

УДК 633.63:632.954

ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, ПОВРЕЖДЕННОЙ ГЕРБИЦИДАМИ ГОРМОНОПОДОБНОГО ДЕЙСТВИЯ В СУБЛЕТАЛЬНЫХ И ИЗРЕЖИВАЮЩИХ ПОСЕВ ДОЗАХ

© 2021 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 23.03.2020 г.

После доработки 06.04.2020 г.

Принята к публикации 13.10.2020 г.

В многолетних полевых опытах изучали продуктивность сахарной свеклы в зависимости от остаточного содержания растворов гербицидов гормоноподобного действия в баке опрыскивателя после обработки зерновых культур, внесенных в посев в смеси с раствором гербицида бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ). Показано, что гербициды гормоноподобного действия в малых дозах заметно тормозили нарастание массы растений и изреживали посев сахарной свеклы. Наличие примесей эстерона, дикамбы, агритокса при внесении гербицидов группы бетаналов заметно увеличивало токсичность смеси для растений. Приведены данные снижения показателей продуктивности сахарной свеклы в зависимости от дозы остатков гербицидов гормоноподобного действия в растворе с БЭОФ, 1.3 л/га.

Ключевые слова: сахарная свекла, гербициды, фитотоксичность, факторы среды, продуктивность.

DOI: 10.31857/S0002188121010051

ВВЕДЕНИЕ

Рост и развитие сахарной свеклы отражают реакцию растений на условия возделывания [1]. Подавление ростовых процессов и, как следствие, слабое развитие листовой поверхности — это основная причина низкой ассимиляционной активности растений, подверженных воздействию сильных токсикантов [2–4]. Между силой воздействия поражающего фактора и активностью ростовых процессов растений существует тесная зависимость, которая корректируется погодными условиями [3–5]. Поэтому уровень первоначального воздействия гербицида и погодные условия определяют скорость адаптационного процесса и особенности формирования урожая культуры [6].

Одна из причин повреждения сахарной свеклы токсичными для нее гербицидами — снос препаратов ветром с соседнего поля во время запланированной обработки ими, например, зерновых культур. В отдельных случаях подобные происшествия заканчиваются гибелью растений сахарной свеклы [7].

Наиболее распространенной ошибкой, которая может быть фактором повреждения сахарной свеклы гербицидами зернового ряда, является пренебрежение санитарной обработкой опрыс-

кивателя или растворных узлов после использования токсичных для культуры гербицидов.

Цель работы — изучить влияние остатков раствора гербицидов гормоноподобного действия в баке опрыскивателя при внесении в смеси с гербицидами группы бетаналов на продуктивность сахарной свеклы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на опытном поле ВНИИСС в 2012–2019 гг. Объектом исследования служили растения сахарной свеклы в фазе семядолей— 2-х пар настоящих листьев и гербициды гормоноподобного действия в сублетальных и изреживающих посев дозах. Расчет сублетальных и изреживающих доз испытанных гербицидов осуществляли по ранее приведенной методике [8]. В опытах растения сахарной свеклы повреждали гербицидами гормоноподобного действия в дозах 2.0, 3.0, 4.0, 6.0 и 8.0% от нормы применения на озимой пшенице (по каталогу). Норма расхода на пшенице гербицидов: эстерон, КЭ — 0.8 л/га, дикамба, ВР — 0.3 л/га, агритокс, ВК — 1.5 л/га. Почва опытного участка — чернозем выщелоченный малогумусный среднемошный тяжелосуглинистый.

