

УДК 633/635.954

ГЛИФОСАТСОДЕРЖАЩИЕ ГЕРБИЦИДЫ – ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ШИРОКОЙ ПРАКТИКЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Ю.Я. Спиридонов, Н.В. Никитин

*ФГБНУ Всероссийский НИИ фитопатологии,
р.п. Большие Вяземы, Московская обл., Россия*

Целью исследования является разработка научно обоснованной технологии применения глифосатсодержащих препаратов современными способами опрыскивания вегетирующих растений. Её достижение осуществлялось в вегетационных (камеры лаборатории искусственного климата) и полевых условиях с использованием приборов и оборудования разработанных и многократно описанных в публикациях отдела гербологии ФГБНУ ВНИИ фитопатологии. В опытах использовали глифосатсодержащий гербицид Спрут Экстра, ВР ЗАО «Щелково Агрохим». Обработку тест-растений гербицидом проводили в период формирования первой пары настоящих листьев у двудольных и в фазе 3-х листьев у злаков. Для обработки опытных тест-растений различными водными растворами гербицида Спрут Экстра, ВР в вегетационных опытах использовали камерный опрыскиватель ОП–5, с вращающимся распылителем. В полевых опытах использовали разработанный в отделе гербологии ВНИИФ штанговый опрыскиватель, также оснащенный вращающимися распылителями с принудительным отделением и последующим инерционным осаждением подверженных сносу мелких капель. Результатами исследований подтверждена уникальная особенность глифосатсодержащих препаратов о существенном повышении уровня гербицидной активности по мере уменьшения объема водного раствора препарата; при использовании воды с высокой карбонатной жесткостью и снижении объемов рабочих растворов гербицида с 200 до 25 л/га отмечено двукратное повышение его гербицидной активности; максимальная реализации уровня гербицидной активности Спрут Экстра, ВР достигается при обеспечении минимальных объемов рабочих растворов, а при возможности – и без разбавления водой его малолетучей препаративной формы; в качестве способа повышения эффективности применения данного гербицида рекомендуется использовать штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями и объемом жидкости рабочего раствора ≤ 25 л/га (вместо 200 л/га); рабочие растворы гербицида при использовании воды с высоким уровнем жесткости следует использовать свежеприготовленные, так как уже через 2 часа после приготовления их фитотоксичность снижается почти вдвое.

Ключевые слова: Спрут Экстра, Раундап, фитотоксичность, жесткость воды, технология опрыскивания.

Высокая гербицидная активность (ГА) широкого спектра действия в сочетании с малой токсичностью для человека и теплокровных животных при низкой фитотоксичности в почве позволяет Раундапу, ВР оставаться до настоящего времени одним из популярных гербицидов в мире [Жариков, 2012 г.].

Принимая во внимание, что на сегодняшний день глифосатсодержащие препараты (ГП) и в России являются также одними из наиболее востребованных гербицидов, по объему применения они занимают около трети от количества всех гербицидов, используемых в борьбе с нежелательной растительностью, можно смело предположить, что и в ближайшие годы применение препаратов этого химического класса будет расти, так как новые агротехнологии выращивания генно-модифицированных сортов многих сельскохозяйственных культур, а также No-Till, как правило, основаны на использовании ГП. В этой связи вопрос о возможности и способах повышения уровня их ГА имеет не только научный, но и большой практический интерес.

Следует отметить, что при кажущейся простоте внесение пестицидов способом опрыскивания является технологически сложным процессом, поэтому применение высококачественных ГП без должного понимания сущности происходящих процессов приводит к нежелательным экономическим и экологическим последствиям.

Для профессионального подхода к особенностям технологии применения необходимо знать влияние основных ее составляющих – объем и основные свойства рабочих растворов (жесткость, поверхностное натяжение, кислотность), и качество их распыления на уровень ГА используемого препарата.

Цель исследования – разработка научно обоснованной технологии внесения ГП способом опрыскивания вегетирующих растений с учетом их уникальных особенностей. Однако для разработки предлагаемой технологии не все их отличительные свойства обоснованы и подтверждены результатами эксперимента, что и является нашей задачей.

Методика исследований

Методика и используемое оборудование для проведения вегетационных опытов в лаборатории искусственного климата (ЛИК) во ВНИИФ ранее описана [Спиридонов и др., 2009; Спиридонов и др., 2013].

Обработку тест-растений гербицидом Спрут Экстра, ВР проводили в период формирования первой пары настоящих листьев у двудольных и в фазе 3-х листьев у злаков.

Для обработки экспериментальных растений различными водными растворами изучаемого ГП в дозах, эквивалентных гектарным нормам (25, 200 л/га) при обязательном постоянном

среднем размере однородных капель $\gg 230$ мкм, использовали камерный опрыскиватель ОП–5, оснащенный вращающимся распылителем [Никитин и др., 2008]. Обработку тест-растений проводили через ≤ 1 час после приготовления рабочих растворов гербицида. Повторность опыта пятикратная.

