

УДК 632.952:633.491

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВЕ КАРБЕНДАЗИМА¹

© 2019 г. А. А. Малюга^{1,*}, Н. С. Чуликова¹, С. С. Халиков^{2,**}

¹ Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН
630501 р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, а/я 463, Россия

² Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
119991 Москва, ул. Вавилова, 29, Россия

*E-mail: anna_maluyga@mail.ru

**E-mail: salavatkhaliakov@mail.ru

Поступила в редакцию 05.07.2019 г.

После доработки 26.07.2019 г.

Принята к публикации 08.08.2019 г.

Методами механохимии получены инновационные композиции фунгицидов-протравителей на основе карбендазима и водорастворимых полимеров для комплексной защиты картофеля от возбудителей гнилей при хранении и ризоктониоза. Установлено, что введение в состав этих препаратов полисахаридов арабиногалактана и гидроксипропилкрахмала, а также поливинилпирролидона позволило значительно увеличить водорастворимость карбендазима и получить протравители клубней картофеля с улучшенными физико-химическими, технологическими и биологическими параметрами. Испытание композиций в полевых условиях показали синергизм биологических свойств, проявлявшихся в ускорении роста растений и накопления биомассы, снижении развития ризоктониоза картофеля на стеблях и увеличении продуктивности культуры. Показано, что композиции карбендазима с указанными полимерами обладали высокой биологической активностью при сниженном расходе препарата.

Ключевые слова: карбендазим, механохимия, полисахариды, водорастворимость, фунгицидные композиции, протравители, картофель, клубни, сухие гнили хранения, ризоктониоз, биологическая эффективность.

DOI: 10.1134/S0002188119110073

ВВЕДЕНИЕ

Повышение устойчивости растений к болезням может быть достигнуто химическим методом с помощью различных веществ – химических иммунизаторов – соединений, которые могут проникать в растения, ассимилироваться ими, оказывать влияние на обмен веществ, повышая тем самым устойчивость к паразиту. Химическую иммунизацию могут вызывать фунгициды, рострегулирующие вещества, антибиотики, макро- и микроэлементы [1]. Фунгициды комплексно-иммунизирующего действия или продукты их декомпозиции изменяют метаболизм растений в сторону повышения устойчивости к заболеваниям не только в год обработки, но и в последующих поколениях [2], что дает основание отнести это явление к типу приобретенного иммунитета.

Среди различных приемов, позволяющих защитить картофель от болезней, наиболее экономичным и экологически безопасным является протравливание клубней. Основной идеей создания протравителей явилось присутствие пропативных структур возбудителей болезней на поверхности семенного материала, а также внутри него. Ежегодная высокая инфицированность семенных клубней [3] обуславливает необходимость обязательного предпосадочного протравливания клубней. Протравливание обеспечивает максимальный эффект при минимально отрицательном влиянии на компоненты агроценоза [4]. Для прямого подавления и уничтожения патогенов в основном используют химические препараты контактного и системного действия, которые снижают жизнеспособность либо вызывают гибель возбудителя, прерывая его инфекционный цикл. Этим достигается уничтожение инфекции на клубнях и их защита от возбудителей почвен-

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

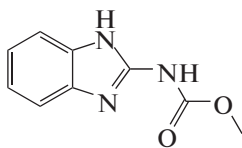
но-клубневых инфекций, как во время хранения, так и во время прорастания. Данный прием в определенной мере также препятствуют поражению клубней нового урожая.

Однако пестициды требуют пристального внимания и изучения из-за их токсического воздействия на окружающую среду. Одним из путей повышения безопасности данного метода является совершенствование ассортимента пестицидов, направленное на улучшение их санитарно-гигиенических и экологических характеристик, высокую эффективность в сочетании с малой опасностью для теплокровных животных и окружающей среды [5].

