

Фитотоксичность различных комбинаций гербицидов для сахарной свёклы в зависимости от нормы расхода препаратов и фазовой устойчивости к ним сорняков

Е. А. ДВОРЯНКИН, д-р с/х наук (e-mail: dvoryankin149@gmail.com)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Введение

В период химической борьбы с сорняками сахарная свёкла испытывает стресс от воздействия гербицидов, особенно в ранние фазы развития. В зависимости от условий погоды и возраста растений под действием гербицидов отстает нарастание массы сахарной свёклы, нарушаются физиолого-биохимические процессы формирования листового аппарата и корнеплода [1, 3, 5]. Наиболее продолжительный стресс на растения сахарной свёклы оказывают завышенные нормы расхода гербицидов при вынужденном их применении по переросшим сорнякам на всех уровнях химической прополки культуры [5]. Таким образом, при использовании химического метода борьбы с сорняками необходимо точно контролировать соответствие нормы расхода применяемого гербицида с возрастом как сорняков, так и растений культуры [2, 3, 8].

Чувствительность сорняков к гербицидам может изменяться в зависимости от морфологического типа растений (архитектоники, формы, размеров листового аппарата), активности физиолого-биохимических процессов [2, 4], поэтому эффективность действия гербицидов в большей степени определяется соотноше-

нием нормы расхода препарата и фазы развития наиболее трудноискоренимых сорных растений. В случае задержки внесения гербицидов сорные растения активно развиваются, накапливают массу, формируют устойчивый водный режим, соответственно возрастает их устойчивость к нормированным дозам гербицидов. Вместе с этим увеличивается восковой слой на листьях, проявляются возрастные морфологические изменения эпидермы, её волосков, чешуек. В борьбе с засорённостью в посевах сахарной свёклы больше внимания уделяют трудноискоренимым сорнякам, на возраст которых ориентируются при обработке посева препаратами [1, 2].

Следовательно, процесс химической прополки сорняков заключается в себе ряд взаимосвязанных зависимостей: возраст сорняков – норма расхода препарата – биологическая эффективность гербицида – фитотоксичность нормы расхода гербицида для сахарной свёклы – продуктивность культуры. Поэтому показатели фитотоксичности и биологической эффективности гербицидов в посевах сахарной свёклы имеют научное и практическое значение.

Цель исследования – изучить эффективность химической прополки сорняков и фитотоксич-

ность применяемых современных комбинаций гербицидов для сахарной свёклы в зависимости от нормы расхода препаратов и фазы развития сорной растительности и растений культуры.

Методика исследований

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ВНИИСС в 2019–2021 гг. Объектами служили растения сахарной свёклы, сорняки и свекловичные гербициды: «Бетанал максПро» (БМП), «Бетанал Эксперт ОФ» (БЭОФ), «Бетанал 22», «Карибу», «Митрон» (табл. 1).

Методы исследований включали в себя полевую оценку действия гербицидов на сорные и культурные растения [6, 7] с привлечением специальных средств внесения препаратов (ранцевый опрыскиватель со штангой распылителей на 6 рядков сахарной свёклы). Размещение вариантов рандомизированное. В исследованиях варьировали сроки и норму применения гербицидов. Для борьбы со злаковыми сорняками в опыте применяли «Пантеру», 1,0 л/га, эффективность которой составила 97–100 %. Подсчёт сорняков проводили рамочным методом, массу сорных растений определяли количественно-весовым методом [6]. В опытах учитывали

Таблица 1. Схема полевого опыта. Изучение эффективности и фитотоксичности гербицидов в зависимости от возраста обрабатываемых сорняков и нормы расхода препаратов

Номер варианта	Послевсходовое внесение, л/га, кг/га		
	1-е внесение	2-е внесение	3-е внесение
1. Контроль с ручной прополкой	Двукратная ручная прополка		
2. «Мягкая» схема № 1	БЭОФ, 1,0	БМП, 1,25 + «Митрон», 1,0	БМП, 1,5 + «Митрон», 1,5
3. «Мягкая» схема № 2	БЭОФ, 1,0 + «Митрон», 1,0	«Митрон», 1,0 + «Карибу», 0,03	БЭОФ, 1,3 + «Митрон», 1,0 + «Карибу», 0,03
4. «Среднежесткая» схема	БЭОФ, 1,3 + «Митрон», 1,5	БЭОФ, 1,5 + «Митрон», 1,5 + «Карибу», 0,03	БЭОФ, 1,5 + «Митрон», 1,5 + «Карибу», 0,03
5. «Жесткая» схема	БЭОФ, 1,5 + «Митрон», 1,5	БМП, 1,8 + «Митрон», 1,0 + «Карибу», 0,03	«Бетанал 22», 2,0 + «Митрон», 1,5 + «Карибу», 0,03