При сравнении с активностью препарата в разных вариантах оценивали величину его эффективной дозы (среднюю для 3–5 доз), снижающую массу надземных органов тест-растений на 50% (ED_{50} , мл/га), полученную компьютерной обработкой фактических данных эксперимента методом пробит-анализа

[Спиридонов и др., 2009]. Коэффициент корреляции варьировал в пределах 0.87–0.92.

Полевые опыты по влиянию объектов рабочих растворов и качества их распыления на повышение уровня ГА активности изучаемых глифосатсодержащих препаратов проводили на опытных полях ВНИИФ (Московская область).

Результаты и обсуждение

1. Влияние объема рабочего раствора на гербицидную активность

Исследования, которые мы проводили в течение многих лет с использованием монодисперсных опрыскивателей, показали, что рекомендуемые нормы расхода как самих гербицидов системного действия, так и их рабочих растворов не являются исчерпывающими характеристиками, определяющими уровень эффективности опрыскивания. Главный критерий – это количество капель на единицу обрабатываемой горизонтальной поверхности, размер, концентрация в них препарата, а также степень их оседания на целевом объекте.

Можно считать установленным, что количество используемой рабочей жидкости не гарантирует уровень биологической активности опрыскивания ГП вегетирующих растений. Так, в ряде наших опытов отмечалось достоверное увеличение активности гербицидов Сангор, Дифезан, Линтур при конкретной норме расхода препарата, распределенной в УМО форме малолетучей рабочей жидкости объемом 5 л/га (капли = 150 мкм) в сравнении с 200 л/га водных растворов (капли = 300 мкм), содержащих ту же дозу действующего начала [Никитин и др., 2010]. Эта тенденция особенно ярко проявлялась в многолетних опытах на примере водных растворов Раундапа, ВР, ГА которого закономерно увеличивалась по мере уменьшения объема водного раствора – увеличения концентрации препарата в растворе [Никитин и др., 2010; Спиридонов и др., 2011]. Эти данные опубликованы и известны специалистам [Спиридонов и др., 2011; Спиридонов и др., 2013; Спиридонов, Шестаков, 2013].

Пропагандируемая нами многие годы целесообразность снижения объемов рабочих растворов при применении ГП в широкой практике растениеводства следует из анализа результатов двух опытов (полевого и вегетационного, использовали обессоленную воду), где показана (табл. 1) коррелирующая зависимость усиления уровня биологической активности Раундапа по мере уменьшения объема рабочего раствора. При снижении объема рабочего раствора от 500 до 2.5 л/га уровень гербицидной активности усиливается в 5.3 раза.

Таблица 1. Влияние объема рабочих растворов на уровень гербицидной активности Раундапа, ВР (полевой опыт)

Объемы растворов, л/га	Значение ED_{50} , г/га по д.в.	
	горох (5–6 листьев)	горчица (начало бутонизации)
2.5	21 (14÷34)	14 (6÷35)
5.0	28 (18÷43)	32 (29÷35)
10	30 (23÷38)	37 (32÷53)
25	39 (26÷59)	37 (31÷45)
50	56 (43÷72)	49 (42÷56)
100	69 (60÷79)	49 (40÷60)
250	98 (86÷113)	72 (65÷79)
500	112 (102÷123)	91 (80÷103)

Полученные результаты сравнивали с традиционной технологией (200 л/га), принятой в качестве эталона.

Методика проведения полевых опытов нами также опубликована и известна специалистам [Никитин и др., 2010; Спиридонов и др., 2013].

Так, при снижении объемов рабочих растворов с 200 до 2.5 л/га рекомендуемые дозы препарата Спрут Экстра можно снизить в два и более раза (значения ED_{50} мл/га), табл. 2.

Таблица 2. Влияние объема рабочих растворов на уровень гербицидной активности препарата Спрут Экстра, ВР в условиях вегетационного опыта (ЛИК)

Используемые тест-растения	Объем рабочего раствора, л/га	
	25	200
Значение ED_{50} , мл/га		
Пшеница	82 (74÷93)	224 (186÷271)
Подсолнечник	38 (35÷41)	72 (65÷79)
Овес	86 (80÷93)	312 (289÷347)

Одной из основных причин такого уникального для гербицидов явления может быть относительно большая фитотоксичность концентрированных растворов глифосата. В пользу этого свидетельствуют результаты, полученные нами в опытах с монодисперсным аэрозолем, о более выраженном гербицидном действии единичных концентрированных капель Раундапа, ВР в сравнении с несколькими, но менее концентрированными и содержащими в сумме такую же дозу гербицида [Никитин и др., 2010]. Аналогичные результаты имеются и в иностранной литературе [Ambach, 1982].

Вторая, возможно основная причина в том, что современные препаративные формы ГП имеют в своем составе несколько ПАВ, которые выполняют различные функции и обеспечивают максимальную эффективность гербицида.

Эффективность действия любого из них, вероятно, зависит от его оптимальной концентрации в рабочем растворе. Эффективность молекулы д.в. в этом случае обуславливается, при прочих равных условиях, концентрацией и типом ПАВ, входящих в состав препаративной формы; возможно, это совместное имманентное свойство д.в. и препаративной формы, способствующих при высоких концентрациях усилению поглощения препарата целевым объектом.

