

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК В ПОСЕВАХ СОВРЕМЕННЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАБОТКАХ ПОЧВЫ

Л. Н. Путилина, П. А. Косякин, кандидаты сельскохозяйственных наук,
О. А. Минакова, доктор сельскохозяйственных наук, Н. А. Лазутина

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы
и сахара имени А. Л. Мазлумова,
396030, Воронежская область, Рамонский район, пос. ВНИИСС, 86
E-mail: lputilina@bk.ru

Исследования проводили с целью определения эффективности некорневых подкормок хелатным и гуматным препаратами в посевах сахарной свёклы при различных способах основной обработки почвы. Работу выполняли в 2019–2021 гг. в Воронежской области. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: система обработки почвы (фактор А) – отвальная (глубокая вспашка на 30...32 см); безотвальная (глубокая плоскорезная обработка на 30...32 см); гибрид (фактор В) – РМС 120 (ВНИИСС); Митика (Lion Seeds Ltd.); некорневая подкормка микроудобрениями (фактор С) – без микроудобрений; микроудобрение в хелатной форме Здравень-аква; микроудобрение в гуматной форме Биогумус. Почва – чернозём выщелоченный тяжёлоуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 5,3...5,6 %, подвижного фосфора – 128...155 мг/кг, калия – 91...136 мг/кг, pH_{KCl} – 6,00...6,18. Максимальная урожайность корнеплодов отмечена на отвальной обработке с некорневой подкормкой хелатным препаратом у гибрида РМС 120 (42,8 т/га) и гуматным – у гибрида Митика (51,2 т/га). Лучшее качество выявлено у отечественного гибрида при внесении хелатного препарата на фоне безотвальной обработки (сахаристость превысила контроль на 0,26 % при снижении несахаров-мелассообразователей и улучшении извлекаемости сахарозы на 0,63 %). У гибрида Митика лучшие результаты отмечены на том же фоне при использовании гуматного препарата: увеличение сахаристости на 0,41 % и коэффициента его извлечения на 0,59 % при снижении содержания всех мелассообразующих несахаров, в сравнении с контролем. Наиболее рационально проведение указанных подкормок по отвальной обработке.

EFFICIENCY FOLK FERTILIZATION IN CROPS OF MODERN SUGAR BEET HYBRIDS UNDER VARIOUS SOIL TREATMENTS

Putilina L. N., Kosyakin P. A., Minakova O. A., Lazutina N. A.

The A. L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar,
396030, Voronezhskaya obl., Ramonsky r-n, pos. VNISS, 86
E-mail: lputilina@bk.ru

The purpose of the research is to determine the effectiveness of non-root feedings with chelate and humate preparations in sugar beet crops with various methods of basic tillage. The work was carried out in 2019–2021 in the Voronezh region. The scheme of the experiment assumed the study of the following options: tillage system (factor A) – fall-off (deep plowing for 30...32 cm); non-shaft (deep plane-cutting treatment by 30...32 cm); hybrid (factor B) – RMS 120 (VNISS); Mitica (Lion Seeds Ltd.); foliar fertilizing with micro-fertilizers (factor C) – without micro-fertilizers; micronutrient in the chelated form of Zdra-ven-aqua; micronutrient in the humate form of Biohumus. The soil is leached heavy loamy chernozem. The content of humus in the arable layer is 5.3...5.6 %, mobile phosphorus – 128...155 mg/kg, potassium – 91...136 mg/kg, pH_{KCl} – 6.00...6.18. The maximum yield of root crops was noted on dump treatment with foliar top dressing with chelate preparation in a hybrid of RMS 120 (42.8 t/ha) and humate – the hybrid Mitic (51.2 t/ha). The best quality was revealed in the domestic hybrid when a chelated preparation was introduced against the background of non-waste treatment (sugar content exceeded the control by 0.26% with the reduction of non-sugar molasses and the improvement of the recoverability of sugar by 0.63%). In the hybrid Mitik, the best results were obtained against the same background when using a humate preparation: an increase in sugar content by 0.41% and its extraction coefficient by 0.59% with a decrease in the content of all molasses-forming non-sugars, compared with the control. It is most rational to carry out chelated top dressing on domestic hybrids for dump processing, and on foreign hybrids – humate foliar top dressing on the same background of tillage.

