

УДК 633.63:632.5:632.954

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ СВЕКЛОВИЧНЫХ ГЕРБИЦИДОВ НА СОРНУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В ПОСЕВЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ pH ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ВОДЫ И ЕЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ БЫТОВЫМИ МОЮЩИМИ СРЕДСТВАМИ

© 2022 г. Е. А. Дворянкин

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86, Россия

E-mail: dvoryankin149@gmail.com

Поступила в редакцию 09.02.2022 г.

После доработки 31.03.2022 г.

Принята к публикации 16.05.2022 г.

В полевых испытаниях на опытном поле ВНИИСС в 2016–2020 гг. изучили эффективность отдельных свекловичных гербицидов на сорные растения в зависимости от величины pH воды, примененной для приготовления рабочего раствора. Показано, что активность гербицидов группы бетаналов наиболее сильно снижалась в щелочной среде. Реакция гербицидов группы бетаналов на щелочность воды зависела от препаративной формы гербицида, времени задержки применения раствора и погодных условий. Моющие средства, как загрязнители воды, по степени снижения активности гербицидов на сорные растения ранжировались в порядке: кальцинированная сода > отбеливатель “Бос” > моющие средства “МИФ”, “Сорти” и др. Установлено, что критический показатель pH воды для рабочего раствора гербицидов группы бетаналов равен 8.0–8.2 при условии использования его сразу же после приготовления. В случаях применения воды с pH > 8.0–8.2 необходима коррекция ее до pH 5.5–6.5 соответствующими кислыми веществами. Гербициды Пилот, Карибу, Раундап, Лонтрел 300, Пантера, Центурион, Фюзилад Форте были более устойчивыми к щелочной среде, чем гербициды бетанальной группы.

Ключевые слова: сахарная свекла, сорные растения, гербициды, биологическая эффективность, кислотность воды, моющие средства.

DOI: 10.31857/S000218812208004X

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность большинства гербицидов, в том числе и свекловичных, изначально зависит от качества применяемого препарата и пригодности воды, используемой для наведения раствора [1, 2]. Многие гербициды восприимчивы к кислотно-щелочному балансу природной воды. Отдельные гербициды быстро разрушаются в щелочной среде, другие – в кислой среде [3, 4]. Есть препараты, которые стабильны как в кислой, так и щелочной воде, тем не менее, встречаются гербициды, которые наиболее эффективны в нейтральной среде.

Активность отдельных гербицидов, чувствительных к кислотному гидролизу, заметно снижается при pH < 7.0. Активные вещества таких гербицидов, как сульфанилмочевины (хлорсульфурон и др.), разрушаются в кислой среде, а устойчивость сорняков к ним возрастает [3, 5].

Гербициды, чувствительные к щелочному гидролизу, распадаются при pH > 7.0. К ним относят производные 2,4-Д, карбаматы, глифосат, лонтрел и другие. В щелочной среде биологическая эффективность таких гербицидов заметно снижается, и требуется коррекция pH водных растворов для успешной борьбы с сорняками [5, 6].

Зависимый от pH среды гидролиз проходит с неодинаковой скоростью для разных действующих веществ. Полуразпад действующих веществ бетаналов – фенмедифама и десмедифама – при pH 5.0 воды происходит за 45–70 сут, тогда как при pH 9.0 – за 7–12 мин [7]. Напротив, скорость полуразпада действующих веществ препаратов метсульфурон-метила, дикамбы, глифосата в аналогичных средах изменяется менее существенно [8, 9]. Имеющиеся противоречия в описании стабильности гербицидов в растворах свидетельствуют о необходимости исследований в этой области.

В результате загрязнения воды промышленными и бытовыми отходами кислотность воды может варьировать в более широких пределах [10]. Дegradацию средств защиты растений в щелочной ($\text{pH} > 8.0$) или кислой ($\text{pH} < 5.0$) среде снижают включением в раствор адьювантов, содержащих кислоты и буферные добавки [4, 5].

Компания «АгроМастер» предложила препарат ДМП Контрол, представляющий собой определитель и регулятор кислотности рабочего раствора, диспергатор и прилипатель. Кислотность раствора контролируется изменением цвета воды, что позволяет легко определить требуемый pH-показатель.

В настоящее время подобные препараты представлены различными фирмами. Например, Текнофит pH используется как кондиционер воды, в составе которого поли-гидрокси-карбокислоты – 20%, pH – 2.0; Айвори – подкислитель воды (Укравит) включает органические кислоты, индикатор уровня по цвету воды; Полидон-корректор pH, который также позволяет улучшить смачиваемость обрабатываемых объектов и др.

В приготовлении растворов свекловичных гербицидов наибольший интерес вызывают подкислители растворов, особенно принимая во внимание, что pH природной воды чаще сдвинут в щелочную сторону (>7.0), и повышенную чувствительность гербицидов группы бетаналов к щелочному гидролизу.

Для подкисления воды чаще используют лимонную, уксусную, орто-фосфорную кислоты. Снизить pH воды также можно включением в раствор кислых комплексных удобрений.

Частой причиной загрязнения природной воды, особенно небольших водоемов – прудов, озер, помимо пестицидов и удобрений, являются отходы бытового назначения. В состав веществ, содержащихся в воде, входят моющие средства, химикаты санитарной гигиены, и многое другое. Проблема некачественной воды особенно велика в сельской местности, где техногенные нагрузки на почву и окружающую среду носят систематический характер [10].

