

Читать
онлайн
Read
online

Ракитский В.Н., Заволокина Н.Г., Березняк И.В.

Условия труда и риски для здоровья операторов при применении пестицидов на основе манкоцеба на высоких садовых культурах

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

Введение. Возросший интерес к виноградарству в России делает востребованными фунгициды широкого спектра действия на основе манкоцеба. Приоритетом при обработке плодовых культур пестицидами является безопасность для здоровья операторов.

Материалы и методы. Проведены натурные исследования по определению экспозиционных уровней манкоцеба в составе разных препаративных форм в воздухе рабочей зоны и на коже оператора при вентиляторном опрыскивании садовых культур. Выполнена оценка риска воздействия действующего вещества по экспозиции (КБсумм) и по поглощённой дозе (КБп). Рассчитаны вероятностные риски воздействия пестицида на здоровье оператора.

Результаты. Применение препаративных форм в виде смачивающихся порошков в сравнении с водно-диспергируемыми гранулами сопряжено с пятикратным увеличением средних концентраций манкоцеба, обнаруженного в воздухе рабочей зоны, и почти трёхкратным — на коже. Показатели рисков по экспозиции и по поглощённой дозе для смачивающихся порошков в три раза выше, чем для водно-диспергируемых гранул, для одного из препаратов суммарный риск был выше допустимого. Вектор распределения вероятностей возможных состояний опасности для оператора после шестого часа работы показывает вероятность недопустимого состояния как самую высокую.

Ограничения исследования. Границы исследования определялись изучением поведения манкоцеба в составе препаративных форм «смачивающийся порошок» и «водно-диспергируемые гранулы» при вентиляторном опрыскивании садовых культур.

Заключение. В целях безопасности для здоровья работа с препаратами на основе манкоцеба должна проводиться с соблюдением регламентов и мер безопасности, с использованием защитной одежды и средств индивидуальной защиты. Определено, что предпочтителен выбор препаративной формы в виде водно-диспергируемых гранул, не следует превышать рекомендованной нормы расхода и разрешённого времени работы с пестицидом.

Ключевые слова: пестициды; манкоцеб; вентиляторное опрыскивание; экспозиция; оценка риска; вероятностный риск

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов. Все участники исследования подписали форму информированного согласия.

Для цитирования: Ракитский В.Н., Заволокина Н.Г., Березняк И.В. Условия труда и риски для здоровья операторов при применении пестицидов на основе манкоцеба на высоких садовых культурах. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(1): 50–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-50-54> <https://elibrary.ru/kanxwr>

Для корреспонденции: Заволокина Наталья Геннадьевна, науч. сотр. отд. гигиены труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 1410014, Мытищи. E-mail: zavolokinang@fferisman.ru

Участие авторов: Ракитский В.Н. — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Заволокина Н.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста; Березняк И.В. — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 23.11.2022 / Принята к печати: 08.12.2022 / Опубликовано: 15.02.2023

Valery N. Rakitskii, Natalya G. Zavolokina, Irina V. Bereznyak

Working conditions and health risks of operators in the application of pesticides based on mancozeb on high horticultural crops

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation

Introduction. The increased interest in viticulture in Russia makes mancozeb-based fungicides in demand. Safety and health of operators during application pesticides is a major concern in agricultural activities.

Materials and methods. Field studies to determine the exposure of various formulations of mancozeb in the air of the working area and on the skin of the operators during airblast spraying of orchards were carried out. Margin of safety by exposure (KBtotal) and by absorbed dose (KBabs) were conducted. Exposure assessment included the determination of its probability.

Results. Wettable powders compared with water-dispersible granules show a fivefold increase in the average concentrations of mancozeb found in the air of the work area and almost a threefold increase in the skin. Exposure and absorbed dose risk rates for wettable powders are three times higher than for water-dispersible granules. For one of the drugs, the total risk was higher than the tolerable risk. The probability distribution vector of possible danger states for the operator after the sixth hour of work shows the probability of an unacceptable state as the highest.

