5. Шкраба, Е.А. Распространенность и вредоносность падалицы рапса в посевах сахарной свеклы / Е.А. Шкраба, Н.А. Лукьянюк // Земледелие и растениеводство. – 2025. – №2. – С. 4-8.

6. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / Нац. акад. наук Респ. Беларусь; Ин-т защиты растений НАН Беларуси; под ред. С.В. Сороки. – Минск: Бел. наука, 2005. – 462 с.

7. Система защитных мероприятий посевов сахарной свеклы от сорных растений в интенсивных технологиях ее возделывания в 1998 году / К.П. Паденов. – Минск – Прилуки, 1998. – 28 с.

8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов) : учебник / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 351 с.

9. Методические указания по оценке качества сахарной свеклы. – М.: ВНИИСП, 1981. – 7 с.

10. Глеваский, И. В. Свекловодство : практикум / И. В. Глеваский, В. Ф. Зубенко, А. С. Мельниченко – Киев : Выща шк., 1989. – 206 с.

11. Баранов, Н.Н. Методические указания по определению экономической эффективно сти удобрений и других средств химизации, применяемых в сельском хозяйстве / Н.Н. Баранов, В.А. Захаров. – М.: Колос, 1979. – С. 3-15.

12. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151-2008. – Введ. 17.11.2008. – Минск: Минсельхозпрод, Белорус. машиноиспытательная станция, 2008. – 15 с.

INFLUENCE OF THE BASIC TILLAGE METHOD ON SUGAR BEET INFESTATION WITH RAPE SEEDS FALL

E. A. Shkraba, N. A. Lukyaniuk

The paper demonstrates the results of the research on assessing the impact of the basic tillage method in the rotation winter rape – winter wheat – sugar beet on the infestation of sugar beet. It's established that the optimal option reducing the infestation with rape seed fall and ensuring the yield of 54.9 t/ha and maximum economic efficiency is a semi-fallow tillage for beet (disking plowing 10-12 cm + plowing 20-22 cm + cultivation 6-8 cm). For winter wheat, it's the optimal subsurface tillage to the depth of 22-25 cm.

УДК 631.34:632.5

ПРИМЕНЕНИЕ АГРОДРОНОВ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Е. А. Якимович, *кандидат с.-х. наук,* ***С. В. Сорока,*** *доктор с.-х. наук,*
Л. И. Сорока, *кандидат с.-х. наук,* ***О. А. Шкляревская,*** *кандидат с.-х. наук,*
О. К. Лобач, *старший научный сотрудник*
РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

(Дата поступления статьи в редакцию 31.07.2026)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Установлена технологическая возможность применения гербицидов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) А60-Х и ХАG 2020 для борьбы с многолетними сорными растениями (борще-*

вик Сосновского и золотарник канадский) методом УМО с получением высокой биологической эффективности. Отмечено, что скорость ветра при проведении обработок не должна превышать 3–4 м/с.

Введение. В настоящее время борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) и золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) активно заселяют обочины дорог, заброшенные поля, пустыри, земли под ЛЭП, парки, скверы и городские территории. Очень часто их можно встретить по лесным участкам вдоль ручьев и небольших лесных рек, где они образуют довольно плотные заросли. На территории страны наблюдается произрастание борщевика и золотарника под покровом леса, где проводить мероприятия по борьбе с данными опасными видами очень сложно [1].

Борщевик Сосновского и золотарник канадский включены в перечень инвазивных растений, запрещенных к интродукции и (или) акклиматизации (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.11.2008 № 106 «О некоторых вопросах регулирования интродукции и (или) акклиматизации растений»). Распространение и численность данных растений подлежит ограничению (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 07.12.2016 № 1002 «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений»).

Улучшение фитосанитарной обстановки только ручным и механическим способами трудоемко и требует больших затрат, поэтому применение гербицидов приобретает большое практическое значение.

В традиционном способе производства основными методами защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней являются механизированные способы обработки. Однако с дальнейшим развитием точного и интеллектуального земледелия значительная роль будет принадлежать инновационным беспилотным системам.