В состав большинства моющих средств помимо карбонатов (кальцинированной соды, мыла) входят фосфаты, силикаты, цеолиты, бораты, ПАВ и другие вещества, характеризующиеся щелочной реакцией с водой. В последние годы количество фосфатов в сточных водах резко возросло из-за того, что в составе многих синтетических ПАВ до 40% их массы составляют полифосфаты. Фосфаты токсичны для окружающей среды, особенно для непроточных водоемов, поэтому в пе-

редовых странах их применение в моющих средствах ограничено или запрещено. В современных моющих средствах вместо фосфатов могут применять цеолиты (алюмосиликаты) и силикаты, которые выполняют функцию адсорбентов.

Цель работы – изучение влияния pH природной воды, используемой для приготовления раствора свекловичных гербицидов, времени задержки применения наведенного раствора, степени загрязненности воды моющими бытовыми отходами и погодных условий на эффективность действия приготовленных растворов в борьбе с сорной растительностью в посеве сахарной свеклы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на опытном поле ВНИИС в 2016–2020 гг. Объектом исследования служили сорные растения, сахарная свекла и гербициды: Бетанал Эксперт ОФ, Бицепс Гарант, Бифор Прогресс, Бетанал 22, Бифор 22, Бельведер, МаксПро, Пилот, Карибу, Пирамин Турбо, Пантера, Фюзилад Форте, Центурион, Раундап, Лонтрел 300. В 2016–2018 гг. опыты размещали на паровом поле, что позволяло в течение одного вегетационного сезона 2–3 раза воспроизвести опыт в разных условиях погоды. Для этого достаточно было прокультивировать новый участок парового поля и получить всходы сорняков. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый. В 2019–2020 гг. основные варианты опыта воспроизвели в посеве сахарной свеклы.

Для приготовления растворов с гербицидами использовали речную воду (р. Воронеж около пгт. Рамонь, Воронежской обл.), которую в опытах подкисляли раствором ортофосфорной кислоты или подщелачивали питьевой содой, каустической содой или едким натром в зависимости от требуемой pH среды. Кислотность воды контролировали прибором Soil pH Meter PCE – PH 20S. Раствор гербицида готовили в следующей последовательности: вначале корректировали pH воды до требуемой величины, затем растворяли в ней гербицид. Гербициды вносили по отросшим сорнякам в фазе семядолей–2-х пар настоящих листьев ранцевым опрыскивателем, оборудованным штангой (2.7 м) с 6-ю щелевыми распылителями на 6 рядков сахарной свеклы.

Схема опытов включала: контроль абсолютный и варианты с гербицидами, приготовленными на разной по кислотности воде (табл. 1). Площадь делянки 21.6 м², повторность опытов двукратная, размещение делянок последовательное. Гербициды на делянке вносили однократно в ве-

Таблица 1. Эффективность гербицидов в зависимости от pH использованной воды (2016–2017 гг.)

| Гербицид, л/га | Время удержания препарата в растворе до его применения, ч | Величина pH, ед. | | | | | |
|-------------------------|---|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| | | 3.0 | 5.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| | | эффективность гибели сорняков, % | | | | | |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 | 1–1.5 | 96 | 96 | 96 | 94 | 80 | 50 |
| Бицепс Гарант, 1.2 | 1–1.5 | 95 | 94 | 92 | 88 | 60 | 42 |
| Бетанал 22, 1.0 | 1–1.5 | 99 | 98 | 98 | 96 | 76 | 40 |
| Бифор 22, 1.0 | 1–1.5 | 98 | 98 | 98 | 94 | 75 | 50 |
| Бельведер, 1.0 | 1–1.5 | 97 | 98 | 98 | 97 | 94 | 84 |
| Бетанал максПро, 1.5 | 1–1.5 | 98 | 98 | 97 | 95 | 90 | 82 |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 | 10–12 | 98 | 96 | 92 | 88 | 60 | 15 |
| Бицепс Гарант, 1.2 | 10–12 | 94 | 94 | 90 | 75 | 20 | 5 |
| Бетанал 22, 1.0 | 10–12 | 100 | 99 | 96 | 90 | 60 | 5 |
| Бифор 22, 1.0 | 10–12 | 100 | 98 | 95 | 84 | 55 | 0 |
| Бельведер, 1.0 | 10–12 | 97 | 95 | 90 | 82 | 23 | 5 |
| Бетанал максПро, 1.5 | 10–12 | 98 | 98 | 94 | 91 | 55 | 10 |

Примечание. Контроль: сорняки – 480 шт./м²; доля щирицы – 82, мари белой – 9, злаков – 3, прочих – 6%.

чернее время, учеты сорняков проводили через 7–8 сут после обработки гербицидами методом наложения рамки (0.25 × 1.0 м). Посев, уход за посевами, уборку сахарной свеклы проводили согласно общепринятым зональным рекомендациям.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что гербициды группы бетаналов сохраняли высокую активность в кислой среде. Эффективность бетаналов, примененных в кислых растворах, возрастала в условиях теплой сухой погоды с достаточным количеством влаги в почве независимо от времени задержки обработки сорняков (табл. 1). Сокращался период летального действия бетаналов на сорняки, увеличивалась жесткость их действия на сорную растительность и растения культуры.