Limitations. The scopes of the study were determined by studying the behaviour of mancozeb in the formulations of the wettable powder and water-dispersible granules during airblast spraying of orchards.

Conclusion. For health safety purposes, mancozeb-based preparations should be used in compliance with the regulations and safety measures. Operators, who handle and apply pesticides in orchards, should be forcing to wear protective garments and personal protective equipment. The choice of water-dispersible granules formulation is preferable. Don't exceed the application rate and spraying time.

Keywords: pesticides; mancozeb; fan spraying; exposure; risk assessment; probabilistic risk

Compliance with ethical standards. The study does not require submission of the opinion of the biomedical ethics committee or other documents. Study participants signed an informed consent form.

For citation: Rakitskii V.N., Zavolokina N.G., Bereznyak I.V. Working conditions and health risks of operators in the application of pesticides based on mancozeb on high horticultural crops. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(1): 50-54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-50-54> <https://elibrary.ru/kanxwr> (In Russian)

For correspondence: Natalya G. Zavolokina, researcher of the department of occupational health, Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation. E-mail: zavolokinang@fferisman.ru

Information about the authors:

Rakitskii V.N., <https://orcid.org/0000-0002-9959-6507> Zavolokina N.G., <https://orcid.org/0000-0002-4506-2761> Bereznyak I.V., <https://orcid.org/0000-0001-9501-092X>

Contribution: Rakitskii V.N. — responsibility for the integrity of all parts of the manuscript, approval of the final version of the article; Zavolokina N.G. — concept and design of the study, collection and processing of material, writing a text; Bereznyak I.V. — editing, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: November 23, 2022 / Accepted: December 8, 2022 / Published: February 15, 2023

Введение

С 2022 г. началась реализация разработанного Минсельхозом России федерального проекта «Стимулирование развития виноградарства и виноделия»¹. В течение последних пяти лет производство винограда в России уже увеличилось на 17,5%: с 580,1 до 681,4 тыс. тонн, а к 2030 г. планируется увеличение площади плодоносящих виноградников ещё на 35% [1]. В связи с этим вопросы применения средств защиты растений для эффективного земледелия остаются актуальными. За тот же период (2017–2021 гг.) производство пестицидов в России увеличилось в 1,7 раза: с 86,8 до 148,9 тыс. тонн [2].

Одной из опасных и распространённых болезней винограда считается милдью (ложная мучнистая роса) — грибковое заболевание, для профилактики которого успешно используются фунгициды широкого спектра действия на основе манкоцеба.

Сталкиваясь с необходимостью выбора эффективного препарата с низкой резистентностью, безопасного для урожая и окружающей среды и при этом рентабельного, виноградаря на протяжении почти полувека выбирают продукты на основе манкоцеба. Во Франции, которая является крупнейшим рынком виноградной лозы в Европе, манкоцеб используется примерно на 20% гектаров виноградников, в Италии — на 39%, а на той же культуре в Испании — на 26% площади виноградников [3]. В России на винограде разрешено применение 21 препарата на основе манкоцеба² с содержанием действующего вещества от 400 до 800 г/кг. При этом манкоцеб как единственный активный ингредиент используется только в семи препаратах, остальные содержат дополнительные действующие вещества, такие как металаксил, цимоксанил или диметоморф.

Материалы и методы

Манкоцеб — марганцевый этиленбис (дитиокарбамат) (полимерный) комплекс с солью цинка [-SCSNHCH₂CH₂NHCSSMn-]_x(Zn)_y (IUPAC), относится к химическому классу дитиокарбаматов. Это твёрдый продукт, практически не растворимый в воде и в большинстве органических растворителей.

