4, 5 и 6 количество образованных столонов было меньше на 0.5–1.3 шт. или на 25.0–65.0%, чем при протравливании препаратом редут. При этом в вариантах с препаратами 4 и 6 отсутствовали поврежденные столоны. В вариантах с использованием препаратов 3 и 5 поврежденных столонов было достоверно больше, чем в контроле (табл. 4).

Препараты, содержащие тирам Д (препараты 3, 4, 7, 8), в сравнении со стандартом ТМТД, были малоэффективными для увеличения количества столонов картофеля, но они положительно влияли на их качество. Например, по сравнению с ТМТД количество столонов в вариантах с изучен-

ными препаратами было меньше — 84.6% в период бутонизации—начала цветения. При этом препараты 3 и 8 снижали поврежденность столонов на 9.2–15.6%, при протравливании препаратами 4 и 7 столоны были полностью здоровыми. В фазе всходов между вариантами с препаратом ТМТД и препаратом 8 не было достоверной разницы в количестве столонов на одном растении.

Разработанные инновационные препараты также оказывали влияние на количество и массу клубней на одном растении (табл. 5). Установили, что в период бутонизации—начала цветения картофеля только препарат 2 по сравнению с контролем достоверно способствовал образованию большего количества клубней на одном растении — на 2.2 шт. или на 24.4%. Масса клубней с одного растения также была больше, чем в контроле на 47.5 г или на 7.0%. Все остальные механохимически модифицированные препараты по сравнению с контролем не оказывали достоверного влияния на увеличение количества клубней и их массы (табл. 6). Между вариантом без обработки и препаратом 4 по количеству клубней разницы не было. Однако масса клубней при протравливании препаратом 4 была максимальной среди всех изученных вариантов и превышала контроль на 88.7 г или на 13.0%.

Протравители, использованные в качестве стандартов, также влияли на количество и массу клубней. Колфуго Супер достоверно увеличивал количество клубней на одном растении на 2.0 шт. или на 22.2%, а препарат редут уменьшал этот показатель на 3.3 шт. или на 36.7% по сравнению с контролем. Однако масса клубней во всех вариантах с протравителями-стандартами была достоверно меньше, чем в контроле на 76.0–187 г или на 11.1–27.4%.

Препараты 1, 3, и 4 по сравнению со стандартом колфуго Супер не способствовали увеличению количества клубней на одном растении. Клубней было меньше на 3.0–4.3 шт. или на 27.3–39.1%. Эти препараты по-разному влияли на массу клубней с одного растения: препарат 1 снижал ее на 58.8 г или на 10.1%, препарат 4 увеличивал на 186 г или на 31.9%, между вариантами с препаратом 3 и колфуго Супер не было достоверной разницы. Установлено, что в варианте с протравителем 4 масса клубней была максимальной среди всех препаратов, содержащих карбендазим. Препарат 2 достоверно не влиял на изменение количества клубней по сравнению с колфуго Супер, но он достоверно увеличивал массу клубней с одного растения на 145 г или на 24.8%.

Все разработанные препараты, содержащие тебуконазол, по сравнению с препаратом редут не имели достоверной разницы в количестве клуб-

ней на одном растении. При этом препараты 3, 4 и 6 достоверно увеличивали массу клубней на 45.7–275 г или на 9.2–55.6%, препарат 5 уменьшал этот показатель на 179 г или на 36.1%.

В вариантах с препаратами 3, 7 и 8 количество клубней, образованных на момент бутонизации—начала цветения картофеля, было достоверно меньше, чем в варианте с ТМТД на 2.0–2.2 шт. или на 23.0–25.3%. Но масса этих клубней в вариантах с препаратами 3 и 7 достоверно не отличалась от варианта с ТМТД, а при использовании препарата 8 масса клубней была меньше на 125 г или на 20.7%, чем в варианте со стандартом. Максимальную прибавку массы клубней показал препарат 4, она составила 165 г или 27.2%, причем по количеству клубней с вариантом ТМТД различий не было.

Комплексное действие предложенных препаратов на развитие заболеваний, развитие и рост растений картофеля повлияло на урожайность культуры (табл. 6). По сравнению с контролем практически все исследованные инновационные препараты достоверно увеличивали валовую урожайность клубней на 2.0–5.5 т/га или на 9.0–24.8%. Протравители 4 и 6 не оказывали влияния на прибавку урожайности картофеля. Протравители-стандарты также обеспечивали получение большей урожайности культуры по сравнению с контролем на 1.8–3.9 т/га или на 8.1–17.6%.

Установлено, что протравитель 1 по сравнению со стандартом колфуго Супер валовую урожайность картофеля достоверно увеличивал на 1.3 т/га или на 5.4%, а препарат 4 уменьшал ее на 2.2 т/га или на 9.1%. Валовая урожайность картофеля от обработки семенного материала препаратами 2 и 3 достоверно не отличались от варианта с препаратом колфуго Супер.

Валовая урожайность картофеля в вариантах с препаратами 3 и 5 достоверно не отличалась от полученной в варианте со стандартом редут. Протравители 4 и 6 не обеспечивали получение большего валового урожая картофеля по сравнению со стандартом редут: урожайность картофеля была достоверно меньше на 2.1–2.5 т/га или на 8.7–10.4%.