Действие бетаналов, приготовленных в нейтральной среде (в воде с pH 7.0), было относительно мягким, с более продолжительным периодом летального действия на сорняки, что не снижало в целом эффективность гербицидов.

Слабощелочная реакция воды (pH 8.0) была критической. В этом случае для эффективной борьбы с сорняками предпочтительны свежеприготовленные растворы гербицидов. Задержка применения слабощелочных растворов гербицидов группы бетаналов отрицательно влияла на биологическую эффективность действующих веществ. Большинство гербицидов группы бетаналов, обладая кислой реакцией, способны до опре-

деленной степени снижать pH рабочего раствора в сторону оптимальной кислотности, а также можно ее регулировать повышением концентрации препарата в растворе за счет допустимого снижения расхода воды (зависит от условий погоды).

С увеличением щелочности воды до pH 9.0 и 10.0 биологическая эффективность гербицидов группы бетаналов резко снижалась, а при задержке применения растворов на 10–12 ч отмечено лишь отставание развития сорняков с последующим возобновлением их роста.

Реакция гербицидов группы бетаналов на щелочность воды зависела от препаративной формы гербицида и его формуляции. Трехкомпонентные гербициды были более чувствительными к щелочной среде, чем двухкомпонентные. Среди двухкомпонентных гербицидов свежие растворы суспензионных препаратов (Бельведер) были более эффективными в щелочной среде. Вместе с тем при задержке применения растворов гербицидов на 10–12 ч более всего снижалась биологическая эффективность кристаллических препаратов (Бельведер) и препаратов-эмульсий, склонных к быстрой кристаллизации и активному росту кристаллов в растворе. В щелочных растворах твердые частицы суспензии слипались и срастались, а на листьях растений в тонких пленках суспензии образовывались конгломераты различной плотности [11].

Различают гидрокарбонатную, карбонатную и гидратную щелочность, из них гидрокарбонатная оказывала наименьшее влияние на активность

Таблица 2. Эффективность гербицидов в зависимости от щелочности воды (гидрокарбонатной, карбонатной, гидратной) и погодных условий

| Гербицид, л/га | Время содержания препарата в растворе до его применения, ч | Величина pH, ед. | | | | | |
|--|--|------------------|--------------------|---------------------------------|-----|------|------|
| | | речная вода | NaHCO ₃ | Na ₂ CO ₃ | | NaOH | |
| | | | | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| эффективность гибели сорняков, % | | | | | | | |
| Средняя максимальная и минимальная температура воздуха в период опыта – 28 и 18°С (18–26.06.2016 г.) | | | | | | | |
| Бифор 22, 1.0 | 1–1.5 | 96 | 95 | 76 | 55 | 83 | 62 |
| Бифор Прогресс, 1.3 | 1–1.5 | 97 | 94 | 74 | 47 | 70 | 40 |
| Бифор 22, 1.0 | 10 | 95 | 86 | 52 | 15 | 45 | 25 |
| Бифор Прогресс, 1.3 | 10 | 94 | 79 | 28 | 5 | 35 | 10 |
| Средняя максимальная и минимальная температура воздуха в период опыта – 19 и 9°С (02–10.06.2017 г.) | | | | | | | |
| Бифор 22, 1.0 | 1–1.5 | 93 | 93 | 92 | 90 | 91 | 90 |
| Бифор Прогресс, 1.3 | 1–1.5 | 94 | 93 | 90 | 90 | 91 | 87 |
| Бифор 22, 1.0 | 10 | 91 | 91 | – | 68 | – | 74 |
| Бифор Прогресс, 1.3 | 10 | 90 | 89 | – | 56 | – | 61 |

Примечание. Контроль: сорняки – 280–340 шт./м² (ширица, марь, горцы и др.).

гербицидов группы бетаналов, т.к. гидрокарбонатная щелочность в природе не превышает показатель pH 8.2.

Природной воде, отличающейся высокой жесткостью, свойственна карбонатная щелочность, которая оказывала наибольшее влияние на активность гербицидов группы бетаналов. Гидратная щелочность была не менее разрушительна для гербицидов, как и карбонатная щелочность (табл. 2), но в природе она встречается в редких случаях.

Щелочные растворы гербицидов группы бетаналов были особенно малоэффективны в условиях жаркой погоды при нарастании температуры воздуха в дневное время до 28–34°С и высокой инсоляции солнца. Задержка с обработкой сорняков гербицидами усиливала отрицательный эффект от применения щелочных растворов. В условиях относительно прохладной сухой погоды с оптимальным содержанием влаги в почве и воздухе влияние щелочности среды заметно снижалось. В этом случае задержка применения раствора гербицида оказывала меньшее влияние на эффективность гербицидов, чем при высоких температурах воздуха.

Кислые и нейтральные растворы Бетанала Эксперт ОФ и Бетанала 22 были высокоэффективными против таких сорняков как марь белая, ширица запрокинутая, горцы, паслен черный, подмаренник цепкий и др.

Растворы Бетанала Эксперт ОФ практически не теряли активности спустя 10–12 ч после приготовления, а эффективность кислого раствора Бетанала 22 (pH 3.0) на сорняки после задержки его применения даже возрастала до 99% (табл. 3).