Производные дитиокарбаминаминовой кислоты — контактные фунгициды защитного действия с низкой фитотоксичностью, наиболее эффективные при использовании непосредственно перед заражением или сразу после него. Они положительно влияют на рост и развитие растений, поэтому обычно их рекомендуют применять в период интенсивного

роста (весной и в начале лета). Производные дитиокарбаминаминовой кислоты тормозят жизнедеятельность грибов и микроорганизмов, блокируя активность ферментов. Предполагают, что дитиокарбаматы и тиурамсульфиды разлагаются в микроорганизмах и растениях с образованием иона дитиокарбаминаминовой кислоты, который реагирует с металлами или тиоловыми группами ферментов [4].

После применения манкоцеб не проникает через кутикулу в ткани растений, а остаётся на поверхности листа, оказывая защитное действие, поэтому наибольший эффект от его применения отмечен на ранних стадиях распространения инфекций [3]. Предупреждает заражение сельскохозяйственных культур ложномучнисторосяными и питиевыми грибами. Из-за малого защитного периода действия препарата для обеспечения длительной и эффективной защиты сельскохозяйственных культур от болезней требуется большое количество обработок [5]. Манкоцеб не опасен для медоносных пчёл, но очень токсичен для рыб, особенно тепловодных. Из-за этого следует соблюдать осторожность при хранении и утилизации, избегая попадания препарата в грунтовые воды и открытые водоёмы [6]. Манкоцеб имеет низкую острую токсичность для птиц и млекопитающих, что связано с плохим желудочно-кишечным и трансдермальным всасыванием и быстрым метаболизмом, при этом умеренно раздражает кожу и слизистые оболочки дыхательных путей, обладает сенсibiliзирующим действием. Общие симптомы отравления включают зуд, першение в горле, чихание, кашель, воспаление верхних дыхательных путей и бронхит [7].

Манкоцеб был рассмотрен Комиссией по канцерогенным соединениям при Минздраве России и отнесён к классу опасности 2С из-за канцерогенных свойств основного метаболита (этилентиомочевина), что автоматически относит все препараты на его основе ко 2-му классу опасности (высокоопасное соединение).

Многочисленными исследованиями установлено, что данный фунгицид может вызывать различные системные заболевания, в частности печёночные, почечные и генотоксические, демонстрируя увеличение доз этилентиомочевина, а также ферментов печени. При этом большинство авторов указывают дермальный путь проникновения манкоцеба в организм человека как преимущественный [8]. Количество проникающего активного вещества, установленное в опыте *in vivo* на крысах, составляет 0,11–0,24% [9].

В сельскохозяйственной деятельности при применении пестицидов существует риск для здоровья операторов в процессе приготовления рабочих растворов, заправки баков опрыскивателей и непосредственно при опрыскивании из-за возможного прямого контакта с препаратами. Применяемые в садах вентиляторные опрыскиватели — лёгкие, манёвренные и производительные, однако имеют ряд недостатков. Распылители в них установлены в кожухе вентилятора, рабочая жидкость подаётся мощным воздушным потоком. Это делает неравномерным её распределение на обрабатываемых растениях при движении трактора по междурядьям, а также

¹ Постановление от 4 декабря 2021 г. № 2196 «Об утверждении Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на стимулирование развития виноградарства и виноделия».

² Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации. М., 2023.

становится причиной неконтролируемого сноса препарата воздушными потоками за пределы обрабатываемой площади. Поэтому работники садоводческих хозяйств, даже не занятые обработкой растений пестицидными препаратами, не должны вместо специальной защитной одежды использовать рубашки с длинными рукавами и обычные брюки из-за значительного риска попадания препаратов на кожу [10].

Специалистами ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора были проведены натурные исследования для гигиенической оценки условий труда при вентиляторном опрыскивании плодовых культур, в том числе винограда, препаратами на основе манкоцеба. Объектами исследования были воздух рабочей зоны при заправке бака опрыскивателя и в кабине трактора в процессе обработки, а также смывы с кожи работающих, выполненные после этих операций.