По мере снижения объема рабочего раствора одновременно возрастает концентрация используемого (обычно нелетучего) препарата в растворе, что способствует незначительному последующему уменьшению первоначального размера капель в процессе испарения из них воды и более длительному проникновению препарата в растительные клетки [Никитин и др., 2010].

Можно считать установленным, что в отечественной и зарубежной литературе имеется достаточно обоснованных данных, показывающих, что гербицидная активность ГП усиливается по мере снижения объема рабочего раствора. Однако до настоящего времени ГП в практике растениеводства применяют преимущественно традиционным способом – опрыскиванием водными растворами с нормой расхода ≥ 200 л/га. Только в последних зарубежных рекомендациях и рекламных проспектах указывается, что

концентрация препаратов в растворе должна быть $\geq 2\%$.

Дискуссионным, на наш взгляд, является количество рабочей жидкости, рекомендуемой фирмами-разработчиками при наземном способе применения препаратов на основе глифосата (или глюфосината) ≥ 200 л/га. Так, Е. Болс [Bals, 1975] еще в прошлом столетии экспериментально подтвердил и рекомендовал вносить Раундап, ВР предложенным им способом СДА (контролируемое капельное опрыскивание) с использованием вращающихся распылителей с нормой расхода рабочей жидкости ≤ 25 л/га, имеющим большие преимущества по эффективности в сравнении с традиционным способом и нормой расхода ≥ 200 л/га.

Однако в научных журналах появляются публикации, где бездоказательно рекомендуется (для повышения смачивания рабочим раствором сорных растений) глифосатсодержащие препараты применять с объемом рабочих растворов 400–600 л/га [Байрамбеков др., 2012].

2. Влияние дополнительных добавок ПАВ на гербицидную активность

Общеизвестно, что снижение поверхностного натяжения водных растворов ГП в большинстве случаев приводит к заметному повышению их ГА [Спиридонов и др., 2013].

Однако из анализа литературных источников следует, что для глифосатсодержащих гербицидов снижение поверхностного натяжения не всегда является определяющим фактором в общем процессе повышения их активности. В ряде случаев наблюдается и обратный эффект.

В связи с тем, что в рекламных проспектах ведущих фирм для повышения эффективности глифосатсодержащих препаратов рекомендуются дополнительно применять максимальные дозы предлагаемых ПАВ, мы провели опыт по оценке влияния снижения поверхностного натяжения на усиление ГА глифосатсодержащих препаратов, где эталоном был раствор технического продукта в воде, затем в этот раствор добавляли рекомендуемые для производственной практики ПАВ (Тренд 90 и Silvet Gold), снижающие поверхностное натяжение. Согласно его результатам (табл. 3) в исследованном диапазоне снижение поверхностного натяжения (с 70 до 22×10^{-3} Н/м) водного раствора при норме его расхода 200 л/га добавлением рекомендуемых ПАВ не привело к повышению уровня ГА изопропиламинной соли глифосата (ИПА) для тест-растений подсолнечника и яровой ячменя.

Таблица 3. Влияние добавок ПАВ на уровень гербицидной активности ИПА соли глифосата (д.в. 62%) в условиях вегетационного опыта (ЛИК). Объем рабочего раствора 200 л/га

Наличие и концентрация ПАВ, значение $\sigma \times 10^{-3}$ Н/м	Используемые тест-растения	
	Подсолнечник	Яровой ячмень
	Значение ED_{50} , мл/га	
Без ПАВ $\sigma = 70$	35 (28÷48)	510 (340÷730)
Тренд 90, 0.2% $\sigma = 31$	40 (28÷59)	470 (310÷650)
Silvet Gold, 0.1% $\sigma = 25$	44 (31÷62)	480 (350÷850)

С учетом столь нестандартного влияния поверхностного натяжения, нами проведен опыт по оценке влияния ПАВ на активность глифосатсодержащего препарата

Кернел, ВР, препаративная форма которого при объемах рабочих растворов 200 л/га не обеспечивает общепринятых значений поверхностного натяжения раствора $\leq 40 \times 10^{-3}$ Н/м.

Установлено (табл. 4), что, во всех вариантах опыта с яровым ячменем, добавление в водные растворы различных ПАВ с рекомендуемыми концентрациями не привело к повышению эффективной дозы ED_{50} препарата Кернел, ВР при снижении поверхностного натяжения рабочих растворов с 50 до 20×10^{-3} Н/м даже при использовании тест-растений с узкими прямостоящими листьями, когда влияние поверхностного натяжения должно увеличиваться. В ряде вариантов отмечена тенденция получения отрицательного эффекта при снижении поверхностного натяжения.

Таблица 4. Влияние ПАВ и объема рабочего раствора на уровень биологической активности гербицидного препарата Кернел, ВР (480 г/л глифосата) в условиях вегетационного опыта (ЛИК). Тест-растение – яровой ячмень

Наличие и концентрация ПАВ, значение $\sigma \times 10^{-3}$ Н/м		Значение ED_{50} , мл/га	
		Объем рабочих растворов, л/га	
25	200	25	200
Без ПАВ			
47	52	230 (210÷250)	470 (400÷550)
Тренд 90, 0.2%			
27	32	220 (190÷240)	320 (220÷390)
Silvet Gold, 0.1%			
22	25	360 (320÷390)	610 (480÷760)

Вероятная причина в том, что используемые ПАВ снижают только поверхностное натяжение без усиления поглощения препарата целевым объектом.

