

of crop production: further development in market conditions]. Moscow, VIM, 2010: 303. (In Rus.)

12. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke potrebnosti sel'skogo khozyaystva v tekhnike dlya rastenievodstva [Methodological recommendations for determining agricultural needs in equipment for plant growing]. *Traktory i sel'hozmashiny*, 2011; 10: 3-5. (In Rus.)

13. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. et al. Aspekty razrabotki normativov potrebnosti sel'skogo khozyaystva v tekhnike dlya rastenievodstva [Aspects of standardizing needs of agricultural enterprises in crop production equipment]. *Traktory i sel'hozmashiny*. 2011; 9: 3-5. (In Rus.).

Критерии авторства

Лавров А.В., Зубина В.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Лавров А.В., Зубина В.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.09.2020 г.

Одобрена после рецензирования 19.09.2020 г.

Принята к публикации 18.01.2021 г.

Contribution

A.V. Lavrov, V.A. Zubina performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. A.V. Lavrov, V.A. Zubina have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 14.09.2020

Approved after reviewing 19.09.2020

Accepted for publication 18.01.2021

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 632.93: 632.934.1: 631.348.4

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

ДОРОХОВ АЛЕКСЕЙ СЕМЕНОВИЧ, член-корр. РАН, д-р техн. наук

dorokhov.vim@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>

СТАРОСТИН ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ, канд. техн. наук

ЕЩИН АЛЕКСАНДР ВАДИМОВИЧ✉, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

vim@vim.ru✉

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

Аннотация. Современное интенсивное высокопродуктивное сельскохозяйственное производство должно базироваться на сочетании различных видов мероприятий по защите растений: карантинных, агротехнических, химических, селекционных, биологических, механических и физических методов, с учетом баланса между их эффективностью, минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду и экономической целесообразностью. В статье рассмотрены достоинства и недостатки перечисленных методов. Химический метод защиты растений, несмотря на недостатки, является одним из наиболее востребованных производительных и эффективных методов. Негативное влияние химического метода можно существенно снизить ужесточением требований к безопасности применения пестицидов для окружающей среды и здоровья человека, обеспечением адресного внесения препарата непосредственно на объект обработки, повышением качества внесения и снижением потерь рабочей жидкости, применением препаратов с более узким спектром действия и малым временем разложения. Указано, что для достижения максимальной эффективности химической обработки распылители опрыскивателей должны обеспечивать монодисперсный распыл, и при этом должна быть возможность регулировки размеров капель монодисперсного аэрозоля в пределах от 10 до 150 мкм. Технические средства для защиты растений должны оснащаться технологиями, позволяющими устранять или минимизировать снос рабочей жидкости в результате воздействия ветра и испарения и обеспечивающими принудительное осаждение капель аэрозоля на объекты обработки для уменьшения потерь рабочей жидкости.

Ключевые слова: интегрированная защита растений, мероприятия по защите растений, методы защиты растений, опрыскиватели, распылители, адресное внесение пестицидов, загрязнение окружающей среды, интенсивное сельскохозяйственное производство.

Формат цитирования: Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // *Агроинженерия*. 2021. № 1 (101). С. 26-35. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35.

© Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В., 2021



ORIGINAL PAPER

DEVELOPMENT PROSPECTS FOR METHODS AND TECHNICAL MEANS OF FARM CROP PROTECTION

ALEKSEI S. DOROKHOV, DSc (Eng), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
dorokhov.vim@yandex.ru

IVAN A. STAROSTIN, PhD (Eng)

ALEKSANDR V. ESCHIN[✉], PhD (Eng), Senior Research Engineer
vim@vim.ru[✉]

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutsky Proezd Str., bld 5

Abstract. Modern intensive highly productive agricultural production should be based on a combination of various types of plant protection measures – quarantine, agrotechnical, chemical, breeding, biological, mechanical and physical methods, taking into account the balance between their efficiency, minimal negative impact on the environment and economic feasibility. The paper discusses the advantages and disadvantages of the listed methods. The chemical method of plant protection, despite its shortcomings, is one of the most widely used productive and effective methods. The negative effect of the chemical method can be significantly reduced by tightening the requirements for the safety of using pesticides for the environment and human health, ensuring targeted application of the product directly to the treated object, increasing the quality of application and reducing the loss of working fluid, using products with a narrower range of action and short decomposition time. The authors stress that in order to achieve maximum efficiency of chemical treatment, sprayer nozzles must provide a monodisperse spray and, at the same time, be able to adjust the size of monodisperse aerosol droplets in the range from 10 to 150 microns. Technical means for plant protection should be equipped with means that allow eliminating or minimizing the working fluid drift as a result of wind exposure and evaporation, and ensuring the forced deposition of aerosol droplets on the treated objects to reduce the loss of working fluid.

Key words: plant protection, integrated plant protection, plant protection measures, plant protection methods, pesticides, sprayers, sprayer nozzles, targeted application of pesticides, environmental pollution, intensive agricultural production.

For citation: Dorokhov A.S., Starostin I.A., Eschin A.V. Development prospects for methods and technical means of farm crop protection // *Agricultural Engineering*, 2021; 1 (101): 26-35. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35.