Цель работы – синтез и изучение биологической эффективности полифункциональных комплексных препаратов-протравителей на основе карбендазима (**БМК**), полученных его механохимической модификацией с помощью водорастворимых полимеров. Полученные при этом инновационные композиции исследованы в период хранения клубней и вегетации растений в отношении ризоктониоза и сухих гнилей, а также их влияния на продуктивность культуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс получения композиций. Карбендазим (**БМК**) – [N-(бензимидазол-2-О-метилкарбамат) – действующее вещество (**д.в.**) пестицидов из класса бензимидазолов, один из первых системных фунгицидов, который используют и в настоящее время [6]. **БМК** представляет собой кристаллическое вещество от серого или голубого до темно-коричневого цвета. Плохо растворим в воде и многих органических растворителях, растворим в кислотах. В кислой среде стабилен, в щелочной быстро разрушается, образуя водорастворимые соли. Брутто-формула – $C_9H_9N_3O_2$. Структурная формула:



Для изменения растворимости **БМК** применяли следующие водорастворимые полимеры: арабиногалактан (**АГ**)/ТУ 9363-021-39094141-08, серия 02042013/; гидроксиэтилкрахмал (**ГЭК**)/марки 200/05 фармакопейной чистоты/; поливинилпирролидон (**ПВП**) (**ФС**П 42-0345-4368-03) с молекулярной массой $M_w \approx 12$ кДа.

Процесс получения композиций проводили при совместной обработке **БМК** с полимерами в

измельчителях-активаторах ударно-истирающего типа с регулируемой энергонапряженностью в условиях, описанных ранее [7, 8]. Полученные при этом композиции были исследованы на растворимость в воде, дисперсность, а также методами ИК-спектроскопии и термического анализа для подтверждения стабильности **БМК** при механообработке (**м/о**) и образования межмолекулярных комплексов. ИК-спектральные исследования исходного **БМК** и его композиций с полимерами были проведены на спектрофотометре Shimadzu-2600 (Япония).

Термический анализ образцов карбендазима и его композиций проводили методом дифференциальной сканирующей калориметрии (**ДСК**) с помощью прибора DSC-550 (Instrument Scientific Specialists Inc., USA) в атмосфере аргона. Температурная программа: 20–250°C, скорость нагрева 10°/мин.

Для определения растворимости **БМК** и его композиций навески образцов в количествах 0.05 и 0.55 г соответственно растворяли в 10 мл дистиллированной воды при перемешивании на магнитной мешалке (25°C, 250 об./мин) в течение 3 ч. Во всех случаях субстанция **БМК** в растворе находилась в равновесии с осадком нерастворившегося **БМК**. Далее проводили центрифугирование и концентрацию **БМК** в растворе определяли методом ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1200 с колонкой Zorbax Eclipse XDB-C18, 4.6 × 50 мм; температура колонки 30°C; детектор диодно-матричный. В качестве элюента применяли систему ацетонитрил–ацетатный буфер pH 3.4 (1 : 1), скорость потока – 1 мл/мин, объем пробы – 5 мкл, детектирование на длине волны 242 нм. Концентрацию **БМК** определяли относительно специально приготовленного стандартного раствора **БМК** в ДМСО.

Гранулометрический состав осадков исходного **БМК** и его композиций определяли с помощью лазерного анализатора размера частиц SALD-7101 (“Shimadzu”, Япония). В модуль пробоподготовки (объем жидкости 150 см³) засыпали 1–5 г исследуемого порошка в количестве, достаточном для достижения 70–75% светопропускания через кювету. Измерения проводили после перемешивания в течение 1–2 мин при одновременной ультразвуковой обработке суспензии для разрушения агломератов. Результаты анализа представлены в виде гистограмм массового распределения по размерам частиц.

Для подтверждения биологической эффективности приготовленные по механохимической

Таблица 1. Схема опытов протравливания клубней картофеля

Вариант, содержание БМК (д.в., %)	Норма расхода препарата на 1 т клубней картофеля		Норма расхода д. в. на 1 т клубней картофеля	
	осень	весна	осень	весна
1. Контроль без обработки	—		—	
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	250 мл		50 г	
3. БМК:АГ (1:10), 9%	555 г	100 г	50 г	10 г
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	150 г	30 г	50 г	10 г
5. БМК:ГЭК (1:5), 16,6%	300 г	60 г	50 г	10 г

Примечание. БМК — карбендазим, АГ — арабиногалактан, ГЭК — гидроксипропилкрахмал, ПВП — поливинилпирролидон. То же в табл. 2–9 и на рис. 1, 2.

технологии композиции БМК были переданы на испытания.