Ключевые слова: гибриды сахарной свёклы (*Beta vulgaris* L.), отечественная и иностранная селекция, обработка почвы, некорневая подкормка, хелаты, гуматы, продуктивность, технологическое качество.

Key words: sugar beet hybrids (*Beta vulgaris* L.), domestic and foreign breeding, tillage, foliar application, chelates, humates, productivity, technological quality.

Сахарная свёкла – важнейшая техническая культура, имеющая большое экономическое значение. Увеличение валового сбора сахарной свёклы в стране предусматривается посредством наращивания её урожайности, повышения качества корнеплодов, предотвращения потерь при хранении и переработке свекловичного сырья.

В Российской Федерации широко распространяется в производстве интенсивная технология возделывания сахарной свёклы, разработанная учёными ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова и других научно-исследовательских

учреждений, включающая комплекс взаимосвязанных механизированных технологических приёмов и организационных мероприятий, обеспечивающих повышение урожайности и выхода сахара с 1 га посевов культуры [1]. Главные условия её высокой эффективности – использование всех агротехнических приёмов и качественное их выполнение в оптимальные сроки. Традиционным агроприёмом, способствующим улучшению питания растений и росту их урожайности, а также оптимизации почвенного плодородия, выступает основное внесение удобрений [2, 3].

Изменение климата способно оказать серьезное негативное влияние на сельскохозяйственные культуры. Чтобы свести к минимуму снижение урожайности, необходимо предусмотреть адаптационные меры [4], в числе которых можно назвать проведение подкормок, оказывающих значительное воздействие на процессы жизнедеятельности растений и итоговую продуктивность [5, 6].

Некорневая подкормка – один из способов внесения удобрений, при котором усвоение элементов питания происходит листовой поверхностью; проводят ее в период интенсивного роста растений [7, 8]. При интенсификации земледелия происходит рост урожайности сельскохозяйственных культур, в связи с чем увеличивается вынос растениями микроэлементов [9, 10].

Некорневая подкормка не заменяет основного и припосевного внесения удобрений, а лишь дополняет и улучшает их действие. У листьев поглощение солей из раствора зависит от кислотности среды, концентрации раствора, состава солей. Отмечена тесная взаимосвязь между корневым и некорневым питанием растений. Выявлено положительное влияние некорневых подкормок на повышение интенсивности фотосинтеза, что усиливает приток органического вещества и энергетического материала к корневой системе. В результате происходит усиление дыхания, быстрый рост корней, увеличение их поверхности и, как следствие, повышение количества поступающих в растение минеральных веществ [11]. Доказано, что внесение водорастворимых солей микроэлементов на сахарной свёкле, особенно бора и марганца [12], имеет высокую эффективность, но у этого агроприёма есть существенные недостатки, связанные с низкой усвояемостью растениями.

Большой интерес представляет некорневое применение новых форм микроудобрений в хелатной и гуматной форме, использование которых позволяет существенно снизить затраты на применение средств химизации [13, 14].

Хелатные микроудобрения – препараты, содержащие в своем составе хелатирующий агент. Усвояемость хелатов, присутствующих в удобрениях, составляет 80 %, в то время как нехелатированных веществ – 40 %. Функция хелатирующего агента – захват ионов микроэлементов и сохранение их в растворимом виде вплоть до попадания в растения, где они высвобождаются, переходя в биологически доступную форму. При этом сам хелатирующий агент распадается на химические соединения, легко усваиваемые растениями. Комплексы хелатов биологически активны и близки по своей структуре к природным веществам, поэтому безвредны и эффективны для растения, особенно молодого [15, 16]. Действие хелатов заключается в активизации ферментов, влиянии на биохимические процессы, протекающие в клетках, стимуляции роста и развития растительного организма [17].