Введение. Мировая потребность в продовольствии постоянно растет. Так, только за вторую половину XX в. население планеты увеличилось более чем в 2 раза (с 2,6 до 6 млрд чел.). При этом площадь земель сельскохозяйственного назначения, приходящаяся на одного человека, сократилась с 0,45 до 0,22 га. По прогнозам Организации Объединенных Наций, к 2100 г. ожидается рост населения до 11 млрд чел., при этом резервы для увеличения сельскохозяйственных земель у планеты существенно ограничены¹. В такой ситуации одним из основных вариантов увеличения валовых сборов сельскохозяйственной продукции является интенсификация производ-

ства и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

Один из наиболее доступных путей повышения урожайности – снижение потерь, возникающих в результате поражения растений вредителями и болезнями и засоренности посевов. Поэтому современное интенсивное высокопродуктивное сельскохозяйственное производство должно включать в себя мероприятия по защите растений, которые обеспечивают стабильное развитие сельскохозяйственных культур и приносят гарантированно высокий урожай.

Цель исследований: выявить перспективные направления развития мероприятий и технических средств для защиты растений, обеспечивающие максимально эффективную защиту от вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и дать рекомендации по совершенствованию системы защиты растений и направлений развития технических средств.

¹ Народонаселение. [Электронный ресурс]. Официальный сайт Организации Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/ru/sections/issues-depth/population/> (дата обращения: 21.09.2020).

Материал и методы. Проанализированы данные о мероприятиях по защите растений, приведенных в научных статьях и аналитических обзорах. Исходная информация при проведении исследований обработана экспертно-аналитическим методом.

Результаты и обсуждение. Статистические данные показывают, что у России есть резерв для увеличения валового сбора продукции растениеводства за счет интенсификации производства и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур² (рис. 1).

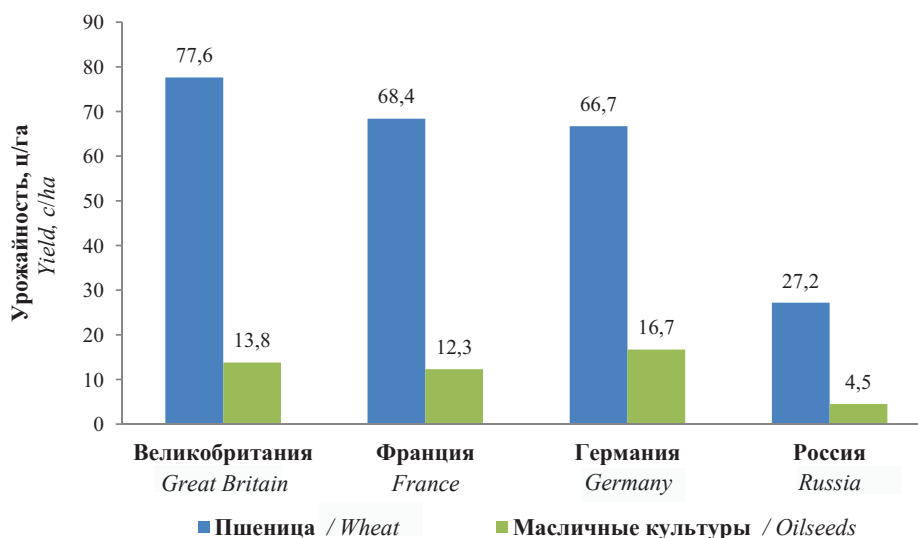


Рис. 1. Урожайность пшеницы и масличных культур в России и в ведущих странах Европы в 2018 г.

Fig. 1. Yield of wheat and oilseeds in Russia and leading European countries in 2018

На снижение урожайности влияют факторы, которые можно разделить на нерегулируемые, частично регулируемые и регулируемые [1].

К нерегулируемым факторам относятся продолжительность безморозного периода, заморозки, продолжительность и высота снежного покрова, продолжительность облучения солнечным светом по месяцам, сумма положительных и активных температур, относительная влажность воздуха.

Частично регулируемые факторы – это уровень кислотности, влажность воздуха и почвы, ее эрозия и насыщенность гумусом, поглощательная способность почвы, изменение показателей которых требует высоких энергозатрат.

К регулируемым факторам относятся культура, сорт, засоренность посева, поражение растений вредителями и болезнями, обеспеченность элементами минерального питания, агрегатный состав и аэрация почвы. Регулируя эти факторы, можно свести к минимуму их негативное влияние на развитие культуры и качество урожая.

Мировые потери урожая в результате воздействия на сельскохозяйственные культуры различных видов вредителей, болезней и сорняков составляют 25...48% и более [2]. В России сельскохозяйственные культуры подвержены воздействию около 10 тыс. видов клещей и насекомых, 8,5 тыс. видов возбудителей болезней, 2 тыс. видов сорных растений и 1,5 тыс. видов нематод, с которыми нужно ежегодно бороться [3]. Поэтому защита растений должна быть неотъемлемой частью интенсификации сельскохозяйственного производства.

Мероприятия по обеспечению защиты растений можно подразделить на характерные группы: селекционные, агротехнические, химические, биологические, физические, механические и карантинные.

Селекционные методы направлены на получение сортов и гибридов, обладающих устойчивостью к болезням и вредителям, а также к растениям-паразитам. **Достоинства** методов: экологическая безопасность; отсутствие необходимости в применении других методов по защите растений и дополнительных затрат при получении устойчивости к негативным факторам сорта или гибрида. **Недостатки:** продолжительный срок реализации методов; высокая трудоемкость и стоимость селекционных методов.