Эффективность щелочных растворов бетаналов на сорняки заметно снижалась, что особенно сказывалось на растениях мари белой, ширицы, просвирника, горцев. Задержка применения растворов бетаналов на 10–12 часов приводила к еще большему уменьшению активности действующих веществ, что отражалось на показателях численности и массы сорняков.

В сравнении с гербицидами группы бетаналов другие свекловичные гербициды слабее реагировали на кислотно-щелочной показатель воды. Например, препарат Пилот 3.0 л/га (метамитрон) активно подавлял вегетирующие сорняки в фазе семядоли–4 настоящих листа независимо от pH использованной воды и времени задержки его внесения.

Препарат Карибу независимо от погодных условий обеспечивал полный контроль над сорняками при обработке как кислыми, так и щелочными растворами гербицида, несмотря на более низкую растворимость его в кислой среде.

После обработки раствором Карибу сорняки приобретали характерную для сульфонилмочевинных гербицидов окраску (рис. 1а), останавливался рост сорняков, растения медленно теряли массу, постепенно отмирала корневая система.

Таблица 3. Гибель сорняков в зависимости от примененного гербицида и величины рН использованной воды (2017 г.)

| Гербицид, л/га или кг/га | Время удержания препарата в растворе до его применения, ч | Величина рН, ед. | | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----|-----|-----|------|-----|
| | | 3.0 | | 7.0 | | 10.0 | |
| | | снижение численности (Ч) и массы (М) сорняков, % | | | | | |
| | | Ч | М | Ч | М | Ч | М |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 | 1–1.5 | 96 | 92 | 95 | 96 | 78 | 83 |
| Бетанал 22, 1.0 | 1–1.5 | 96 | 97 | 93 | 94 | 76 | 81 |
| Пилот, 3.0 | 1–1.5 | 95 | 97 | 96 | 93 | 90 | 95 |
| Карибу, 0.03 | 1–1.5 | 16 | 94 | 18 | 99 | 21 | 99 |
| Пирамин Турбо, 5.0 | 1–1.5 | 19 | 42 | 16 | 42 | 12 | 50 |
| Пантера, 1.0 | 1–1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Фюзилад Форте, 0.8 | 1–1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Центурион, 0.4 | 1–1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Раундап, 3.0 | 1–1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Лонтрел 300, 0.3 | 1–1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 | 10–12 | 94 | 92 | 91 | 93 | 68 | 62 |
| Бетанал 22, 1.0 | 10–12 | 99 | 99 | 91 | 93 | 69 | 74 |
| Пилот, 3.0 | 10–12 | 98 | 99 | 98 | 96 | 99 | 99 |
| Карибу, 0.03 | 10–12 | 20 | 95 | 24 | 98 | 19 | 99 |
| Пирамин Турбо, 5.0 | 10–12 | 22 | 36 | 12 | 34 | 17 | 44 |
| Пантера, 1.0 | 10–12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Фюзилад Форте, 0.8 | 10–12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Центурион, 0.4 | 10–12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Раундап, 3.0 | 10–12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Лонтрел 300, 0.3 | 10–12 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 98 |

Примечания. 1. Контроль – количество сорняков (на разных участках): злаковые – 180, двудольные – 230, осоты – 15–20 шт./м². 2. Карибу оценивали по снижению массы сорняков без учета мари белой.

Эффективность Карибу четко характеризовал показатель снижения массы сорняков через 10 сут после обработки в сравнении с растениями в абсолютном контроле (табл. 3, рис. 1б).

Самостоятельное применение препарата Пирамин Турбо на вегетирующих сорняках было малоэффективно, препарат реагировал на величину рН щелочной среды. Угнетенные после обработки гербицидом сорняки (фаза 2–4 настоящих листа) через 5–6 сут возобновляли рост.

Препарат Лонтрел 300 активнее подавлял сорняки растворами с кислой реакцией воды, чем щелочной. Несколько сокращался период летального действия на осоты, однако в итоге в вариантах опыта отмечали 100%-ную гибель сорняков независимо от времени задержки внесения препарата и рН использованной воды.

Близкие результаты были получены в опытах с применением препарата Раундап. В разных погодных условиях Раундап эффективно уничтожал

активно растущие (высотой 15–25 см) злаковые и двудольные сорняки (однолетние и многолетние) кислыми, нейтральными и щелочными растворами препарата. В условиях жаркой сухой погоды кислые растворы Раундапа были несколько эффективнее в борьбе с засоренностью смешанного типа, но конечным результатом во всех вариантах опыта была 100%-ная гибель сорняков.

Кислотно-щелочная реакция воды не оказывала существенного влияния в полевых условиях на эффективность самостоятельно (отдельно от других) примененных граминицидов (препаратов Пантера, Фюзилад Форте, Центурион). Противозлаковые гербициды не теряли активности при короткой или продолжительной задержке применения их растворов (табл. 3). Через 10–14 сут после внесения препарата Пантера 1 л/га во всех вариантах опыта наблюдали только отрастающие двудольные сорняки (рис. 2).



Рис. 1. Особенности поражения сорняков препаратом Карибу: (а) – изменение цвета листьев после обработки, (б) – уменьшение биомассы растения на 10-е сут после обработки.