Гуматные микроудобрения представлены комплексом гуминовых и фульвокислот. Они блокируют поступление в растение химических загрязнителей, пестицидов, радионуклидов, связывая их в нерастворимые соединения, которые выводятся за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Гуматные микроудобрения обеспечивают повышение урожайности, экономию минеральных удобрений, средств защиты растений, экологическую безопасность продукции. Раствор гумата в воде служит питательной средой для растений, но его взаимодействие с водой далеко не ограничивается этим очевидным фактом. Известно, что гуматы при растворении в воде придают раствору свойства «талой воды»,

обладающей повышенной проникающей способностью. Это способствует транспортировке гидратированных молекул гумата в клетки растения. Содержащиеся в гуматах аминокислоты стимулируют метаболизм растений, так как они принимают участие в биосинтезе белков и ферментов, поддерживают водный баланс клеток, усиливают процесс фотосинтеза, способствуют лучшему усвоению растениями питательных элементов, в том числе из почвы. В результате более развитое, здоровое растение имеет повышенную стрессоустойчивость [8].

Некорневые подкормки хорошо совместимы с применением макроудобрений (азотные подкормки), препаратами по борьбе с сорняками и болезнями культурных растений. Затраты микроудобрений при этом способе существенно ниже, чем при основном внесении (в почву), что позволяет удобрять большие площади посевов [18].

Цель исследований – установить эффективность некорневых подкормок микроудобрениями в хелатной и гуматной формах в посевах гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции при различных способах основной обработки почвы по показателям продуктивности и качества культуры.

Методика. Исследования проводили в ФГБНУ «ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова» в стационарном полевом опыте по обработке почвы, заложенном в 1985 г., схема которого предполагала изучение следующих вариантов:

система обработки почвы (фактор А) – отвальная (глубокая вспашка на 30...32 см по схеме улучшенной зяби с предварительными дисковым лушением на 6...8 см и плоскорезным рыхлением на 12...14 см); безотвальная (глубокая плоскорезная обработка на 30...32 см по схеме улучшенной зяби с предварительным дисковым лушением на 6...8 см и плоскорезным рыхлением на 12...14 см);

гибрид (фактор В) – РМС 120 (ВНИИСС); Митика (Lion Seeds Ltd.);

некорневая подкормка микроудобрениями (фактор С) – без микроудобрений; микроудобрение в хелатной форме Здравень-аква; микроудобрение в гуматной форме Биогумус.

Для проведения основной обработки почвы использовали плуг ПН-4-35, плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-250, лушители ЛДГ-10 и БДТ-3.

Микроудобрение в хелатной форме Здравень-аква разработано ООО «Ваше хозяйство» (г. Нижний Новгород, № гос. регистрации 1941-10-206-212-0-0-1 от 01.01.2000 г.), в своем составе содержит следующие элементы: N – 3,5; P – 2,7; K – 5,5; Mg – 0,3; B – 0,015; Mn – 0,06; Co – 0,005 % [19]. В состав микроудобрения в гуматной форме Биогумус (торговая марка «Сила жизни», г. Саратов, № гос. регистрации 274-18-451-1 от 21.11.2014 г.) входят следующие компоненты: гуминовые, фульво- и аминокислоты – 35 %; N – 8; P – 3; K – 4; Mg – 1; Fe – 1; Mo – 1 % [20]. Препараты включены в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» [21]. Некорневые подкормки выполняли в дозах по 1 л/га бытовым пневматическим опрыскивателем с расходом рабочего раствора из расчета 200 л/га 2 раза за вегетацию (в фазе 4...6 пар листьев и через 2 недели) рано утром или вечером, избегая яркого солнца и сильного ветра.

Исследования проводили в звене 9-польного севооборота пар – озимая пшеница – сахарная свёкла на фоне применения $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади. Непосредственно под сахарную свёклу перед основной обработкой почвы вносили $N_{160}P_{160}K_{160}$

Табл. 1. Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов сахарной свёклы в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019–2021 гг.), г/м²-сутки

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Отвальная	РМС 120	5,40	6,35	6,92	6,22
	Митика	5,10	7,35	6,65	6,37
	среднее	5,25	6,85	6,78	6,29
Безотвальная	РМС 120	3,82	5,25	6,92	5,33
	Митика	3,70	6,23	6,39	5,44
	среднее	3,76	5,74	6,66	5,39
Среднее	РМС 120	4,61	5,80	6,92	5,78
	Митика	4,40	6,79	6,52	5,90
	среднее	4,50	6,30	6,72	5,84

НСР₀₅ для факторов: А – 0,26; В – 0,29; С – 0,25; частных различий – 0,50.