Агротехнические методы заключаются в качественном выполнении всех агротехнических операций в течение вегетационного периода растений (выбор качественного посадочного материала, высадка в оптимальные сроки, правильный уход за растениями, дополнительное органоминеральное питание, четкое соблюдение системы севооборота и т.д.). **Достоинства** методов: экологическая безопасность; как правило, наличие средств механизации для реализации агротехнических методов. **Недостатки:** невысокая эффективность при использовании только агротехнических методов; высокая трудоемкость.

Химические методы основаны на применении против вредителей и болезней разнообразных химических средств – пестицидов. **Достоинства** методов: высокая производительность; малые затраты труда; высокая эффективность в сжатые сроки при правильной реализации методов. **Недостатки:** загрязнение пестицидами окружающей среды, негативное воздействие на растения и живые организмы; формирование у объектов обработки резистентности к препарату и, как следствие, необходимость

²Мировой атлас данных. [Электронный ресурс]. Официальный сайт Кноема Enterprise. URL: <https://knoema.ru/atlas/topics/> (дата обращения: 21.09.2020).

увеличения дозы или разработки нового препарата; уничтожение естественных природных хищников и, как следствие, неконтролируемый стихийный рост популяций вредителей.

Биологические методы построены на привлечении прямых хищников, паразитов, бактерий, грибов или вирусов, способных воздействовать только на вредоносные объекты и не причиняющих вреда ни самому растению, ни окружающей среде. **Достоинства** методов: экологическая безопасность; сохранение биологического разнообразия видов и восстановление баланса биологической системы. **Недостатки:** недостаточная проработанность методики применения биологических методов; отсутствие средств механизации методов; отсутствие промышленного производства биологических объектов, применяемых для биологических методов защиты растений; высокая трудоемкость и высокая стоимость биологических методов.

Механические методы основаны на прямом физическом уничтожении вредных организмов или создании преград в виде канавок или других заграждений как вручную, так и с помощью средств механизации. **Достоинство** методов – экологическая безопасность. **Недостатки:** высокая трудоемкость; низкая производительность и низкий уровень механизации.

Физические методы построены на воздействии на вредоносные организмы или растения лучевой энергией, ультразвуком, электромагнитными полями, нагревом или замораживанием. **Достоинство** методов – экологическая безопасность. **Недостатки:** отсутствие технических средств для адресного воздействия на вредоносные организмы или растения лучевой энергией, ультразвуком, электромагнитными полями.

Карантинные методы направлены на предотвращение проникновения и распространения опасных вредных организмов и болезней растений на территорию страны. **Достоинство** методов – экологическая безопасность. **Недостаток** – высокая трудоемкость.

Несмотря на существенные недостатки, среди сельхозтоваропроизводителей наиболее востребован химический метод защиты растений как самый производительный, биологически и экономически эффективный [4].

Начиная с 40-х гг. XX в., пестициды стали широко применять в сельскохозяйственном производстве, при этом они не рассматривались как возможный опасный фактор [5]. Только начиная с 60-х гг. XX в., ученые обратили внимание на негативное воздействие химических средств защиты растений на здоровье человека и состояние окружающей среды. Проведенные исследования показывают, что применение пестицидов оказывает влияние на объекты биосферы (рис. 2):

- воду, воздух, почву и на населяющих их живые организмы;
- непосредственно на человека (при проведении обработок химическими средствами) и опосредованно (через изменение качества воды, воздуха, продуктов питания);
- на диких животных и, как следствие, вызывая снижение разнообразия биологических видов;
- на вредителей, развивая устойчивость к их воздействию;
- на растения, не являющиеся целью обработки.

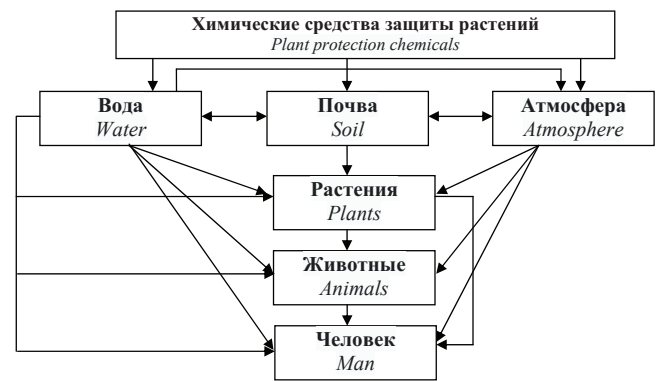


Рис. 2. Схема взаимодействия химических средств защиты растений с объектами биосферы

Fig. 2 Interaction patterns of plant protection chemicals with biosphere objects

Исследования показывают, что только 10% химических средств защиты растений достигают объекта обработки, оставшиеся 90% оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду и живые экосистемы, приводя к сокращению разнообразия биологических видов, особенно в результате уничтожения растений и насекомых, являющихся важными элементами пищевой цепи [6].

Пестициды оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека, в том числе опосредованное, – вследствие накопления химических веществ в продуктах и питьевой воде, и загрязняют биосферу в масштабах, сравнимых с действием глобальных экологических факторов [7].

Согласно оценке, приведенной в докладе Всемирного банка, от отравления пестицидами в мире ежегодно погибают 355 тыс. чел. [8].

По информации Службы рыбного хозяйства и дикой природы, в Соединенных Штатах Америки вследствие применения пестицидов каждый год погибают 72 млн пернатых.

