

Формирование технологического качества и продуктивности сахарной свеклы в результате действия современных фунгицидов

Путилина Людмила Николаевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: lputilina@bk.ru

Лазутина Надежда Александровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: lazutina@mail.ru

На сегодняшний день актуальной проблемой свекловодства в Российской Федерации остается поражение листового аппарата сахарной свеклы болезнями, что приводит к снижению урожайности, сахаристости и технологического качества корнеплодов. Одним из действенных мероприятий, используемых по защите сахароносной культуры от ряда болезней грибного происхождения, является обработка свекловичных посевов фунгицидными препаратами. Цель наших исследований состояла в определении эффективности современных фунгицидов с различным механизмом действия, применяемых на вегетирующих растениях сахарной свеклы, и выявление изменений морфологических, технологических показателей и продуктивности культуры в результате химической обработки. Исследования проводили в 2018–2019 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» (Воронежская область). Наибольший эффект установлен при применении схемы защиты II, включающей двукратную обработку вегетирующих растений сахарной свеклы фунгицидом с комбинацией действующих веществ – пиракlostробина (62,5 г/л) и эпоксиконазола (62,5 г/л). Установлено, что независимо от фона удобрения данный агротехнический прием эффективно подавляет рост грибов-возбудителей мучнистой росы и снижает интенсивность развития болезни на 76–85%, что способствует повышению коэффициента продуктивности фотосинтеза, получению прибавки урожая 12,2–13,1 т/га, увеличению прогнозируемого выхода сахара на 0,65–1,11 абс.% и сбора очищенного сахара на 2,2–2,4 т/га. Полученные данные позволяют рекомендовать препарат с действующими веществами пиракlostробин+эпоксиконазол к широкому использованию на сахарной свекле как системный фунгицид с высокой профилактической, лечебной и физиологической активностью.

Ключевые слова: сахарная свекла, болезни листового аппарата, фунгициды, фотосинтетическая активность, урожайность, технологические показатели, сбор очищенного сахара

Сахарная свекла является одной из наиболее хозяйственно значимых культур в Российской Федерации. Площади ее посевов в 2018 году составили 1126,7 тыс. га, в 2019 году – 1144,9 тыс. га, объем производства 42,1 и 54,3 млн. тонн соответственно. Свекловодство сконцентрировано, в основном, в крупных сельскохозяйственных агрохолдингах, где применяют короткоротационные севообороты, безотвальную обработку почвы, не вносят органические удобрения, снижают количество комплексных минеральных удобрений или заменяют их азотными подкормками во время вегетации с целью увеличения урожая, что приводит к снижению устойчивости растений к болезням (Шамин, 2015).

Значительный ущерб культуре наносят патогенные грибы, поражающие листья (Гуреев & Ревякин, 2009). Особенно высока вредоносность возбудителей церкоспороза (*Cercospora beticola* Sacc.), мучнистой росы (*Erysiphe betae*), рамуляриоза (*Ramularia beticola* Fautre. et Lamb.) и др. (Билай, Гвоздяк, & Скрипаль, 1988; Шпаар, Дрегер & Захаренко, 2012; Дворянкин, 2014). Так, поражение листьев сахарной свеклы церкоспорозом способствует нарушению всех физиологических процессов, протекающих в растениях. Массовое отмирание листового аппарата может привести к потере более чем 50% урожая и снижению сахаристости на 3–7% (Татур, Лукьянюк & Бендузан, 2003; Стогниенко, 2008; Бори-

сенко, 2012; Красников, 2016). Не меньший вред сахарной свекле наносит мучнистая роса¹, благоприятными условиями для которой является сухая, жаркая погода с колебаниями ночных и дневных температур воздуха (Борисенко, 2012). Данная болезнь, проявляющаяся на листовом аппарате в виде белого мучнистого налета, отрицательно действует на интенсивность фотосинтеза, усиливает транспирацию растений, нарушает процессы синтеза сахаров и других органических соединений², ухудшает отток пластических веществ в корнеплод (Пересыпкин, 1989). Негативные физиологические изменения в растениях могут привести к потерям до 60% урожая корнеплодов, снижению сахаристости на 1,5-3,0%, сбора сахара – на 19-24% (Борисенко, 2012; Николенко, 2013). Поэтому борьба с возбудителями болезней листового аппарата является первоочередной задачей в плане сохранения биологического потенциала гибридов сахарной свеклы и должна начинаться в период вегетации растений.

Радикальным мероприятием по защите свекловичной культуры от ряда болезней грибного происхождения является химическая обработка посевов препаратами фунгицидного действия (в качестве профилактических мер или при появлении первых признаков заболевания) (Просвирыков & Свиридов, 2009; Просвирыков & Лотыш, 2010; Стогниенко, 2016).

Современный рынок изобилует фунгицидами с разными действующими веществами (д.в.). Широко распространены препараты на основе меди: Бордоская смесь (сульфат меди + гидроксид кальция), Купроксат (сульфат меди трехосновной), Цихом (хлорокись меди + цинеб) и другие. Однако указанные фунгициды относятся к препаратам контактного действия, и их эффективность зависит от погодных условий. Так, во время дождя они смываются с листьев растений в почву. Кроме того, из-за присутствия в них меди в качестве действующего вещества эти препараты являются небезопасными для окружающей среды (Сапронов, Башкардина, Бердников, & Посашков, 2009). Известны также фунгициды системного (комбинированного) действия: Фалькон (д.в. – спирокарбамин + тебуконазол + триадименол); Риас (д.в. – дифеноконазол + пропиконазол), Альто Супер (д.в. – ципроконазол + пропиконазол) и др. (Сапронов, Косулин, Цуканов, Башкардина, Краснопивцева, & Посашков, 2008; Гришечкина & Силаев, 2011).

Массовое использование фунгицидов, относящихся к одним и тем же группам по биологическому ме-

ханизму действия, способствует появлению в природных популяциях возбудителей болезней форм, резистентных к этим препаратам. Это осложняет химическую защиту и обуславливает необходимость поиска новых препаратов широкого спектра фунгицидной активности и пролонгированного действия для обработки вегетирующих растений против комплексной инфекции. В связи с этим, целью исследований являлось определение эффективности современных фунгицидов, относящихся к химическим группам с различным механизмом действия, при защите сахарной свеклы от болезней в период вегетации и выявление изменений морфологических, технологических показателей и продуктивности культуры в результате химической обработки.

Цель наших исследований – выявить влияние современных фунгицидов с различным механизмом действия на технологическое качество и продуктивность сахарной свеклы.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить распространенность и развитие болезней листового аппарата и корнеплодов на удобренном и неудобренном фонах в результате обработки вегетирующих растений сахарной свеклы фунгицидами;
- установить эффективность действия исследуемых фунгицидных препаратов на морфологические характеристики растений сахарной свеклы на разных фонах удобренности;
- выявить изменение технологических показателей корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от фона удобренности и действия современных фунгицидов;
- определить влияние обработки вегетирующих растений сахарной свеклы разными фунгицидными препаратами на продуктивность культуры при разных фонах удобренности.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводили в 2018-2019 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» (Воронежская область), заложенном в 1985 году в звене черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла 9-типольного зернопаропропашного севооборота. Почва опытного участка представлена чернозёмом выщелоченным среднемощным с содержанием гумуса в пахотном слое 5,3–5,7%.