Биологические испытания. Объектами изучения были картофель (*Solanum tuberosum* L.), ризоктониоз картофеля (*Rhizoctonia solani* Kühn.), сухие гнили при хранении (*Fusarium* spp. и *Phoma exigua* sp.). Эксперименты проводили на сорте картофеля Любава в хранилище и на полях стационара СибНИИЗиХ СФНЦ РАН в ОПХ “Элитное” Новосибирской обл., почвенно-климатические условия которого типичны для лесостепной зоны Западной Сибири в период 2013–2014 гг.

Клубни картофеля обрабатывали фунгицидами-протравителями (в том числе, инновационными композициями БМК с полимерами) осенью (для определения их биологической эффективности в отношении гнилей при хранении) и весной (против ризоктониоза). В качестве эталона (химического контроля) был выбран разрешенный для применения в РФ препарат на основе БМК — колфуго Супер, КС (200 г/л). Норма расхода рабочей жидкости при осеннем и весеннем протравливании составила 10 л/т [9, 10].

Осенью клубни картофеля, взятые из-под картофелеуборочного комбайна (для моделирования производственных условий, где происходит травмирование клубней, что ведет к заселению полученных повреждений возбудителями фомоза, фузариоза, и развитию сухих гнилей в период хранения), опрыскивали изученными композициями в течение 48 ч после их уборки. Нормы расхода композиций БМК были взяты на уровне химического контроля колфуго Супер, с учетом длительного нахождения обработанных клубней в хранении (8 мес.), в связи с чем отмечено разложение и адсорбция почвой действующих веществ.

Образцы клубней массой 20 кг, обработанные фунгицидами перед закладкой на хранение, в че-

тырехкратной повторности хранили в массе картофеля в закроме. Весной их анализировали на пораженность гнилями. Здоровые клубни высаживали в полевом опыте для изучения последствий пестицида на ризоктониоз и урожайность. Густота посадки — 35,7 тыс. растений/га, площадь питания — 0,28 м². Размер делянок 16,8 м², повторность трехкратная.

Весной вновь отобранные посадочные клубни были обработаны композициями БМК с полимерами и высажены в поле для определения биологической эффективности препаратов в период вегетации против ризоктониоза. Нормы расхода этих композиций были снижены в 5 раз в сравнении с химическим контролем. Площадь делянки под вариантом опыта составила 16,8 м². Густота посадки — 35,7 тыс. растений/га, площадь питания — 0,28 м². Повторность опыта трехкратная.

Основные элементы технологии возделывания картофеля соответствовали общепринятым для данного региона [11]. Опыт закладывали согласно методике проведения полевых исследований [12] на естественном инфекционном фоне *R. solani*. Учет пораженности растений картофеля ризоктониозом проводили через 4, 10 нед после посадки культуры по методике [13]. В период вегетации также проводили наблюдения за фенологией растений [14].

Результаты обработаны с применением прикладного пакета программ СНЕДЕКОР [15]. Схемы опытов осеннего и весеннего применения препаратов на основе БМК представлены в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты ИК-спектральных исследований показали, что деструкции БМК при его механической обработке с полимерами не происходило, а расширение характеристических полос поглощения БМК свидетельствовало об образовании межмо-