Согласно отчету Федерального ведомства по охране окружающей среды в результате активного применения пестицидов количество птиц в Германии за последние несколько лет сократилось на 17%, количество насекомых – на 43%, а пчел – на 23% [9].

Понимая степень негативного воздействия пестицидов, современное научное сообщество склоняется к использованию интегрированной системы защиты растений, основанной на применении ряда приемов: агротехнических методов, уменьшающих количество вредителей; селекционных, карантинных и других мероприятий, ограничивающих распространение организмов, приносящих вред; оптимальной комбинации химических, биологических, механических и физических методов борьбы. При этом мероприятия по защите растений должны применяться рационально, с учетом баланса между их эффективностью, минимальным негативным воздействием на окружающую среду и экономической целесообразностью.

Вместе с тем активное применение агротехнических, биологических и других методов защиты растений не подразумевает отказа от химических средств, особенно в промышленных масштабах при возникновении очагов

массового размножения вредных организмов и развития болезней растений. Сегодня в экосистемах аграрного производства накоплен огромный патогенный потенциал, который не позволит в ближайшей перспективе отказаться от применения пестицидов.

Влияние негативных факторов химического метода защиты растений можно существенно снизить за счет ужесточения требований к безопасности применения пестицидов, обеспечения адресного внесения химических веществ непосредственно на объект обработки, повышения качества внесения и снижения потери рабочей жидкости, загрязняющей окружающую среду, применения препаратов с более узким спектром действия и малым временем разложения.

При использовании химического метода защиты растений внесение пестицидов в подавляющем большинстве случаев осуществляется в виде жидких растворов путем их распыления на объекты обработки.

Степень покрытия обработанного объекта раствором пестицидов – один из важнейших показателей биологической эффективности применения средств защиты растений. Степень покрытия характеризуется диаметром распыляемых капель и их количеством на единице площади (густотой покрытия) [10].

Оптимальные размеры капель аэрозоля, образующиеся при распылении, для гарантированного поражения различных объектов при внесении пестицидов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оптимальные размеры капель аэрозоля при внесении пестицидов

Table 1

Optimal aerosol droplet sizes when applying pesticides

Объект <i>Object</i>	Оптимальный размер распыляемых капель, мкм <i>Optimal size of sprayed droplets, microns</i>	Особенности применения <i>Application features</i>
Летающие насекомые <i>Flying insects</i>	10...50*	<p>Образуется аэрозоль, формирующий химическую завесу в воздухе. Недостатки: легко сносится ветром и испаряется при высокой температуре и низкой влажности. Рекомендуется применять вдали от населенных пунктов при температуре воздуха не более 18°C и влажности не менее 65...70%, скорости ветра менее 3 м/сек., с 4 утра до восхода солнца.</p> <p><i>An aerosol is formed to produce a chemical curtain in the air. Disadvantages: easily blown away by the wind and evaporates at high temperatures and low humidity. It is recommended to use it away from settlements at an air temperature of no more than 18°C and a humidity of at least 65...70%, a wind speed of less than 3 m/s, from 4 am to sunrise.</i></p>
Насекомые на поверхности и болезни растений <i>Surface insects and plant diseases</i>	30...150*	<p>Образуется грубый аэрозоль в виде облака, медленно оседающего на обрабатываемую поверхность и глубоко проникающего в крону растений. Недостатки: быстро испаряется при повышении температуры и понижении влажности и легко сносится ветром. Рекомендуется применять вдали от населенных пунктов при температуре воздуха не более 18°C и влажности не менее 65...70%, скорости ветра менее 3 м/сек., с 4 утра до восхода солнца.</p> <p><i>A coarse aerosol is formed in the form of a cloud, slowly settling on the surface to be treated and deeply penetrating into the crown of plants. Disadvantages: evaporates quickly when the temperature rises and the humidity drops, and is easily blown away by the wind. It is recommended to use it away from settlements at an air temperature of no more than 18°C and a humidity of at least 65...70%, a wind speed of less than 3 m/s, from 4 am to sunrise.</i></p>
Сорняки <i>Weeds</i>	100...300	<p>Образуется быстро оседающий шлейф из мелкозернистых и средних брызг, устойчивый к сносу (капли могут перемещаться на расстояние не более 4...5 м при ветре 7...10 м/сек. с высоты 1 м). Обладает хорошей удерживаемостью на поверхности листа и достаточной степенью покрытия обрабатываемой поверхности. Недостатки: требует норм расхода рабочей жидкости от 30 л/га. Может применяться днем при скорости ветра до 10 м/сек. и температуре воздуха до 25°C.</p> <p><i>A rapidly settling plume of fine-grained and medium-sized splashes is formed, resistant to drift (droplets can move to a distance of no more than 4...5 meters with a wind of 7...10 m/s from a height of 1 meter). Possesses good adhesion on the leaf surface and a sufficient degree of coverage of the treated surface. Disadvantages: Requires working fluid consumption rates of 30 l/ha. Can be used during the day at wind speeds of up to 10 m/s and air temperatures up to 25°C.</i></p>

Степень покрытия обрабатываемого объекта в геометрической прогрессии зависит от диаметра капель аэрозоля. При уменьшении диаметра с 400 до 50 мкм количество капель на такой же площади покрытия увеличивается в 512 раз (рис. 3)³.