биологическую эффективность и фитотоксичность гербицидов [8]. В период уборки урожайность и сахаристость сахарной свёклы определяли на поточной линии «Венема». Математическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа [7] с применением компьютерной расшифровки показателей продуктивности сахарной свёклы.

В целях обоснования степени фитотоксичности гербицидов для сахарной свёклы рассмотрели контрастные схемы гербицидов, ранее применённые в опытах регуляции численности сорняков разного возраста.

«Мягкие» схемы гербицидов применяли по сорнякам в фазе семядолей – 1-й пары настоящих листьев, «среднежесткую» схему – по сорнякам в фазе семядолей – 2 пар настоящих листьев, «жесткую» схему – по сорнякам в фазе 1–3 пар настоящих листьев.

Опыт закладывался в трёхкратной повторности, размер делянки 27 м² (2,7×10). Послевсходовые обработки посевов сахарной свёклы гербицидами проводились по сорнякам в разные фазы развития двудольных растений. Расход рабочей жидкости 250 л/га. Дробное внесение гербицидов применялось по мере новых волн нарастания сорняков.

Засорённость посева учитывали перед каждым внесением гербицидов и через 7 дней после внесе-

ния. Учёты проводились на фиксированных площадках, не менее 16 повторений на варианте, что по методике [6] соответствует 5%-ному уровню значимости. Посев, уход за посевами, уборка осуществлялись согласно общепринятым зональным рекомендациям.

Исследования проводились в условиях недобора влаги в августе и сентябре 2019–2021 гг., что оказало влияние на повышенную сахаристость корнеплодов при уборке урожая. В этот же период веге-

тации температура воздуха была близкой к среднегодовой или выше её на 2,2 °С.

Фитосанитарное состояние посева

В 2019 и 2021 гг. группа малолетних двудольных сорняков в посевах сахарной свёклы не отличалась большим разнообразием по видовому составу и представлена в основном ширицей запрокинутой и марью белой (табл. 2).

В 2020 г. отмечена наиболее высокая засорённость посева

Таблица 2. Видовой состав сорняков в посевах сахарной свёклы (абсолютный контроль, середина июня, 2019–2021 гг.)

Сорняки	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	
	Шт/м ²	Шт/м ²	Шт/м ²	Шт/м ²	%
Малолетние двудольные сорняки (всего)	123,8	232	132	163	73,1
Из них:					
ширица запрокинутая	83	63	98	81	49,7
марь белая	26	28	14	23	14,1
подмаренник цепкий	4	49	3	19	11,7
ярутка полевая	2,8	19	2	8	4,9
чистец полевой	4	52	5	20	12,3
пикульник	1	–	0,3	0,4	0,2
просвирник	0,2	3	–	1,1	0,7
горец вьюнковый	2	5	9	5,3	3,3
фиалка полевая	0,8	12	0,7	4,5	2,8
воловик	–	1	–	0,3	0,2
злаки (всего)	7	144	28	60	26,9
Многолетние сорняки (всего)	0,2	–	–	0,1	0,04
Сумма сорняков	131	376	160	223	100,0

сахарной свёклы как двудольными малолетними, так и злаковыми сорняками. Помимо щирицы и мари белой заметно возросло количество подмаренника цепкого, чистеца полевого, ярутки полевой и фиалки полевой. Злаковые сорняки представлены двумя видами: щетинником и куриным просом. Многолетние сорняки по численности не достигали экономического порога вредоносности (0,2 шт/м²). Поражённость корнеедом была невысокой (3,7–14,6 %). В конце августа и сентябре отмечено развитие мучнистой росы. Осенью в условиях засушливой погоды отмечали болезни бактериального увядания сахарной свёклы.