в форме азофоски (16:16:16:). Навоз в количестве 50 т/га заделывали в чёрном пару.

Варианты некорневых подкормок микроудобрениями в хелатной и гуматной формах закладывали методом расщепленных делянок. Повторность опыта 3-кратная, общая площадь делянки – 36 м², учетная – 10,8 м². Размещение вариантов систематическое. Агротехника возделывания сахарной свёклы – общепринятая для ЦЧР.

Математическую обработку результатов опыта проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [22]. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяли делением среднесуточного прироста биомассы урожая за промежуток времени (обычно 5...10 дней) на среднюю площадь листьев [23]. Учет урожайности проводили весовым методом по методике ВНИС [24].

Технологические показатели качества корнеплодов определяли в лаборатории хранения и переработки сырья ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова экспресс-методом, включающим получение дигератов на автоматизированной линии *Veneta* и определение в них на автоматизированной линии анализа сахарной свёклы *Betalyser* сахаристости, содержания калия, натрия и α-аминного азота. На основании результатов анализа рассчитывали прогнозируемые потери сахара в мелассе по формуле Брауншвейгского университета, прогнозируемый выход сахара и коэффициент его извлечения.

Результаты и обсуждение. Развитие растения и его биологическая продуктивность – это результат, прежде всего, фотосинтетической деятельности, в ходе которой образуется до 95 % органических соединений. Поэтому рост растения и увеличение массы корнеплодов начинается, главным образом, вслед за формированием

фотосинтетической системы листа. Важной слагающей формирования урожая служит чистая продуктивность фотосинтеза [25].

В наших исследованиях средняя величина ЧПФ отечественного гибрида составила 5,78 г/м²-сутки, что было на 0,12 ед. ниже иностранного образца (табл. 1). ЧПФ гибрида РМС 120 варьировала от 3,82 г/м² в контроле без микроудобрений на фоне безотвальной обработки до 6,92 г/м² на фоне отвальной обработки и гуматной подкормки. У гибрида Митика величина этого показателя изменялась от 3,70 г/м² при безотвальной обработке без микроудобрений до 7,35 г/м² – на фоне отвальной обработки с хелатной подкормкой.

Средняя ЧПФ гибридов на фоне отвальной обработки почвы была на 0,90 ед. выше, чем после безотвальной обработки (5,39 г/м²-сутки). Некорневые подкормки обеспечили достоверное увеличение ЧПФ отечественного гибрида на 0,95...2,31 г/м² (17,6...60,5 %), иностранного – на 1,55...2,53 г/м² (30,4...72,7 %). Это свидетельствует о том, что благодаря действию компонентов используемых препаратов гибриды сахарной свёклы в полной мере усваивали энергию солнечного света, необходимую для роста и развития.

Урожайность и качество сельскохозяйственных культур – итог физиолого-биохимических процессов, протекающих в растениях, направленность которых зависит от генетической природы растения, условий внешней среды и эффективности приёмов возделывания [9]. Сбор корнеплодов гибрида РМС 120 за годы исследований был наименьшим в контроле при безотвальной обработке почвы – 34,2 т/га, а самым высоким на фоне отвальной обработки с применением хелатного препарата – 42,8 т/га (табл. 2). У гибрида Митика наименьшая

Табл. 2. Урожайность корнеплодов гибридов сахарной свёклы в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019–2020 гг.), т/га

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Отвальная	РМС 120	38,4	42,8	40,9	40,7
	Митика	46,3	50,3	51,2	49,3
	среднее	42,4	46,6	46,1	45,0
Безотвальная	РМС 120	34,2	38,3	37,2	36,6
	Митика	46,0	49,4	50,1	48,5
	среднее	40,1	43,9	43,7	42,6
Среднее	РМС 120	36,3	40,6	39,1	38,7
	Митика	46,2	49,9	50,7	48,9
	среднее	41,3	45,3	44,9	43,8

НСР₀₅ для факторов: А – 2,3; В – 2,7; С – 1,5; частных различий – 5,8.