С биологической точки зрения, чем мельче капли аэрозоля, тем больше степень покрытия объекта обработки и соответственно эффективность обработки пестицидами, но с учетом особенностей технологического процесса и физических факторов, влияющих на процесс опрыскивания, при современном состоянии технических средств для защиты растений такой подход не может быть реализован.

Одними из основных причин, существенно усложняющих химическую обработку аэрозолями с небольшим диаметром капель, являются снос капель ветром и их испарение (табл. 2).

Размер капли, температура и относительная влажность воздуха влияют на расстояние ее перемещения в воздухе и время ее существования до полного испарения. Скорость, с которой испаряется капля, увеличивается вдвое при каждом понижении относительной влажности воздуха с 95 до 85%, с 85 до 70%, с 70 до 45%. Удвоение скорости испарения происходит и при повышении температуры воздуха на 10°C в пределах от 10 до 30°C [11].

При испарении капель пары пестицида смешиваются с воздухом и уносятся ветром за границы обрабатываемого участка, загрязняя окружающую среду.

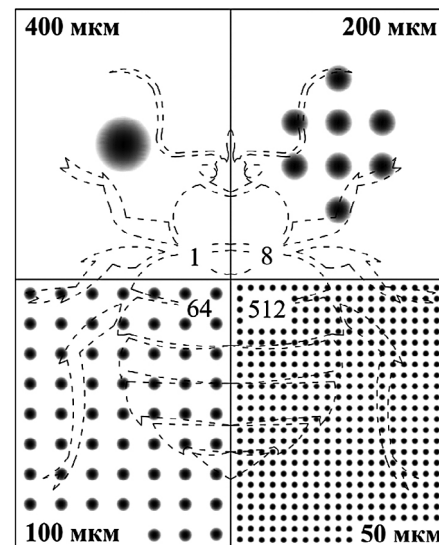


Рис. 3. Степень покрытия объекта обработки в зависимости от размера капель аэрозоля

Fig. 3. The degree of the treated object coverage depending on the size of aerosol droplets

Таблица 2

Физико-механические показатели капель аэрозоля

Table 2

Physical and mechanical parameters of aerosol droplets

Физико-механические показатели <i>Physical and mechanical indicators</i>	Диаметр капли, мкм <i>Drop diameter, μm (microns)</i>					
	10	20	50	100	200	500
Скорость осаждения капли, м/с <i>Droplet sedimentation rate, m/s</i>	0,003	0,012	0,073	0,27	0,72	2,06
Снос капли, м (скорость ветра 1 м/с, высота падения 1 м) <i>Drop drift, m (wind speed 1 m/s, fall height 1 m)</i>	333	83,4	13,7	3,7	1,39	0,49
Время существования капли, с (температура воздуха – 20°C, влажность – 80%) <i>Droplet lifetime, s (air temperature – 20°C, humidity – 80%)</i>	-	-	12,5	50	200	-

В зависимости от объема вносимой жидкости и размера капель различают несколько видов опрыскивания (табл. 3) [12].

При оценке дисперсности распыла, формируемого распылителем факела аэрозоля, необходимо понимать, что капли в факеле являются неоднородными и их размер (диаметр) варьируется в широком диапазоне, в связи с чем принято характеризовать дисперсность распыла

медианно-массовым диаметром капель (это диаметр капли, разделяющий всю их совокупность на две равные части, каждая из которых содержит половину массы распыленной жидкости).

Если указано, что распылитель опрыскивателя формирует размер (медианно-массовый диаметр) капель в 170 мкм, то это означает, что в факеле распыла присутствует некоторое количество капель с размером, значительно меньше и больше 170 мкм. В результате с высокой долей вероятности капли размером менее 50 мкм будут снесены ветром, а капли размером более 300 мкм скатятся с объекта обработки и окажутся на поверхности почвы.

³ Рекомендации по технологии опрыскивания полевых культур. [Электронный ресурс]. Официальный сайт «Сингента Кроп Протекшн АГ». URL: <https://www.syngenta.kz/rekomendacii-po-tehnologii-opryskivaniya-polevyh-kultur> (дата обращения: 23.09.2020).

Таблица 3

Виды опрыскивания в зависимости от объема вносимой жидкости и размера капель

Table 3

Types of spraying depending on the volume of the applied liquid and the size of droplets