При низком поверхностном натяжении капли рабочего раствора на листовой поверхности растекаются тонкой пленкой, из которой вода и препарат испаряются быстрее, чем из одиночных капель, затрудняя усвоение д.в. препарата, которое, чтобы хорошо впитаться, должно как можно дольше находиться в полужидком состоянии.

Если препаративная форма используемого гербицида летучая, а д.в. медленно проникает в ткани растений – может иметь место и обратный эффект, что и наблюдается в нашем случае. Для глифосатсодержащих гербицидных препаратов, вероятно, основное назначение поверхностного натяжения – удерживание капель на листовой поверхности целевого объекта, но при минимальном их последующем растекании.

Представленные в таблице 4 результаты свидетельствуют о том, что уровень ГА препарата Кернел, ВР существенно повышается как без добавок, так и с добавками ПАВ, при уменьшении объемов рабочих растворов с 200 до 25 л/га. Так, для ячменя показатели активности препарата (значение ED_{50}) повышаются в 1.6–2.7 раза.

Как уже отмечалось, высокие концентрации глифосата в каплях способствуют лучшему поглощению препарата листовой поверхностью сорных растений и повышению его биологической активности, возможно за счет того, что капля препарата в течение более длительного времени сохраняется на поверхности растений в полужидком состоянии.

Нами установлено, что испарение воды из капли экспериментального рабочего раствора соответствует скорости испарения капли чистой воды равного диаметра; в этом

случае вода из капли раствора размером 300 мкм испарится (в зависимости от влажности и температуры воздуха) за 1–3 минуты и на целевом объекте остается след капли малолетучей препаративной формы глифосата, объем которой (при концентрации препарата 2% в 200 л воды) уменьшился в 50 раз, а исходный размер в ~ 3.5 раза [Никитин и др., 2010].

Препаративные формы ГП имеют в своем составе оптимальное количество ПАВ, что позволяет обеспечить необходимое поверхностное натяжение рабочих растворов ($\leq 40 \times 10^{-3}$ Н/м) и абсорбцию д.в. препарата целевыми объектами, которая зависит и от поверхностного натяжения раствора.

Следует отметить, что интенсивность проникновения гербицидов в растение часто оказывается решающим фактором гербицидной активности, и зависящей от анатомо-морфологических особенностей строения обрабатываемых растений.

Специалистам-практикам необходимо для каждого препарата знать период времени от начала нанесения препарата на целевой объект до максимально возможного его проникновения. В большинстве рекомендаций по эффективному применению глифосатов этот период составляет 6–12 часов. Однако это требование часто нарушается, поэтому необходимо знать и минимально допустимый период.

В таблице 5 приведены результаты наших опытов с использованием лабораторной дождевальной установки, где показано, что Раундап, ВР и Торнадо, ВР обладают довольно высокой скоростью абсорбции через поглощающую систему растительной клетки дурнишника, имеющего горизонтальное расположение широких листовых пластинок, что способствует большему проникновению гербицида внутрь растения. Анализ приведенных результатов показывает, что для полного проникновения гербицида в растительные клетки (от начала нанесения препаратов) до дождя достаточно 4 часов [Никитин и др., 2010].

Таблица 5. Уровень токсичности для дурнишника гербицидов Торнадо и Раундапа при различных сроках дождевания в условиях вегетационного опыта (ЛИК). Объем рабочего раствора 200 л/га

Вариант опыта	Значение ED_{50} , мл/га	
	Торнадо, ВР	Раундап, ВР
Без дождевания	310 (280÷340)	300 (270÷330)
Дождевание		
через ...		
1 час	1450 (990÷2110)	1200 (1060÷1350)
2 часа	420 (380÷470)	360 (330÷390)
4 часа	340 (290÷410)	330 (290÷390)
8 часов	300 (280÷330)	230 (200÷270)

3. Влияние свойств природной воды на гербицидную активность

Жесткость – свойство природной воды, которая обусловлена преимущественно содержанием в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (ионов жесткости), а гидрокарбонаты этих металлов образуют карбонатную или временную жесткость.

В РФ для измерения жесткости используется нормальная концентрация ионов кальция и магния, выраженных в мг-экв/л. Один мг-экв/л соответствует содержанию в литре воды 20.04 мг Ca^{2+} или 12.6 мг Mg^{2+} .

Отличительная особенность ГП – ионы кальция вступают во взаимодействие с ионами глифосата. Ионы Ca^{2+}

реагируют с находящимися при атоме фосфора глифосата гидроксильными группами с образованием малодиссоциирующего и гербициднонеактивного комплекса.

Из реакции глифосата с ионами кальция следует, что при постоянной гектарной дозе препарата с уменьшением объема рабочей жидкости (уменьшением в ней количества $CaCO_3$) эффективность глифосатсодержащих гербицидов будет повышаться [Спиридонов и др., 2011; Спиридонов и др., 2014].

