

УДК 632.937:632.98

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

© 2023 г. А. К. Лысов^{1,*}, Т. В. Корнилов¹, И. Л. Краснобаева¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608 Санкт-Петербург—Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия

*E-mail: lysov4949@yandex.ru

Поступила в редакцию 12.04.2023 г.

После доработки 19.05.2023 г.

Принята к публикации 15.08.2023 г.

Рассмотрены вопросы повышения качества нанесения грибных и бактериальных биопрепаратов при применении норм расхода рабочей жидкости до 20 л/га. Наряду с традиционной методикой оценки качества нанесения рабочей жидкости биопрепаратов на обрабатываемую поверхность, был использован также и новый метод оценки эффективности нанесения биопрепаратов, который заключался в отборе через 1 сут после обработки определенной площади листовой поверхности картофеля по ярусам растений для определения жизнеспособности грибных и бактериальных препаратов при технологиях малообъемного (МО) и ультрамалообъемного (УМО) опрыскивания. Показано, что при применении технологии УМО до 10 л/га, несмотря на высокую плотность покрытия, клетки микроорганизмов попадают на листовую поверхность с недостаточным количеством жидкости для активного их размножения на обработанной поверхности. Кроме того, при низкой влажности, связанной с быстрым испарением капель с поверхности обработанных листьев, микроорганизмы не размножаются и при высыхании уносятся ветром. Проведенными исследовательскими испытаниями применения грибного биопрепарата Трихоцин при норме расхода 20 л/га на тест-объектах (растениях картофеля сортов Галла и Ривьера) с использованием в качестве антииспарителей особо чистого глицерина и влагоудерживающей пищевой добавки сорбит показано, что их использование обеспечивало за счет сохранения влаги жизнеспособность клеток биопрепарата и высокую скорость их размножения на обработанной поверхности.

Ключевые слова: картофель, технологии МО и УМО, биопрепарат, антииспаритель, глицерин, сорбит, плотность покрытия.

DOI: 10.31857/S0002188123110091, **EDN:** VGRUWO

ВВЕДЕНИЕ

Основой для экологически безопасного производства продуктов питания и ограничения использования химических средств защиты растений является применение в интегрированных системах защиты биопрепаратов [1]. В ведущих странах мира и в нашей стране в настоящее время наблюдают растущий спрос потребителей на продукты питания, произведенные с использованием экологически безопасных биологических средств защиты от вредных организмов [2, 3].

Биопрепараты — живые организмы или естественные биологически высокоактивные химические соединения, синтезируемые живыми организмами [4]. Их основными преимуществами по сравнению с химическими средствами защиты растений является экологическая безопасность в отношении полезных насекомых, животных, человека и возможность использования весь период

вегетации растений, даже во время цветения и плодоношения.

Современные интегрированные системы защиты основных сельскохозяйственных культур обязательно включают применение биологических препаратов, особо — при получении продуктов питания с улучшенными характеристиками. Применение биопрепаратов позволит снизить пестицидную нагрузку на агроценозы и улучшить качество и безопасность продуктов питания.

Для обеспечения высокой эффективности применения биопрепаратов необходимо их вносить при оптимальных для их действия условиях: температуре, влажности воздуха, скорости ветра и размера капель диспергируемой рабочей жидкости. Если первые 3 параметра определяются природой, то такой технологический параметр как размер капель диспергируемой жидкости может изменяться в зависимости от используемых