Вид опрыскивания <i>Spraying types</i>	Характеристики <i>Specifications</i>	Достоинства и недостатки <i>Advantages and disadvantages</i>
<p>Полнообъемное <i>Full volume</i></p>	<p>Расход рабочей жидкости: >200 л/га для полевых культур; >500 л/га для деревьев и кустарников. Диаметр капель аэрозоля >250 мкм.</p> <p><i>Working fluid consumption:</i> <i>> 200 l/ha for field crops;</i> <i>> 500 l/ha for trees and shrubs.</i> <i>Aerosol droplet diameter >250 microns.</i></p>	<p>Достоинства:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокая равномерность распределения рабочей жидкости вдоль штанги и агрегата; - минимальный снос капель аэрозоля в результате воздействия ветра и испарения; - минимальные требования к оснащению опрыскивателя (не требует наличия насоса высокого давления, системы тонкой фильтрации рабочей жидкости, распылителей сложной конструкции и др.). <p>Advantages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>high uniformity of distribution of the working fluid along the boom and the unit;</i> - <i>minimal drift of aerosol droplets as a result of exposure to wind and evaporation;</i> - <i>minimum requirements for the equipment of the sprayer (does not require a high-pressure pump, a system of fine filtration of the working fluid, nozzles of complex design, etc.).</i> <p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкая производительность агрегата ввиду необходимости частых заправок рабочей жидкостью (до 50% времени смены требуется на заправку агрегата); - загрязнение почвы пестицидами в результате стекания с растений капель размером более 300 мкм; - низкая степень покрытия обрабатываемых поверхностей; - более низкая биологическая эффективность крупных капель. <p>Disadvantages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>low productivity of the unit due to the need for frequent refueling with working fluid (up to 50% of the shift time is required for refueling the unit);</i> - <i>soil contamination with pesticides, as a result of droplets sized over 300 microns falling down from plants;</i> - <i>low coverage of the treated surfaces;</i> - <i>large droplets have a lower biological effectiveness.</i>
<p>Малообъемное <i>Low volume</i></p>	<p>Расход рабочей жидкости: 5...200 л/га для полевых культур; 50...500 л/га для деревьев и кустарников. Диаметр капель аэрозоля – 50...250 мкм</p> <p><i>Working fluid consumption:</i> <i>5...200 l/ha for field crops;</i> <i>50...500 l/ha for trees and shrubs.</i> <i>The diameter of aerosol droplets is 50...250 microns</i></p>	<p>Достоинства (по сравнению с полнообъемным опрыскиванием):</p> <ul style="list-style-type: none"> - более высокое качество обработки (лучшая проникающая способность капель, капли равномернее распределяются, лучше удерживаются на обрабатываемой поверхности); - после испарения рабочей жидкости образуется осадок пестицидов, который дольше удерживается на обрабатываемой поверхности, в меньшей степени подвержен воздействию солнечных лучей, ветра и дождя и способен воздействовать на вредные организмы; - возрастает производительность машин вследствие повышения коэффициента использования рабочего времени смены. <p>Advantages (as compared to full-volume spraying):</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>higher quality of processing (better penetrating ability of droplets, droplets are more evenly distributed and better retained on the treated surface);</i> - <i>after the evaporation of the working fluid, a pesticide precipitate is formed, which remains on the treated surface for a longer time, is less exposed to sunlight, wind and rain and is capable of affecting harmful organisms;</i> - <i>the performance of machines increases due to an increased utilization rate of the shift hours.</i> <p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - снос части рабочей жидкости в результате воздействия ветра и испарения; - невысокая производительность агрегата ввиду необходимости частых заправок рабочей жидкостью. <p>Disadvantages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>demolition of a part of the working fluid as a result of wind and evaporation;</i> - <i>low performance of the unit due to the need for frequent refueling with working fluid.</i>

<p>Ультрамалообъемное <i>Ultra low volume</i></p>	<p>Расход рабочей жидкости: <5 л/га для полевых культур; <50 л/га для деревьев и кустарников. Диаметр капель аэрозоля <50 мкм.</p> <p><i>Working fluid consumption:</i> <i><5 l/ha for field crops;</i> <i><50 l/ha for trees and shrubs.</i> <i>Aerosol droplet diameter <50 μm</i></p>	<p>Достоинства:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокая степень и равномерность покрытия объектов обработки каплями, следовательно, большая биологическая эффективность; - высокое качество обработки и снижение потерь препарата за счет обеспечения распыла, близкого к монодисперсному; - на 60% большая производительность агрегатов в сравнении с малообъемным опрыскиванием за счет отсутствия необходимости дополнительных заправок рабочей жидкостью; - снижение количества задействованной техники, связанное с исключением процесса приготовления рабочей жидкости. <p>Advantages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>a high degree and uniformity of coating the objects to be treated with droplets, therefore, high biological efficiency;</i> - <i>high quality of processing and reduction of product losses due to the provision of a spray close to monodisperse;</i> - <i>60% higher productivity of the units as compared with low-volume spraying due to the absence of the need for additional filling of the working fluid;</i> - <i>a decreased number of equipment involved, due to the absence of the working fluid preparation stage.</i>
		<p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - от 20 до 50% рабочей жидкости сносится ветром (при скорости ветра около 3 м/с капли с размером <50 мкм при температуре воздуха 30°C и относительной влажности <50% пролетают расстояние только в 15 см до их испарения); - сложность в дозировании препарата ввиду малого расхода рабочей жидкости; - сложность визуального наблюдения за качеством работы распылителей в результате ограниченной видимости факела распыла; - необходимость изготовления узлов опрыскивателя из устойчивых к коррозии материалов ввиду высокой агрессивности химических препаратов для ультрамалообъемного опрыскивания; - небольшое количество производимых химических препаратов, предназначенных для ультрамалообъемного опрыскивания. <p>Disadvantages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>from 20 to 50% of the working fluid is carried away with the wind (at a wind speed of about 3 m/s, droplets with a size of <50 microns at an air temperature of 30°C and a relative humidity of <50% will fly only 15 cm before they evaporate);</i> - <i>difficulty in dosing the product due to the low consumption of the working fluid;</i> - <i>the complexity of visual observation of the sprayer quality as a result of the limited visibility of the spray;</i> - <i>the need to manufacture sprayer assemblies from corrosion-resistant materials due to the high aggressiveness of chemicals for ultra-low-volume spraying;</i> - <i>a small number of produced chemicals intended for ultra low volume spraying.</i>

Таким образом, для достижения максимальной эффективности химической обработки распылители опрыскивателей должны формировать капли примерно одинакового диаметра, то есть обеспечивать монодисперсный распыл и при этом иметь возможность регулировки размеров капель монодисперсного аэрозоля в пределах от 10 до 150 мкм, преимущественно обеспечивая ультрамалообъемное опрыскивание. Также технические средства для защиты растений должны быть оснащены технологиями, позволяющими устранить или минимизировать снос рабочей жидкости в результате воздействия ветра и испарения и обеспечивающими принудительное осаждение капель аэрозоля на объекты обработки для уменьшения потерь рабочей жидкости.