На основании установленных экспозиционных уровней действующего вещества в соответствии с методическими рекомендациями³ рассчитаны ориентировочно допустимый уровень загрязнения кожных покровов (ОДУзкп), допустимый суточный уровень экспозиции для операторов (ДСУЭО) и проведена оценка риска воздействия манкоцеба по экспозиции (КБсумм) и по поглощённой дозе (КБп).

С учётом острой кожной токсичности манкоцеба ($LD_{50} > 2000$ мг/кг, коэффициент запаса 50 в связи с канцерогенным действием) ОДУзкп равен $0,000087$ мг/см²; ДСУЭО установлен на уровне $0,064$ мг/кг исходя из действующей дозы вещества, установленной в хроническом эксперименте, и коэффициента запаса 75 с учётом канцерогенного действия. Также в расчётах использована величина ПДК⁴ манкоцеба в воздухе рабочей зоны, равная $0,5$ мг/м³. Риск для работающих считается допустимым при $КБсумм \leq 1$ и $КБп \leq 1$.

Поскольку механизм формирования экспозиционных уровней пестицида в воздухе рабочей зоны и на коже работающих имеет хаотичный характер [11], для установления закономерностей при применении препаратов использована математическая модель вероятностной оценки риска на основе теории марковских процессов [12]:

$$\{pj(k)\} = \{pj(0)\} \cdot P^k, \quad (1)$$

где $pj(0)$ – вектор начального распределения; P^k – стохастическая матрица системы для k -го шага.

На основе предложенной формулы (1) для оператора, обрабатывающего сад в течение рабочего дня препаратами на основе манкоцеба, методом стохастического моделирования рассчитаны вероятностные риски воздействия пестицида на здоровье.

Результаты

Исследованы 12 препаратов в виде смачивающегося порошка (СП) с содержанием манкоцеба от 290 до 800 г/кг и 8 препаратов в виде водно-диспергируемых гранул (ВДГ) с содержанием манкоцеба от 400 до 750 г/л.

Все препараты применялись для наземного вентиляторного опрыскивания плодовых культур с нормой расхода $1,5$ – 3 л/га. Расход по действующему веществу: СП – $0,725$ – $2,4$ кг/га, ВДГ – $1,200$ – $1,600$ л/га. Обработку каждым препаратом проводили в течение одного часа с обработанной площадью 2 – 5 га. Высота культуры составляла $2,5$ – 5 м, расстояние между рядами 4 – 6 м. Использованы опрыскиватели ОПВ-2000, Krükowski 2000, агрегатированные с тракторами МТЗ-80 или МТЗ-82. Метеоусловия при

исследованиях: температура воздуха плюс 18 – 25 °С, относительная влажность 32 – 77% , скорость ветра не превышала 4 м/с. Температура в кабине трактора – плюс 20 – 32 °С. Все работающие использовали средства индивидуальной защиты органов дыхания, глаз, кожи рук, а также спецодежду.

Анализ полученных результатов показал, что преимущественное загрязнение воздуха рабочей зоны происходило при заправке бака опрыскивателя, и наиболее подверженной загрязнению была кожа лица, шеи и рук работающих.

При опрыскивании препаратами в виде смачивающегося порошка манкоцеб обнаружился в воздухе рабочей зоны и в смывах с кожи работающих в 50% случаев (в 6 препаратах из 12), средние концентрации в воздухе рабочей зоны составляли $0,05$ мг/м³, на коже работающих – $0,28$ мкг/100 см².

При применении водно-диспергируемых гранул наличие манкоцеба определялось в 25% случаев (в 2 препаратах из 8), средние концентрации в воздухе рабочей зоны были на уровне $0,017$ мг/м³, на коже работающих – на уровне $0,08$ мкг/100 см².

Таким образом, смачивающиеся порошки в сравнении с водно-диспергируемыми гранулами показывают пятикратное увеличение действующего вещества, обнаруженного в воздухе рабочей зоны, и почти трёхкратное – на коже, а максимальные концентрации манкоцеба (до $0,8$ мг/м³ в воздухе и до $13,5$ мкг/100 см² на коже) наблюдались при применении препаратов с содержанием манкоцеба 800 г/кг и расходом по действующему веществу $2,4$ кг/га.