Рис. 2. Предварительный мелкоделяночный опыт по оценке влияния величины рН раствора на эффективность препарата Пантера, 1.0 л/га: распределение делянок последовательное – рН 3.0, 7.0, 10.0. Слева – обработано через 1–1.5 ч, справа – через 10–12 ч, сзади – абсолютный контроль. Слева от опыта – делянки с применением Раундапа, 3.0 л/га, величина рН 3.0 и 10.0.

В сильных щелочных растворах граминициды, примененные в смеси с гербицидами группы бетаналов, снижали активность действия на злаковые сорняки, в результате чего возрастал период летального воздействия гербицидов, особенно при задержке применения смеси на культуре (рис. 3). В условиях сухой жаркой погоды возрастала устойчивость злаковых сорняков к действию щелочного раствора смеси гербицидов. Позднее выпавшие дожди были способны возобновить

рост злаковых сорняков. При раздельном внесении гербицидов с разницей во времени 5–7 сут активность щелочного раствора граминицидов была на уровне 95–99%.

В сильной щелочной среде (рН 9.0–10.0) гербициды группы бетаналов, примененные в смеси с Лонтрелом 300, Центурионом или Пилотом, в разной степени снижали эффективность действия последних в сравнении с их самостоятель-

ным применением, чего не наблюдали в условиях кислого и нейтрального растворов смеси.

Близкие результаты были получены в 2019–2020 гг. в посевах сахарной свеклы. Показано, что использованная вода различной кислотности не оказывала существенного влияния на продуктивность сахарной свеклы (вариант с ручной прополкой), тогда как растворы гербицидов, приготовленные на щелочной воде, заметно снижали урожайность корнеплодов (табл. 4). В этом случае урожайность сахарной свеклы в вариантах 2–4 варьировала в зависимости от композиции примененных препаратов. Схемы с преимущественным применением гербицидов группы бетаналов в щелочной среде были малоэффективными (62–70%). Смеси гербицидов группы бетаналов с Пилотом или Карибу более активно подавляли сорную растительность (75–86%). Снижение урожайности культуры из-за повышенной засоренности посева составило 28.2–51.8%.

Установлено, что подкисление воды со щелочностью 9.0 и 10.0 ед. рН ортофосфорной кислотой до 6.0 ед. повышало биологическую эффективность гербицидов на 10–25%, но не обеспечивало уровня эффективности, полученной в контроле с водой с величиной рН 7.0 (табл. 5). Аналогичные результаты получены при использовании подкислителя ДМП Контроль.

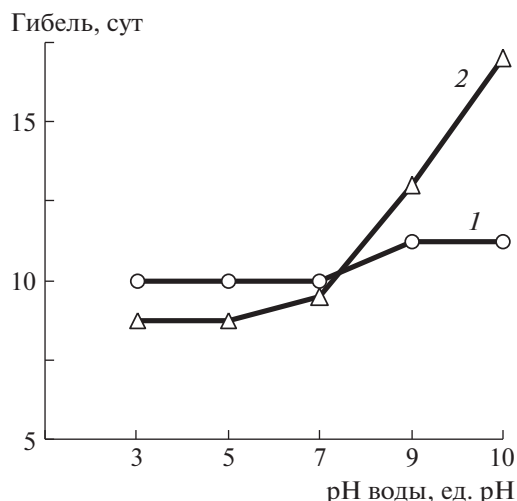


Рис. 3. Период летального действия препарата Пантера на однолетние злаковые сорняки в фазе начала кущения в зависимости от величины рН воды при задержке внесения раствора на 6 ч: 1 – Пантера, 1.0 л/га; 2 – Пантера, 1.0 л/га + Бетанал Прогресс ОФ, 1.5 л/га (2017–2018 гг.).

Использование в качестве подкислителей микрокристаллических удобрений, имеющих сильную кислую реакцию, давало некоторый положительный эффект при коррекции рН растворов. Однако при коррекции агрохимикатами растворов с рН 9.0 отмечали снижение биологиче-

Таблица 4. Влияние различных комбинаций гербицидов и кислотности использованной воды на продуктивность сахарной свеклы (2019–2020 гг.)

| Вариант (гербициды, л/га, кг/га) | Величина рН использованной воды, ед. | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------------------|------|------|--|------|------|
| | 5.5 (скорректирована ортофосфорной кислотой) | | | 7.6 (речная вода) | | | 9.8 (скорректирована Na ₂ CO ₃) | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1. Контроль с ручной прополкой (обработано водой с указанным рН) | 45.7 | 19.3 | 8.82 | 44.8 | 19.2 | 8.60 | 43.1 | 19.3 | 8.70 |
| 2. БЭОФ, 1.2 (1-е внесение) + Бетанал 22, 1.3 + Пантера, 1.0 (2-е внесение) + Бетанал 22, 1.5 (3-е внесение) | 43.2 | 19.0 | 8.21 | 43.5 | 19.2 | 8.35 | 21.8 | 19.2 | 4.19 |
| 3. БЭОФ, 1.0 + Пилот, 1.5 (1-е внесение) + БМП, 1.5 + Пилот, 1.5 + Пантера, 1.0 (2-е внесение) + Бетанал 22, 1.5 (3-е внесение) | 46.0 | 19.1 | 8.79 | 47.2 | 18.9 | 8.92 | 32.2 | 19.4 | 6.25 |
| 4. БЭОФ, 1.0 + Карибу, 0.03 (1-е внесение) + БМП, 1.8 + Карибу, 0.03 + Пантера, 1.0 (2-е внесение) + Бетанал 22, 1.5 (3-е внесение) | 43.9 | 19.3 | 8.47 | 44.6 | 19.1 | 8.52 | 29.1 | 19.0 | 5.53 |
| <i>HCP</i> ₀₅ | 4.3 | 0.5 | | 4.3 | 0.5 | | 4.3 | 0.5 | |

Примечание. В графе 1 – урожайность, т/га, 2 – сахаристость корнеплодов, %, 3 – сбор сахара, т/га.