В отечественной и зарубежной литературе предлагается несколько способов снижения влияния жесткости воды (увеличить дозы гербицида, добавить соли аммония или другие азотные удобрения). Среди изученных нами способов – 10% раствор мочевины в воде (25 л/га) с жесткостью ≤ 3.8 ; 7 мг-экв/л по эффективности соответствовал обессоленной воде, а препарат лакмус (ЗАО «Щелково Агрохим»), содержащий ортофосфорную кислоту в дозе 150 мл на 200 л/га воды, позволял снизить отрицательное действие жесткой воды (≤ 14 мг-экв/л) в ~ 2 раза.

С целью разработки способов снижения отрицательного действия жесткости воды, нами проведена серия опытов по влиянию объемов рабочих растворов, содержащих различные количества $CaCO_3$ в воде, на уровень проявления активности глифосатсодержащих гербицидов.

Как свидетельствуют данные таблицы 6, уровень гербицидной активности гербицида Спрут Экстра, ВР зависит от содержания $CaCO_3$ и объемов рабочих растворов при его применении. С увеличением жесткости увеличивается показатель ED_{50} гербицида. В то же время при снижении объемов с 200 до 25 л/га значение ED_{50} во всех вариантах снижается. При использовании небольших объемов (25 л/га) даже с высокой карбонатной жесткостью используемой воды (17.1 мг-экв/л.) удается в 2 раза снизить дозы препарата (ED_{50}), что особенно важно для практики.

Таблица 6. Влияние объема рабочего раствора и жесткости используемой воды на уровень гербицидной активности Спрута Экстра, ВР в условиях вегетационного опыта (ЛИК). Тест-растение подсолнечник

Свойства используемой воды		Объем рабочего раствора, л/га	
рН	Жесткость, мг-экв/л	25	200
		Значение ED_{50} , мл/га	
5.6	0.1	38 (35÷40)	72 (65÷79)
6.1	12	73 (91÷98)	137 (137÷164)
7.3	14.5	90 (80÷100)	150 (120÷160)
6	17.1	150 (110÷190)	280 (230÷320)

Необходимо отметить, что внедрение в практику низких объемов до уровня 25 л/га позволит почти на порядок снизить содержание $CaCO_3$ в используемой воде и тем самым повысить стабильность гербицидного действия ГП в различных регионах РФ.

Можно считать установленным, что снижение объемов рабочих растворов ГП с использованием жесткой воды приводит к двойному повышению их гербицидной активности по двум основным причинам:

- образование капель с высокой концентрацией препарата, что усиливает его поглощение целевым объектом;
- уменьшение количества солей-антагонистов, взаимодействующих с солями глифосата и снижающих их биологическую активность.

При успешном применении ГП необходимо учитывать не только состав карбонатной жесткости используемой воды, но и ее кислотность.

В большинстве известных рекомендаций ведущие компании рекомендуют использовать воду с рН 5–7.0 (слабо-кислую или нейтральную).

В нашем эксперименте с искусственно приготовленными образцами воды (рН в диапазоне от 6.0 до 8.2 и постоянной жесткостью 0.1 мг-экв/л), установлено, что уровень гербицидной активности Спрута Экстра, ВР на тест-растении подсолнечника с увеличением рН водного раствора с 6.0 до 8.2 снижался в 1.5 раза (табл. 7). С учетом этих данных, можно считать, что для стабильного производственного применения гербицида Спрут Экстра, ВР желательнее использовать при приготовлении рабочих растворов воду с рН близкой к 6.0.

Таблица 7. Влияние рН используемой воды на уровень гербицидной активности Спрута Экстра, ВР в условиях вегетационного опыта (ЛИК). Объем рабочего раствора 200 л/га, жесткость воды 0.1 мг-экв/л, тест-растение подсолнечник

рН _{вод}	Значение ЕД ₅₀ , мл/га
5.6	140 (130÷150)
7.0	170 (150÷210)
8.2	200 (160÷250)

Необходимо также отметить, что рабочие растворы ГП следует использовать свежеприготовленные, так как старение рабочих растворов при высоком уровне жесткости используемой воды (≥ 12 мг-экв/л) уже через 2 часа после приготовления приводит к значительному снижению их биологической активности (табл. 8).

Таблица 8. Влияние жесткости воды, используемой для приготовления рабочих растворов на уровень гербицидной активности препарата Спрут Экстра, ВР в зависимости от экспозиции рабочих растворов. Объем рабочего раствора 200 л/га

Свойства используемой воды		Значение ЕД ₅₀ , л/га	
рН	жесткость, мг-экв/л	через 1 час	через 2 часа
5.6	0.1	40 (28÷91)	39 (34÷106)
6	12.0	117 (104÷132)	137 (115÷163)

4. Выбор оптимальных объемов рабочих растворов и технологии для их внесения

Преимущества малых объемов рабочих растворов и сложность их применения в производственной практике известны специалистам. Для максимальной реализации уникальных свойств ГП необходимо при их внесении обеспечить минимальные объемы их рабочих растворов – получение максимальных концентраций препарата в растворе.

Общеизвестно, что минимальные объемы рабочих растворов пестицидов зависят от качества их распыления, так как при любых используемых объемах общим и обязательным требованием является обеспечение минимальной плотности покрытия каплями обрабатываемой горизонтальной поверхности ≥ 30 шт/см² [Никитин и др., 2010].