На основании установленных концентраций манкоцеба проведена оценка риска для здоровья работающих по экспозиции (КБсумм) и поглощённой дозе (КБп). В результате расчётов установлен недопустимый риск для одного из препаратов в виде смачивающегося порошка (КБсумм = 2 при допустимом ≤ 1), но в целом коэффициенты безопасности не превышают значения 1 (табл. 1).

Величины риска для смачивающихся порошков (препараты 1–12) оказались более высокими по сравнению с аналогичными показателями для водно-диспергируемых гранул (препараты 13–20), поэтому дополнительно был рассчитан вероятностный риск для оператора при применении препаратов-порошков.

В расчётах учитывались 154 пробы, отобранные при применении 12 препаратов в виде смачивающегося порошка: 78 – пробы воздуха рабочей зоны, 76 – смывы с кожи работающих. В результате определения концентраций манкоцеба возможные состояния, классифицируемые по степени опасности для здоровья оператора, распределились следующим образом:

- S1 (неопасное) – средние концентрации действующего вещества в воздухе и на коже учитываются на уровне $\frac{1}{2}$ пределов обнаружения;
- S2 (умеренно опасное) – средние концентрации в воздухе не выше $0,019$ мг/м³ или на коже не выше $0,08$ мкг/100 см²;
- S3 (высокоопасное) – средние концентрации в воздухе на уровне $0,02$ – $0,136$ мг/м³ или на коже $0,09$ – $0,36$ мкг/100 см²;
- S4 (недопустимое) – средние концентрации в воздухе на уровне $0,203$ мг/м³, на коже – $1,8$ мкг/100 см².

Полученная в результате расчётов матрица вероятностей перехода в каждое из состояний за один шаг процесса, равного продолжительности исследования (1 ч), представлена в табл. 2.

Поскольку в начале работы оператор находится в неопасном состоянии S1, распределение вероятностей после первого шага имеет вид:

$$P(1) = \{0,772727; 0,097403; 0,097403; 0,032468\}.$$

То есть через 1 ч после начала опрыскивания вероятность для оператора остаться в неопасном состоянии S1 определена на уровне $0,772$, вероятность перехода в умеренно опасное S2 или высокоопасное S3 состояния идентичны и составляют $0,097$, переход в недопустимое состояние S4 маловероятен – $0,032$.

³ МУ 1.2.3017–12. Оценка риска воздействия пестицидов на работающих. Методические указания (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 12.05.2012). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 15 с.

⁴ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2.

Таблица 1 / Table 1

Оценка риска воздействия манкоцеба по экспозиции (КБсумм) и по поглощённой дозе (КБп)
The risk assessment of mancozeb impact by exposure (KBtotal) and absorbed dose (KBabs)