¹ Стогниенко, О. И. & Селиванова, Г. А. (2008). Болезни сахарной свеклы. Иллюстрированный справочник. Воронеж: Антарес.

² Марков, И. Л. (2011). Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии. Киев: Урожай.

Для объективной оценки эффективности современных фунгицидов против болезней листового аппарата и их влияния на урожай и качество сахарной свеклы полевой опыт закладывали на двух фонах: на неудобренном и удобренном (внесение удобрений под все культуры севооборота $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади, в том числе под сахарную свеклу $N_{160}P_{160}K_{160}$).

Вегетационные периоды свекловичной культуры в 2018 и 2019 гг. отличались малым количеством осадков – 195,7 и 176,3 мм соответственно, что на 101,9 и 121,3 мм (или 34,2 и 40,8%) ниже среднегодовалого значения (297,6 мм). Сумма среднемесячных температур в 2018 году превзошла среднегодовалый показатель (98,4°C) на 4,1°C, в 2019 году она была несколько ниже – на 1,9°C (Таблица 1). Следует также отметить неравномерное подекадное распределение осадков по каждому месяцу исследуемых вегетационных периодов.

Величина интегрированного показателя атмосферных осадков и температуры воздуха – гидротермического коэффициента (ГТК) – в годы исследований сильно варьировала по месяцам, что связано, в первую очередь, со среднемесячной динамикой осадков, выпавших в течение вегетации растений сахарной свеклы (Рисунок 1). Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову характеризовал апрель – слабо засушливым месяцем (2018 г., ГТК=1,1; 2019 г. ГТК=1,0), май и июнь очень засушливыми (2018 г., ГТК=0,6 и 0,6; 2019 г., ГТК=0,7 и 0,3 соответственно); июль – засушливым (2018 г., ГТК=0,9) и слабо засушливым (2019 г., ГТК=1,1); август – сухим (ГТК=0,2), сентябрь – за-

сушливым (2018 г., ГТК=0,9) и очень засушливым (2019 г., ГТК=0,6).³ Такие температурно-влажностные показатели вегетационных периодов 2018 и 2019 гг. не могли не сказаться на формировании продуктивности и качества сахарной свеклы.

Действующее вещество является исходным для выбора торговых марок фунгицидов из списка «Государственного каталога пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» (2018). Фунгициды подбирают в соответствии с прогнозом появления болезни или при первых признаках ее обнаружения (Гуреев & Ревякин, 2009). Поэтому опыт состоял из следующих вариантов, включающих четыре схемы защиты растений от листовых болезней фунгицидами с разными действующими веществами, представленными в Таблице 2.

Опыт был заложен методом рендомизированных повторений в трехкратной повторности. Площадь опытной делянки ($S_{опыта}$) составила 322 м² (2018 г.) и 248 м² (2019 г.). Фунгициды вносили двукратно ручным штанговым опрыскивателем «SOLO 417» в норму, рекомендованной производителями. Расход рабочей жидкости – 200 л/га.

В процессе исследований проводили учёты и анализы по ряду показателей:

- фитопатологическую оценку осуществляли согласно «Рекомендациям по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений», предусматривающим подсчет количества пораженных растений (распростра-

Таблица 1

Погодные условия периода вегетации сахарной свеклы по данным метеостанции ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (2018-2019 гг.)

Год	Месяц						Сумма за вегетационный период
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Среднемесячная температура воздуха, °С							
2018	6,0	19,0	20,4	23,0	22,5	17,6	102,5
2019	6,7	18,5	23,0	20,3	20,4	14,3	96,5
Средне-многолетняя	8,6	17,1	20,8	23,1	22,2	15,2	98,4
Количество атмосферных осадков, мм							
2018	8,9	35,1	38,8	65,3	10,8	45,7	195,7
2019	6,3	42,6	22,9	70,1	13,7	27,0	176,3
Средне-многолетняя	48,1	57,0	62,7	60,1	73,6	44,1	297,6

³ Евтеев, Ю. В. & Казанцев, Г. М. (2013). Основы агрономии: учебное пособие. М.: ФОРУМ.

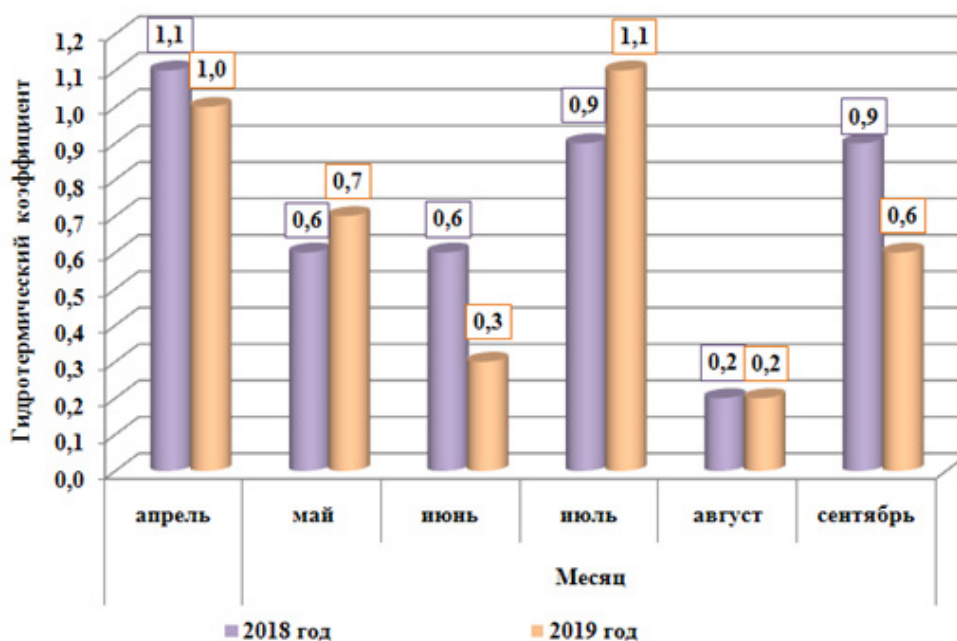


Рисунок 1. Гидротермический коэффициент за вегетационный период 2018 и 2019 гг.

Таблица 2

Схема опыта проведения исследований в 2018-2019 гг.