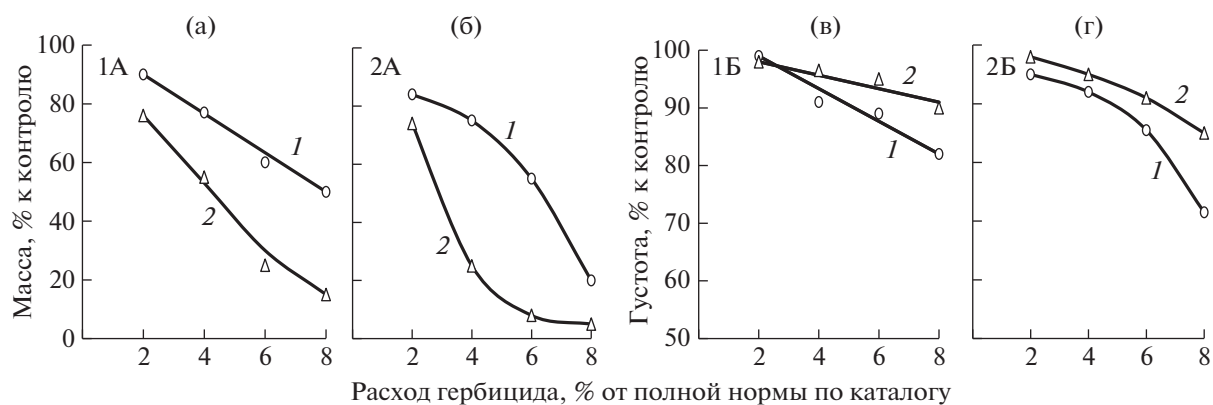


Рис. 1. Зависимость массы и густоты стояния растений сахарной свеклы от дозы гербицида, фазы развития растений и погодных условий: (а), (б) — масса растений через 12 сут после обработки Эстероном, (в), (г) — густота стояния растений сахарной свеклы через 30 сут после обработки эстероном; 1 — обработано в фазе семядолей—1-й пары настоящих листьев, 2 — в фазе 2-х пар настоящих листьев; 1А, 1Б — в условиях достаточной влаги в период обработок, 2А, 2Б — в условиях сухой жаркой погоды в период обработок.

Схема опыта имела 64 варианта (32 + 32 варианта, заложенных в посеве сахарной свеклы соответственно в фазе семядолей—начала развития 1-й пары настоящих листьев и в фазе развитых 2-х пар настоящих листьев) в трехкратной повторности. Площадь делянки 27 м², которую расщепляли пополам, затем на одной половине делянки вносили испытуемый гербицид, а на другой — испытуемый гербицид + бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ) 1.3 л/га. Опыт включал контроль с ручной прополкой, контроль с обработкой растений БЭОФ 1.3 л/га, варианты с гербицидами гормоноподобного действия (ручная прополка), варианты с гербицидами гормоноподобного действия + БЭОФ 1.3 л/га (остаточные и прорастающие сорняки удаляли вручную). Площадь расщепленной делянки 13.5 м², учетной — 10.8 м². Размещение делянок в опыте рендомизированное.

В опытах проведено однократное внесение гербицидов на делянках. Гербициды вносили ранцевым опрыскивателем, оборудованным штангой с 6-ю распылителями на 6 рядков сахарной свеклы.

Сахарную свеклу возделывали в звене севооборота черный пар — озимая пшеница — сахарная свекла. Технология возделывания культур — общепринятая для ЦЧР.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гормоноподобные гербициды в сублетальных и изреживающих посевах заметно тормозили рост сахарной свеклы вплоть до временной его остановки при высоких (из испытуемых) дозах препарата и снижали массу растений, поврежденных гербицидом.

Торможение роста с характерными признаками повреждения сахарной свеклы гербицидом позднее сопровождалось частичной гибелью наиболее слабых растений, особенно поврежденных в фазе семядолей. Изреженность посева возрастала при поражении сахарной свеклы болезнями (корнеедом) и вредителями. Например, эстерон (в дозах 2—8% от полной нормы расхода на озимой пшенице) у растений сахарной свеклы, поврежденных гербицидом в фазе семядолей—1-й пары настоящих листьев, через 12 сут снижал нарастание массы на 10—51% и через 30 сут изреживал посев на 1.5—18% во влажных условиях произрастания (рис. 1а, б). У растений, поврежденных в фазе 2-х пар настоящих листьев, эстерон снижал массу на 25—83% и изреживал посев на 2—9% в сравнении с контролем.