Применение агродронов в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал и с каждым годом интерес к их использованию растет. Беспилотники оснащаются мультиспектральными камерами, высокая четкость изображения которых позволяет точно определять проблемные участки поля, разнообразными датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и оборудованием для внесения средств защиты растений и удобрений. Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве смогут решать следующие задачи: создание электронных карт полей (построение 3D модели полей); оперативный мониторинг состояния посевов (агродроны позволяют быстро и эффективно строить карты по всходам); оценку всхожести сельскохозяйственных культур; прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур; экологический мониторинг сельскохозяйственных земель; опрыскивание посевов химическими препаратами для борьбы с вредителями и болезнями и др. операции [2, 3].

Растет интерес использования агродронов для внесения средств защиты растений. В последние годы использование сельскохозяйственных дронов

резко возросло благодаря огромному рыночному спросу. В отличие от наземных способов обработки площадей, дроны могут летать низко и медленно, обрабатывая проблемные или труднопроходимые участки. В свою очередь, это позволяет дать новый толчок в развитии технологии ультрамалообъемного опрыскивания (УМО).

УМО относится к более прогрессивной и экономичной форме авиационной обработки – нанесение жидкого пестицида без разбавления в тонкодисперсном состоянии на обрабатываемую поверхность до 5 дм^3/га [4]. По данным глоссария [5] УМО – наземное или авиационное опрыскивание растений в борьбе с вредителями и болезнями растений и сорняками с использованием рабочего раствора пестицида до 5 л/га. В некоторых случаях, когда используется суспензия препарата высокой концентрации, расход рабочей жидкости может достигать 8–11 л/га.

Материалы и методы. В Республике Беларусь испытание агродрона (производства китайско-белорусского СЗАО «Авиационные технологии и комплексы») было апробировано на базе РУП «Институт защиты растений» в лаборатории гербологии. Исследования проводились по заданию «Разработать технологию применения средств защиты растений методом УМО с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов-опрыскивателей)» (ГНТП «Цифровые технологии и роботизированные комплексы», 2021–2025 гг.).

Полетные задания агродронами A60-X в борьбе с борщевиком Сосновского проводили на базе хозяйства ОАО «Смолевичи-Бройлер» Смолевичского района в 2022 г., A60-X и XAG 2020 в борьбе с золотарником канадским – ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис» Смолевичского района Минской области в 2022–2023 гг.

В день обработки (03.06.2022) против борщевика Сосновского в ОАО «Смолевичи-Бройлер» погодные условия в утренние часы были оптимальными: ветер 3 м/с, влажность воздуха – 68 %, температура воздуха – 20 ºС. Внесение гербицидов против борщевика Сосновского проводили агродроном с выставленными параметрами на пульте управления «ШИМ» (широтно-импульсная модуляция): высота полета – 1,5 м, ширина захвата – 3 м, скорость полета – 6 м/с, норма расхода рабочего раствора – 7 л/га.

Обработка на базе ИЧУСП «Штоц Агро-Сервис» против золотарника канадского проведена 03.06.2022 г. в послеобеденный период в автоматическом режиме полета БЛА (XAG 2020) при следующих параметрах: высота 2 м, ширина между проходами БЛА (галсами) 4 м, скорость полета 6 м/с. Скорость ветра составляла 4–6 м/с с его усилениями до 6–8 м/с. Участок характеризовался разной крутизной склона: первая половина 3–10 % без лесозащиты с подветренной стороны, вторая – с крутизной склона от 10 до 15 % с отдельно стоящими деревьями и имеющей ветрозащиту в виде лесополос (с обеих сторон). Кроме того, участок с ветрозащитой характеризовался наличием сухих одревесневших растительных остатков золотарника канадского прошлых вегетационных сезонов. Направление ветра перпендикулярно движения дрона-опрыскивателя. Направление полета дрона – вдоль лесополос.

На момент обработки в 2022 г. высота золотарника канадского составляла 35–65 см, доля растений выше 50 см – 60–70 %.

В 2023 г. полет агродроном А60-Х в борьбе с золотарником канадским был проведен 04.06.2023 г. в ИЧУСП «Штоц Агро-Сервис». Погодные условия: ветер преимущественно 3–4 м/с, влажность воздуха 50–60 %, температура воздуха – 21 ºС. Параметры полета: высота 2 м, ширина между проходами БЛА (галсами) – 4 м, скорость полета – 6 м/с, норма расхода рабочей жидкости – 7 л/га.