В настоящее время нет общепринятой теории оптимизации размеров капель и необходимого уровня однородности их размеров при распылении рабочих жидкостей пестицидов. В отделе гербологии ВНИИФ по результатам многолетних комплексных исследований с использова-

нием монодисперсного аэрозоля теоретически решена и практически оценена (для наземного штангового опрыскивателя) технология применения гербицидных препаратов в виде аэрозоля с оптимальным средним размером однородных капель ~ 150 мкм и объемами малолетучих рабочих растворов ≤ 10 л/га. Такая технология могла бы стать наиболее эффективной, экономичной и экологичной для внесения ГП.

Однако, успешно начавшееся в 80-е годы совместно с ВИЗР её применение в зонах засушливого земледелия (вносили гербицид Сангор в дозе 5 л/га без разбавления водой его препаративной формы), в условиях рыночных отношений внедрить рекомендованную для сельскохозяйственной практики технологию не удалось.

На основании результатов наших исследований по наземному малообъемному опрыскиванию рекомендуем вносить ГП с объемами рабочих растворов ≤ 25 л/га, которые многие годы успешно применяются при авиаобработках пестицидами [Никитин и др., 2010; Никитин и др., 2012; Спиридонов и др., 2013].

Кроме того, при оптимальном размере капель для водных растворов ~ 250 мкм (максимальная эффективность при минимальном сносе) обеспечивается необходимая плотность покрытия каплями обрабатываемой горизонтальной поверхности ≥ 30 шт/см².

Такие нормы расхода при высокой квалификации обслуживающего персонала можно вносить полевыми штанговыми опрыскивателями с гидравлическими распылителями (например, ТР 1100067, Р = 2.5 бар) при общепринятой скорости обработки 8–10 км/час, однако в производственной практике их используют редко из-за высоких требований к чистоте используемой воды (требуется многоступенчатая фильтрация с размерами ячеек фильтра ≤ 0.15 мм).

Для предлагаемых объемов рабочих растворов ≤ 25 л/га (одна заправка в смену) мы рекомендуем использовать уже многие годы отечественные штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями, когда требования к чистоте используемой воды минимальные. Разработана и испытана модель опрыскивателя, оснащенного вращающимися распылителями с принудительным инерционным осаждением мелких капель на целевом объекте [Никитин и др., 2012]. Следует отметить, что ВИЗР также разрабатывает технологию внесения пестицидов с использованием вращающихся распылителей с принудительным осаждением мелких капель.

В последние годы глифосатсодержащие препараты применяют в дозах до 6–8 л/га, то есть в ряде случаев их можно вносить УМО способом и без разбавления водой их малолетучей препаративной формы.

В этой связи представляется перспективным применение легких самолетов типа сертифицированного Авиатика-МАИ 890 с.-х., который с нашим участием был оборудован отечественной опрыскивающей аппаратурой СОН-40, состоящей из четырех вращающихся (от ветряка) распылителей, обеспечивающих качественное распыление гербицидных препаратов с объемами рабочих растворов 3–10 л/га [Никитин и др., 2001].

Сертифицирован и мотодельтаплан Т-2МСХ, оборудованный аналогичной опрыскивающей аппаратурой с вращающимися распылителями, позволяющими распыливать

рабочие растворы с повышенной вязкостью [Безух и др., 2006].

По санитарно-гигиеническим требованиям к регламенту приемов обработки гербицидами сверхлегкие летательные аппараты приравнены к наземной аппаратуре – качественный авиаметод опрыскивания с использованием этих средств и учетом всех особенностей его проведения не должен отличаться от наземного (высота полета ≤ 2 м, слабое влияние аэродинамических возмущений) [Сорока и др., 2006].

Для возможности УМО внесения гербицидных препаратов авиаметодом нами разработан, испытан и рекомендован для производственных испытаний вращающийся

распылитель для мотоделтаплана с отделением из образующегося спектра фракции мелких капель, подверженых сносу [Абубикеров и др., 1992; Никитин и др., 2010].

Во исполнение плана фундаментальных и прикладных приоритетных исследований по научному обеспечению развития АПК РФ на 2011–2015 гг. Россельхозакадемией планировалось продолжить на базе ВНИИФ исследования по наиболее эффективной и экономичной технологии УМО внесения ГП наземной техникой и малой авиацией с использованием монодисперсных аэрозолей. Однако в связи с реорганизацией и из-за отсутствия финансирования исследования по данному направлению с 2014 г. прекращены.

Заключение

Результаты анализа влияния основных свойств, объемов и качества распыления рабочих растворов на эффективность и экономичность использования глифосатсодержащих препаратов позволили:

Убедительно подтвердить известную уникальную особенность глифосатсодержащих препаратов и увеличение уровня гербицидной активности по мере уменьшения объема водного раствора.