Препарат Preparation	Содержание манкоцеба, г/л; г/кг Mancozeb content, g/L; g/kg	Расход по действующему веществу, кг/га; л/га Acting ingredient rate, kg a.i./ha; l a.i./ha	Средняя концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м³ Average concentration in the air of the working area, mg/m³	Среднее содержание на коже, мкг/100 см² Average content on the skin, µg/100 cm²	Риск по экспозиции (КБсумм) The risk by exposure (KBtotal)	Риск по поглощённой дозе (КБп) The risk by absorbed dose (KBabs)
<i>Смачивающиеся порошки / Wettable Powders</i>						
1	800	2.4	0.019	0.36 ± 0.09	0.014	0.059
2	800	2.4	0.019	0.08 ± 0.01	0.1	0.048
3	800	2.4	0.136 ± 0.008	0.096 ± 0.02	0.33	0.28
4	800	2.4	0.089 ± 0.05	0.16 ± 0.02	0.27	0.19
5	800	2.4	0.203 ± 0.13	1.8 ± 1.12	2.0	0.53
6	640	1.6	0.018 ± 0.002	0.094 ± 0.002	0.11	0.039
7	640	1.6	0.018 ± 0.002	0.139 ± 0.01	0.083	0.044
8	640	1.6	0.025	0.087 ± 0.02	0.15	0.07
9	640	0.96	0.0165	0.098 ± 0.002	0.07	0.044
10	640	1.6	0.017	0.136 ± 0.01	0.15	0.06
11	600	1.2	0.027 ± 0.003	0.29 ± 0.1	0.23	0.07
12	290	0.725	0.019	0.013 ± 0.03	0.09	0.039
<i>Водно-диспергируемые гранулы / Water-dispersible granules</i>						
13	750	2.25	0.018 ± 0.002	0.125 ± 0.08	0.102	0.036
14	750	1.2	0.0165	0.04 ± 0.01	0.088	0.033
15	680	1.36	0.0165	0.174 ± 0.09	0.133	0.049
16	640	1.6	0.0165	0.056 ± 0.01	0.1	0.045
17	640	1.6	0.0165	0.018 ± 0.005	0.13	0.03
18	640	1.6	0.0165	0.045 ± 0.01	0.075	0.052
19	600	1.2	0.02 ± 0.003	0.139 ± 0.01	0.11	0.05
20	400	1.2	0.0165	0.047 ± 0.01	0.052	0.027

На основании формулы (1) рассчитан вероятностный риск перехода в неблагоприятные для оператора состояния при опрыскивании в течение каждого часа рабочего дня (табл. 3).

Согласно результатам расчётов, вероятность перехода в недопустимое состояние S4 начинает превышать вероятности перехода в другие состояния уже через 6 ч работы. Распределение вероятностей после 6-го шага:

$$P(6) = \{0,212891; 0,16101; 0,290098; 0,336001\}.$$

Через 6 ч работы вероятность (с округлением до тысячных долей) для оператора остаться в неопасном состоянии S1 оказывается на уровне 0,212, перейти в умеренно опасное состояние S2 – 0,161, высокоопасное S3 – 0,290, недопустимое S4 – 0,336.

Таблица 2 / Table 2

Стохастическая матрица вероятностей перехода в каждое из возможных состояний за 1 ч

Stochastic matrix of transition probabilities to each of the possible states over one hour

	S1	S2	S3	S4
S1	0.772727	0.097403	0.097403	0.032468
S2	0	0.772727	0.170455	0.056818
S3	0	0	0.827586	0.172414
S4	0	0	0	1

Поскольку все участвовавшие в исследовании операторы использовали средства индивидуальной защиты и соблюдали меры безопасности при применении препаратов (что не всегда обеспечивается в реальных условиях хозяйств), работать с препаратами в виде порошков на основе манкоцеба следует не более 5 ч.

Таблица 3 / Table 3

Распределение вероятностей перехода в каждое из возможных состояний в течение рабочего дня

The probability distribution of transition to each of the possible states during the workday

Шаги процесса, час Process steps, hour	S1	S2	S3	S4
1	0.772727273	0.097402597	0.097402597	0.032467532
2	0.597107	0.150531	0.172477	0.079884
3	0.461401	0.174479	0.226558	0.137561
4	0.356537	0.179767	0.262179	0.201517
5	0.275506	0.173638	0.282346	0.26851
6	0.212891	0.16101	0.290098	0.336001
7	0.164507	0.145153	0.288262	0.402078
8	0.127119	0.128187	0.279327	0.465367

Обсуждение

Полученные результаты в целом соответствуют материалам отечественных и зарубежных публикаций, посвященных манкоцебу и вопросам обеспечения безопасности операторов при проведении обработок пестицидами [11, 13–15].

В ходе исследований, выполненных при вентиляторном опрыскивании садовых культур препаратами на основе манкоцеба, установлена зависимость количества активного вещества, обнаруженного в воздухе рабочей зоны и на коже работающих, от вида препаративной формы. Так, для смачивающихся порошков концентрации манкоцеба в воздухе рабочей зоны в среднем в пять раз выше, чем для водно-диспергируемых гранул, а концентрации на коже – в три раза выше.