Выводы

1. В интенсивном высокопродуктивном сельскохозяйственном производстве является перспективным применение технологий интегрированной системы защиты

растений, базирующейся на сочетании селекционных, агротехнических, химических, биологических, физических, механических и карантинных мероприятий, учитывающей баланс между эффективностью в борьбе с вредителями и болезнями, минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду и экономической целесообразностью.

2. Эффективная реализация технологий интегрированной системы защиты растений требует разработки комплекса технических средств, обеспечивающих механизацию и автоматизацию технологических процессов по защите растений, в том числе биологических и физических методов, основанных на применении физических явлений (лучевой энергии, ультразвука, электромагнитных полей и др.).

3. Достижение максимальной эффективности химических методов защиты растений и минимизация экологической нагрузки на окружающую среду возможны при реализации следующих мероприятий:

– ужесточение требований к безопасности применения пестицидов для здоровья человека и окружающей среды;

– совершенствование технических средств и разработка технологий, позволяющих обеспечить адресное внесение пестицидов непосредственно на объект обработки, устранение или минимальный снос рабочей жидкости в результате воздействия ветра и испарения,

принудительное осаждение капель аэрозоля на объекты обработки;

– разработка распылителей, обеспечивающих монодисперсный распыл, с возможностью регулировки размеров капель монодисперсного аэрозоля в пределах от 10 до 150 мкм.

Библиографический список

1. Сафонов А.Ф. Технология производства продукции растениеводства / В.А. Федотов, А.Ф. Сафонов, С.В. Кадиров и др.; Под ред. А.Ф. Сафонова, В.А. Федотова. М.: КолосС, 2013. 487 с.
2. Степановских А.С., Жернова С.Ю., Жернов Г.О. Химическая защита растений: проблемы и перспективы // Актуальные проблемы медицины и биологии. 2019. № 1. С. 28-34.
3. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Павлова О.И. и др. Современные экологические основы интегрированной защиты растений // Защита и карантин растений. 2008. № 9. С. 18-21.
4. Юрий М. Защита растений. Подходы и методы. [Электронный ресурс]. Online газета Защита растений: № 03/2017. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/zaschita-rastenii-podhody-i-metody.html> (дата обращения: 22.09.2020).
5. Иванцова Е.А. Фитосанитарное состояние агроэкосистем // Фермер. Поволжье. 2017. № 7 (60). С. 68-71.
6. Иванцова Е.А. Влияние пестицидов на микрофлору почвы и полезную биоту // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11 «Естественные науки». 2013. № 1 (5). С. 35-40.
7. Рогозин М.Ю., Бекетова Е.А. Экологические последствия применения пестицидов в сельском хозяйстве // Молодой ученый. 2018. № 25 (211). С. 39-43. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51593/> (дата обращения: 23.09.2020).
8. Семеренко С.А. Экология и защита растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. № 4 (164). С. 103-137.
9. Якимец Е. Немецкие фермеры стали применять больше пестицидов. [Электронный ресурс]. Официальный сайт GERMANIA.one. URL: <https://germania.one/nemeckie-fermery-stali-primenjat-bolshe-pestitsidov/> (дата обращения: 22.09.2020).
10. Маркевич А.Е., Немировец Ю.Н. Справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве. Горки: Могилевский государственный учебный центр подготовки, повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования и аграрной реформы, 2004. 60 с.
11. Федоренко В.Ф., Аристов Э.Г., Веретенников Ю.М. и др. Инновационный метод контроля качества работы распылительных устройств машин для химической защиты сельскохозяйственных культур // Техника и оборудование для села. 2018. № 11. С. 12-16.
12. Утков Ю.А. Технологические и технические требования к сельскохозяйственным опрыскивателям: Монография / Ю.А. Утков, В.В. Бычков, В.М. Дринча. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2015. 183 с.