Показать, что карбонатная жесткость природной воды, используемой в различных регионах РФ для приготовления рабочих растворов, оказывает существенное влияние на стабильность проявления их биологической активности. При использовании жесткой воды снижение объемов рабочих растворов с 200 л/га до 25 л/га приводит к двукратному повышению их биологической активности из-за образования капель с высокой концентрацией препарата, что усиливает его поглощение целевым объектом; и уменьшению количества солей – антагонистов, взаимодействующих с солями глифосата и существенно снижающих биологическую активность.

Доказать необходимость их внесения в минимальных объемах рабочих растворов, а при возможности – без разбавления водой их малолетучей препаративной формы для максимальной реализации отмеченных уникальных свойств глифосатсодержащих гербицидных препаратов.

При наземном способе внесения с использованием штанговых опрыскивателей с вращающимися распыли-

телями объем рабочего раствора 25 л/га (вместо 200 л/га) можно рекомендовать как один из способов двойственного влияния объемов и жесткости используемой воды на существенное повышение (1.5–3.0 раза) биологической активности глифосатсодержащих гербицидных препаратов. Это приводит к увеличению производительности и снижению затрат на опрыскивание, а также к уменьшению ~ в 10 раз расходов на дополнительное использование различных адъювантов, рекомендуемых в оптимальных концентрациях.

Рабочие растворы глифосатсодержащих препаратов при высокой жесткости воды следует использовать свежеприготовленными, т. к. уже через 2 часа после приготовления почти вдвое снижается их гербицидная активность.

Таким образом, для максимальной реализации уникальных гербицидных свойств глифосатсодержащих препаратов в производственных условиях рекомендуется использовать минимально возможные объемы рабочих растворов с 200 л/га до ≤ 25 л/га, что приводит к двукратному повышению их биологической активности по двум причинам:

- образованию капель с более высокой концентрацией препарата, что усиливает его поглощение растением;
- снижению количества солей-антагонистов, взаимодействующих с молекулой глифосата и существенно снижающих его биологическую активность.

Plant Protection News, 2015, 4(86), p. 5–11

GLYPHOSATE CONTAINING HERBICIDES – SPECIFICS OF TECHNOLOGY OF ITS APPLICATION IN GENERAL PRACTICE OF CROP PRODUCTION

Yu.Ya. Spiridonov, N.V. Nikitin

All-Russian Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Moscow Region, Russia

The aim of the study is the development of scientifically based technologies of application of glyphosate containing preparations by modern ways of spraying vegetative plants. Original laboratory and field devices and equipment were used for the purpose of the study. The glyphosate containing herbicide Sprut Extra, WS (Shchelkovo Agrokhim) was used in the experiments. Treatment of test plants by the herbicide was made at the time of formation of the first pair of real leaves in dicotyledons and beginning of formation of the 3rd leaf in Gramineae species. The Chamber sprayer OP-5 equipped with the rotating pulverizer was used for experienced test plants in various aqueous solutions of the herbicide vegetation experiments. In field experiments, the Bar sprayer was used engineered in the Weed Science department of the Institute of Phytopathology, also equipped with the rotating pulverizer with forced separation and subsequent inertial deposition of small drifting drops. The following results of testing the Sprut Extra, WS were revealed: the unique feature of glyphosate containing preparation was confirmed, regarding significant increase of herbicide activity with decrease of the volume of water solution of preparation; the double increase of herbicide activity was noted at the use of water with high carbonate hardness and at the dose reduction of herbicide working solutions from 200 to 25 l/ha; it is necessary to provide minimum amounts of working solutions (if possible, without dilution

with water of low-volatile preparative forms) in order to maximize the herbicide activity of glyphosate containing preparation; a way of increasing the herbicide efficiency is the use of bar sprayers with rotating pulverizer to apply this herbicide with the volume of working solution ≤ 25 l/ha (instead of 200 l/ha); freshly-mixed working water solutions of the herbicide with high level of water hardness should be used (at most 2 hours after preparation).

Keywords: Glyphosate; preparation; Sprut Extra; Roundup; phytotoxicity; water hardness; spraying technology.

Библиографический список (References)