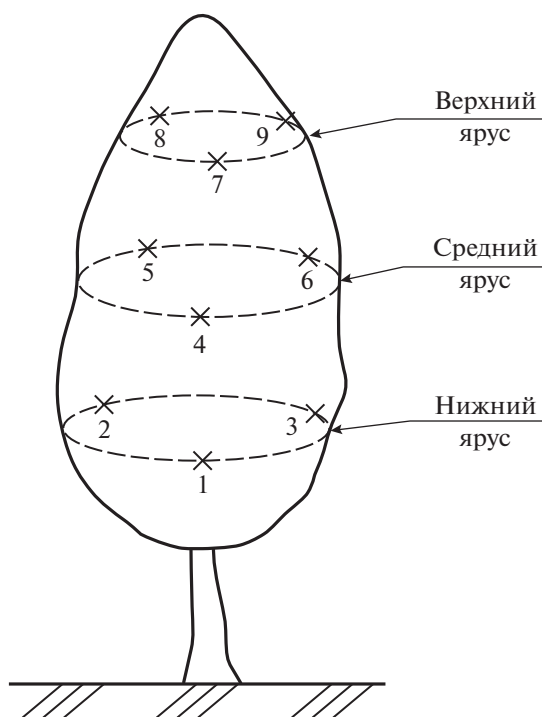


Рис. 1. Схема размещения карточек по ярусам растенья картофеля.

распылителей и режима их работы. Для внесения биопрепаратов используют гидравлические распылители с нормами расхода рабочей жидкости от 200 до 400 л/га. Для обработок против болезней лучше всего использовать двухфакельные инжекторные распылители, которые обеспечивают лучшее распределение рабочей жидкости препаратов на обрабатываемой поверхности, а капли диспергируемой рабочей жидкости менее подвержены сносу из зоны обработки [5]. При использовании больших норм расхода рабочей жидкости возрастают энергетические затраты на технологический процесс опрыскивания из-за вспомогательных операций, связанных с подвозом воды и необходимости использования 2-го энергетического средства. В связи с этим была поставлена задача определить возможность использования вращающихся дисковых распылителей, сетчатых или перфорированных барабанов с принудительным осаждением капель для внесения биопрепаратов при более низких нормах расхода рабочей жидкости. При определении эффективности нанесения биопрепаратов при малых нормах расхода рабочей жидкости необходимо также учитывать их препаративную форму (грибная и бактериальная форма), т.к. клетки штаммов-продуцентов, особенно микромицетов, достаточно крупные, что значительно влияет на скорость испарения ка-

пель и их удерживаемость при экстремальных погодных условиях.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

По оценке влияния дисперсности распыла и влияние метеоусловий на отложение биопрепаратов (грибная и бактериальная форма) при технологии малообъемного (МО) и ультрамалообъемного (УМО) опрыскивания закладку опытов проводили в соответствии с ГОСТ Р 53053-2008 “Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний” с использованием следующего оборудования: опрыскиватель Solo 456, опрыскиватель ультрамалообъемный с принудительным осаждением капель конструкции ВИЗР. Оценка дисперсности распыла проводили в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО 5682-1-1996 Оборудование для защиты растений. Ч. 1. “Методы испытаний гидравлических распылителей”.

В качестве объекта для сравнения были выбраны 2 биологических фунгицида: Алирин Б ТАБ на основе штамма *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D (титр спор 10^{10} КОЕ/г) и Трихоцин СП на основе микромицета *Trichoderma harzianum* (титр конидий 10^{10} КОЕ/г).

Оценку эффективности отложения биопрепаратов при разных технологиях внесения проводили на картофеле в течение вегетации и в лабораторных условиях на выращенных растениях картофеля сортов Галла и Ривьера.

Опрыскивание растений картофеля на выбранных рандомизированных участках проводили в утренние часы. Обработку ранцевым опрыскивателем осуществляли с использованием двухфакельного щелевого инжекторного распылителя IDKT 120-05 с расходом рабочей жидкости 300 л/га.

Обработку ультрамалообъемным опрыскивателем с принудительным осаждением капель конструкции ВИЗР проводили с расходом рабочей жидкости 10 л/га и при норме расхода рабочей жидкости 20 л/га с добавлением антииспарительных композиций.