Показатели рассчитанных рисков для смачивающихся порошков в три раза выше, чем для водно-диспергируемых гранул. Риск комплексного воздействия по экспозиции (КБсумм) для смачивающихся порошков находился в пределах от приемлемого (0,14) до недопустимого (2); для водно-диспергируемых гранул – от 0,052 до 0,133. Коэффициенты безопасности по поглощенной дозе (КБп) для смачивающихся порошков определены в диапазоне 0,039–0,53, для водно-диспергируемых гранул – 0,027–0,052 при допустимом ≤ 1 .

Описанные выше результаты, а также обнаруженный для одного из препаратов недопустимый риск (КБсумм = 2, при допустимом ≤ 1) обусловили необходимость расчёта вероятностного риска для оператора при опрыскивании сада в течение рабочего дня манкоцебосодержащими препаратами в виде смачивающегося порошка. В результате расчётов получен вектор распределения вероятностей возможных состояний опасности для каждого часа опрыскивания. После первого часа работы вероятность для оператора остаться в неопасном состоянии составляет порядка 77%, а перейти в недопустимое – всего 3%.

Через 5 ч работы с препаратом эти риски практически одинаковы: 27 и 26% соответственно. После шестого часа (разрешённое время работы с пестицидами) самой высокой

оказывается вероятность недопустимого состояния: риск остаться в неопасном состоянии определён на уровне 21%, перейти в умеренно опасное – 16%, в высокоопасное – 29%, в недопустимое – 33%.

Таким образом, условия труда при вентиляторном опрыскивании садовых культур манкоцебосодержащими препаратами в виде смачивающихся порошков являются неблагоприятными для здоровья работающих. Поскольку все препараты на основе манкоцеба из-за канцерогенного действия отнесены ко 2-му классу опасности (высокоопасное соединение), работы с ними должны проводиться с соблюдением регламентов и мер безопасности, при обязательном использовании специальной защитной одежды, средств индивидуальной защиты кожных покровов, глаз и органов дыхания, с ограничением времени работы до 5 ч.

Заключение

Фунгициды на основе манкоцеба традиционно эффективно используются в профилактике грибковых заболеваний. Обработка растений по календарному графику позволяет успешно бороться с болезнями и минимизировать расходы на пестициды. Однако преобладание на рынке препаративных форм манкоцеба в виде смачивающихся порошков, большое содержание в них действующего вещества (до 800 г/кг), а также высокие нормы расхода (до 3 кг/га) повышают риск отрицательного воздействия на работающих по сравнению с другими средствами для борьбы с теми же патогенами.

В современных агрономических хозяйствах (особенно виноградариках) манкоцеб чаще используется в баковых смесях или в комбинации со специфическими системными химическими препаратами. Выбор водно-диспергируемых гранул как препаративной формы с одновременным снижением нормы расхода, уменьшением времени работы с пестицидом до 5 ч и сокращением количества обработок за сезон делает применение фунгицидов на основе манкоцеба не только эффективным, но и безопасным для работающих.

Литература

(п.п. 3, 6–10, 13–15 см. References)