Вариант	Действующее вещество (концентрация)	Доза применения препарата, л/га
Контроль (без обработки)	–	–
Схема защиты I	азоксистробин (200 г/л); ципроконазол (80 г/л)	0,8*
Схема защиты II	пираклостробин (62,5 г/л); эпоксиконазол (62,5 г/л)	1,25 1,50
Схема защиты III	трифлуксистробин (375 г/л); ципроконазол (160 г/л)	0,3 0,3
Схема защиты IV	дифеноконазол (250 г/л)	0,4 0,4

Примечание: * – числитель – 1 обработка; знаменатель – 2 обработка

ненность, Р) и степень (интенсивность, R) развития болезней листового аппарата сахарной свеклы (Алехин, 1984);

- урожайность корнеплодов определяли количественно-весовым методом путем подсчета и взвешивания корнеплодов с учетных делянок (Зубенко, 1988);
- содержание хлорофилла в листьях определяли с помощью N-тестера. Коэффициент продуктивности рассчитывали как отношение произведения площади активно фотосинте-

зирующих листьев и содержания хлорофилла в них к средней площади листовой поверхности по опыту в целом (Дронина, Кудряшов & Дронина, 2008);

- технологические показатели корнеплодов оценивали в лаборатории хранения и переработки сырья с использованием общепринятых методов анализа свеклы^{4,5} и полупродуктов сахарного производства (Чернявская, Пустоход, & Иволга, 1995; Славянский, Вовк & Жигалов, 2006).

⁴ Лосева, В. А., Ефремов, А. А. & Квитко, И. В. (2008). Методы исследования свойств сырья и готовой продукции (теория и практика). Воронеж: ВГТА.

⁵ Славянский, А. А., Вовк, Г. А., & Жигалов, М. С. (2006). Лабораторный практикум по методам исследований свойств сырья и продуктов питания. М.: Издательский комплекс МГУПП.

Результаты исследований

В ходе полевых учетов в годы исследований установлено, что на момент первой обработки вегетирующих растений сахарной свеклы фунгицидами (II-III декада июля) независимо от фона удобренности признаков поражения листового аппарата болезнями не наблюдалось. Первые визуальные проявления мучнистой росы в виде белого налета на листовой пластинке были отмечены в контрольном варианте только после второй фунгицидной обработки, проведенной через 20 дней после первой. В варианте без фунгицидов наблюдались еще единичные случаи проявления церкоспороза. Других листовых болезней в годы исследований выявлено не было.

По результатам предуборочного фитопатологического обследования свекловичных посевов определено, что распространенность мучнистой росы на растениях в варианте без фунгицидной обработки составила в среднем на удобренном фоне 87,8% при интенсивности развития 20,3%; на неудобренном фоне – 100% при степени развития 73,0% (Рисунок 2, Таблица 3).

В вариантах с обработками вегетирующих растений фунгицидами с разными действующими веществами степень поражения листового аппарата мучнистой росой достоверно снизилась в сравнении с контрольным вариантом. Самое слабое развитие болезни было отмечено в вариантах с системой защиты II и III независимо от фона удобренности. Так, на удобренном фоне данный показатель составил 3,0 и 3,2% при распространенности 30,0 и 32,3% соответственно; на неудобренном фоне степень поражения возбудителем



Рисунок 2. Листовой аппарат сахарной свеклы, пораженный мучнистой росой

мучнистой росы увеличилась и достигла уровня 17,7 и 7,5% при распространенности 73,1 и 44,5% соответственно. Наибольшую эффективность показали препараты с комбинацией действующих веществ трифлуксистробин + ципроконазол (схема защиты III) и пираклостробин + эпоксиконазол (схема защиты II). На удобренном фоне величина исследуемого показателя составила 84,2 и 85,2% соответственно, на неудобренном фоне – 89,7 и 75,7% соответственно.

Эффективность действия исследуемых фунгицидных препаратов на развитие растений сахарной свеклы оценивали по влиянию их на показатель массы листьев и активизацию процессов фотосинтеза (содержание хлорофилла по N-тестеру, продуктивность фотосинтеза с учетом общей вегетативной массы).

В результате исследований установлено, что опрыскивание вегетирующих растений сахарной свеклы фунгицидами с разными действующими веществами независимо от фона удобренности способствовало увеличению площади фотосинтезирующей поверхности листьев. В вариантах с применением исследуемых препаратов данный показатель в сравнении с контрольным вариантом без обработки на удобренном фоне увеличился в среднем на 22,3-57,7%; на неудобренном фоне – на 15,8-37,2% (Таблица 4).

Наибольший эффект был получен при использовании фунгицидов с комплексом действующих веществ пираклостробин + эпоксиконазол (схема защиты II) и трифлуксистробин + ципроконазол (схема защиты III). Применение данных схем защиты растений от возбудителей болезней грибного происхождения способствовало увеличению содержания хлорофилла в листьях на 149 и 123 усл. ед. и коэффициента продуктивности фотосинтеза – в 1,9 и 1,5 раза соответственно (на удобренном фоне); на 22 и 46 усл. ед. и в 1,4 и 1,3 раза соответственно (на неудобренном фоне).

Наблюдения показали, что к уборке масса ботвы сахарной свеклы с учетной делянки в контрольном варианте составила 3,04 (удобренный фон) и 0,88 кг (неудобренный фон) (Рисунок 3). В вариантах с применением фунгицидов отмечено увеличение массы ботвы в сравнении с контролем. Наибольшая величина исследуемого показателя определена в варианте схемы защиты II: 3,99 (удобренный фон) и 1,55 кг (неудобренный фон), что выше на 31,2 и 76,1%, чем у соответствующих контрольных вариантов.

Таблица 3

Распространенность (P) и развитие (R) мучнистой росы в посевах сахарной свеклы в зависимости от действия фунгицидов (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант	P,%		R,%		Б,%	
	Удобен- ный фон	Неудобен- ный фон	Удобен- ный фон	Неудобен- ный фон	Удобен- ный фон	Неудобен- ный фон
Контроль (без обработки)	87,8	100,0	20,3	73,0	-	-
Схема защиты I	38,9	82,7	3,9	40,4	80,8	44,6
Схема защиты II	30,0	73,1	3,0	17,7	85,2	75,7
Схема защиты III	32,3	44,5	3,2	7,5	84,2	89,7
Схема защиты IV	42,2	96,1	4,4	49,1	78,3	32,7

Примечание: Б – биологическая эффективность препарата,%

Таблица 4

Влияние фунгицидов с разными действующими веществами на формирование фотосинтетического аппарата сахарной свеклы (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант	Средняя площадь поверхности активно фото- синтезирующего листа, см ²		Содержание хлорофилла, усл. ед.		Коэффициент продуктивности фотосинтеза (K _{пф})	
	Удобен- ный фон	Неудобен- ный фон	Удобен- ный фон	Неудобен- ный фон	Удобен- ный фон	Неудобен- ный фон
Контроль (без обработки)	117,4	64,5	633	594	4,97	4,96
Схема защиты I	153,0	74,7	724	611	7,40	5,95
Схема защиты II	185,2	88,5	782	616	9,68	6,99
Схема защиты III	149,5	78,4	756	640	7,55	6,50
Схема защиты IV	143,6	80,6	703	565	6,74	5,92

По результатам исследований на момент уборки средняя масса корнеплода была наименьшей в контрольном варианте и составила 397 г на удобренном фоне и 267 г – на неудобренном фоне, что ниже вариантов с фунгицидными обработками на 14,6-27,2 и 22,1-37,8% соответственно. Лучшим следует отметить вариант с применением препарата схемы защиты II, в котором данный показатель составил 505 г (удобренный фон) и 368 г (неудобренный фон) (Таблица 5).