Для оценки качества отложения рабочей жидкости биопрепаратов на учетных растениях картофеля на 3-х ярусах — верхнем, среднем и нижнем размещали индикаторные водочувствительные карточки для подсчета размера и количества капель осажженной рабочей жидкости (рис. 1). Карточки после высыхания помещали в индивидуальные пакеты с zip-застежкой. Пакеты маркировали согласно схеме закладки опытов.

Обработку индикаторных водочувствительных карточек производили путем сканирования с

передачей полученного изображения для автоматического подсчета количества следов капель, их размеров и вычисления медианно-массового диаметра капель (ММД) с помощью специальной программы.

Наряду с принятой методикой оценки качества нанесения рабочей жидкости биопрепарата на обрабатываемую поверхность, была разработана методика оценки эффективности нанесения на основе определения жизнеспособности действующего вещества биологического препарата.

Для этого, через 1 сут после обработки, с помощью пробойника на листьях делали высечки, которые сразу же помещали в стерильные флаконы с 50 мл физиологического раствора для последующего определения жизнеспособности действующего вещества биологических препаратов. Опытные учетные делянки опрыскивали с учетом не менее 3-х проходов, чтобы исключить влияние сноса, огрехи и перекрытия при опрыскивании.

Опыты проводили на опытных делянках с линейным расположением. Между делянками, обработанными различными препаратами, были расположены контрольные участки.

Рабочую жидкость готовили непосредственно перед обработкой и в соответствии с нормами внесения, рекомендованными Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации [6]. Для приготовления рабочей жидкости использовали следующее количество биопрепарата: Алирин Б ТАБ — 10 табл./10 л воды, Трихоцин СП — 70 г/га.

Через 1 сут после обработки с помощью пробойника из листьев делали высечки площадью 1 см², которые сразу же помещали в стерильные флаконы с 50 мл физиологического раствора (0.9% NaCl). Высечки отбирали в 2-х ярусах — верхнем и нижнем.

Метеоусловия на опытном поле ВИЗР при проведении опытов были следующие: температура воздуха 26°C, влажность воздуха 78%, скорость ветра 0.5–1.0 м/с.

Для уменьшения испарения капель при опрыскивании тестовых растений картофеля биопрепаратом Трихоцин СП с использованием вращающегося дискового распылителя в рабочую жидкость добавляли прилипатели — 0.01%-ный особо чистый глицерин и 0.01%-ная влагоудерживающая пищевая добавка сорбит, а также когда в рабочую жидкость добавляли смесь 0.01%-ного особо чистого глицерина и 0.01%-ную влагоудерживающую пищевую добавку сорбит.

Схема опыта предусматривала следующие варианты: 1 — Контроль (вода), 2 — Трихоцин СП + 0.01%-ный особо чистый глицерин, 3 — Трихоцин СП + 0.01%-ный сорбит (влагоудерживающая пищевая добавка), 4 — Трихоцин СП + 0.01%-ный особо чистый глицерин + 0.01%-ный сорбит.

Для выявления наличия жизнеспособных клеток штаммов-продуцентов биопрепаратов в средах из флаконов с отобранными пробами проводили высеивание на искусственные питательные среды (агаризованную среду Чапека для микромицета *T. harzianum* Г 30 ВИЗР и сухой питательный агар (СПА) для *B. subtilis* ВКМ В-2604Д).

Для этого в предварительно разлитые чашки Петри с питательной средой вносили по 0.1 мл суспензии из флакона, растирали шпателем и помещали в термостатируемые условия при 28°C. Чашки просматривали ежедневно, начиная с 3-х сут. Выросшие колонии бактерий микроскопировали на 5-е сут. Для определения количества колониеобразующих единиц в биопрепаратах предварительно провели титрование использованных препаративных форм. Исходный титр штаммов-продуцентов составил: *T. harzianum* Г 30 ВИЗР — 1.0×10^{10} КОЕ/г, *B. subtilis* ВКМ В-2604Д — 1.3×10^{10} КОЕ/г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При традиционной методике оценки качества нанесения рабочей жидкости биопрепаратов на обрабатываемую поверхность установлено, что наибольшая плотность покрытия водочувствительных индикаторных карточек составила 146 капель/см² при внесении препарата Алирин Б ТАБ с помощью УМО-опрыскивателя с принудительным осаждением капель, а наименьшая плотность покрытия составила 51 капля/см² — при внесении Трихоцина СП технологией МО-опрыскивания с помощью ранцевого опрыскивателя с двухфакельным щелевым инжекторным распылителем ИДКТ 120-05 (рис. 2, 3).