Табл. 3. Сбор сахара в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019–2020 гг.), т/га

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Отвальная	РМС 120	6,66	7,65	7,20	7,17
	Митика	8,32	9,18	9,32	8,94
	среднее	7,49	8,42	8,26	8,06
Безотвальная	РМС 120	6,19	7,03	6,79	6,67
	Митика	8,38	9,08	9,34	8,93
	среднее	7,29	8,06	8,06	7,80
Среднее	РМС 120	6,43	7,34	7,00	6,92
	Митика	8,35	9,13	9,33	8,94
	среднее	7,39	8,24	8,17	7,93

НСР₀₅ для факторов: А – 0,38; В – 0,44; С – 0,40; частных различий – 0,40.

в опыте урожайность также отмечена в контрольном варианте при безотвальной обработке (46,0 т/га), а наибольшая – в варианте со вспашкой и применением гуматного препарата (51,2 т/га).

Средняя урожайности иностранного гибрида была на 10,2 т/га (26,4 %) выше, чем у отечественного (38,7 т/га). Сбор корнеплодов изучаемых гибридов, в среднем по опыту, при отвальной обработке почвы составил 45,0 т/га, что было выше, чем при безотвальной, на 2,4 т/га.

Некорневая подкормка вегетирующих растений способствовала достоверному повышению урожайности, в среднем по опыту, у отечественного гибрида на 2,8...4,3 т/га, относительно контрольного варианта (36,3 т/га), у иностранного гибрида – на 3,7...4,5 т/га (с 46,2 т/га).

Применение хелатного препарата на фоне безотвальной обработки почвы способствовало достоверному увеличению сбора корнеплодов отечественного гибрида, относительно контроля, на 4,1 т/га (12,0 %), гуматного – на 3,0 т/га (8,8 %); иностранного гибрида – на 3,4 т/га (7,4 %) и 4,1 т/га (8,9 %) соответственно. При некорневой подкормке хелатным препаратом на фоне отвальной обработки почвы прибавка урожая гибрида РМС 120 к контролю составила 4,4 т/га (11,5 %), гуматным – 2,5 т/га (6,5 %), гибрида Митика – 4,0 т/га (8,6 %) и 4,9 (10,6 %) соответственно.

Минимальный в опыте биологический сбор сахара отмечен в контрольном варианте у гибрида РМС 120 при безотвальной обработке (6,19 т/га), максимальный – у гибрида Митика при проведении подкормки гуматным препаратом на обоих фонах обработки (9,32...9,34 т/га) (табл. 3).

Средний сбор сахара в варианте с отечественным гибридом составил 6,92 т/га, с иностранным он был выше на 2,02 т/га. Средняя величина этого показателя на фоне отвальной обработки у гибрида РМС 120 была

равна 7,17 т/га, Митика – 8,94 т/га, при безотвальной обработке – 6,67 и 8,93 т/га соответственно.

Проведение некорневой подкормки хелатным препаратом способствовало увеличению сбора сахара, в среднем по опыту, на 0,91 т/га у отечественного гибрида и на 0,78 т/га – у иностранного, относительно соответствующих контролей (6,43 и 8,35 т/га). При подкормке гуматным препаратом отмечено повышение величины анализируемого показателя на 0,57 и 0,98 т/га соответственно.

Сочетание хелатного препарата и безотвальной обработки обеспечивало повышение сбора сахара у гибрида РМС 120, в сравнении с контролем, на 0,84 т/га (13,6 %), у гибрида Митика – на 0,70 т/га (8,3 %), а на фоне отвальной обработки – на 0,99 т/га (14,9 %) и 0,86 т/га (10,3 %) соответственно. Применение гуматного препарата на гибриде РМС 120 при безотвальной обработке обеспечивало увеличение биологического сбора сахара, в сравнении с контролем, на 0,60 т/га (9,7 %), на гибриде Митика – на 0,96 т/га (11,4 %), при отвальной – на 0,54 т/га (8,1 %) и 1,00 т/га (12,0 %) соответственно.