Препараты, содержащие в своем составе тирам Д, также по-разному влияли на урожайность клубней. По сравнению с ТМТД достоверно увеличивал урожайность картофеля препарат 8 — на 1.6 т/га или на 6.1%, а препараты 3 и 4 уменьшали ее на 1.3–4.2 т/га или на 5.0–16.1%.

Предлагаемые препараты влияли не только на валовую урожайность культуры, но и на качество клубней (табл. 7). Все препараты по сравнению с

Таблица 6. Влияние инновационных препаратов на валовую урожайность культуры, т/га

№ п/п	Вариант	Валовая урожайность, т/га	Прибавка урожайности, % к контролю
1	Контроль	22.2	—
2	Колфуго	24.1	8.5
3	Супер — стандарт	24.0	8.1
4	Редут — стандарт	26.1	17.6
5	ТМТД — стандарт	25.4	14.4
6	Препарат 1	25.0	12.6
7	Препарат 2	24.8	11.7
8	Препарат 3	21.9	—
9	Препарат 4	24.2	9.0
10	Препарат 5	21.5	—
11	Препарат 6	27.1	22.1
12	Препарат 7	27.7	24.8
	Препарат 8	1.2	
	НСП ₀₅		

контролем снижали долю непригодных клубней на 23.4–40.9% и соответственно увеличивали урожай здоровых клубней от ризоктониоза на 6.5–10.0 т/га или на 67.7–113%. Самым эффективным был препарат 2, он определил максимальную урожайность здоровых клубней 20.4 т/га. Препараты-стандарты также снижали долю непригодных клубней от 31.2 до 42.8% и увеличивали урожай здорового картофеля на 8.3–12.9 т/га или на 86.5–134%.

Установлено, что из всех препаратов, содержащих карбендазим, протравитель 2 достоверно не отличался от стандарта колфуго Супер по показателям качества и количества полученного здорового урожая. Таким образом, препарат 2 был самым эффективным препаратом в защите картофеля от ризоктониоза. По сравнению с препаратом колфуго Супер протравители 1, 3 и 4 были менее эффективными в снижении ризоктониоза на клубнях, и доля непригодных клубней была больше в 1.1–2.1 раза. Соответственно, урожай здоровых клубней в этих вариантах был достоверно меньше на 2.2–3.2 т/га или на 10.7–15.5%.

Препараты, содержащие тебуконазол (препараты 3–6), достоверно не отличались от стандарта редут по показателям качества клубней и количеству полученного урожая здоровых клубней. Однако была отмечена тенденция к снижению непригодных клубней и увеличению здорового урожая картофеля в вариантах с препаратами 4 и 5.

Все препараты, с тиамом Д (препараты 3, 4, 7, 8) по сравнению со стандартом ТМТД достоверно увеличивали долю непригодных клубней на 1.9–

Таблица 7. Влияние инновационных препаратов на качество и урожай здоровых клубней, т/га

№ п/п	Вариант	Весовая доля непригодных клубней, %	Урожайность здоровых клубней, т/га	Увеличение выхода здоровых клубней, %
1	Контроль	56.7	9.6	—
2	Колфуго	14.4	20.6	115
3	Супер — стандарт			
3	Редут — стандарт	25.5	17.9	86.5
4	ТМТД — стандарт	13.9	22.5	134
5	Препарат 1	30.4	17.7	84.4
6	Препарат 2	18.3	20.4	113
7	Препарат 3	29.8	17.4	81.2
8	Препарат 4	15.8	18.4	91.7
9	Препарат 5	22.8	18.7	94.8
10	Препарат 6	25.1	16.1	67.7
11	Препарат 7	30.1	18.9	96.9
12	Препарат 8	33.3	18.5	92.7
	НСР ₀₅		2.5	

19.4% и снижали урожай здоровых клубней на 3.6–5.1 т/га или на 16.0–22.7%. Однако была отмечена тенденция к увеличению урожайности здоровых клубней в вариантах с препаратами 4, 7 и 8.

Проведенный методом многомерного ранжирования анализ полученных результатов показал, что по совокупности признаков лучше всего против ризоктониоза картофеля в период вегетации защищали следующие инновационные препараты (табл. 8). Первое место занимал препарат 2, который наравне с протравителями-стандартами ТМТД и колфуго Супер защищал картофель в течение вегетации от ризоктониоза и способствовал увеличению урожая высокого качества. Пре-

параты 8, 1, 7 и 4 также показали хороший результат в оздоровлении посадок картофеля.

ВЫВОДЫ

1. Изучена биологическая эффективность в отношении сухих гнилей в период хранения и ризоктониоза картофеля в течение вегетации инновационных препаратов, приготовленных 2-мя альтернативными методами:

— методами механохимической модификации известных фунгицидов растительными метаболитами;

— методом суспендирования фунгицидов без использования традиционных формообразующих компонентов. Выявлено влияние экспериментальных препаратов на биометрические показатели растений, урожайность клубней картофеля и качество урожая.