В засушливых условиях погоды токсичность эстерона усиливалась до полной остановки роста растений, обработанных высокими дозами гербицида, а изреженность посева возрастала до 29% при повреждении гербицидом сахарной свеклы в фазе семядолей—1-й пары настоящих листьев. В посеве сахарной свеклы, поврежденной эстероном в фазе 2-х пар настоящих листьев, снижение густоты стояния растений достигало 16% (рис. 1в, г).

Оставшиеся растения постепенно восстанавливали свои функции: активизировались рост и развитие, заметно увеличивалась масса растений в изреженном посеве. Адаптационный процесс поврежденных эстероном растений в фазе семядолей—1-й пары настоящих листьев проходил быстрее, чем растений, поврежденных в фазе 2-х пар настоящих листьев. При условии достаточной влаги и периодических осадков в период адаптации к действию эстерона в дозе 2% от нормы расхода на озимой пшенице отмечали стиму-

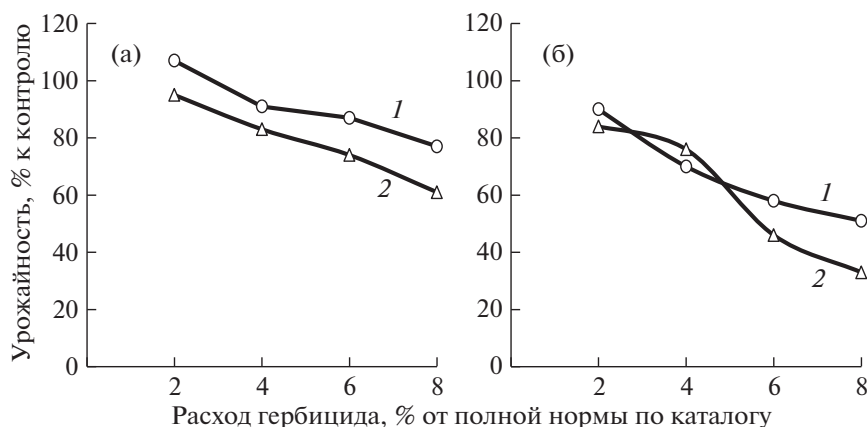


Рис. 2. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от дозы эстерона, фазы развития растений и погодных условий: 1 – обработано в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, 2 – в фазе 2-х пар настоящих листьев; (а) – в условиях достаточной влаги в период обработок, (б) – в условиях сухой жаркой погоды в период обработок.

лянию роста сахарной свеклы и повышение урожайности корнеплодов на 5–8% в сравнении с контролем (без гербицидов). При воздействии на растения более высоких доз гербицида, если густота стояния сахарной свеклы, поврежденной в раннем возрасте, сохранялась в пределах 70–80 тыс. растений/га, то посев формировал урожайность с потерями 12–20% массы корнеплодов (рис. 2). В условиях сухой жаркой погоды с увеличением дозы гербицидов резко возрастал выпад всходов сахарной свеклы. Изреженные посевы сахарной свеклы имели более низкую продуктивность и качество корнеплодов.

Ключевым фактором при формировании урожайности сахарной свеклы, поврежденной в раннем возрасте, являлась густота стояния растений, тогда как для растений, поврежденных в фазе развитых 2-х пар настоящих листьев, определяющим фактором являлась способность к формированию продуктивного корнеплода. В фазе 2-х пар настоящих листьев растения сахарной свеклы были сильнее подвержены воздействию эстерона. При сращивании черешков и листьев уменьшалась площадь листового аппарата. Гербицид искривлял рост корнеплода (от 18 до 53% у растений на делянке при повреждении эстероном в дозах 4–8% от нормы расхода на озимой пшенице). Корнеплод вытягивался в длину, у него нарушалось формирование сосудистых пучков (рис. 3). Верхняя часть корнеплода сильнее выступала над поверхностью почвы, она зеленела, что заметно влияло на качество сырья. В засушливые годы повреждения корнеплодов часто прогрессировали, растения частично выпадали, а убранная продукция до 10–15% была поражена сосудистыми болезнями и корневыми гнилями, корнеплоды теряли товарное качество, плохо хранились.