Таблица 5. Эффективность гербицидов в зависимости от величины рН использованной воды и подкисления ее ортофосфорной кислотой (2016 г.)

| Гербицид, л/га | Время удержания препарата в растворе до его применения, ч | Величина рН, ед. | | | | |
|-------------------------|---|----------------------------------|-----|------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | 7.0 | 9.0 | 10.0 | Подкисление с рН 9.0 до рН 6.0 | Подкисление с рН 10.0 до рН 6.0 |
| | | эффективность гибели сорняков, % | | | | |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.0 | 1–1.5 | 96 | 78 | 54 | 86 | 83 |
| Бицепс Гарант, 1.0 | 1–1.5 | 91 | 68 | 41 | 80 | 68 |
| Виктор, 1.0 | 1–1.5 | 93 | 85 | 74 | 90 | 84 |
| Бетанал 22, 1.0 | 1–1.5 | 97 | 80 | 66 | 89 | 85 |

Примечание. Контроль: сорняки – 550 шт./м².

ской эффективности гербицидов в сравнении с контролем (рН воды 7.2). При подкислении отмечали помутнение воды и появление в ней взвеси, которая очень медленно оседала. Подобное явление при подкислении агрохимикатами сильно-щелочных растворов гербицидов могло быть связано с повышенной минерализацией смеси. Близкий результат был получен при подкислении раствора гербицида ЭДТА, используемой для смягчения воды и в производстве хелатов (табл. 6).

Кальцинированная сода наиболее заметно снижала эффективность действия гербицидов на сорную растительность. Меньшее влияние оказывал отбеливатель “Бос”, тогда как моющее средство “Миф” существенно не влияло на биологическую активность гербицидов группы бетаналов, примененных сразу после приготовления раствора.

Таблица 6. Эффективность гербицидов в зависимости от величины рН использованной воды и микрокристаллических хелатных удобрений Нутриванта и Мастера, а также ЭДТА в борьбе с сорняками на сахарной свекле (2016–2018 гг.)

| Гербицид, л/га | Величина рН, ед. | | |
|--|----------------------------------|-----|-----|
| | 7.2 | 8.3 | 9.0 |
| | эффективность гибели сорняков, % | | |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 | 98 | 95 | 83 |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 + Нутривант, 2.0 | 98 | 98 | 92 |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 + Мастер, 2.0 | 98 | 97 | – |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.2 + ЭДТА, 2.0 | 98 | 96 | 94 |

Примечание. Контроль: сорняки – 320 шт./м².

При показателе щелочности воды рН 9.8 негативное влияние моющих средств на эффективность гербицидов нарастало, особенно при задержке применения растворов. Тем не менее, характер влияния моющих средств на эффективность действия гербицидов не изменялся. По степени снижения активности действия гербицидов группы бетаналов на сорняки моющие средства ранжировались в порядке: кальцинированная сода > отбеливатель “Бос” > моющее средство “Миф”. Задержка применения гербицидов на 10 ч после приготовления их на воде, загрязненной кальцинированной содой или отбеливателем “Бос”, приводила почти к полной потере активности гербицидов группы бетаналов на сорняки. В аналогичном случае моющее средство “МИФ” оказывало меньшее влияние на регуляцию численности сорняков этой группой гербицидов (табл. 7).

Стиральные средства разных производителей (Лоск, Сорти, Миф) сильно не различались по степени влияния на эффективность гербицидов группы бетаналов (табл. 8). Эффективность гербицидов в растворах со щелочностью рН 9.0, созданной стирающими средствами типа “Лоск”, “Сорти” и др., заметно не отличалась от их эффективности в растворе с рН 7.5 (речная вода) при условии применения растворов не позднее 2-х ч после приготовления.

Эффект ослабления реакции гербицидов группы бетаналов на щелочность стиральных средств (Лоск, Сорти, МИФ), скорее всего был вызван наличием в этих моющих средствах поверхностно-активных веществ и смягчителей жесткости воды.

Возможно, эффективность действия гербицида зависела от отрезка времени, достаточного для проникновения активного действующего вещества в органы растения в дозе, эффективной для уничтожения сорняков. Например, есть мнение, что для большинства гербицидов необходим пе-

Таблица 7. Эффективность гербицидов в зависимости от щелочности различных моющих средств (2017 г.)

| Гербицид, л/га | Величина рН, ед. | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------|-----|--------------------------------|-----|-----------------------|-----|
| | речная вода | Na ₂ CO ₃ | | стиральный порошок МИФ-автомат | | отбеливатель БОС-плюс | |
| | | 7.5 | 8.5 | 9.8 | 8.5 | 9.8 | 8.5 |
| | эффективность гибели сорняков, % | | | | | | |
| Обработано через 1 ч после приготовления раствора | | | | | | | |
| Бетанал 22, 1.0 | 97 | 92 | 40 | 97 | 94 | 94 | 76 |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.25 | 99 | 93 | 28 | 97 | 93 | 94 | 64 |
| Обработано через 10 ч после приготовления раствора | | | | | | | |
| Бетанал 22, 1.0 | 95 | 86 | 20 | 94 | 82 | 88 | 30 |
| Бетанал Эксперт ОФ, 1.25 | 97 | 84 | 13 | 93 | 75 | 86 | 15 |

Примечание. Контроль: сорняки – 190 шт./м² (ширица 90%).