Численность сорняков в абсолютном контроле (без прополки) постепенно убывала в результате вытеснения или завершения вегетации отдельных видов сорняков, особенно в засушливое время года.

Результаты и обсуждение

Сроки высева семян сахарной свёклы накладывают заметный отпечаток на характер засорённости посева. Поздняя или ранняя предпосевная культивация почвы не только изменяет, но и формирует спектр сорной растительности. В свою очередь, по-

годные условия оказывают большое влияние на продолжительность прорастания семян, рост и развитие проростков культуры и сорняков. Сорняки более неприхотливы к условиям обитания, поэтому в случае прохладной погоды они прорастают раньше всходов сахарной свёклы. Но чаще всего при качественной предпосевной культивации почвы и благоприятных условиях погоды сорняки появляются одновременно с растениями сахарной свёклы. В этом случае формируются наиболее дружные всходы сорняков, что создаёт благоприятную предпосылку успешной и качественной химической прополки наименьшими нормированными нормами расхода гербицидов по сорнякам в возрасте семядолей – 2 настоящих листьев. В последующие сроки обработки гербицидами отмечали более высокую дифференциацию сорняков по возрасту и массе, из-за чего возникала необходимость корректировать нормы расхода препаратов. Так, в «мягких» схемах гербицидов применение трёхкомпонентного БЭОФ в норме расхода 1 л/га преимущественно в фазе семядолей обеспечивало высокую чистоту посева в сочетании с низкой фитотоксичностью его для сахарной свёклы в возрасте

семядолей – 1-й пары настоящих листьев (табл. 3). Эффективность действия БЭОФ в борьбе с сорняками составила 98–100 %, его фитотоксичность для сахарной свёклы – 10 % относительно контроля с ручной прополкой.

Не менее эффективным было применение комбинации гербицидов БЭОФ + «Митрон» (1+1) л/га по сорнякам в возрасте 2 настоящих листьев. Однако применение двух препаратов с механизмом действия, направленным на угнетение фотосинтеза, повышало фитотоксичность смеси для сахарной свёклы на ранней стадии развития до 14 % в условиях сухой безоблачной погоды.

Гибель сорняков в возрасте 2–4 настоящих листьев при применении комбинации гербицидов БЭОФ + «Митрон» в нормах расхода 1,3+1,5 л/га составила 89–95 %, а фитотоксичность этой смеси для сахарной свёклы возростала до 19 %. Увеличение нормы расхода БЭОФ в этой комбинации гербицидов до 1,5 л/га не обеспечивало полной чистоты посева, особенно при наличии переросших сорняков (6 листьев), но повышало фитотоксичность смеси для сахарной свёклы в фазе семядолей – 2 настоящих листьев до 23 %.

Таблица 3. Эффективность гербицидов в борьбе с широколиственными сорняками и их фитотоксичность для сахарной свёклы после первой химической прополки

Номер варианта	Фаза развития сорняков	Гербицид, л/га	*Количество малолетних двудольных сорняков, шт/м ²	Эффективность, %	**Масса сахарной свёклы, г/100 растений	Фитотоксичность, %
2	Семядоли (90 %), 2 настоящих листа (10 %)	БЭОФ, 1,0	76	98–100	83/75	10
3	Семядоли (43 %), 2 настоящих листа (57 %)	БЭОФ, 1,0 + «Митрон», 1,0	79	95–98	92/79	14
4	2 настоящих листа (60 %), 4 настоящих листа (40 %)	БЭОФ, 1,3 + «Митрон», 1,5	84	89–95	106/75	19
5	2 настоящих листа (35 %), 4 настоящих листа (50 %), 6 листьев (15 %)	БЭОФ, 1,5 + «Митрон», 1,5	79	84–92	110/85	23
НСР ₀₅					6,9	

*Количество двудольных сорняков в варианте перед внесением гербицидов.