Близкие результаты угнетения роста и развития сахарной свеклы были получены в вариантах с малыми дозами агритокса и дикамбы. По токсичности на растения сахарной свеклы гербициды расположились в ряд: эстерон > агритокс > дикамба. Наиболее яркие морфологические изменения растений сахарной свеклы (изгибы и искривления листьев и черешков, сращивание листьев и прочие деформации) проявлялись под действием эстерона.

Подтверждением этому служили урожайные данные, полученные в полевом опыте при обработке растений эстероном, агритоксом и дикамбой (табл. 1). Показано, что при обработке наиболее высокими (из испытуемых) дозами гербицидов, урожайность сахарной свеклы, поврежденной в фазе 2-х пар настоящих листьев, была меньше, чем в посеве, поврежденном в раннем возрасте растений.

На урожайность сахарной свеклы, поврежденной гербицидами, оказывали большое влияние погодные условия в период адаптации растений к гербицидам (табл. 2). В условиях достаточной влаги и периодически выпадающих осадков действие гербицидов было значительно мягче в сравнении с действием гербицидов в условиях недостатка влаги в почве и воздухе.

В производственных условиях свекловоды практически не наблюдают непосредственное (в чистом виде) действие на сахарную свеклу остатков токсичных гербицидов, оставшихся в баке опрыскивателя от предыдущих обработок на других культурах, т.к. их вносят в посев культуры в баковой смеси вместе со свекловичными гербицидами.

Более того, в полевых условиях растения сахарной свеклы часто подвержены комбинированному действию нескольких свекловичных гербицидов. Это обычная практика борьбы с сорняками в посевах сахарной свеклы. При взаимодействии