- Абубикеров В.А., Никитин Н.В. Вращающийся распылитель с отделением мелких капель для мотодельтаплана // Защита растений. 1992. N 3. С. 16–17.
- Байрамбеков Ш.Б., Валева З.Б., Корнева О.Г. Борьба с сорняками овоще-бахчевых культур // Защита и карантин растений. 2012. N 3. С. 22–24.
- Безух Б.А. Использование мотодельтаплана Т-2 МСХ в авиационных работах по защите растений с использованием аппаратуры УМО // Земляробства і ахова раслін. 2006. N 6. С. 16–17.
- Жариков М.Г. Эколого-токсическая оценка многолетнего применения глифосата на дерново-подзолистой почве и биоремедиация загрязненных территорий: автореф. дис. ... канд. биол. наук // М.: РГАУ-МСХА. 2012. 24 с.
- Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Поляков В.В. Новый подход к авиационным обработкам посевов гербицидами // Агро XXI. 2001. N 3. С. 2–4.
- Никитин Н.В., Абубикеров В.А. Опыскиватель для оценки эффективности пестицидов в вегетационных опытах // Защита и карантин растений. 2008. N 5. С. 94–99.
- Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: Печатный город. 2010. 200 с.
- Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Абубикеров В.А., Протасова Л.Д., Зорин А.В. Штанговый опыскиватель, оснащенный вращающимися распылителями с принудительным инерционным осаждением мелких капель // Защита и карантин растений. 2012. N 10. С. 38–41.
- Сорока С.В., Скур'ят А.Ф., Атаманенко В.М. Перспективы применения сверхмалой авиации для защиты с.-х. растений в Беларуси // Земляробства і ахова раслін. 2006. N 6. С. 14–16.
- Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный Город. 2009. 252 с.
- Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В. Некоторые способы повышения стабильной эффективности глифосатсодержащих препаратов ЗАО «Шелково Агрохим» // Беларусь. Земляробства і ахова раслін. 2011. N 4. С. 33–35.
- Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В., Шестаков В.Г. Повышение эффективности и экономичности использования гербицидных препаратов путем оптимизации состава и норм расхода их рабочих жидкостей // Вестник защиты растений ВИЗР. 2013. N 2. С. 26–34.
- Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном уровне. М.: Печатный город. 2013. 426 с.
- Спиридонов Ю.Я., Каракотов С.Д., Никитин Н.В. Влияние качества воды, используемой при приготовлении рабочих растворов, на биологическую активность препарата Спрут Экстра, ВР // Агрохимия. 2014. N 6. С. 62–68.
- M. Nedim Doğan, Derya Ögüt, Norbert Müller, Özhan Boz, Ivo Brants & Wolfgang Voegler. Effect of water volume and water quality on the efficacy of glyphosate on some important weed species in Turkey // Materials of the 25th German Conference on Weed biology and Weed Control. March 13–15. 2012. Braunschweig, Germany.
- Bals E.V. The development of a CDA herbicide handsprayer // Proc. Nat Acad Sci USA. 1975. V. 21. P. 345–349.
- Abubikerov V.A., Nikitin N.V. Rotary sprayer with separation of small drops for motorized hang glider. Zashchita rastenii. 1992. N 3. P. 16–17. (In Russian).
- Bairambekov Sh.B., Valeeva Z.B., Korneva O.G. Weed control on vegetable and watermelon crops. Zashchita i karantin rastenii. 2012. N 3. P. 22–24. (In Russian).
- Bezuch B.A. Use of motorized hang glider T-2 MSKH in aerial chemical works for plant protection with using equipment of ultra low-capacity spraying. Zemlyarobstva i akhova raslin. 2006. N 6. P. 16–17. (In Russian).
- Nikitin N.V., Abubikerov V.A. Sprayer for assessment of pesticide effectiveness in vegetation experiments. Zashchita i karantin rastenii. 2008. N 5. P. 94–99. (In Russian).
- Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya., Abubikerov V.A., Protasova L.D., Zorin A.V. Rod sprayer with rotating pulverizer with positive inertial deposition of small droplets. Zashchita i karantin rastenii. 2012. N 10. P. 38–41. (In Russian).
- Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya., Polyakov V.V. New approach to air treatments of crops by herbicides. Agro XXI. 2001. N 3. P. 2–4. (In Russian).
- Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. Scientific and practical aspects of application technologies for modern herbicides in crop production. Moscow: Pechatnyi gorod. 2010. 200 p. (In Russian).
- Soroka S.V., Skur'yat A.F., Atamanenko V.M. Prospects of application of midget aviation for agriculture plant protection in Belaru. Zemlyarobstva i akhova raslin. 2006. N 6. P. 14–16. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Karakotov S.D., Nikitin N.V. Influence of quality of water used at preparation of working solutions on biological activity of preparation Sprut Ekstra, VR. Agrokimiya. 2014. N 6. P. 62–68. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Larina G.E., Shestakov V.G. Methodological guide for study of herbicides applied in crop production. Moscow: Pechatnyi Gorod. 2009. 252 p. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Nikitin N.V. Some ways to improve stable effectiveness of glyphosate containing pesticides of ЗАО «Shhelkovo Agrokhim». Belarus'. Zemlyarobstvo iakhova raslin. 2011. N 4. P. 33–35. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Nikitin N.V., Shestakov V.G. Increase of efficiency and profitability of use of herbicidal preparations by optimization of structure and consumption rates of their working liquids. Vestnik zashchity rastenii VIZR. 2013. N 2. P. 26–34. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. Development of national weed science at modern level. Moscow: Pechatnyi gorod. 2013. 426 p. (In Russian).
- Zharikov M.G. Environmental and toxic evaluation of long-term application of glyphosate on sward-podzolic soil and bioremediation of contaminated sites. PhD Thesis. Moscow: RGAU-MSKhA. 2012. 24 p. (In Russian).

Translation of Russian References

Сведения об авторах

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, 143050, Российская Федерация

*Спиридонов Юрий Яковлевич. Академик РАН, зав. отделом, e-mail: spiridonov@vniif.ru

Никитин Николай Васильевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук

Information about the authors

All-Russian Institute of Phytopathology, 143050 Bolshie Vyazemy, Odintsovo District, Moscow Region, Russian Federation

*Spiridonov Yurii Yakovlevich, Head of Department, Academician, e-mail: spiridonov@vniif.ru

Nikitin Nikolai Vasilievich, Leading Researcher, PhD in Technics