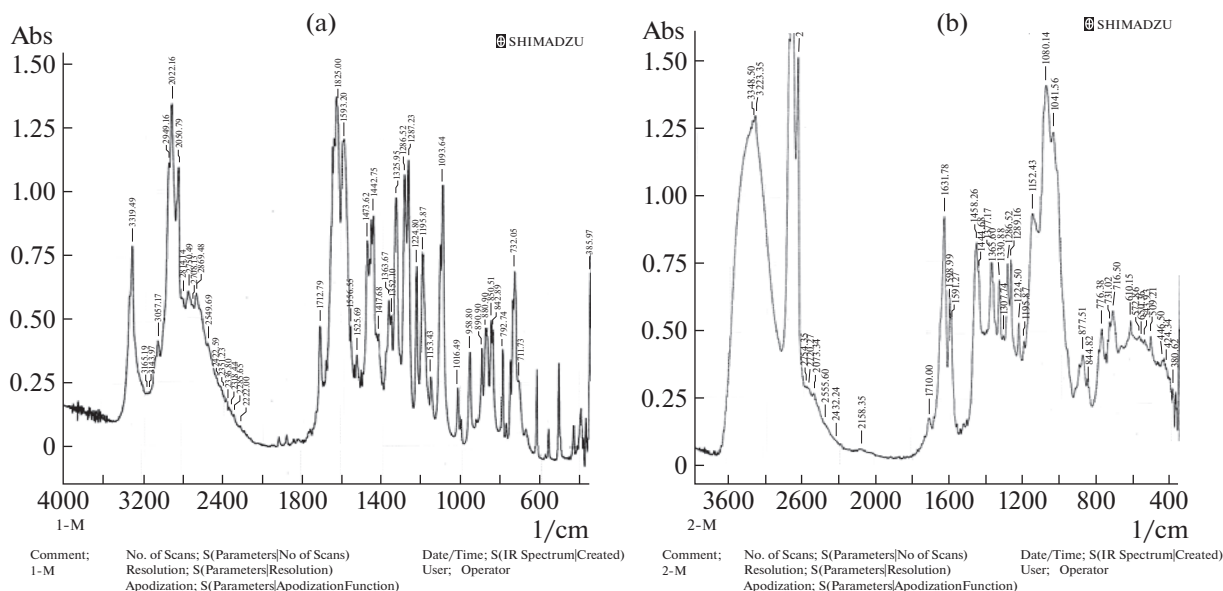


Рис. 1. ИК-спектры: (а) — исходного карбендазима (БМК) и (б) — его композиции с АГ, полученной при совместной механообработке в валковой мельнице LE-101 в течение 4 ч.

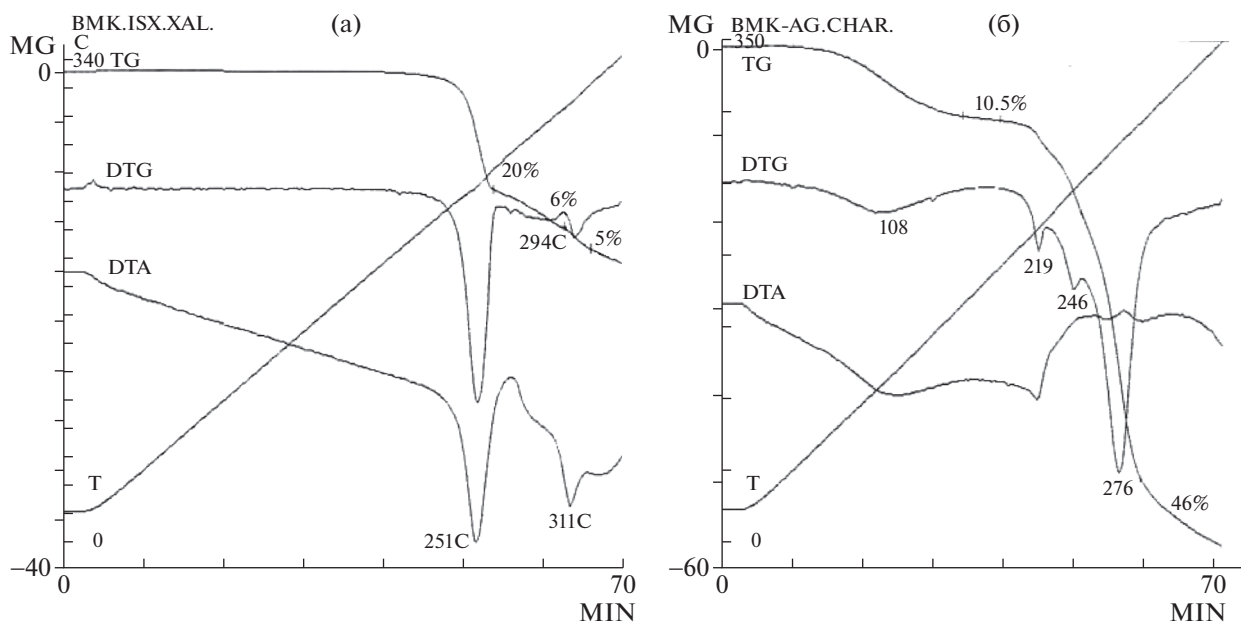


Рис. 2. Термический анализ: (а) — исходного карбендазима, (б) — его композиции с АГ, полученной при совместной механообработке в валковой мельнице LE-101 в течение 4 ч.