С развитием и функционированием листового аппарата связана продуктивность сахарной свеклы. Учеты на момент уборки корнеплодов показали, что биологическая урожайность в экспериментальных вариантах опыта варьировала от 57,2 до 63,4 т/га (удобренный фон) и от 43,3 до 52,9 т/га (неудобренный фон), тогда как в контрольных вариантах исследуемый параметр был на уровне 51,2 и 39,8 т/га соответственно. Наи-

большая прибавка урожая относительно контролей была получена при обработке растений фунгицидом схемы защиты II: на удобренном фоне – 12,2 т/га (23,8%); на неудобренном фоне – 13,1 т/га (32,9%).

На неудобренном фоне в годы исследований были отмечены случаи поражения корнеплодов сосудистым бактериозом (увядание), возбудителями которого является комплекс фитопатогенных почвообитающих бактерий *Pectobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus mesentericus* и *Pantoea agglomerans*, заполняющих сосудистопроводящую систему и закупоривающих её (Рисунок 4).

В поражённых растениях нарушается метаболизм, из-за нарушения передвижения воды по сосудам увядают и усыхают листья, а корнеплод теряет тургор (Путилина, Кульнева, Селиванова & Землянухина, 2016). Поражение сахарной свеклы

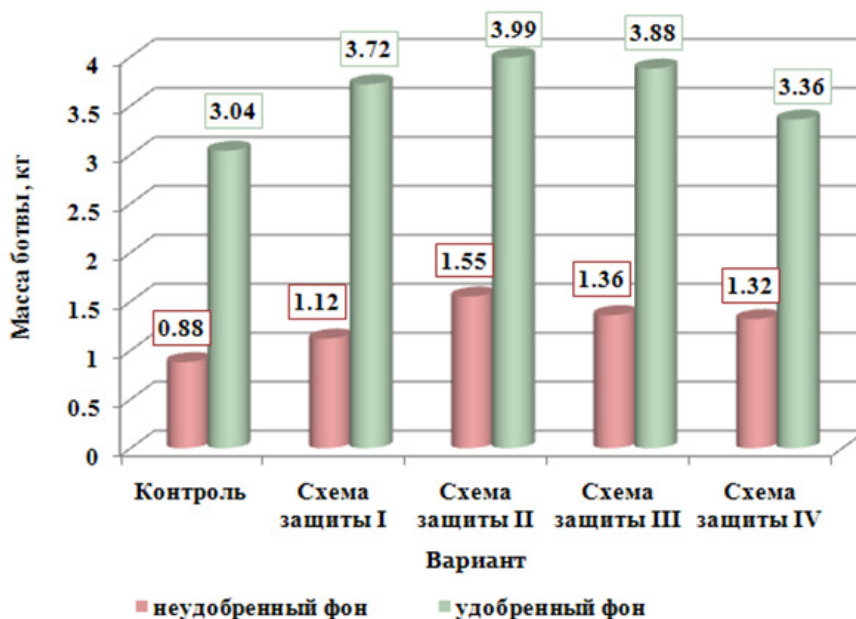


Рисунок 3. Масса ботвы сахарной свеклы в зависимости от обработки вегетирующих растений фунгицидами (среднее за 2018–2019 гг.)

Таблица 5

Влияние современных фунгицидов на продуктивность сахарной свеклы (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант	Средний вес корнеплода, г		Биологическая урожайность, т/га	
	Удобренный фон	Неудобренный фон	Удобренный фон	Неудобренный фон
Контроль (без обработки)	397	267	51,2	39,8
Схема защиты I	472	334	58,6	43,5
Схема защиты II	505	368	63,4	52,9
Схема защиты III	467	339	60,3	49,0
Схема защиты IV	455	326	57,2	48,1
$HCP_{0,5}$			3,9	4,3



Рисунок 4. Растение сахарной свеклы, пораженное сосудистым бактериозом

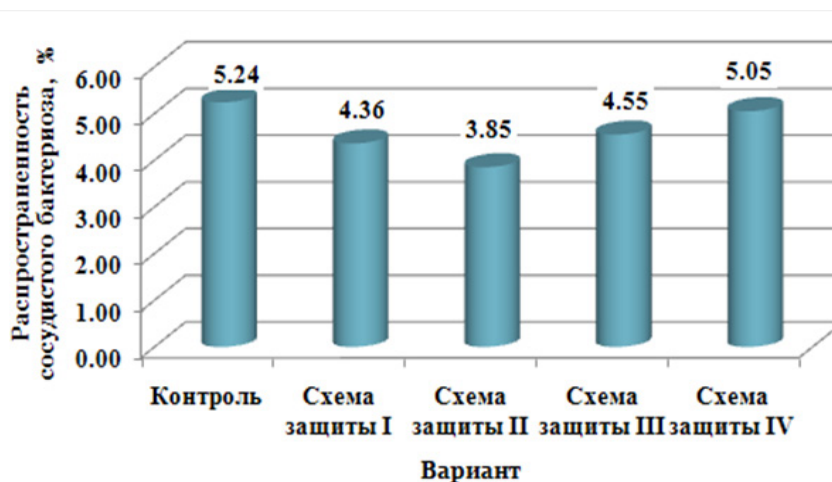


Рисунок 5. Распространенность сосудистого бактериоза в посевах сахарной свеклы на удобренном фоне (среднее за 2018–2019 гг.)

сосудистым бактериозом вызывает снижение сахаристости и увеличение количества несахаров в корнеплодах (Апасов, Путилина & Селиванова, 2014). Наименьшая распространенность увядших корнеплодов отмечена в варианте с применением схемы защиты растений II (3,85%), тогда как в контроле без обработки данный показатель составил 5,24% (Рисунок 5).

Известно, что в корнеплодах с нормальным тургором содержание сухих веществ (СВ) составляет в среднем 23-25%. Наличие количества увядших корнеплодов на удобренном фоне оказало влияние на увеличение содержания СВ в исследуемых пробах сахарной свеклы (Рисунок 6). Если в корнеплодах, выращенных на удобренном фоне, данный показатель варьировал от 24,06 до 24,73%, то на удобренном фоне – от 26,49 до 27,56%. Наименьшему количеству увядших корнеплодов (3,85%), зафиксированному на удобренном

фоне в варианте схемы защиты растений II, соответствует наименьшее содержание СВ в данной пробе сахарной свеклы (26,49%).

