

ЛИТЕРАТУРА

1. Евлаш, А.И. Беспилотные летательные аппараты как элемент цифровизации рынка строительства и недвижимости / А.И. Евлаш, Е.В. Россоха // Цифровизация: экономика и управление производством Материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2022. – С. 135-138.

2. Россоха, Е.В. Беспилотные технологии в управлении недвижимостью / Е.В. Россоха, А.И. Евлаш / Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики. Материалы Международной научно-методической конференции. Оренбургский институт путей сообщения. Оренбург, 2021. – С. 745-749.

3. Чигоя, Н.М. Применение искусственного интеллекта в беспилотных летательных аппаратах / Н. М. Чигоя // 74-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: тезисы докладов, 17-22 апреля 2023 г., Минск: в 4 ч. Ч. 4. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 148.

УДК 632.934.1:629.735.33.052-52

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПЫЛЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ БПЛА

В.Б. ЗВЯГИНЦЕВ

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Эффективность пестицидов, применяемых для ограничения вредоносности и распространенности вредителей и болезней растений, в первую очередь зависит оттого, какая часть затраченного при обработке вещества задерживается на поверхности растений и насколько равномерно при этом она распределяется. При существующих методах нанесения доля ядохимиката, задерживающегося на поверхности растений, не превышает 10–20 % и, следовательно, процент использования препарата невысок [1]. Следовательно, наряду с увеличением количества видов применяемых пестицидов и изысканием новых, более активных препаратов, необходимо усиливать внимание к способам нанесения препаратов на поверхность растений [2].

Одной из перспективных и быстро развивающейся технологией внесения средств защиты растений является использование специализированных дистанционно управляемых БЛА – агродронов. Экспериментально доказано, что агродроны имеют ряд технических, экологических и экономических преимуществ перед традиционными способами внесения пестицидов [3].

Инструкции современных агродронов, в виду огромного многообразия возможностей и условий их применения, не содержат подробной информации о подборе режимов обработки различных культур определенными группами пестицидов. Получить такие сведения можно только путем анализа научного опыта и эмпирических исследований применительно к определенным объектам защиты.

Качество аппликации рабочей жидкости является одним из основных параметров, влияющих на эффективность работы действующего вещества используемых препаратов. В тоже время опрыскивающие установки существенно различаются по однородности размера и рассеиванию образуемых капель рабочего раствора [2].

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на осаждение и дрейф растворов пестицидов, распыляемых с помощью БЛА, является размер капель. Известно, что скорость оседания и испарения, степень инерционного осаждения, снос ветром и рассеяние в приземном слое атмосферы, смачивание и удерживание покровными тканями растений и других целевых организмов, скорость проникновения пестицида в растение и многие другие технологические характеристики опрыскивания обусловлены размером капель рабочего раствора. Эффективность обработок повышается с уменьшением размера капель, однако, капли диаметром менее 60 мкм в естественных условиях считаются неуправляемыми, а проблема их осаждения на обрабатываемые поверхности пока не имеет решения [4].

Ученые, имеющие значительный опыт применения БЛА, рекомендуют при ультрамалообъемном опрыскивании избегать настроек, дающих капли диаметром менее 160 мкм, а при проведении опытных работ с подветренной стороны советуют выделять буферную зону шириной не менее 10 м [5]. Никитин и др. [4] считают, что при опрыскивании посевов оптимальный размер капель определяется условиями их максимальной эффективности при минимальном сносе ветром (со скоростью до 3–4 м/сек), оптимальной температурой воздуха (18–24 °С) и находится в более широком, чем указано у предыдущими авторами, диапазоне – 100–250 мкм. Необходимо отметить, что в действительности, такие оптимальные условия встречаются достаточно редко, ожидая их можно пропустить важные для защитного эффекта сроки обработки.

Следовательно, на наш взгляд, с целью расширения временных диапазонов внесения средств защиты растений необходимо подстраивать параметры обрабатывающего оборудования под различные погодные условия.

Целью работы являлось изучение эффективности внесения пестицидов для защиты древесных растений на различных объектах лесного фонда при помощи БЛА. С использованием специализированного агродрона DJI Agras MG 1P.

Оценка эффективности внесения пестицидов определялась на основе общепринятой методики по размеру, плотности и равномерности рассеяния капель аэрозоля, осаждаемых на поверхность ассимиляционных органов обрабатываемых растений [5–7].

Проведение опытных работ стремились организовывать в оптимальных для обработки условиях – пасмурная погода и отсутствие либо низкая скорость ветра, температура воздуха 18–24 °С. Полеты проводились в автоматическом режиме работы для исключения «человеческого фактора» и равномерности выдерживания необходимых параметров полета – равномерности галсов, высоты, скорости и нормы расхода рабочей жидкости. С этой целью для каждого варианта опыта с использованием пульта управления строилось индивидуальное полетное задание.

В специальной научной литературе нет единого подхода к креплению каплеуловителей, поэтому нами был поставлен эксперимент по сравнению различных способов фиксации каплеуловителей на обрабатываемые растения. В качестве улавливающей поверхности использовались листы глянцевої фотобумаги Lomond, плотностью 230 г/м² и размером 70×70 мм. В первом случае они крепились к растениям на деревянные прищепки, приклеенные с тыльной стороны листа, т.е. жестко, во втором – с помощью тройной медной проволоки диаметром 0,3 мм, также приклеенной с обратной стороны листа. Каплеуловители маркировались и располагались на верхние побеги вегетирующих растений вдоль линий пролета дрона таким образом, чтобы над ними и на расстоянии 20–30 см не было преград для осаждающихся капель.