лекулярных водородных связей между молекулами БМК и полимеров (рис. 1).

Данные термического анализа показали, что при совместной механообработке БМК с полимерами происходило смещение термоэффектов БМК в область более высоких температур, т.е. образовывались энергетически более стабильные системы (рис. 2).

Анализ растворимости БМК и его композиций (табл. 2) показал, что все полученные композиции БМК обладали повышенной водорастворимостью по сравнению с исходной субстанцией БМК, причем наибольшая растворимость БМК отмечена для композиции БМК:АГ (1:10), что предполагало и соответствующее увеличение биологической активности.

Таблица 2. Растворимость БМК и его композиций с полимерами

Образец	Способ обработки	Концентрация БМК, г/л	Увеличение растворимости в воде
Карбендазим (БМК) исходный	Без механообработки	0.008	—
БМК:ПВП (1:10)	Валковая мельница LE-101, 4 ч	0.024	3.0
БМК:ГЭК (1:10)		0.015	1.9
БМК:АГ (1:10)		0.172	21.5

Анализ данных дисперсного состава исходного БМК и его композиций (табл. 3) показал, что все композиции являлись нанодиспергированными частицами по сравнению с самой исходной субстанцией БМК, причем композиция с АГ имела наименьший размер частиц, что также предполагало увеличение активности.

Биологические исследования показали, что все изученные композиции БМК с полимерами обладали более высокой эффективностью в отношении возбудителей сухих гнилей при хранении, чем стандартный фунгицид-протравитель колфуго Супер (табл. 4). Весовая доля (в %) больных клубней с сухими гнилями хранения была меньше в 12.5–14.5 раза в сравнении с контрольным вариантом, и в 4.1–4.8 раза — в сравнении с химическим контролем.

Установлено, что все композиции БМК при протравливании клубней осенью показали высокую биологическую эффективность против возбудителей фузариозов и фомоза — 92–93%, тогда как для препарата колфуго Супер данный показатель был меньше на 25–26%.

Исследование также показало, что композиции БМК были эффективны и против возбудителя ризоктониоза картофеля, но данный показате-

ль варьировал в зависимости от срока их применения (табл. 5).

Было установлено, что все изученные композиции в среднем достоверно снижали развитие болезни на всходах картофеля в 1.9–5.4 раза в сравнении с контролем. Эффективность весеннего протравливания посадочного материала против черной парши была в среднем существенно выше, чем осеннего (в 1.4 раза).

В фазе полных всходов наиболее эффективно снижали развитие ризоктониоза композиции в вариантах 3 и 4 при использовании их весной перед посадкой, тогда как эффективность композиции в варианте 5 не имела существенной разницы в зависимости от срока применения.

Все изученные композиции, нанесенные на клубни как осенью, так и весной, к фазе полных всходов в сравнении с контролем достоверно снижали развитие ризоктониоза в 1.5–8.0 и 2.3–8.0 раза соответственно. Для препарата колфуго Супер данный показатель в первом случае составил 1.8 раза, во втором — 2.6 раза.

Определение заболеваемости растений в фазе бутонизации—цветения показало, что тенденции, наблюдаемые в фазе полных всходов, сохранились (табл. 6). Развитие ризоктониоза в среднем в

Таблица 3. Дисперсность БМК и его композиций с полимерами*

Образец	Доля частиц с максимальным размером в образце		
	50%	75%	100%
	Максимальный размер частиц, мкм		
Карбендазим (БМК) (исходный, без механообработки)	8.6	14.6	50.0
БМК:ПВП (1:10)	1.6	3.0	19.0
БМК:ГЭК (1:10)	1.7	3.3	16.0
БМК:АГ (1:10)	1.0	1.7	5.5

*Получены в валковой шаровой мельнице LE-101.