На опытном участке произрастал золотарник канадский высотой 20–82 см, отдельные растения достигали 100 см. Доля растений выше 50 см составляла 70–80 %.

Результаты исследований и их обсуждение. На отведенном участке в 2022 г. в ОАО «Смолевичи-Бройлер» (03.06.2022 г.), где произрастал борщевик Сосновского, был проведен количественный учет засоренности до обработки гербицидами. Общая численность борщевика Сосновского составляла 4,8 шт/м^2, высота растений достигала 30–50 см. На данном участке кроме борщевика Сосновского произрастали и другие виды растений, такие как золотарник канадский, крапива двудомная, бодяк полевой, пырей ползучий, чертополох паутинистый, пастернак посевной, чернобыльник и др.

Анализ данных количественно-весового учета, проведенного через месяц после внесения гербицидов, показал высокую эффективность в снижении вегетативной массы растений борщевика Сосновского. При внесении гербицида Вольник Супер, ВР (4,0–5,0 л/га) масса снизилась на 92,7–93,2 %, при внесении гербицида Гроза Ультра, ВР (4,0–5,0 л/га) – на 94,9–95,8 % (таблица 1).

Таблица 1. Эффективность глифлосатсодержащих гербицидов в борьбе с борщевиком Сосновского с помощью агродрона А60-Х (полевой опыт, ОАО «Смолевичи-Бройлер», 2022 г.)

Вариант	Численность растений, шт/м^2	Масса растений, г/м^2	Эффективность, %	
			по численности	по массе
Контроль без обработки	4,0	3292,0	–	–
Вольник Супер, ВР – 4,0 л/га	3,0	240,0	25,0	92,7
Вольник Супер, ВР – 5,0 л/га	2,0	225,0	50,0	93,2
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га	2,0	167,5	50,0	94,9
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га	2,0	139,0	50,0	95,8

При внесении глифосатсодержащих гербицидов численность растений борщевика Сосновского снизилась на 25,0–50,0 %. В дальнейшем отмечалось отрастание инвазивных растений.

На базе ИЧУСП «Штоц Агро-Сервис» (2022 г.) на участке площадью 1,4 га наблюдалась высокая плотность произрастания золотарника канадского: в первой части участка общая численность составляла 175 стеблей/м^2, во второй – 73,5 стеблей/м^2.

На открытом участке при внесении глифосатсодержащих гербицидов (при порывах ветра) наблюдалось визуальное смещение границ обрабатываемых вариантов на 1–1,5 м. Через 14 дней после внесения глифосатсодержащих гербицидов на защищенном лесопосадкой участке существенного сноса не отмечено. Золотарник канадский и другая травянистая растительность на 14 день после обработки имели разную интенсивность окраски с увеличением гербицидного действия (согласно схеме опыта) при повышении норм расхода применяемых гербицидов. На открытом участке (не защищенной лесопосадкой) границы между вариантами опыта смазанные. Полной гибели золотарника канадского и другой травянистой растительности по всем участкам опыта не наблюдалось.

По результатам количественно-весового учета на участке без ветрозащиты через месяц после обработки гербицидом Гроза Ультра, ВР, в зависимости от нормы внесения, численность золотарника канадского снизилась на 42,7–74,8 %, его масса – на 82,8–93,2 %. После применения гербицида Торнадо 540, ВР золотарник канадский погиб на 14,6–56,3 %, его масса уменьшилась на 69,9–91,4 % (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность глифосатсодержащих гербицидов против золотарника канадского, внесенных агродроном XAG 2020 (полевой опыт, ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис», 2022 г.)

Вариант	Численность до обработки, стеблей/м^2	Снижение, % к контролю без обработки гербицидом			
		через месяц		через 2 месяца	
		по численности	по массе	по численности	по массе
С ветрозащитой в виде лесополос					
Контроль без обработки	73,5	119,0	3399,0	135,0	4945,0
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		42,9	83,2	37,8	81,5
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		27,7	76,2	40,0	83,7
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		42,9	85,3	62,2	89,1
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		36,1	84,3	61,5	92,5
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		13,5	77,2	41,5	89,7
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		15,1	78,0	42,2	89,4
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		35,3	81,8	44,7	89,2
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		39,5	89,4	55,6	87,3
Без ветрозащиты					
Контроль без обработки	175,0	103,0	1564,0	–	–
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		42,7	82,8	–	–
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		69,9	90,7	–	–
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		72,8	92,1	–	–
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		74,8	93,2	–	–
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		14,6	76,5	–	–
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		34,0	69,9	–	–
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		48,5	81,2	–	–
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		56,3	91,4	–	–

Второй учет (через 2 месяца после обработки) на участке без ветрозащиты не проводился ввиду равномерного действия гербицидов независимо от нормы внесения при сносе на прилегающую территорию на расстояние 4–5 м.