Распыление раствора, окрашенного синим пищевым красителем Индигокармин (Е132), проводилась с высоты полета 2 м. Норма расхода рабочей жидкости – 90 л/га. Скорость полета – 2 м/с.

После проведения летных испытаний, визуальный осмотр показал наличие отпечатков капель на всех листках фотобумаги. Каплеуловители снимались с крепления, упаковывались в чистые бумажные конверты и транспортировались в лабораторию для анализа.

Дальнейшая компьютерная обработка предварительно отсканированных с разрешением 1200 dpi образцов проводилась с использованием программ Adobe Photoshop: 21.0.1 и QGIS Desktop 3.16.11. Отсканированные

изображения были переведены в векторный формат и с помощью функции «Калькулятор растров» найдена площадь отпечатков всех капель, попавших на улавливающую поверхность. После чего в Microsoft Excel подсчитано количество, средняя площадь капель, общая площадь покрытия по каждому уловителю.

Выяснено, что уловистость фотобумаги, жестко прикрепленной к обрабатываемым растениям при помощи прищепки, более чем в 4 раза выше, чем при гибкой фиксации проволокой. Мы связываем эти различия с изменением ориентации каплеуловителей на гибкой фиксации в турбулентных потоках воздуха от лопастей дрона. Это позволяет значительному количеству капель пролетать мимо, когда лист при вибрации разворачивается ребром или обратной стороной к потоку аэрозоля. Таким образом, лучшим креплением каплеуловителей следует признать жесткую фиксацию прищепкой, что и было использовано при дальнейших экспериментах.

В результате опытных работ, проведенных в посевных и школьных отделениях питомников, полях доращивания сеянцев с ЗКС, лесосеменных плантациях и насаждениях нами было выявлено, что принципиальное влияние на распределение капель рабочего раствора по поверхности обрабатываемых растений оказывают следующие параметры: норма расхода рабочего раствора; высота полёта агродрона; скорость полёта, и в меньшей мере особенности защищаемого объекта, прежде всего ярусность и протяженность кроны. Оптимальные параметры для различных лесохозяйственных объектов и условий обработки с учетом эффективности рассеивания капель аэрозоля и производительности БЛА представлены в таблице.

Табл.1 – Оптимальные режимы работы распыляющего оборудования БЛА для различных условий обработки

Наименование параметра	Условия обработки			
	условно одноярусные растительные объекты*		условно многоярусные растительные объекты**	
	штиль	ветер до 4 м/с	штиль	ветер до 4 м/с
Скорость полета, м/с	4	2	5	3–4
Высота над кронами, м	2,5	2	3	1–2
Норма расхода рабочей жидкости, л/га	20	20	50	50

*посевные и школьные отделения питомников, несомкнувшиеся лесные культуры;

**лесосеменные плантации, лесные насаждения, отдельно стоящие крупные деревья.

Предлагаемые режимы работы необходимо гибко учитывать при внесении средств защиты растений на объектах лесного фонда в зависимости от конкретных погодных условий: наличия порывов ветра, интенсивности восходящих потоков воздуха, влажности воздуха, времени

суток, наличия росы и т.п. Использование этих режимов работы распыляющего оборудования БЛА позволили провести успешные регистрационные испытания средств защиты растений. С 2023 г. в Беларуси имеется возможность использовать агродроны для внесения средств защиты растений в питомниках и лесных культурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санин, В.А. Малообъемные и ультрамалообъемные опрыскиватели // М.: Агропромиздат. – 1999. – 103 с.
2. Сулов, С.В., Суторихин И.А. Определение качества распыления пестицидных препаратов различными установками // Ползуновский вестник. – 2010. – № 2. – С. 106–109.
3. Звягинцев, В.Б. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве для проведения лесозащитных мероприятий / В.Б. Звягинцев, Д.Г. Малашевич, С.А. Жданович // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2023. – № 2(274). – С. 43–49.
4. Никитин, Н.В. и др. Использование современных опрыскивателей в адаптивной защите растений // Агрохимия. – 2008. – № 11. – С. 51–59.
5. Chen S. et al. Effect of droplet size parameters on droplet deposition and drift of aerial spraying by using plant protection UAV // Agronomy. – 2020. – Vol. 10 (2). – 195 p.
6. Kharim, M. N. A. et al. Droplet deposition density of organic liquid fertilizer at low altitude UAV aerial spraying in rice cultivation // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 167. – 105045 p.
7. Nordin, M. N. et al. Study on Water Distribution of Spraying Drone by different Speed and Altitude // Advances in Agricultural and Food Research Journal. – 2021. – Vol. 2 (2). – 8 p.

УДК 004.942

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ АППАРАТАМИ

К.В. ИЛЬЧЕНКО, Д.Д. ЦАПИЕВА, А.П. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ
Воронежский институт высоких технологий
Воронеж, Россия

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) используются для решения различных практических задач. За счет того, что в таких технических устройствах обеспечивается высокая