**Масса 100 растений в контрольном и опытном вариантах через 6 дней.

При второй обработке комбинации гербицидов БМП + «Митрон» (1,25+1,0) л/га; «Митрон» + «Карибу» + «Тренд» (1,0+0,03+0,2) л/га (кг/га) хорошо подавляли сорняки в фазе семядолей – 2 настоящих листьев. Комбинации гербицидов не оказывали заметного фитотоксического действия на растения сахарной свёклы в возрасте 2–3 пар настоящих листьев. Для эффективной борьбы с сорняками преимущественно в фазе 4 настоящих листьев применяли комбинации гербицидов БЭОФ + «Митрон» + «Карибу» (1,5+1,5+0,03) л/га (кг) и БМП + «Митрон» + «Карибу» (1,8+1,0+0,03) л/га (кг), которые очищали посев сахарной свёклы с эффективностью 93–98 %, а фитотоксичность гербицидов для сахарной свёклы составляла 10–13 % относительно контроля с ручной прополкой.

Всходы третьей волны сорняков зависели от сроков и эффективности ранее внесённых гербицидов. Как правило, сообщество двудольных сорняков было относительно малочисленным и неоднородным по возрасту и массе растений. При засорённости посева сорняками преимущественно в фазе семядолей – 2 настоящих ли-

стьев высокоэффективными были комбинации гербицидов БМП + «Митрон» (1,5+1,5) л/га; БЭОФ + «Митрон» + «Карибу» (1,3+1,0+0,03) л/га (кг/га), которые очищали посев сахарной свёклы от сорняков с эффективностью соответственно 96–98 и 97–99 %. При нарастании в посевах сорняков в фазе 4 настоящих листьев в последней комбинации гербицидов увеличивали норму расхода БЭОФ и «Митрона» до 1,5 л/га. Смесь была более эффективна в подавлении сорняков этого возраста и отдельных сорняков в возрасте 6–8 листьев (табл. 4).

По переросшим сорнякам (6–8 настоящих листьев) в посевах сахарной свёклы эффективна была смесь «Бетанала 22» с «Митроном» и «Карибу» в нормах расхода (2,0+1,5+0,03), л/га (кг/га), которая хорошо подавляла рост и развитие переросших сорняков, что обеспечивало конкурентное преимущество сахарной свёклы. Однако фитотоксичность этой схемы для сахарной свёклы нарастала до 18 % к контролю с ручной прополкой.

При использовании «мягких» схем гербицидов в ранние фазы развития сорняков достоверного снижения урожайности сахарной

свёклы и расчётного сбора сахара не выявлено. Применение максимально допустимых и повышенных норм расхода гербицидов по переросшим сорнякам на всех этапах химической прополки создавало предпосылки для снижения продуктивных показателей сахарной свёклы. Урожайность корнеплодов сахарной свёклы в варианте 6 достоверно снижалась на 3,8 т/га (табл. 5).

Заключение

Установлено, что растения сахарной свёклы так же, как растения сорняков, наиболее чувствительны к гербицидам в фазе семядолей – 1-й пары настоящих листьев. Обработки гербицидами в ранние фазы развития сорняков были наиболее эффективными наряду с низкой фитотоксичностью для сахарной свёклы.

Последующие обработки гербицидами в нормированных дозах не оказывали существенного влияния на рост и развитие сахарной свёклы, однако могли продлить период депрессии, если растения не восстанавливали полностью свои жизненные функции. Выйдя из стресса после всех обработок гербицидами, растения сахарной свёклы отличались интенсивностью

Таблица 4. Эффективность гербицидов в борьбе с широколиственными сорняками и их фитотоксичность для сахарной свёклы после третьей химической прополки

Номер варианта	Фаза развития сорняков	Гербициды, л/га; кг/га	*Количество малолетних двудольных сорняков, шт/м ²	Эффективность, %	**Масса сахарной свёклы, кг/100 растений	Фитотоксичность, %
2	Семядоли (43 %), 2 настоящих листа (52 %), 4 листа (5 %)	БМП, 1,5 + + «Митрон», 1,5	37	96–98	12,65/12,20	3
3	Семядоли (7 %), 2 настоящих листа (80 %), 4 листа (13%)	БЭОФ, 1,3 + + «Митрон», 1,0 + + «Карибу», 0,0	41	97–99	12,65/12,00	5
4	2 настоящих листа (20 %), 4 листа (55 %), 6–8 листьев (25 %)	БЭОФ, 1,5 + + «Митрон», 1,5 + + «Карибу», 0,03	51	86–90	12,65/11,00	13
5	2 настоящих листа (10 %), 4 листа (45 %), 6–8 листьев (45 %)	«Бетанал 22», 2,0 + + «Митрон», 1,5 + + «Карибу», 0,03	43	78–85	12,65/10,35	18
НСР ₀₅					0,72	

*Количество двудольных сорняков в варианте перед внесением гербицидов.