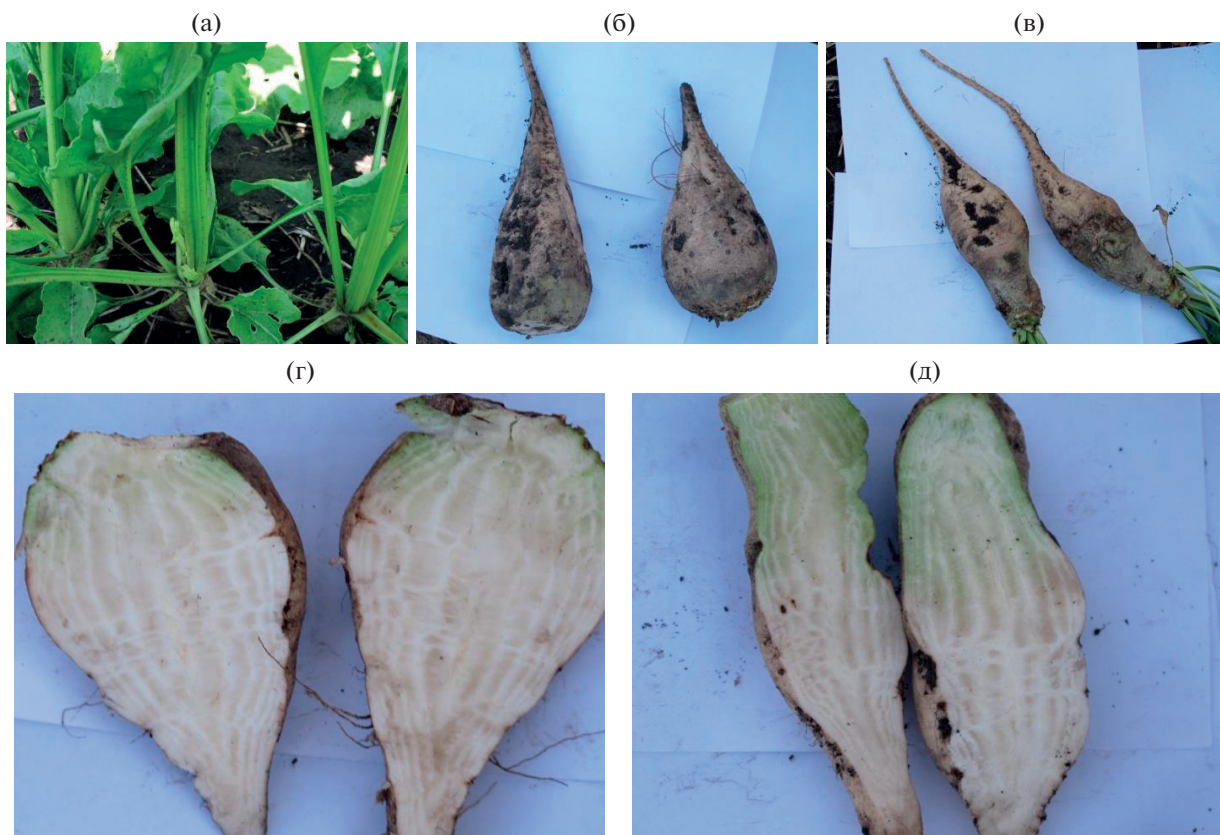


Рис. 3. Признаки воздействия эстерона на рост и развитие сахарной свеклы в конце вегетации растений: (а) – нарушение роста листового аппарата, (б) – форма корнеплода в контроле, (в) – форма корнеплода в опыте, (г) – сосудистые пучки корнеплода в контроле, (д) – сосудистые пучки корнеплода в опыте.

компонентов смеси между собой могут быть выделены эффекты суммирования действия препаратов (аддитивность) и усиления действия одного гербицида другим (синергизм). В первом случае комбинация гербицидов усиливает их действие на вредные объекты (сорняки), не затрагивая растения культуры, во втором – усиление действия

смеси гербицидов распространяется и на растения культуры [1]. Например, гербицид БЭОФ в нормированных для сахарной свеклы дозах не оказывал существенного влияния на растения сахарной свеклы, тогда как под действием смеси его с остатками в баке опрыскивателя гербицидов гормоноподобного действия, не применяемых на

Таблица 1. Влияние гербицидов гормоноподобного действия на урожайность сахарной свеклы (2016–2018 гг.), т/га

Гербицид	Варианты (% от нормы расхода на озимой пшенице)				
	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
Обработка в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев					
1. Контроль (без гербицидов)	44.8				
2. Эстерон (эфир 2,4-Д)	45.4	40.0	34.6	28.4	23.4
3. Агритокс (МЦПА)	42.7	42.8	36.2	30.8	27.2
4. Дикамба	43.6	41.6	38.6	33.7	30.9
Обработка в фазе 2-х пар настоящих листьев					
1. Контроль (без гербицидов)	44.8				
2. Эстерон (эфир 2,4-Д)	40.8	37.6	30.2	23.6	18.0
3. Агритокс (МЦПА)	40.4	38.3	34.6	27.0	24.4
4. Дикамба	42.9	40.6	35.8	30.4	24.6
<i>НСР</i> ₀₅	3.2				

Таблица 2. Влияние погодных условий и гербицидов эстерона и дикамбы на урожайность сахарной свеклы