Полученные данные плотности покрытия и медианно-массовый диаметр капель в различных вариантах внесения биопрепаратов на картофеле представлены в табл. 1.

На основании полученных результатов дисперсности распыла рабочих жидкостей биопрепаратов при технологиях МО и УМО произведен расчет времени испарения капель при размерах 70 мкм, 140 мкм, 350 мкм и 700 мкм.

Расчет производили по формуле для расчета времени испарения диспергированных капель



Рис. 2. Плотность покрытия при МО с инъекцией воздуха.



Рис. 3. Плотность покрытия при УМО с принудительным осаждением.

жидкости, расположенных на твердой поверхности (листьях или стебле) [7]:

$$t = \frac{RT\rho_{\text{ж}}^2 r_0^3 (2 - 3 \cos \theta + \cos \theta^3)}{24DM\sigma\rho_{\text{в}}f},$$

где: M — молярная масса жидкости 18.01528 г/моль, T — термодинамическая температура в К — 299.15,

r_0 — начальный радиус капли, м, R — газовая постоянная 461 Дж/кг К, σ — поверхностное натяжение воды при температуре 25°C — 71.72×10^{-3} н/м, $\rho_{\text{ж}}$ — плотность воды — 1000 кг/м³, θ — контактный угол с поверхностью 180°, $\rho_{\text{в}}$ — плотность насыщенного пара 0.017 кг/м³, f — относительная влажность воздуха в долях — 0.78.

Таблица 1. Величины плотности покрытия и медианно-массовый диаметр капель (ММД) в различных вариантах внесения биопрепаратов

Название препарата/параметр	Алирин Б ТАБ					Трихоцин СП				
	Варианты									
	МО			УМО		МО		УМО		
	Ярусы растений картофеля									
	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3
Плотность покрытия, шт./см²	63	65	57	146	117	52	51	81	127	106
ММД, мкм	338	340	323	129	129	314	331	117	136	89.8

Таблица 2. Расчетное время испарения капли в зависимости от ее диаметра*

Диаметр капли, м	0.00007	0.00014	0.00035	0.0007
Время жизни капли, с	10.1	80.8	1262	10097

*При расчете не учитывали угол наклона листовой поверхности.

Таблица 3. Морфологические особенности бактерий, выявленных после обработки биопрепаратом Алирин Б ТАБ (микроскопическое исследование)

Листовой ярус	УМО с принудительным осаждением капель	МО с инжектором
Верхний	Мелкие короткие клетки палочковидной формы в группах или одиночные Дрожжеподобные клетки, округлые, собраны в группы	Клетки палочковидной формы среднего размера Крупные клетки палочковидной формы
Средний	Мелкие и средние клетки палочковидной формы, в группах или одиночные	Крупные округлые клетки; крупные и средние клетки палочковидной формы в группах или одиночные
Нижний	Средние и круглые палочки, округлые клетки лимонovidной формы	Дрожжеподобные клетки, палочковидные средние клетки

Расчетное время жизни капли на листовой поверхности в зависимости от ее диаметра представлено в табл. 2. Полученные данные показали, что при технологии УМО 50% жидкости при медианно-массовом диаметре капель 140 мкм испаряется по времени до 80 с, а при технологии МО при медианно-массовом диаметре капель 350 мкм время жизни капли увеличивалось в 15 раз и составляло >20 мин (1260 с).