Таблица 4. Влияние механохимических композиций БМК на сухие гнили клубней при хранении, %

Вариант, содержание БМК (д.в.)	Весовая доля больных клубней, %	Биологическая эффективность
1. Контроль без обработки	4.36	—
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	1.43	67.2
3. БМК:АГ (1:10), 9%	0.30	93.1
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	0.35	92.0
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	0.32	92.7

Таблица 5. Влияние композиций БМК на развитие ризоктониоза в фазе полных всходов, %

Вариант, содержание БМК (д.в., %)	Срок применения фунгицида		Средние фактора “защита”
	осень	весна	
1. Контроль, без обработки	20.0		20.0
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	7.5	2.5	5.0
3. БМК:АГ (1:10), 9%	13.3	2.5	7.9
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	12.5	8.9	10.7
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	2.5	5.0	3.7
Средние фактора срок обработки	11.2	7.8	

HCP_{05} факторов: защита – 3.0, срок обработки – 1.3

HCP_{05} частных средних – 4.3

Таблица 6. Влияние композиций БМК на развитие ризоктониоза в фазе бутонизации—цветения, %

Вариант, содержание БМК (д.в., %)	Срок применения фунгицида		Средние фактора защита
	осень	весна	
1. Контроль, без обработки	63.3		63.3
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	50.0	31.7	40.8
3. БМК:АГ (1:10), 9%	42.2	18.9	30.5
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	12.5	12.2	12.4
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	20.0	28.9	24.4
Средние фактора срок обработки	37.6	31.0	

HCP_{05} фактора: защита – 5.3, срок обработки – 2.2

HCP_{05} частных средних – 7.4

сравнении с контрольным вариантом было существенно меньше в 2.1–5.1 раза на растениях, выросших из клубней, протравленных композициями, использованных в вариантах 3, 4 и 5, и в 1.3–3.3 раза меньше в сравнении с препаратом колфуго Супер. Данный показатель для растений, культивируемых из клубней, протравленных осенью, был больше в среднем в 1.2 раза, и эта разница статистически достоверна.

Наибольший эффект в снижении развития ризоктониоза на стеблях имели композиции, которые были применены в вариантах 3 и 4 при их использовании весной перед посадкой клубней, и в вариантах 4 и 5 – перед закладкой клубней на хранение. Эффективность композиции в варианте 4 не имела существенной разницы в зависимости от срока применения.

Все изученные композиции, нанесенные на клубни как осенью, так и весной, в фазе бутони-

зации—цветения в сравнении с контрольными растениями достоверно снижали развитие ризоктониоза на стеблях в 1.5–5.1 и 2.2–5.1 раза соответственно. Препарат колфуго Супер уменьшал данный показатель в первом случае в 1.3 раза, во втором – в 2.0 раза.

Изучение влияния композиций БМК на биометрические показатели культуры в фазе полных всходов показало, что в среднем длина побегов не отличалась от таковой в контроле (табл. 7). В фазе бутонизации—цветения данный показатель существенно превышал контроль в варианте 3. Также было отмечено, что в фазе бутонизации—цветения композиция, использованная в варианте 5, существенно уменьшала длину побегов картофеля.

В среднем срок применения композиций БМК сказывался на росте культуры как в период полных всходов, так и в фазе бутонизации—цветения. Использование композиций осенью увеличивало

Таблица 7. Влияние композиций БМК на высоту растений картофеля в фазе полных всходов, см

Вариант защиты, содержание БМК (д.в., %)	Срок применения фунгицида		Средние фактора защита
	осень	весна	
Фаза полных всходов			
1. Контроль, без обработки	35.0		35.0
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	36.7	40.0	38.4
3. БМК:АГ (1:10), 9%	35.0	34.5	34.7
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	38.0	33.5	35.7
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	36.2	34.0	35.1
Средние по фактору срок	36.2	35.4	
HCP ₀₅ факторов: защита – 1.5, срок – 0.6			
HCP ₀₅ частных средних – 2.1			
Фаза бутонизации—цветения			
1. Контроль, без обработки	42.5		42.5
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	42.5	40.8	41.7
3. БМК:АГ (1:10), 9%	46.7	45.8	46.3
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	42.5	42.8	42.7
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	41.9	36.7	39.3
Средние фактора срок обработки	43.2	41.7	
HCP ₀₅ факторов: защита – 3.0, срок обработки – 1.3			
HCP ₀₅ частных средних – 4.3			

длину побегов на 0.8–1.5 см в сравнении с весенней обработкой.