С поражением корнеплодов сосудистым бактериозом на удобренном фоне связано и снижение сахаристости. В результате технологической оценки установлено, что содержание сахара в корнеплодах анализируемых вариантов опыта варьировало на удобренном фоне от 17,10 до 17,75%, на удобренном – от 16,38 до 17,35% (Таблица 6). В вариантах с применением фунгицидов содержание сахара в корнеплодах было выше значений соответствующих контролей на 0,26–0,65 (удобренный фон) и на 0,60–0,97 абс.% (неудобренный фон). Наибольшая величина сахаристости зафиксирована в вариантах с применением препаратов схем защиты II и III: на удобренном фоне 17,63 и 17,75%, на удобренном – 17,35 и 17,32% соответственно.

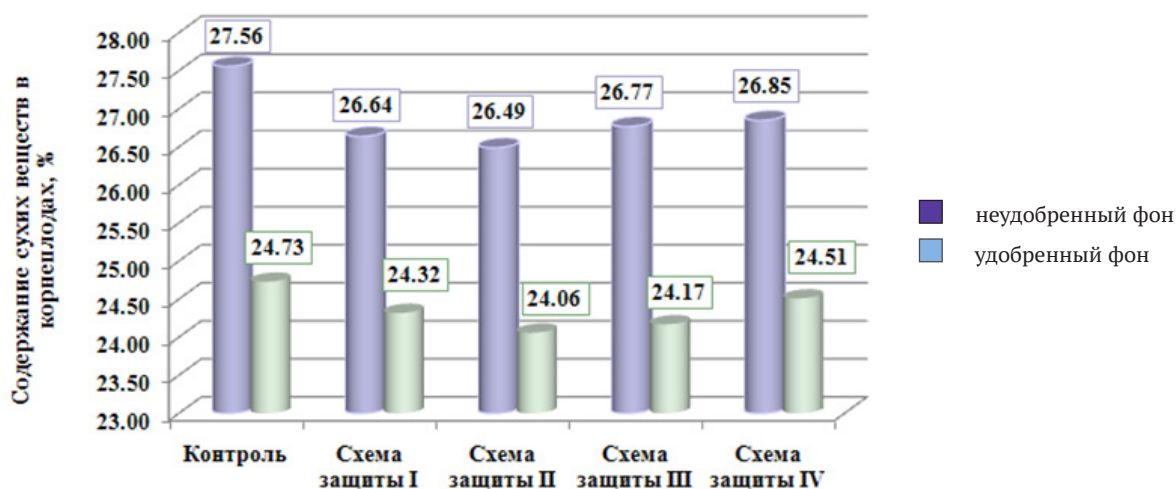


Рисунок 6. Содержание сухих веществ в корнеплодах сахарной свеклы (среднее за 2018-2019 гг.)

Таблица 6

Технологические показатели сахарной свеклы в зависимости от применения фунгицидов (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант	СХ, %	Несахара-мелассообразователи, ммоль/100 г свеклы			Потери сахара в мелассе, %	Выход сахара, %	Коэффициент извлечения сахара, %
		Na ⁺	K ⁺	α-NH ₂			
Удобренный фон							
Контроль (без обработки)	17,10	0,82	4,08	1,21	1,36	14,74	86,20
Схема защиты I	17,61	0,73	4,00	1,11	1,31	15,30	86,88
Схема защиты II	17,63	0,65	3,87	0,91	1,24	15,39	87,29
Схема защиты III	17,75	0,70	3,88	1,04	1,28	15,47	87,15
Схема защиты IV	17,36	0,72	3,79	1,06	1,28	15,08	86,87
Неудобренный фон							
Контроль (без обработки)	16,38	0,80	4,71	1,73	1,56	13,82	84,37
Схема защиты I	17,07	0,76	4,80	1,59	1,52	14,55	85,24
Схема защиты II	17,35	0,60	4,45	1,38	1,42	14,93	86,05
Схема защиты III	17,32	0,71	4,57	1,51	1,48	14,84	85,68
Схема защиты IV	16,98	0,68	4,43	1,47	1,45	14,53	85,57

Следует отметить более высокие значения меласообразующих несахаров на неудобренном фоне, что способствовало повышению потерь сахара в мелассе в сравнении с удобрённым фоном. В вариантах с обработкой вегетирующих растений сахарной свеклы фунгицидами наблюдалось снижение количества несахаров-мелассообразователей относительно соответствующих контролей независимо от фона удобренности. Наименьшее содержание Na⁺, K⁺ и α-NH₂, и, следовательно, более низкие потери сахара в мелассе выявлены в варианте с применением препарата, содержащего пираклостробин + эпоксиконазол (схема защиты II). На удобренном фоне данный показатель составил 1,24, на неудобренном – 1,42%, что достоверно ниже контролей (на 0,12 и 0,14 абс.% соответственно).

Прогнозируемый выход сахара, полученный из корнеплодов, выращенных в вариантах с применением препаратов фунгицидного действия, независимо от фона удобренности, превзошёл значения соответствующих контролей на 0,34-0,73 (удобрённый фон) и на 0,71-1,11 абс.% (неудобренный фон). Наибольшие значения анализируемого показателя отмечены в вариантах схем защиты вегетирующих растений II и III, которые составили, соответственно, 15,39 и 15,47% (удобрённый

фон), 14,93 и 14,84% (неудобренный фон). Для данных вариантов характерны и самые высокие коэффициенты извлечения сахарозы из корнеплодов (K_{извл}): 87,29 и 87,15 (удобрённый фон); 86,05 и 85,68% (неудобренный фон), что на 0,95-1,09 и 1,31-1,68 абс.% выше соответствующих значений контролей.

Эффективность свеклосахарного производства характеризует сбор очищенного сахара с одного гектара. Как показали исследования, максимальное значение данного интегрального показателя, зависящего от урожайности и выхода сахара при переработке, было получено в варианте с обработкой растений сахарной свеклы по вегетации фунгицидом с действующими веществами пираклостробин + эпоксиконазол (9,74 т/га – удобрённый фон и 7,90 т/га – неудобренный фон) (Рисунок 7).

В сравнении с контрольным вариантом данный показатель оказался на 2,19 (удобрённый фон) и 2,40 т/га (неудобренный фон) выше соответствующих значений контрольных вариантов (7,55 и 5,50 т/га). В вариантах с другими фунгицидами сбор очищенного сахара был на уровне 8,63-9,33 (удобрённый фон) и 6,30-7,27 т/га (неудобренный фон).