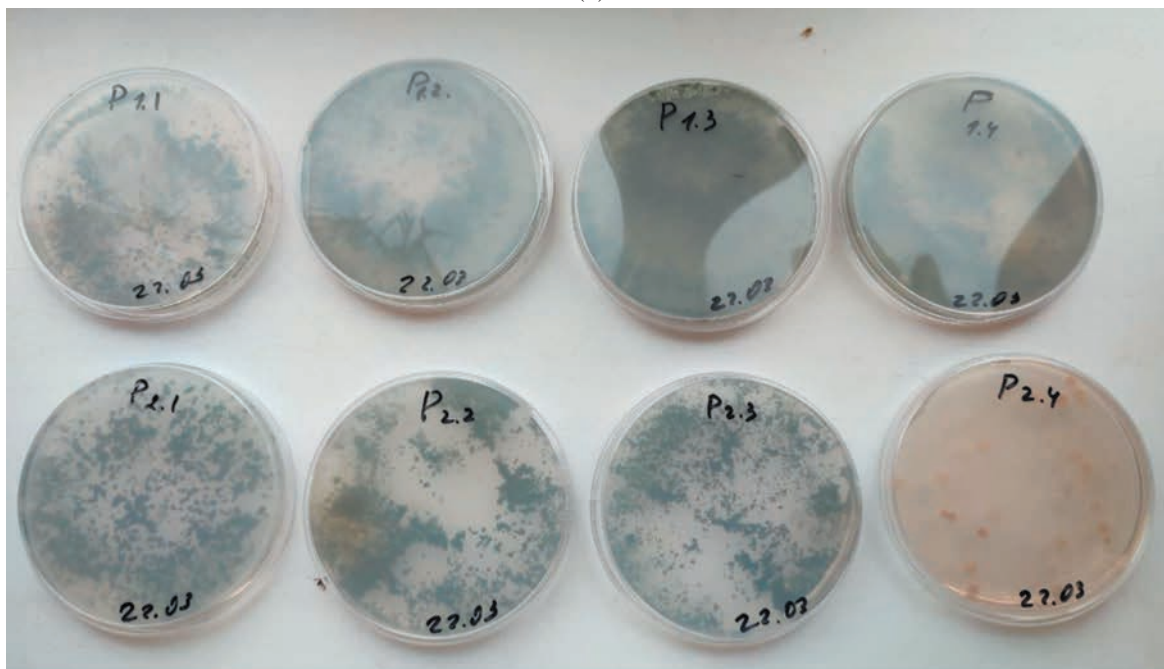
При посеве смывов с листьев после МО и УМО биопрепаратом Трихоцин СП на агаризованной питательной среде Чапека во всех вариантах отмечен рост микромицетов и бактерий, представляющих естественную микрофлору растений, а клетки штамма-продуцента не выявлены. При посеве смывов с высечек листьев всех ярусов после обработки биопрепаратом Алирин Б ТАБ выявили бактерии разных видов.

Микроскопические исследования выросших колоний показали, что в смывах присутствовали в

основном 4 вида, отличавшихся по размерам и форме клеток (табл. 3).

Клетки, морфологически схожие с клетками штамма-продуцента *B. subtilis* ВКМ В-2604D, были выявлены только в рассеве смыва с пробы, отобранной со среднего листового яруса растений картофеля в варианте с применением малообъемного опрыскивания. Анализ полученных данных показал, что при технологии УМО при использовании малых объемов рабочей жидкости, наблюдали увеличение плотности покрытия при значительном уменьшении размера капель. Однако клетки штаммов-продуцентов имели крупные размеры, особенно *T. harzianum* (2.5–4.0 × 2.0–3.5 мкм), и чуть меньшее — *B. subtilis* (2.0–2.4 × 1.0–1.2 мкм), а капли воды при применении УМО были мелкие и быстро испарялись. Из-за этого клетки микроорганизмов попадали на поверхность листьев с недостаточным количеством жидкости, необходимым для их активного