Нанесение на клубни осенью композиции в варианте 4 способствовало существенному увеличению длины побегов растений в фазе полных всходов, а использование композиции в варианте 3 осенью – также в фазе бутонизации—цветения на 3.0 и 4.2 см соответственно. При обработке клубней весной перед посадкой рост растений в фазе бутонизации—цветения достоверно увеличивала композиция, нанесенная на клубни в варианте 3. В варианте 5 (клубни обработаны весной, фаза бутонизация—цветение) отмечено достоверное снижение данного показателя.

Модифицированные фунгицидные композиции БМК оказывали влияние не только на длину побегов растений, но и на их биомассу (табл. 8). В среднем достоверно увеличивали данный показатель композиции в вариантах 4 и 5 в фазе полных всходов на 12.5–31.3 г/растение в сравнении с контролем, а препарат колфуго Супер увеличивал массу растения на 23.8 г. К фазе бутонизации—цветения все изученные композиции в среднем существенно повышали биомассу картофеля на 26.7–47.4 г/растение, тогда как в варианте с химическим контролем эта величина составила 22.9 г/растение.

Весеннее использование защитных составов обеспечило в среднем увеличение биомассы растений в период полных всходов на 7.0 г/растение, в фазе бутонизации—цветения подобная тенденция сохранилась.

В целом к фазе полных всходов существенную прибавку биомассы при обоих сроках применения защитных составов обеспечила композиция в варианте 5 (на 17.5–45.0 г/растение), а также в варианте 4 в случае ее использования осенью (на 17.5 г/растение) в сравнении с контролем. В фазе бутонизации—цветения существенное увеличение данного показателя наблюдали в вариантах с осенним протравливанием клубней всеми изученными композициями (на 36.4–41.5 г/растение), а также использования композиций в вариантах 3 и 4 весной (на 42.9–49.9 г/растение). Помимо роста биомассы также наблюдали и ее снижение фазе полных всходов в варианте 3 при осеннем протравливании.

Комплексное действие композиций БМК на развитие заболевания, развитие и рост растений картофеля определяло урожайность культуры (табл. 9).

Таблица 8. Влияние композиций БМК на массу растения картофеля в фазу полных всходов, г/1 растение

Вариант защиты	Срок применения фунгицида		Средние фактора защита
	осень	весна	
Фаза полных всходов			
1. Контроль без обработки	125		125
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	130	168	149
3. БМК:АГ (1:10), 9%	100	135	118
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	143	133	138
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	170	143	156
Средние фактора срок обработки	134	141	

HCP_{05} факторов: защита – 11, срок обработки – 5

HCP_{05} частных средних – 15

Фаза бутонизации–цветения			
1. Контроль без обработки	130		130
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	134	173	153
3. БМК:АГ (1:10), 9%	167	173	170
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	175	180	178
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	170	144	157
Средние фактора срок обработки	155	160	

HCP_{05} факторов: защита – 13, срок обработки – 5

HCP_{05} частных средних – 18

Таблица 9. Влияние композиций БМК на урожайность культуры, т/га

Вариант, содержание БМК (д.в., %)	Срок применения фунгицида		Средние фактора защита	Прибавка урожайности, % к контролю	
	осень	весна		осень	весна
1. Контроль, без обработки	8.3		8.3	—	
2. Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль, 20%	9.8	12.0	10.9	18.3	44.1
3. БМК:АГ (1:10), 9%	10.6	10.6	10.6	28.2	27.2
4. БМК:ПВП (1:2), 33%	10.0	11.0	10.5	18.9	32.9
5. БМК:ГЭК (1:5), 16.6%	11.2	13.1	12.1	35.1	57.2
Средние фактора срок обработки	10.0	11.0			

HCP_{05} факторов: защита – 1.3, срок обработки – 0.6

HCP_{05} частных средних 2.0

В среднем все изученные композиции достоверно повышали урожайность культуры на 1.52–4.75 т/га. Максимальную прибавку урожайности из всех экспериментальных композиций обеспечил препарат, который был использован в варианте 5. При осеннем протравливании она составила 2.91, при весеннем – 4.75 т/га. Компопозиция, примененная в варианте 3, позволила получить одинаковый дополнитель-

ный урожай в размере 2.30 т/га как при осеннем, так и весеннем сроке ее использования. Наилучшим сроком использования композиции 4 оказалась весна, в этом случае урожайность картофеля была на 2.73 т/га больше, чем в контроле. Препарат колфуго Супер был наиболее эффективен в случае весеннего протравливания посадочного материала (прибавка урожайности составила 3.66 т/га).