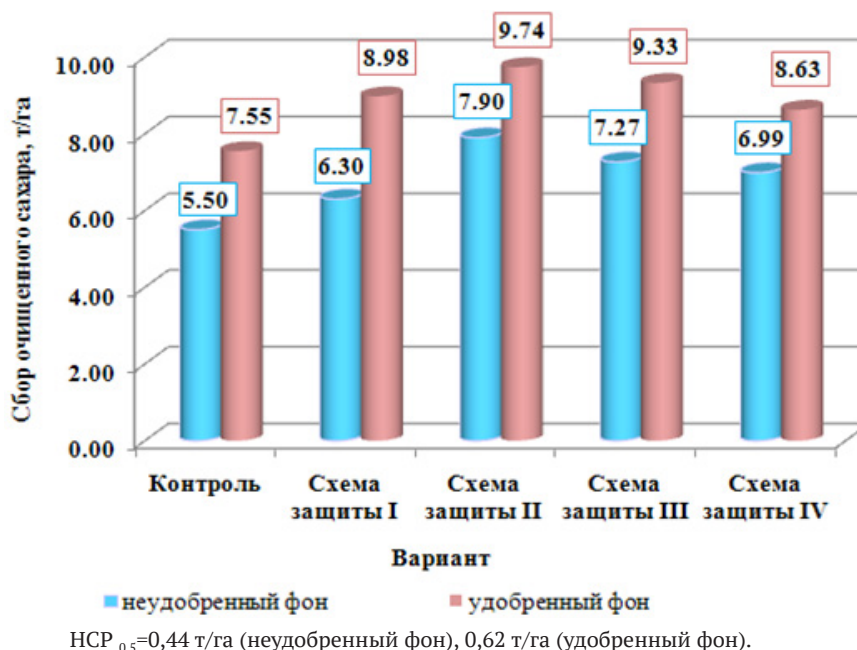


Рисунок 7. Сбор очищенного сахара в зависимости от применения фунгицидов (среднее за 2018-2019 гг.)

Обсуждение результатов исследований

Метеорологические условия вегетационных периодов 2018 и 2019 гг. были благоприятными для развития мучнистой росы, что объясняет интенсивное поражение листового аппарата сахарной свеклы возбудителем *Erysiphe betae*. В меньшей степени сельскохозяйственная культура была подвержена заболеванию на удобренном фоне, поскольку минеральное питание способствует увеличению продолжительности жизни листьев и, тем самым повышает устойчивость растений. Подавлению роста грибов-возбудителей мучнистой росы и снижению интенсивности развития болезни способствовала обработка опытных участков посевов сахарной свеклы фунгицидами. Причем наиболее эффективной оказалась схема защиты II, включающая препараты с действующими веществами пираклостробин + эпоксиконазол, где показатель биологической эффективности составил 85,2 на удобренном и 75,7% – на неудобренном фоне.

Все процессы жизнедеятельности растений (обмен веществ, рост, накопление питательных веществ) напрямую зависят от интенсивности процесса фотосинтеза, в ходе которого аккумулируется энергия и образуется до 90-95% органических соединений, необходимых организму. Чем больше листьев у растения, а, следовательно, площадь листовой поверхности, тем выше его продуктивность (Гуляев и др., 1989). Исследования показали, что обработка вегетирующих растений сахарной

свеклы фунгицидами с разными действующими веществами, независимо от фона удобренности, положительно повлияла на формирование более высокой ассимиляционной поверхности листьев и длительному сохранению в активном состоянии их фотосинтетического потенциала до начала уборки, что, в итоге, обеспечило достоверное увеличение урожайности корнеплодов, сахаристости, улучшение технологических показателей, и, как следствие, способствовало достоверному росту очищенного выхода сахара с 1 га.

Наибольший эффект был получен при применении схемы защиты II. Фунгицид, используемый в данном варианте, представляет собой комбинацию двух действующих веществ – пираклостробина и эпоксиконазола. Пираклостробин относится к классу стробилуринов и обладает трансламинарным распределением в растении. Сосредотачиваясь на поверхности листа и постепенно перемещаясь во внутренние ткани, он обеспечивает защиту растения от заражения путем ингибирования прорастания спор и препятствует проникновению возбудителей болезней в листовую аппарат. Пираклостробин обладает AgCelence-эффектом, заключающимся в положительном влиянии на развитие растений, ингибировании в течение продолжительного времени синтеза этилена (гормона старения, который вызывает преждевременное разрушение хлорофилла), повышении устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам (засуха, недостаток влаги, воздействие низких температур). Таким образом, пираклостробин продлевает веге-

тационный период сахарной свеклы, благодаря ему хлорофилл работает более длительное время и способен синтезировать большее количество углеводов, необходимых для формирования урожая.

Эпоксиконазол, относящийся к классу триазолов, обладает системным действием, быстро поглощается листовой пластинкой и перемещается в растении по сосудам, подавляя развитие мицелия и последующее спорообразование. За счет этого обеспечивается защита растения изнутри.

Благодаря сочетанию в своем составе компонентов с различным механизмом действия, фунгицид, используемый в системе защиты II, имеет ряд преимуществ перед другими вариантами: пролонгированное действие, заключающееся в длительной защите обрабатываемой сахарной свеклы от воздействия патогенов; возможность применения как профилактически, так и при первом проявлении симптомов болезни; наличие AgCelence-эффекта, обеспечивающего повышение иммунитета растений. Все это способствует наиболее полной реализации генетического потенциала гибридов сахарной свеклы и получению высоких урожаев корнеплодов с лучшим технологическим качеством.

Выводы

Полученные данные позволяют рекомендовать препарат с комбинацией действующих веществ пираклостробина и эпоксиконазола к широкому использованию на сахарной свекле как системный фунгицид с высокой профилактической, лечебной и физиологической активностью. Агротехнический прием, включающий двукратную обработку посевов в период вегетации сахарной свеклы (первая – профилактически или при появлении первых признаков заболевания, последующая – с интервалом не более 20 дней) данным фунгицидом, независимо от фона удобренности, эффективно подавляет рост грибов-возбудителей мучнистой росы и снижает интенсивность развития болезни на 76-85%, что способствует повышению коэффициента продуктивности фотосинтеза, получению прибавки урожая 12,2-13,1 т/га, увеличению прогнозируемого выхода сахара на 0,65-1,11 абс.% и сбора очищенного сахара на 2,2-2,4 т/га.

Благодарности

Выражаем благодарность специалистам ООО «БАСФ» и лично руководителю технического отдела Довбашуку А.О. и техническому менеджеру Ва-

сильеву П.А. за оказание безвозмездной помощи в предоставлении пестицидов (фунгицидов, инсектицидов, гербицидов), необходимых для проведения исследований.