(a)



(б)

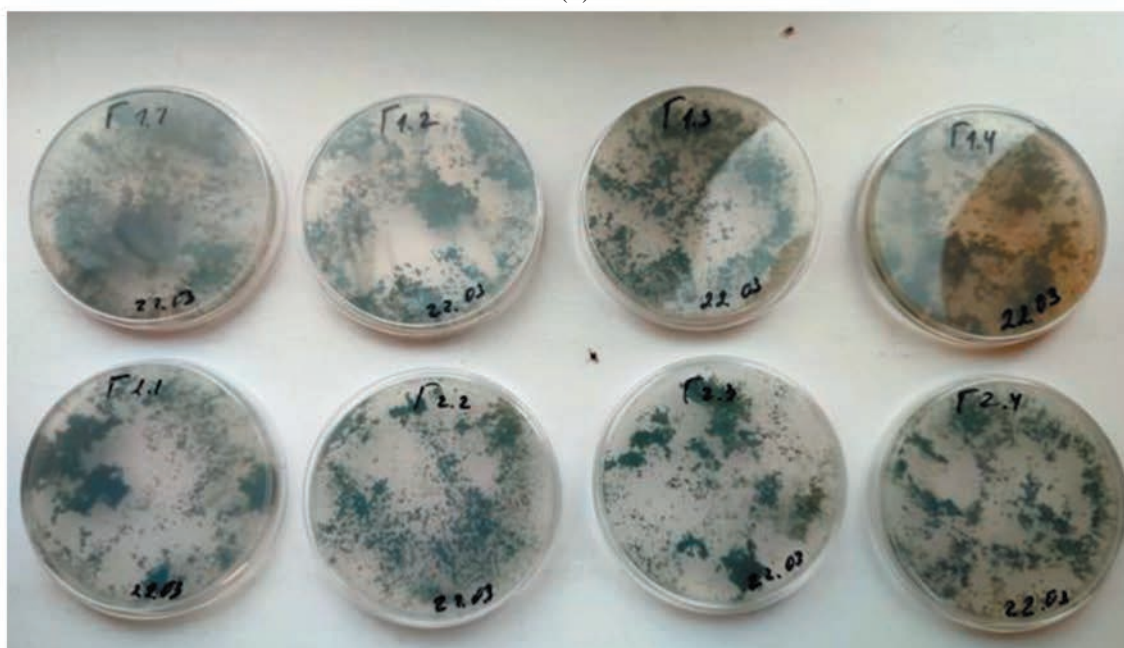


Рис. 4. Жизнеспособность биопрепарата Трихоцин (УМО с антииспарителями) в зависимости от яруса листьев растений картофеля сортов Ривьера (а) и Галла (б).

размножения на обработанной поверхности. Кроме того, низкая влажность, связанная с быстрым испарением капель с поверхности обработанных листьев, также оказывала неблагоприятное воздействие на развитие штаммов-продуцентов.

Для оптимизации метода внесения биопрепарата были проведены модельные вегетационные опыты. Растения картофеля опрыскивали с ис-

пользованием вращающегося дискового распылителя с принудительным осаждением капель биопрепаратом Трихоцин СП при норме расхода рабочей жидкости 20 л/га и использованием антииспарителя в виде особо чистого глицирина и влагоудерживающей пищевой добавки сорбита. Полученные результаты оценки жизнеспособности клеток биопрепарата Трихоцин СП представ-

лены на рис. 4 в зависимости от яруса растений картофеля сортов Ривьера и Галла. Показано, что при использовании антииспарителей в виде особо чистого глицерина или влагоудерживающей пищевой добавки сорбита при их концентрации 0.01% в рабочей жидкости биопрепарата Трихоцин СП при УМО на картофеле наблюдали активный рост клеток грибов и их высокую жизнеспособность через 1 сут и на 5-е сут после обработки.