На участке с ветрозащитой (в виде лесополос с обеих сторон участка) через месяц после внесения гербицида Гроза Ультра, ВР в нормах 1,8–5,0 л/га гибель золотарника канадского составила 27,7–42,9 % по численности и 76,2–85,3 % по массе. При применении гербицида Торнадо 540, ВР (1,8–5,3 л/га) его численность снизилась на 13,5–39,5 %, масса – на 77,2–89,4 %. Через 2 месяца численность золотарника канадского снизилась на 37,8–62,2 %, масса – на 81,5–92,5 %. В вариантах с Торнадо 540, ВР золотарник канадский погиб на 41,5–55,6 % по численности и на 87,3–89,7 % – по массе.

При учете через месяц гибель растений до 50 см составляла 100 % независимо от нормы внесения глифосатсодержащих гербицидов. На растения золотарника канадского выше 50 см действие гербицидов было несколько ниже.

В 2023 г. при учете через месяц после внесения гербицида Гроза Ультра, ВР на участке с ветрозащитой (в виде лесополос с обеих сторон) биологическая эффективность против золотарника канадского составила 81,1–87,4 % по численности и 84,3–92,4 % – по массе. Через 2 месяца после применения гербицида золотарник канадский погиб на 54,6–78,5 % при снижении вегетативной массы на 78,6–89,4 % (таблица 3).

Применение гербицида Торнадо 540, ВР позволило снизить численность золотарника канадского на 79,9–92,5 %, массы – на 82,5–92,6 % при 100 % гибели растений золотарника канадского высотой до 50 см. Через 2 месяца его гибель составила 62,0–80,4 %, вегетативная масса уменьшилась на 85,6–92,3 %.

На растениях золотарника канадского высотой более 50 см эффективность гербицидов была несколько ниже.

На участке без ветрозащиты биологическая эффективность глифосатсодержащих гербицидов стабильно высокая через один и два месяца после их применения и приближается к 100 % практически во всех вариантах опыта (таблица 3).

В среднем за 2 года на участке с ветрозащитой в виде лесополос эффективность применения глифосатсодержащего гербицида Гроза Ультра, ВР (1,8–5,0 л/га) через месяц после обработки составляла по снижению массы золотарника канадского 81,7–88,4 %, через 2 месяца – 80,1–89,7 %, Торнадо 540, ВР (1,8–5,3 л/га) через месяц 82,2–91,0 %, через два месяца – 86,5–91,0 %.

На основании проведенных исследований были разработаны условия проведения гербицидных обработок по технологии УМО агродронами: оптимальная температура воздуха +12…+22 ºС (при + 25 ºС любые химические обработки не допускаются); скорость ветра не более 3–4 м/с; относительная влажность воздуха не ниже 60 %; густота покрытия целевых объектов по

Таблица 3. Эффективность глифосатсодержащих гербицидов против золотарника канадского, внесенных агродроном А60-Х (полевой опыт, ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис», 2023 г.)

Вариант	Численность до обработки, стеблей/м^2	Снижение, % к контролю без обработки гербицидом			
		через месяц		через 2 месяца	
		по численности	по массе	по численности	по массе
С ветрозащитой в виде лесополос					
Контроль без обработки	137,5	159,0	1599,0	163,0	3854,0
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		86,2	84,3	55,8	78,6
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		87,4	87,2	78,5	89,4
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		81,1	89,2	54,6	84,5
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		86,2	92,4	69,9	86,9
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		90,6	89,4	80,4	92,3
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		90,6	91,2	76,7	87,0
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		79,9	82,5	64,4	85,7
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		92,5	92,6	62,0	85,6
Без ветрозащиты					
Контроль без обработки	92,0	159,0	1599,0	163,0	3854,0
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		93,1	96,4	72,4	90,5
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		88,7	93,3	71,8	89,7
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		94,3	94,9	74,2	89,3
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		96,2	97,0	90,8	96,4
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		93,1	94,0	92,6	96,2
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		93,7	94,7	57,1	78,6
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		79,9	82,5	100	100
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		90,6	92,6	49,1	77,1