Таблица 8. Эффективность гербицидов в зависимости от величины рН различных моющих средств (2016 г.)

| Гербицид, л/га | Величина рН, ед. | | | | |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------|-------|-----|
| | речная вода | Na ₂ CO ₃ | стиральный порошок | | |
| | | | Лоск | Сорти | Миф |
| | 7.5 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| эффективность гибели сорняков, % | | | | | |
| Обработано через 2 ч после приготовления раствора | | | | | |
| Бицепс Гарант, 1.2 | 94 | 83 | 95 | 92 | 93 |
| Бифор Прогресс, 1.2 | 94 | 86 | 94 | 93 | 96 |
| Бетанал 22, 1.0 | 97 | 91 | 96 | 95 | 96 |
| Бифор 22, 1.0 | 96 | 88 | 95 | 95 | 94 |

риод 6 ч для накопления летальной дозы в органах сорных растений [7]. Поэтому в щелочной среде бетаналы с периодом полураспада действующих веществ 7–30 мин не накапливали активное действующее вещество в тканях растений и более того, продукты распада компонентов гербицидов группы бетаналов могли блокировать в листьях механизм проницаемости для других относительно устойчивых к щелочной среде гербицидов.

ВЫВОДЫ

1. Гербициды группы бетаналов в регламентированных нормах расхода сохраняли высокую активность в кислой и нейтральной среде независимо от времени задержки обработки сорняков (до 12 ч). В слабощелочной воде (рН 8.0–8.2) гербициды, обладая кислой реакцией, способны снижать рН рабочего раствора в сторону оптимальной кислотности. В этом случае для эффективной борьбы с сорняками применяли свежеприготов-

ленные растворы гербицидов. Гербициды группы бетаналов в форме концентрата эмульсии с увеличением щелочности воды до рН 9.0 снижали биологическую эффективность на 20–40%, при щелочности рН 10.0 – на 50–60%. Свежие растворы препаратов Бетанал максПро и Бельведер были более активны в щелочной среде. При задержке обработки сорняков на 10–12 ч эффективность растворов гербицидов группы бетаналов, приготовленных на воде с рН 9.0–10.0 снижалась на 40–100%.

2. Гидрокарбонатная щелочность воды в отличие от карбонатной и гидратной щелочности оказывала наименьшее влияние на активность гербицидов группы бетаналов, т.к. гидрокарбонатная щелочность в природе не превышает показатель рН 8.2. Природной воде, отличающейся высокой жесткостью, свойственна карбонатная щелочность, которая оказывала наибольшее влияние на активность гербицидов группы бетаналов. Гидратная щелочность была не менее

разрушительна для гербицидов, как и карбонатная щелочность, но в природе она встречается в редких случаях. Щелочные растворы гербицидов группы бетаналов были особенно малоэффективны в условиях жаркой погоды и высокой инсоляции солнца. Задержка с обработкой сорняков гербицидами усиливала отрицательный эффект от применения щелочных растворов.

3. Гербициды Пилот, Карибу слабо реагировали на кислотно-щелочной показатель воды. Они активно подавляли вегетирующие сорняки в фазе семядоли—2 пары настоящих листьев независимо от величины рН использованной воды и времени задержки его внесения. Самостоятельное применение Пирамина Турбо на вегетирующих сорняках было малоэффективным. Угнетенные после обработки щелочным раствором гербицида сорняки через 5–6 сут возобновляли рост. Препарат Лонтрел 300 активнее подавлял сорняки растворами с кислой реакцией воды, чем щелочной. Несколько сокращался период летального действия на осоты, однако в итоге в вариантах опыта отмечали 100%-ную гибель сорняков независимо от времени задержки внесения препарата и рН использованной воды. В разных погодных условиях препарат Раундап эффективно уничтожал активно растущие (высотой 15–25 см) злаковые и двудольные сорняки (однолетние и многолетние) кислыми, нейтральными и щелочными растворами препарата. В условиях жаркой сухой погоды кислые растворы Раундапа были эффективнее в борьбе с засоренностью смешанного типа, но конечным результатом во всех вариантах опыта была 100%-ная гибель сорняков.

4. Кислотно-щелочная реакция воды не оказывала существенного влияния в полевых условиях на эффективность самостоятельно (отдельно от других) примененных граминицидов (препаратов Пантера, Фюзилад Форте, Центурион). Противозлаковые гербициды не теряли активности при короткой или продолжительной задержке применения их растворов. В сильных щелочных растворах препарат Лонтрел 300 и исследованные граминициды, примененные в смеси с гербицидами группы бетаналов, снижали активность действия на сорняки, в результате чего возрастал период летального воздействия гербицидов, особенно при задержке применения смеси в посевах культуры. В условиях сухой жаркой погоды возрастала устойчивость сорняков к действию щелочного раствора смеси гербицидов.