1. Анализ рынка винограда в России в 2017–2021 гг., прогноз на 2022–2026 гг. Доступно: https://businessstat.ru/images/demo/grape_russia_demo_businessstat.pdf
2. Анализ рынка пестицидов в России в 2017–2021 гг., прогноз на 2022–2026 гг. Потенциал импортозамещения и новые рынки сбыта. Доступно: https://businessstat.ru/images/demo/pesticides_russia_demo_businessstat.pdf
3. Зинченко В.А. *Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность*. М.: Колос-С; 2005.
4. Попов С.Я., ред. *Основы химической защиты растений*. М.: Арт-Лион; 2003.
5. Березняк И.В., Липкина Л.И., Иванова Л.Г., Ларькина М.В. Закономерности формирования экспозиционных уровней манкоцеба при применении пестицидов на его основе в сельском хозяйстве. В кн.: Жукова Н.П., ред. *Сборник материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда»*. Минск; 2019.
6. Ракитский В.Н., Заволокина Н.Г., Березняк И.В. Вероятностная модель оценки и прогнозирования риска здоровью операторов при применении пестицидов в сельском хозяйстве. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 969–74. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-969-974>
7. Analysis of the grape market in Russia in 2017–2021, forecast for 2022–2026. Available at: https://businessstat.ru/images/demo/grape_russia_demo_businessstat.pdf (in Russian)
8. Analysis of the pesticide market in Russia in 2017–2021, forecast for 2022–2026. Import substitution potential and new sales markets. Available at: https://businessstat.ru/images/demo/pesticides_russia_demo_businessstat.pdf (in Russian)
9. Gullino M.L., Tinivella F., Garibaldi A., Kemmitt G.M., Bacci L., Sheppard B. Mancozeb: Past, present, and future. *Plant Dis*. 2010; 94(9): 1076–87. <https://doi.org/10.1094/pdis-94-9-1076>
10. Zinchenko V.A. *Chemical Plant Protection: Means, Technology and Environmental Safety [Khimicheskaya zashchita rasteniy: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost']*. Moscow: Kolos-S, 2005. (in Russian)
11. Popov S.Ya., ed. *Fundamentals of Chemical Plant Protection [Osnovy khimicheskoy zashchity rasteniy]*. Moscow: Art-Lion; 2003. (in Russian)
12. Calviello G., Piccioni E., Boninsegna A., Tedesco B., Maggiano N., Serini S., et al. DNA damage and apoptosis induction by the pesticide Mancozeb in rat cells: involvement of the oxidative mechanism. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2006; 211(2): 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2005.06.001>
13. Roede J.R., Miller G.W. Mancozeb. In: *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*. Elsevier Inc; 2014: 144–6. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00157-3>
14. Dall'Agno J.C., Ferri Pezzini M., Suarez Uribe N., Joveleviths D. Systemic effects of the pesticide mancozeb – A literature review. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2021; 25(11): 4113–20. https://doi.org/10.26355/eurrev_202106_26054
15. European Commission Health & Consumer Protection Directorate-General. Review report for the active substance mancozeb. SANCO/4058/2001. Available at: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=as.details&as_id=277
16. Kim E., Moon J.K., Lee H., Kim S., Hwang Y.J., Kim B.J., et al. Exposure and risk assessment of operators to insecticide acetamiprid during treatment on apple orchard. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 2013; 1(2): 239–45. <https://doi.org/10.7235/hort.2013.12201>
17. Bereznyak I.V., Lipkina L.I., Ivanova L.G., Lar'kina M.V. Regularities of the formation of exposure levels of mancozeb when using pesticides based on it in agriculture. In: Zhukova N.P., ed. *Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference «Health and the Environment» [Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda»]*. Minsk; 2019. (in Russian)
18. Rakitskiy V.N., Zavolokina N.G., Bereznyak I.V. A probabilistic model for risk assessment and predicting the health risk of occupational exposure to pesticides in agriculture. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 969–74. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-969-974> (in Russian)
19. Liu K., Kim C., Kim J. Human Exposure assessment to mancozeb during treatment of mandarin fields. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2003; 70(2): 336–42. <https://doi.org/10.1007/s00128-002-0196-1>
20. Baldi I., Lebaillly P., Jean S., Rougetet L., Dulaurent S., Marquet P. Pesticide contamination of workers in vineyards in France. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2006; 16(2): 115–24. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500443>
21. Mandic-Rajcevic S., Rubino F.M., Ariano E., Cottica D., Negri S., Colosio C. Exposure duration and absorbed dose assessment in pesticide-exposed agricultural workers: Implications for risk assessment and modeling. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 2019; 222(3): 494–502. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.006>