числу капель должна составлять не менее 20 шт/см^2; основная фракция распыленной дисперсной среды – капли с низким поверхностным натяжением диаметром 120–150 мкм; неравномерность распределения капель распыляемой дисперсной среды (шт/см^2) не более 25 %. Данные рекомендации были включены в разработанный проект Отраслевого технологического регламента применения гербицидов с использованием БЛА для борьбы с многолетними сорными растениями (борщевик Сосновского, золотарник канадский).

Заключение

Проведенные исследования (2022–2023 гг.) по борьбе с борщевиком Сосновского и золотарником канадским с помощью агродронов А60-Х и XAG 2020 при внесении глифосатсодержащих гербицидов показали высокую биологическую эффективность через месяц после обработки. Применение глифосатсодержащих гербицидов (Вольник Супер, ВР, Гроза Ультра, ВР, Торнадо 540, ВР) позволило снизить вегетативную массу растений борщевика Сосновского на 92,7–95,8 %, золотарника канадского – на 81,7–91,0 %.

Эффективность применяемых глифосатсодержащих препаратов зависит не столько от нормы их применения, сколько от уязвимой фазы растения (высоты). На участках, где растения борщевика Сосновского в момент обработки будут выше 30 см, а золотарника канадского выше 50 см эффективность гербицидов снижается. При благоприятных условиях (выпадении обильных осадков) отмечается появление побегов золотарника канадского, а также отрастание растений борщевика Сосновского.

По результатам проведенных полетов БЛА по изучению эффективности глифосатсодержащих гербицидов в условиях наличия/отсутствия ветрозащиты (в виде лесополос) при высоте полета 2 м подтвердились выводы предыдущих этапов исследований по оптимальному распределению рабочего раствора с нормой расхода 7 л/га при скорости ветра до 3–4 м/с. Видно, что при превышении скорости ветра выше 3–4 м/с на территории, не защищенной лесопосадками, наблюдался снос мелкой фракции дисперсной фазы, распыляемой БЛА в 2022–2023 гг. более 4–5 м.

Проведенные исследования позволили разработать «Отраслевые технологические регламенты применения гербицидов с использованием БЛА для борьбы с многолетними сорными растениями (борщевик Сосновского, золотарник канадский)».

Литература

1. Шкляревская, О. А. Методические рекомендации по борьбе с инвазивными видами растений (борщевик Сосновского, золотарник канадский) / О. А. Шкляревская, Е. А. Якимович ; НАН Беларуси, Ин-т защиты растений. – Минск : Колорград, 2024. – 67 с.

2. Сорока С., Интеллектуальные системы для защиты растений / С. Сорока, А. Жуковский // Наука и инновации. – № 3 (217). – 2021. – С. 31–34.

3. Кудрявцев. Д. В. Применение сельскохозяйственного беспилотного летательного аппарата для обработки сельскохозяйственных культур / Кудрявцев Д. В., Магдин А. Г., Горбунов А. А. [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – № 2 (31). – 2021. – С. 37–44.

4. Защита растений. Термины и определения: ГОСТ 21507–2013. – Взамен ГОСТ 21507-81; введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 28 с.

5. Глоссарий: основные термины и определения в сельскохозяйственной гербологии и земледелии / Ф. И. Привалов, С. В. Сорока, Л. И. Сорока, А. В. Сташкевич ; ред. Ю. Я. Спиридонов ; Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений. – Минск : Промкомплекс, 2020. – 67 с.

USE OF AGRODRONES FOR SUPPRESSING INVASIVE SPECIES OF PLANTS

E. A.Yakimovich, S. V. Soroka, L. I. Soroka, O. A. Shklyarevskaya. O. K. Lobach

The technological possibility of using herbicides with the unmanned aerial vehicles (UAVs) A60-X and XAG 2020 to fight with perennial weeds (Sosnowsky's hogweed and Canadian goldenrod) using the ultra-low volume (ULV) method is established, providing a high biological efficiency. It's noted that the wind speed during treating operations should not exceed 3–4 m/s.