**Масса 100 растений в контрольном и опытном вариантах через 6 дней.

Таблица 5. Влияние гербицидов на продуктивность сахарной свёклы

Варианты опыта	РМС 127		
	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
1. Контроль с ручной прополкой	39,0	17,4	6,79
2. «Мягкая» схема № 1	38,2	17,5	6,69
3. «Мягкая» схема № 2	38,8	17,2	6,67
4. «Среднежесткая» схема	37,1	17,2	6,38
5. «Жесткая» схема	35,2	16,8	5,91
НСР ₀₅	3,1	0,3	

новообразования структур, процессов роста и отложения веществ в запасающие ткани. Поэтому после серии обработок нормированными дозами гербицидов в условиях благоприятной погоды наблюдается лишь незначительное торможение роста сахарной свёклы, который компенсируется последующим активным нарастанием массы.

Список литературы

1. Сахарная свёкла / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захарченко [и др.]. – Минск, 2004. – 326 с.

2. Иващенко, А.А. Современные тенденции защиты посевов сахарной свёклы от сорняков / А.А. Иващенко // Защита и карантин растений. – 2005. – № 2. – С. 26–30.

3. Иващенко, А.А. Особенности защиты посевов сахарной свёклы от сорняков в условиях температурного стресса / А.А. Иващенко // Защита и карантин растений. – 2014. – № 3. – С. 25–26.

4. Баздырев, Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г.И. Баздырев. – М.: Колос, 2004. – 328 с.

5. Дворянкин, Е.А. Особенности проявления фитотоксичности

гербицидов группы бетанала на сахарной свёкле / Е.А. Дворянкин // Сахарная свёкла. – 2011. – № 9. – С. 25–29.

6. Паденов, К.П. Сорные растения, их вредоносность, методы учёта и меры борьбы / К.П. Паденов, В.К. Довбан. – Минск, 1979. – 55 с.

7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

8. Дворянкин, Е.А. Полевая оценка фитотоксичности гербицидов в свекловичных посевах / Е.А. Дворянкин, А.Е. Дворянкин // Сахарная свёкла. – 2015. – № 10. – С. 38–41.

Аннотация. Приведены данные полевых испытаний разных комбинаций гербицидов в посевах сахарной свёклы в борьбе с сорной растительностью. Исследована эффективность действия гербицидов «Бетанал максПро» (БМП), «Бетанал Эксперт ОФ» (БЭОФ), «Бетанал 22», «Митрон», «Карибу», «Пантера» на двудольные и злаковые сорняки в зависимости от их возраста и нормы расхода препаратов. Наиболее высокая эффективность от применения гербицидов (98–100 %) достигалась при обработке наименьшими из рекомендованных нормами расхода препаратов в ранние фазы развития сорняков. Максимально допустимые и повышенные нормы расхода исследуемых препаратов по переросшим сорнякам на всех этапах химической прополки снижали продуктивные показатели сахарной свёклы в результате усиления фитотоксичности гербицидов.

Ключевые слова: сахарная свёкла, гербициды, сорняки, эффективность, фитотоксичность, продуктивность.

Summary. Data on field testing of different combinations of herbicides in sugar beet fields to control weeds are presented. Effect of herbicides («Betanal maxPro» (BMP), «Betanal Expert OF» (BEOF), «Betanal 22», «Mitron», «Caribou» and «Panther») on dicotyledonous and cereal weeds depending on their age and consumption rate of chemicals has been studied. The greatest efficiency of the herbicides' application (98–100 %) has been achieved when using the least recommended consumption rates of chemicals at early stages of weed development. The maximum possible and increased consumption rates of the studied chemicals applied for overgrown weeds at all stages of chemical weeding have reduced sugar beet productive indices as a result of increasing phytotoxicity of the herbicides.

Keywords: sugar beet, herbicides, weeds, efficiency, phytotoxicity, productivity.