2. Биологическая эффективность инновационных препаратов против сухих гнилей в период хранения варьировала от 68.0–77.0% (препараты 4, 5 и 8) до 87% (препараты 3, 7), или составляла 100% (препараты 2 и 6). Более всего снижали развитие ризоктониоза в период вегетации в следующем порядке препараты 2, 1, 3, 7 и 8. Препараты 2, 1, 4, 5, 7 и 8 увеличивали валовый урожай клубней на 9.0–24.8%.

3. Все изученные инновационные препараты снижали долю непригодных клубней от ризоктониоза на 23.4–40.9% и увеличивали урожай здоровых клубней на 67.7–113%. Самым эффективным препаратом в борьбе с ризоктониозом картофеля в период вегетации, который способствовал повышению урожайности культуры и качества полученной продукции был препарат 2.

Таблица 8. Ранжирование препаратов по совокупности признаков

Место объекта	Вариант	Сумма рангов
Группа “лучших” объектов		
1	Препарат 2	129
2	ТМТД	123
3	Колфуго Супер	123
Группа “средних” объектов		
4	Препарат 8	115
5	Препарат 1	107
6	Препарат 7	101
7	Препарат 4	101
Группа “худших” объектов		
8	Препарат 3	96.5
9	Редут	78.5
10	Препарат 6	73.5
11	Препарат 5	67.5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев А.В. Ключевая проблема развития агропромышленного комплекса страны – финансовое оздоровление сельских товаропроизводителей // Экономика сел.-хоз. и перерабат. предприятий. 2010. № 7. С. 9.
2. Россияне за год съели картошки на 25% больше нормы // Известия. 2018. <https://iz.ru/698963/2018-01-23/rossiiane-za-god-seli-kartoshki-na-25-bolshe-normy>
3. Анисимов А.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кузнецова М.А., Плехневич М.П., Пшеченков К.А., Симаков Е.А., Склярова Н.П., Стасевски З., Усков А.И., Яшина И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофельовод, 2009. 272 с.
4. Шалдяева Е.М. Экологическое обоснование систем мониторинга и защиты картофеля от ризоктониоза в Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Краснодар, 2007. 40 с.
5. Малуга А.А. Видовой состав и патогенность грибов рода *Fusarium*, вызывающих сухую гниль клубней картофеля в Западной Сибири // Микол. и фитопатол. 2003. Т. 37. Вып. 4. С. 84–91.
6. Малуга А.А., Коняева Н.М., Енина Н.Н., Фисечко Р.Н., Орлова Е.А., Сафонова А.Д., Николаева А.А. Система защиты картофеля от болезней и вредителей в Новосибирской области: Практич. рук.-во. Новосибирск: РАСХН, СО, СибНИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва, 2003. С. 27–28.
7. Сафонова А.Д., Орлова Е.А., Коняева Н.М., Малуга А.А., Енина Н.Н. Сорта картофеля для Новосибирской области. Продуктивность, устойчивость к болезням, скороспелость, лежкость. Новосибирск: РАСХН, СО, СибНИИРС, 2003. 38 с.
8. Минсельхоз РФ. Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 г. и задачи на 2018 год. 2018. https://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/435/prz_mcx.pdf
9. Тюттерев С.Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. СПб., 2006. 248 с.
10. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации: справ. изд-е. М., 2016. 880 с.
11. Малуга А.А., Чуликова Н.С., Халиков С.С. Комплексные препараты для защиты картофеля на основе карбендазима // Агрохимия. 2017. № 6. С. 52–61.
12. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков гербицидов в почве // Агрохимия. 2016. № 6. С. 39–45.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 351 с.
14. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2017. 944 с.
15. Методика исследований по культуре картофеля. М.: НИИКС, 1967. 264 с.
16. Frank J., Leach S.S., Webb R.E. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani* // Plant Dis. Rep. 1976. V. 60. № 11. P. 910–912.

Efficiency of Innovative Preparations on the Basis of Tebuconazole, Tiram and Carbendasim against Potato Diseases

A. A. Malyuga^{a, #}, N. S. Chulikova^a, and S. S. Khalikov^{b, ##}

^a Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies RAS
Novosibirsk district, Novosibirsk region, r.p. Krasnoobsk 630501, Russia

^b A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds RAS
ul. Vavilova 28, Moscow 119991, Russia

[#] E-mail: anna_malyuga@mail.ru

^{##} E-mail: salavatkhalikov@mail.ru

In order to create protectants for the integrated protection of potatoes against pathogens of dry fomo-fusarium rot during storage and rhizoctoniosis, experimental formulations of preparations based on mechanochemically modified tebuconazole, thiram and carbendazim complexes with plant metabolites and suspending the active ingredients of the same fungicides without using traditional forms. Testing of these protectants showed their high efficacy against storage rot, and in the field they reduced the development of rhizoctoniosis on potato stalks and influenced the plant productivity indicators, increased crop yield and quality of the new crop. It was shown that the proposed protectants had a high biological efficiency with reduced consumption rates of active substances.

Key words: tebuconazole, thiram, carbendazim, plant metabolites, mechanochemical modification, suspensions, protectants, potato, biological efficiency, productivity.