Вариант (% от нормы расхода на озимой пшенице)	Урожайность		Сахаристость		Сбор сахара	
	т/га	% к контролю	%	% к контролю	т/га	% к контролю
В условиях недостатка влаги, 2014–2015 гг.						
1. Контроль (без гербицидов)	32.6	100	19.6	100	6.4	100
2. Эстерон 3%	27.8	85.3	19.3	98.5	5.4	84.4
3. Дикамба 3%	28.7	88.0	19.5	99.5	5.6	87.5
4. Эстерон 6%	21.4	65.6	18.4	93.8	3.9	60.9
5. Дикамба 6%	24.7	75.8	19.0	96.9	4.7	73.4
<i>HCP</i> ₀₅	2.9		0.4			
В условиях достаточной влаги и периодических осадков, 2012–2013 гг.						
1. Контроль (без гербицидов)	58.2	100	16.2	100	9.4	100
2. Эстерон, 3%	54.4	93.5	15.9	98.1	8.6	91.5
3. Дикамба, 3%	55.8	95.9	16.0	98.8	8.9	94.6
4. Эстерон, 6%	48.5	83.3	15.7	96.9	7.6	80.9
5. Дикамба, 6%	51.2	87.9	15.9	98.1	8.1	86.2
<i>HCP</i> ₀₅	4.2		0.3			

Таблица 3. Снижение продуктивности сахарной свеклы (% к контролю) в зависимости от фитотоксичности смеси БЭОФ 1.3 л/га с остатками различных гербицидов в баке опрыскивателя (гербициды вносили в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, 2017–2019 гг.)

Гербицид, % от полной нормы по каталогу	Без применения БЭОФ (на фоне с ручной прополкой)			С применением БЭОФ (на фоне с ручной прополкой остаточной засоренности)		
	1	2	3	1	2	3
Контроль с ручной прополкой БЭОФ 1.3 л/га (на фоне с ручной прополкой остаточной засоренности)	55.4	15.2	8.4	0.5	0.7	1.0
БЭОФ 1.3 л/га + эстерон 2.0%	2.8	2.0	4.5	8.2	2.6	10.5
БЭОФ 1.3 л/га + дикамба 2.0%	3.6	1.3	4.6	5.6	2.0	7.3
БЭОФ 1.3 л/га + агритокс 2.0%	4.1	2.2	5.8	7.6	3.3	10.4
БЭОФ 1.3 л/га + эстерон 4.0%	10.7	2.6	13.1	14.8	3.3	17.4
БЭОФ 1.3 л/га + дикамба 4.0%	7.8	3.3	10.6	11.5	4.0	14.9
БЭОФ 1.3 л/га + агритокс 4.0%	9.2	3.3	11.9	12.2	4.4	15.8
<i>HCP</i> ₀₅ , %	6.5	2.2	6.1	6.5	2.2	6.1

Примечания. 1. В графе 1 – урожайность, 2 – сахаристость, 3 – сбор сахара. 2. В контроле – абсолютные показатели продуктивности сахарной свеклы, в графе 1 – т/га, 2 – %, 3 – т/га.

сахарной свекле, наблюдали более сильное угнетение растений сахарной свеклы. Возрастала доля необратимых повреждений, от которых растения были не способны восстановиться. При этом уровень отрицательного действия остатков инородных гербицидов в смеси с БЭОФ на продуктивность сахарной свеклы заметно возрастал в сравнении с действием только инородных остатков в баке опрыскивателя после полной заправки емкости водой (табл. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гербицид эстерон (в дозах 2–8% от нормы расхода на озимой пшенице – 0.8 л/га) у растений сахарной свеклы, поврежденных гербицидом в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, через 12 сут снижал нарастание массы на 10–51% и через 30 сут изреживал посев на 1.5–18% во влажных условиях произрастания. У растений, поврежденных в фазе 2-х пар настоящих листьев, эстерон снижал массу на 25–83% и густоту посева на 2–9% в сравнении с контролем.

В засушливых условиях погоды токсичность эстерона усиливалась до полной остановки роста растений при высоких (из испытуемых) дозах гербицида, а изреженность посева возрастала до 29% при повреждении гербицидом сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев и до 16% при повреждении в фазе 2-х пар настоящих листьев.