Таким образом, для повышения эффективности биопрепаратов и их жизнеспособности на обработанной поверхности при малых нормах расхода рабочей жидкости необходимо использовать указанные антииспарители. Установлено, что антииспарители при добавлении в рабочую жидкость биопрепарата не оказывали фитотоксичного действия на растения картофеля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, опытные обработки посадок картофеля биологическими препаратами Алирин Б ТАБ. и Трихоцин СП при технологиях МО и УМО показало, что при малых нормах расхода рабочей жидкости 10 л/га клетки микроорганизмов попадают на поверхность листьев с недостаточным количеством жидкости для активного их размножения на обрабатываемой поверхности, несмотря на высокую плотность покрытия.

Добавка в рабочую жидкость грибного биопрепарата Трихоцин СП 0.01%-ных особо чистого глицерина или влагоудерживающей пищевой добавки сорбита обеспечивала активный рост клеток гриба и их высокую жизнеспособность через 1 сут после обработки тестируемых растений сортов картофеля Галла и Ривьера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафроновская Г.М. Биопестициды — перспективный сегмент рынка средств защиты растений // Газета Глагроном. 25.11.2021.
2. Лысов А.К., Хютти А.В., Корнилов Т.В. Интегрированная защита при выращивании семенного картофеля // Защита и карантин раст. 2020. № 9. С. 32–37.
3. Новикова И.И. Полифункциональные биопрепараты на основе микробов-антагонистов — основа экологически безопасной системы защиты растений от болезней // Информ. бюл. ВПРС МОББ. 2007. № 38. С. 173–175.
4. ГОСТ 21507-2013 Защита растений. Термины и определения. М.: Госстандарт РФ, 2015.
5. Лысов А.К. Современные технологии и средства механизации для систем интегрированной защиты растений. СПб.—Пушкин, 2019. 164 с.
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории РФ. М., 2022.
7. Дохов М.П. Влияние кривизны на испарение малых капель жидкостей // Фундамент. исслед-я. 2006. № 5. С. 83–84. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5062>

Improvement of the Technology of Application of Biological Preparations for Plant Protection

A. K. Lysov^{a,*}, T. V. Kornilov^a, and I. L. Krasnobaeva^a

^aAll-Russian Research Institute of Plant Protection
shosse Podbelskogo 3, St.- Petersburg—Pushkin 196608, Russia

*E-mail: lysov4949@yandex.ru

The issues of improving the quality of application of fungal and bacterial biological products when applying the flow rates of working fluid up to 20 l/ha are considered. Along with the traditional methodology for assessing the quality of applying the working fluid of biological products to the treated surface, a new method for evaluating the effectiveness of applying biological products was also used, which consisted in selecting a certain area of the potato leaf surface by plant tiers 1 day after processing to determine the viability of fungal and bacterial preparations with low-volume (LV) and ultra-low-volume (ULV) technologies spraying. It is shown that when applying the technology of spraying up to 10 l/ha, despite the high coating density, the cells of microorganisms fall on the leaf surface with an insufficient amount of liquid for their active reproduction on the treated surface. In addition, at low humidity, due to the rapid evaporation of droplets from the surface of the treated leaves, microorganisms do not multiply and are carried away by the wind when drying. The conducted research tests of the use of the mushroom biological preparation Trichocin at a consumption rate of 20 l/ha on test objects (potato plants of the Galla and Riviera varieties) using especially pure glycerin and the moisture-retaining food additive sorbitol as antiparators showed that their use ensured the viability of the cells of the biological product and the high rate of their reproduction on the treated surface due to moisture retention.

Keywords: potato, LV- and ULV-spraying technologies, biological preparation, anti-vaporizer, glycerin, sorbitol, coating density.