Литература

- Алехин, В. Т. (1984). Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений. Воронеж: ВНИИЗР.
- Апасов, И. В., Путилина, Л. Н. & Селиванова, Г. А. (2014). Изменение технологических качеств корнеплодов сахарной свеклы, пораженных сосудистым бактериозом. Сахар, 9, 35–38.
- Билай, В. И., Гвоздяк, Р. И. & Скрипаль, И. Г. (1988). Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Киев: Наукова думка.
- Борисенко, В. К. (2012). Фалькон – тройной ответ болезням сахарной свеклы. Сахарная свекла, 5, 21–22.
- Гришечкина, Л. Д. & Силаев, А. И. (2011). Комбинированный фунгицид на сахарной свекле. Защита и карантин растений, 5, 61–62.
- Гуляев, Б. И., Рожко, И. И., Рогаченко, А. Д., Голуб, К. Н., Митрофанов, Б. А. & Борисюк, В. А. (1989). Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность сахарной свеклы. Киев: Наукова Думка.
- Гуреев, И. И. & Ревякин, У. Л. (2009). Инновационный опыт производства сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе. М.: ФГНУ «Росинформагротех».
- Дворянкин, Е. А. (2014). Показатели продуктивности сахарной свеклы при развитии церкоспороза. Меры борьбы. Сахарная свекла, 6, 26–30.
- Дронина, О. С., Кудряшов, А. В. & Дронина, А. С. (2008). Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза сахарной свеклы в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратами и диатомитовым порошком. Агрономия, 3, 12–14.
- Зубенко, В. Ф. (1988). Методика исследований сахарной свеклы. Киев: ВНИС.
- Красников, А. С. (2016). Защита посевов сахарной свеклы от церкоспороза в условиях орошения на юге России. Сахар, 5, 24–28.
- Николенко, А. В. (2013). Изменение продуктивности сахарной свеклы при поражении мучнистой росой. Сахарная свекла, 5, 34–35.
- Пересыпкин, В. Ф. (1989). Болезни сельскохозяйственных культур. Киев: Урожай.
- Просвирыков, В. В. & Лотыш, И. Ю. (2010). Испытания фунгицидов различных химических групп для защиты сахарной свеклы от болезней в период вегетации. В Современные технологии сель-

- скохозяйственного производства. Материалы XIII Международ. научно-практической конференции (с. 162–163). Гродно: Гродненский государственный аграрный университет.
- Просвиряков, В. В. & Свиридов, А. В. (2009). Эффективность фунгицидов в защите сахарной свеклы от болезней в период вегетации и при хранении корнеплодов. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. Сборник научных трудов (т. 1, с. 148–157). Гродно: Гродненский государственный аграрный университет.
- Путилина, Л. Н., Кульнева, Н. Г., Селиванова, Г. А. & Землянухина, О. А. (2016). Технологическая оценка сахарной свеклы, инфицированной возбудителями сосудистого бактериоза в период вегетации. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 3, 239–247. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-239-246>
- Сапронов, Н. М., Башкардина, Е. В., Бердников, А. С. & Посашков, П. А. (2009). Влияние фунгицида РИАС на технологические качества корнеплодов. Сахарная свекла, 5, 30–32.
- Сапронов, Н. М., Косулин, Г. С., Цуканов, В. Н., Башкардина, Е. В., Краснопивцева, И. Н. & Посашков, П. А. (2008). Защита сахарной свеклы от церкоспороза. Сахарная свекла, 5, 36–38.
- Стогниенко, О. И. (2008). Вредоносность церкоспороза сахарной свеклы в условиях Воронежской области. Сахарная свекла, 6, 24–25.
- Стогниенко, О. И. (2016). Как провести полный комплекс фунгицидных обработок в посевах сахарной свеклы, снизив затраты и пестицидную нагрузку. Сахарная свекла, 2, 36–37.
- Татур, И. Н., Лукьянюк, Н. А. & Бендузан, О. П. (2003). Церкоспороз в посевах сахарной свеклы. Сейбіт, 2, 20–22.
- Чернявская, Л. И., Пустоход, А. П., & Иволга, Н. С. (1995). Технохимический контроль сахара-песка и сахара рафинада. М.: Колос.
- Шамин, А. А. (2015). Формирование комплекса почвенной и ризосферной фитопатогенной микобиоты в агроценозе сахарной свеклы в ЦЧР (Автореферат дисс. ... канд. с.-х. наук). М.: Федеральный научный центр овощеводства.
- Шпаар, Д., Дрегер, Д. & Захаренко, А. (2012). Сахарная свекла (Выращивание, уборка и хранение). М.: ИД ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО».

Forming of Technological Quality and Productivity of Sugar Beet as a Result of Action of Modern Fungicides

Lyudmila N. Putilina

Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, Voronezh region, 396030, Russian Federation
E-mail: lputilina@bk.ru

Nadezhda A. Lazutina

Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, Voronezh region, 396030, Russian Federation
E-mail: lazutina@mail.ru

Actual problem of sugar beet growing in Russia today is damage of leaves of sugar beet by diseases and as a result loses in yield, sugar content and technological quality of roots. One of effective action to protect crop from different fungal diseases is fungicide application. Target of this research was in determination of efficacy modern fungicides with different modes of action, that applied during vegetation of sugar beet and detection of changes in morphological and technological parameters and productivity of the crop after chemical application. Research was conducted during 2018-2019 as a stationary trial of Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar" (Voronezh region). Maximum effect was detected after application of crop protection scheme II, that included double application of vegetating crop of sugar beet with fungicide with combination of active ingredients – pyraclostrobin (62.5 g/l) and epoxiconazole (62.5 g/l). It was founded that independent from background of fertilizers this agronomic method effectively control growth of pathogenic fungal disease as powdery mildew and decrease of severity of disease on 76-85% that came to increase of coefficient of photosynthesis productivity and getting increase in yield on 12.3-13.1 t/ha, increase of planning sugar production on 0.65-1.11 abs,% and gross yield of cleaned up sugar on 2.2-2.4 t/ha. Received data allow recommend product with active ingredients pyraclostrobin+epoxiconazole to broad usage on sugar beet as a systemic fungicide with high prophylactic, curative and physiological activity.

Key words: sugar beet, leaf diseases, fungicides, photosynthesis activity, yield, technological parameters, gross yield of cleaned up sugar

Acknowledgements

We express gratitude to specialists of LLC «BASF» and personally to the Head of technical department Dovbaschuk A.O and technical manager Vasilyev P.A for the assistance in providing and samples of pesticides (fungicides, insecticides and herbicides) needed for conducting researches.