Во влажных условиях погоды эстерон в дозах 2% (от полной нормы расхода на озимой пшенице) повышал урожайность сахарной свеклы, обработанной гербицидом в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, на 5–8% к контролю. При дальнейшем увеличении дозы гербицида урожайность корнеплодов снижалась на 11–22%. В засушливых условиях стимуляция урожайности сахарной свеклы под влиянием малых доз эстерона не отмечена. В этих условиях по мере возрастания дозы эстерона урожайность корнеплодов снижалась от 12 до 48%.

Токсичность эстерона для растений сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев заметно возрастала. С нарастанием дозы гербицида урожайность корнеплодов снижалась на 7–39% в условиях влажной погоды и на 18–67% – в условиях засушливой погоды.

Эстерон в дозах 4–8% от нормы расхода на озимой пшенице деформировал форму корнеплода у 18–53% растений сахарной свеклы. Корнеплод вытягивался в длину, нарушалось формирование сосудистых пучков. В засушливые годы повреждения у корнеплодов часто прогрессировали.

Гербициды гормоноподобного действия снижали урожайность сахарной свеклы в зависимости от токсичности препаратов в ряду: эстерон > агритокс > дикамба.

Эстерон и дикамба в дозах 3 и 6% от нормы применения на озимой пшенице снижали урожайность, сахаристость и расчетный сбор сахара в зависимости от погодных условий. Эстерон сни-

жал расчетный сбор сахара на 15.6 и 39.1%, дикамба – на 12.5 и 26.6% в засушливых условиях погоды. В условиях достаточной влаги и периодических осадков потери расчетного сбора сахара под действием эстерона составляли 8.5 и 19.1%, дикамбы – 5.4 и 13.8%.

Наличие остатков раствора эстерона или агритокса, или дикамбы в баке опрыскивателя при обработке посева сахарной свеклы БЭОФ 1.3 л/га увеличивало потери расчетного сбора сахара культуры. При повреждении растений сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев гербицидами гормоноподобного действия в дозе 2% (от применяемой на озимой пшенице) в смеси с БЭОФ потери расчетного сбора сахара составили 7.3–10.5% относительно контроля. Гербициды гормоноподобного действия в дозе 4% от применяемой на озимой пшенице при совместном внесении с БЭОФ увеличивали потери расчетного сбора сахара до 14.9–17.4% к контролю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: Высш. шк., 2006. 742 с.
2. Альберт Э. Избирательная токсичность. М.: Мир, 1971. 421 с.
3. Кошкин Е.И. Патофизиология сельскохозяйственных культур. М.: Проспект, 2016. 359 с.
4. Яковец О.Г. Фитофизиология стресса. Курс лекций. Минск: БГУ, 2009. 101 с.
5. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М.: Агропромиздат, 1985. 222 с.
6. Чкаников Д.И., Соколов М.С. Гербицидное действие 2,4-Д и других галоидфеноксикислот. М.: Наука, 1973. 216 с.
7. Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. М.: МСХА, 2004. 288 с.
8. Дворянkin Е.А. Методология оценки повреждений сахарной свеклы токсичными гербицидами, применяемыми на других культурах // Сахар. 2019. № 12. С. 32–35.

Productivity of Sugar Beet Damaged by Hormone-Like Herbicides in Sublethal and Thinning Doses

E. A. Dvoryankin

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar
p. VNIISS 86, Ramon district, Voronezh region 396030, Russia
E-mail: dvoryankin149@gmail.com

In many year field experiments, there was investigated influence of hormone-like herbicide solutions' residual left in a sprayer tank after treatment of grain-crops on productivity of sugar beet being treated with Betanal Expert OF. It was shown that small doses of hormone-like herbicides considerably inhibited plant mass increasing and thinned sugar beet plant stand. Presence of Esteron, Dikamba and Agritoks impurities, when applying herbicides of Betanal group, increased the mixture toxicity of the crop plants 1.4–1.9-fold. Data on decrease of sugar beet productivity indices depending on a dose of the hormone-like herbicide residual in the solution with Betanal Expert OF are presented.

Key words: sugar beet, herbicides, phytotoxicity, environment factors, productivity.