References

1. Fedotov V.A., Safonov A.F., Kadyrov S.V. et al. Tekhnologiya proizvodstva produktsii rastenievodstva [Crop production technology]; Ed. by A.F. Safonov and V.A. Fedotov. Moscow, KolosS, 2013: 487. (In Rus.)
2. Stepanovskikh A.S., Zhernova S.Yu., Zhernov G.O. Khimicheskaya zashchita rasteniy: problemy i perspektivy [Chemical plant protection: problems and prospects]. *Aktual'nye problemy meditsiny i biologii*, 2019; 1: 28-34. (In Rus.)
3. Chulkin V.A., Toropova E.Yu., Pavlova O.I. et al. Sovremennye ekologicheskie osnovy integrirrovannoy zashchity rasteniy [Modern ecological foundations of integrated plant protection]. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2008; 9: 18-21. (In Rus.)
4. Yuriy M. Zashchita rasteniy. Podkhody i metody [Plant protection. Approaches and methods] [Electronic resource], *Zashchita rasteniy*. No 03/2017. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/zaschita-rastenii-podhody-i-metody.html> (access date: 21.09.2020). (In Rus.)
5. Ivantsova E.A. Fitosanitarnee sostoyanie agroekosistem [Phytosanitary state of agroecosystems]. *Fermer. Povolzh'e*, 2017; 7 (60): 68-71. (In Rus.)
6. Ivantsova E.A. Vliyanie pestitsidov na mikrofloru pochvy i poleznuyu biotu [Effect of pesticides on soil microflora and beneficial biota]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennyye nauki*, 2013; 1 (5): 35-40. (In Rus.)
7. Rogozin M.Yu., Beketova E.A. Ekologicheskie posledstviya primeniya pestitsidov v sel'skom khozyaystve [Environmental effects of pesticide use in agriculture]. *Molodoy ucheniy*, 2018; 25 (211): 39-43. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51593/> (access date: 23.09.2020). (In Rus.)
8. Semerenko S.A. Ekologiya i zashchita rasteniy [Ecology and plant protection]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*, 2015; 4 (164): 103-137. (In Rus.)
9. Yakimets E. Nemetskie fermery stali primenyat' bol'she pestitsidov [German farmers have started using more pesticides] [Electronic resource]. URL: <https://germania.one/nemeckie-fermery-stali-primenyat-bolshe-pestitsidov/> (access date: 22.09.2020). (In Rus.)
10. Markevich A.E., Nemirovets Yu.N. Spravochnik v voprosakh i otvetakh po mekhanizatsii i kontrolyu kachestva primeniya pestitsidov v sel'skom khozyaystve [Reference guide on mechanization and quality control of pesticide use in agriculture]. Gorki, Mogilevskiy gosudarstvenniy uchebniy tsentr podgotovki, povysheniya kvalifikatsii, perepodgotovki kadrov, konsul'tirovaniya i agrarnoy reformy, 2004: 60. (In Rus.)
11. Fedorenko V.F., Aristov E.G., Veretennikov Yu.M. et al. Innovatsionniy metod kontrolya kachestva raboty raspylitel'nykh ustroystv mashin dlya khimicheskoy zashchity sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [An innovative method of quality control of the spray devices of machines for chemical protection of agricultural crops]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2018; 11: 12-16. (In Rus.)

Критерии авторства

Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.10.2020 г

Одобрена после рецензирования 06.10.2020 г.

Принята к публикации 17.12.2020 г.

12. Utkov Yu.A., Bychkov V.V., Drincha V.M. Tekhnologicheskie i tekhnicheskie trebovaniya k sel'skokhozyaystvennym opryskivatelyam: monografiya [Technological and technical requirements for agricultural sprayers: monograph]. Moscow, FGBNU VSTISP, 2015: 183. (In Rus.)

Contribution

A.S. Dorokhov, I.A. Starostin, A.V. Eschin performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. A.S. Dorokhov, I.A. Starostin, A.V. Eschin have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 01.10.2020

Approved after reviewing 06.10.2020

Accepted for publication 17.12.2020

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.35

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-35-40

ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЧЁСА ПРИ УБОРКЕ СОИ

САХАРОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ[✉], старший научный сотрудник

sakharov.v.a@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-3471-301X>

КУВШИНОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, канд. техн. наук, научный сотрудник

pzrk_igla1992@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6332-5406>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои; 675027, Российская Федерация, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатевское шоссе, 19

Аннотация. Использование очёсывающих жаток для уборки сои является перспективным направлением совершенствования уборочного процесса. Метод очёса на корню позволит сократить время уборки за счёт увеличения рабочей скорости, повысить качество получаемой сельскохозяйственной продукции путём снижения дробления зерна, снизить антропогенную нагрузку уборочного агрегата на почву ввиду уменьшения количества и веса рабочих органов по сравнению с комбайнами с классическими схемами молотильно-сепарирующих устройств, обеспечить животноводство дешевым кормом – продуктами переработки зерносоевого вороха. Цель исследования – создание и совершенствование технических средств для уборки сои методом очёса на корню. Исследования проводились на сорте сои Лазурная. Представлены результаты очёса сои и состав зерносоевого вороха. Полученные экспериментальные данные указывают на снижение уровня потерь от неочёса при повышении скорости вращения очёсывающего барабана и снижении путевой скорости, но при этом значительно возрастают потери зерна сои на земле. С целью повышения качества уборки сои методом очёса рассмотрены перспективные решения модернизации очёсывающих жаток: установка дополнительного бitera, который будет предотвращать наматывание неочёсанных частей стеблей растений сои на барабан и их последующее обрывание; интеграция в конструкцию очёсывающей жатки сита для уменьшения процента сорной примеси; использование шарниров в креплениях очёсывающих гребёнок к барабану и ограничителя, способствующих предотвращению случайного контакта гребёнок с поверхностью поля.

Ключевые слова: соя, уборка, гребёнка, очёсывающая жатка, зерносоевый ворох.

Формат цитирования: Сахаров В.А., Кувшинов А.А. Возможности улучшения качества очёса при уборке сои // Агринженерия. 2021. № 1 (101). С. 35-40. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-35-40.

© Сахаров В.А., Кувшинов А.А., 2021