References

- Alekhin, V. T. (1984). *Rekomendatsii po uchetu i vyavleniyu vreditelei i boleznei sel'skokhozyaistvennykh rastenii* [Recommendations for assessments and diagnostic of pests and diseases of agricultural crops]. Voronezh: VNIIZR.
- Apasov, I. V., Putilina, L. N., & Selivanova, G. A. (2014). *Izmenenie tekhnologicheskikh kachestv korneplodov sakharnoi svekly, porazhennykh sosudistym bakteriozom* [Changes of technological qualities of sugar beet roots affected by vascular bacteriosis]. *Sakhar [Sugar]*, 9, 35–38.
- Bilal, V. I., Gvozdyak, R. I., & Skripal', I. G. (1988). *Mikroorganizmy – vzbuditeli boleznei rastenii* [Microorganisms – pathogens of the plant diseases]. Kiev: Naukova dumka.
- Borisenko, V. K. (2012). *Fal'kon – troinoi otvet boleznyam sakharnoi svekly* [Falcon – the triple response to diseases of sugar beet]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 5, 21–22.
- Chernyavskaya, L. I., Pustokhod, A. P., & Ivolga, N. S. (1995). *Tekhnokhimicheskii kontrol' sakhara-peska i sakhara rafinada* [Technological-chemical control of granulated and refinery sugar]. Moscow: Kolos.
- Dronina, O. S., Kudryashov, A. V., & Dronina, A. S. (2008). *Formirovanie assimilyatsionnogo apparata i produktivnost' fotosinteza sakharnoi svekly v zavisimosti ot kachestva i doziryvaniya* [Formation of assimilatory apparatus and productivity of photosynthesis of sugar beet depending on the quality and fertilization]. *Sakhar [Sugar]*, 10, 35–38.

- simosti ot predposevnoi obrabotki semyan biopreparatami i diatomitovym poroshkom [Formation of assimilative system and productivity of photosynthesis of sugar beet depending on preplant treatment of seeds by biological products and diatomic powder]. *Agronomiya [Agronomy]*, 3, 12–14.
- Dvoryankin, E. A. (2014). Pokazateli produktivnosti sakharnoi svekly pri razviti tserkosporoza. Mery bor'by [Sugar beet productivity indices during cercosporosis development methods to control cercosporosis]. *Sakharnaya svekla [Sugar Beet]*, 6, 26–30.
- Grishechkina, L. D., & Silaev, A. I. (2011). Kombinirovannyi fungitsid na sakharnoi sveklye [Combined fungicide in sugar beet]. *Zashchita i karantin rastenii [Plant protection and quarantine]*, 5, 61–62.
- Gulyaev, B. I., Rozhko, I. I., Rogachenko, A. D., Golik, K. N., Mitrofanov, B. A., & Bo-risyuk, V. A. (1989). *Fotosintez, produktsionnyi protsess i produktivnost' sakharnoi svekly [Photosynthesis, production process and productivity of sugar beet]*. Kiev: Naukova Dumka.
- Gureev, I. I., & Revyakin, U. L. (2009). *Innovatsionnyi opyt proizvodstva sakharnoi svekly v Tsentral'no-Chernozemnom regione [Innovative experience of production of sugar beet in the Central Black soil region]*. Moscow: FGNU «Rosinformaagrotekh.
- Krasnikov, A. S. (2016). Zashchita posevov sakharnoi svekly ot tserkosporoza v usloviyakh orosheniya na yuge Rossii [Protection of sugar beet crops from Cercospora in conditions of irrigation in the south of Russia]. *Sakhar [Sugar]*, 5, 24–28.
- Nikolenko, A. V. (2013). Izmenenie produktivnosti sakharnoi svekly pri porazhenii muchnistoi rosoi [Effect of infestation of sugar beet powdery mildew on crop productivity]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 5, 34–35.
- Peresyepkin, V. F. (1989). *Bolezni sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Diseases of agricultural crops]*. Kiev: Uro-zhai.
- Prosviryakov, V. V., & Lotysh, I. Yu. (2010). Ispytaniya fungitsidov razlichnykh khimicheskikh grupp dlya zashchity sakharnoi svekly ot boleznei v period vegetatsii [Testing of fungicides of various chemical groups to protect sugar beet from diseases during the growing season]. In *Sovremennye tekhnologii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva. Materialy XIII Mezhdunarod. nauchno-prakticheskoi konferentsii [Modern technologies of agricultural production. Proceedings of the 13th International. scientific and practical conference]* (pp. 162–163). Grodno: Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Prosviryakov, V. V., & Sviridov, A. V. (2009). Effektivnost' fungitsidov v zashchite sakharnoi svekly ot boleznei v period vegetatsii i pri khraneni korneplodov [The effectiveness of fungicides in protecting sugar beet from diseases during the growing season and during storage of root crops]. In *Sel'skoe khozyaistvo – problemy i perspektivy. Sbornik nauchnykh trudov [Agriculture – problems and prospects. Proceedings of scientific papers]* (Vol. 1, pp. 148–157). Grodno: Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Putilina, L. N., Kul'neva, N. G., Selivanova, G. A. & Zemlyanukhina, O. A. (2016). Tekhnologicheskaya otsenka sakharnoi svekly, infitsirovannoi vozбудitelyami sosudistogo bakterioza v period vegetatsii [Technological evaluation of sugar beets infected by vascular bacteriosis during vegetation]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Voronezh State University of Engineering Technologies Bulletin]*, 3, 239–247. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-239-246>
- Sapronov, N. M., Bashkardina, E. V., Berdnikov, A. S., & Posashkov, P. A. (2009). Vliyanie fungitsida RIAS na tekhnologicheskie kachestva korneplodov [Influence of fungicide Rias on the technological quality of roots]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 5, 30–32.
- Sapronov, N. M., Kosulin, G. S., Tsukanov, V. N., Bashkardina, E. V., Krasnopivtseva, I. N., & Posashkov, P. A. (2008). Zashchita sakharnoi svekly ot tserkosporoza [Protection of sugar beet from Cercospora]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 5, 36–38.
- Shamin, A. A. (2015). *Formirovanie kompleksa pochvennoi i rizosfernoi fi-topatogennoi mikrobioty v agrotse-noze sakharnoi svekly v TsChR (Avtoref. diss. na soisk. uch. step. kand. s.-kh. nauk) [Forming of complex of soil and rhizospheric phytopathogenic mycobiota in agrocenosis of sugar beet in CBR (Unpublished master's thesis)]*. Moscow: Federal'nyi nauchnyi tsentr ovoshchevodstva.
- Shpaar, D., Dreger, D., & Zakharenko, A. (2012). *Sakharnaya svekla (Vyrashchivanie, uborka i khranenie) [Sugar beet (Growing, harvesting, storage)]*. Moscow: ID OOO «DLV AGRODELO».
- Stognienko, O. I. (2008). Vredonosnost' tserkosporoza sakharnoi svekly v usloviyakh Voronezhskoi oblasti [Damage of Cercospora of sugar beet in the conditions of Voronezh region]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 6, 24–25.
- Stognienko, O. I. (2016). Kak provesti polnyi kompleks fungitsidnykh obrabotok v posevakh sakharnoi svekly, sniziv zatraty i pestitsidnyuyu nagruzku [How to conduct a full range of fungicide treatments in crops of sugar beet reducing costs and pesticide load]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2, 36–37.
- Tatur, I. N., Luk'yanyuk, N. A., & Benduzan, O. P. (2003). Tserkosporoz v posevakh sakharnoi svekly [Cercospora on the sugar beet]. *Seibit*, 2, 20–22.
- Zubenko, V. F. (1988). *Metodika issledovani sakharnoi svekly [Methodology of testing of sugar beet]*. Kiev: VNIS.