5. Использованная вода различной кислотности не оказывала существенного влияния на продуктивность сахарной свеклы, тогда как растворы гербицидов, приготовленные на щелочной воде,

заметно снижали урожайность корнеплодов. Схемы с преимущественным применением гербицидов группы бетаналов в щелочной среде были малоэффективными (62–70%). Смеси гербицидов группы бетаналов с препаратами Пилот или Карибу более активно подавляли сорную растительность (75–86%). Снижение урожайности культуры из-за повышенной засоренности посева составило 28.2–51.8%.

6. Подкисление воды со щелочностью рН 9.0 и 10.0 ортофосфорной кислотой до рН 6.0 повышало биологическую эффективность гербицидов группы бетанала на 10–25%, но не обеспечивало уровня эффективности, полученной в контроле на воде с рН 7.0. Близкие результаты получили при коррекции кислотности воды микрокристаллическими удобрениями (АгроМастер (18.18.18 + 3) 2.0 кг/га или Нутривант 2.0 кг/га) или ЭДТА 2.0 кг/га в баковой смеси с Бетаналом Эксперт ОФ 1.2 кг/га на воде с рН 9.0. Появление взвеси в растворе при подкислении микрокристаллическими удобрениями возможно было связано с повышенной минерализацией смеси.

7. При показателе щелочности воды рН 9.0–9.8 кальцинированная сода наиболее заметно снижала эффективность действия гербицидов группы бетаналов на сорную растительность. Меньшее влияние на гербициды оказывал отбеливатель “Бос”, тогда как моющее средство “Миф” существенно не влияло на биологическую эффективность гербицидов, примененных сразу после приготовления раствора. Эффект ослабления реакции гербицидов группы бетаналов на щелочность стиральных средств (Лоск, Сорти, Миф), скорее всего был вызван наличием в этих моющих средствах поверхностно-активных веществ и смягчителей жесткости воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Врочинский К.К.* Стабильность пестицидов в воде // *Химия в сел. хоз-ве.* 1981. № 10. С. 43–45.
2. *Орлин Н.А., Королева А.В.* Особенности практического применения гербицидов // *Усп. совр. естествознания.* 2013. № 4. С. 161–162.
3. *Ларина Г.Е., Захаров С.А., Захарова Т.А.* Приготовление рабочих растворов сульфонилмочевинных гербицидов // *Защита и карантин раст.* 2003. № 2. С. 49.
4. *Спирidonov 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. № 6. С. 62–68.
5. *Хорошкин А.Б.* Почему не работают пестициды // *Современные агрохимикаты.* Краснодар: Агромастер, 2015. С. 89–91.

6. Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В. Глифосатсодержащие гербициды – особенности технологии их применения в широкой практике растениеводства // Вестн. защиты раст. 2015. № 4(86). С. 5–11.
7. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. М.: Кн. дом “Либроком”, 2010. 152 с.
8. Лепешкин И.В., Медведев В.И., Гринько А.П. Токсиколого-гигиеническая оценка и регламентация применения гербицидов на основе диметил-аминной соли и 2-этилгексилового эфира 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты для защиты зерновых злаковых культур и кукурузы // Сучасні проблеми токсикології харчової та хімічної безпеки. 2014. № 5. С. 7–13.
9. Кузнецова Е.М., Чмилъ В.Д. Глифосат: поведение в окружающей среде и уровни остатков // Совр. пробл. токсикол. 2010. № 1. С. 87–95.
10. Селезнева А.В., Селезнев В.А. От локального мониторинга к регулированию сброса загрязняющих веществ в водные объекты // Водн. хоз-во России. Екатеринбург, 2008. № 2. С. 4–21.
11. Дворянкин Е.А. Качество и эффективность рабочих растворов гербицидов группы бетанала // Сахар. свекла. 2013. № 8. С. 33–38.

Effect of Beet Herbicides on Weed Plants in Sugar Beet Fields Depending on pH of Water Used and Its Pollution with Detergents

E. A. Dvoryankin

*A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar,
VNIISS 86, Ramonsky district, Voronezh region 396030, Russia*

E-mail: dvoryankin149@gmail.com

In field tests at the VNIISS experimental field in 2016–2020, the effectiveness of individual beet herbicides on weeds was studied depending on the pH value of the water used to prepare the working solution. It is shown that the activity of herbicides of the betanal group decreased most strongly in an alkaline environment. The reaction of herbicides of the betanal group to the alkalinity of water depended on the preparative form of the herbicide, the duration of the application of the solution and weather conditions. Detergents, as water pollutants, according to the degree of decrease in the activity of herbicides on weed plants were ranked in the order: soda ash > bleach “Bos” > detergents “Myth”, “Sorti”, etc. It has been established that the critical pH of water for the working solution of herbicides of the betanal group is 8.0–8.2, provided that it is used immediately after preparation. When using water with a pH > 8.0–8.2, it is necessary to correct it to a pH of 5.5–6.5 with appropriate acidic substances. Herbicides Pilot, Caribou, Roundup, Lontrel 300, Panther, Centurion, Fusilade Forte were more resistant to alkaline environment than herbicides of the betanal group.

Key words: sugar beet, weeds, herbicides, biological efficiency, water acidity, detergents.