ВЫВОДЫ

1. Биологическую эффективность против сухих гнилей при хранении показали все изученные композиции карбендазима и водорастворимых полимеров.

2. Максимальная продуктивность растений картофеля отмечена при использовании композиции 5 (БМК:ГЭК) (прибавка урожайности в сравнении с контролем была равна 35% при осеннем протравливании клубней и 57% — при весеннем). Эффективность композиций 3 (БМК:АГ) и 4 (БМК:ПВП) соответственно составила 28 и 19% при осеннем протравливании и 27 и 33% при весеннем.

3. Более всего снижали развитие ризоктониоза в период вегетации растений картофеля композиции 4 (БМК:ПВП) и 5 (БМК:ГЭК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горленко И.В. Краткий курс иммунитета растений к болезням. М.: Высш. шк., 1973. 366 с.
2. Логинова Л.Н. Об особенностях и механизме действия комплексно-иммунизирующих фунгицидов на метаболизм растений // Патологическая физиология и иммунитет растений. М.: Изд-во МГУ, 1976. С. 230–245.
3. Иванюк В.Г., Банадысев С.А., Журомский Г.К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск: Белпринт, 2005. 696 с.
4. Тютерева С.Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. СПб., 2006. 248 с.
5. Захаренко В.А. Тенденции развития нанобитосанитарии в защите растений // Защита и карантин растений. 2009. № 5. С. 13–17.
6. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987. 712 с.
7. Халиков С.С., Халиков М.С. Модификация свойств сельскохозяйственных препаратов путем их механоактивации с полимерами // Бутлеров. сообщ. 2011. Т. 25. № 8. С. 20–26.
8. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеев В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // Фундамент. исслед.-я. 2013. № 10. Ч. 12. С. 2695–2700.
9. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Агрорус, 2012. 578 с.
10. Список пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2014. 692 с.
11. Буллака В.В. Картофелеводство Сибири и Дальнего Востока. М.: Колос, 1978. 208 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
13. Frank J., Leach S.S., Webb R.E. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani* // Plant Dis. Report. 1976. V. 60. № 11. P. 910–912.
14. Методика исследований по культуре картофеля. М.: НИИКХ, 1967. 264 с.
15. Сорокин О.Д. Пакет прикладных программ СНЕДЕКОР // Применение математических методов и ЭВМ в почвоведении, агрохимии и земледелии: Тез. докл. 3-й научн. конф. Рос. общ-ва почвоведов. Барнаул, 1992. С. 97.

Complex Preparations Based on Carbendazim for Protection of Potato

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

^aSiberian Research Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture SFNTSA RAS
sub/mailbox 463, Novosibirsk region, r.p. Krasnoobsk 630501, Russia

^bA.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds RAS
ul. Vavilova 29, Moscow 1119991, Russia

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

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

Innovative compositions of fungicides and protectants were obtained by methods of mechanochemistry based on Carbendazim and watersoluble polymers for comprehensive protection against pathogens of potato rot during storage and *Rhizoctonia*. The combination of Carbendazim with polysaccharides (arabinogalactan and hydroxyethyl starch) and polyvinylpyrrolidone significantly increase the water solubility of Carbendazim and get protectants for potatoes with improved physico-chemical, technological and biological parameters. Test of protectants shown in the field of biological synergism properties manifested in accelerating the growth of plants and their weight reduction of *Rhizoctonia* potato stems and increase crop production. It was shown that the complex protectants of Carbendazim with these polymers exhibit high biological activity at a reduced flow rate of the drug.

Key words: carbendazim, mechanochemistry, polysaccharides, water solubility, fungicidal compositions, protectants, potatoes, tuber, dry rot in storage, black scab, biological efficacy.