Гибрид Митика, в сравнении с РМС 120, в контрольном варианте с безотвальной обработкой почвы обеспечил сбор сахара выше на 2,19 т/га (35,4 %), при внесении хелатного препарата – на 2,05 т/га (29,2 %), гуматного – на 2,55 т/га (37,5 %). Отвальная обработка почвы способствовала росту величины этого показателя у гибрида Митика, относительно РМС 120, в контрольном варианте на 1,66 т/га (24,9 %), при использовании хелатного препарата – на 1,53 т/га (20,0 %), гуматного – на 2,12 т/га (29,4 %).

Увеличение продуктивности сахарной свеклы в результате листовой подкормки при различных системах обработки почвы, возможно, связано с интенсификацией

Табл. 4. Сахаристость гибридов сахарной свёклы в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019–2021 гг.), %

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Отвальная	РМС 120	17,34	17,88	17,61	17,61
	Митика	17,95	18,26	18,21	18,14
	среднее	17,64	18,07	17,91	17,87
Безотвальная	РМС 120	18,10	18,36	18,25	18,24
	Митика	18,22	18,38	18,63	18,41
	среднее	18,16	18,37	18,44	18,32
Среднее	РМС 120	17,72	18,12	17,93	17,92
	Митика	18,05	18,32	18,42	18,26
	среднее	17,88	18,22	18,17	18,09

НСР₀₅ для факторов: А – 0,22; В – 0,18; С – 0,15; частных различий – 0,30.

Табл. 5. Содержание мелассообразующих несахаров в корнеплодах гибридов сахарной свёклы в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019-2021 гг.)

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Содержание Na⁺, ммоль/100 г свёклы					
(НСР ₀₅ для факторов: А – 0,05; В – 0,05; С – 0,02; частных различий – 0,03)					
Отвальная	РМС 120	0,50	0,52	0,54	0,52
	Митика	0,46	0,57	0,54	0,52
	среднее	0,48	0,54	0,54	0,52
Безотвальная	РМС 120	0,39	0,37	0,40	0,39
	Митика	0,38	0,46	0,36	0,40
	среднее	0,38	0,41	0,38	0,39
Среднее	РМС 120	0,44	0,44	0,47	0,45
	Митика	0,42	0,51	0,45	0,46
	среднее	0,43	0,47	0,46	0,45
Содержание K⁺, ммоль/100 г свёклы					
(НСР ₀₅ для факторов: А – 0,08; В – 0,07; С – 0,05; частных различий – 0,05)					
Отвальная	РМС 120	3,69	3,98	3,77	3,81
	Митика	3,44	3,82	3,78	3,68
	среднее	3,56	3,90	3,77	3,74
Безотвальная	РМС 120	3,42	3,37	3,47	3,42
	Митика	3,00	3,62	2,78	3,13
	среднее	3,21	3,49	3,12	3,27
Среднее	РМС 120	3,55	3,67	3,62	3,61
	Митика	3,22	3,72	3,28	3,41
	среднее	3,38	3,69	3,45	3,51
Содержание α-аминного азота, ммоль/100 г свёклы					
(НСР ₀₅ для факторов: А – 0,04; В – 0,06; С – 0,04; частных различий – 0,05)					
Отвальная	РМС 120	1,56	2,04	1,69	1,76
	Митика	1,50	1,83	1,62	1,65
	среднее	1,53	1,93	1,65	1,70
Безотвальная	РМС 120	2,07	1,74	2,25	2,02
	Митика	1,47	1,52	1,36	1,45
	среднее	1,77	1,63	1,80	1,73
Среднее	РМС 120	1,81	1,89	1,97	1,89
	Митика	1,48	1,67	1,49	1,55
	среднее	1,64	1,78	1,73	1,72
Потери сахара в мелассе, %					
(НСР ₀₅ для факторов: А – 0,07; В – 0,04; С – 0,03; частных различий – 0,05)					
Отвальная	РМС 120	1,36	1,51	1,40	1,42
	Митика	1,31	1,45	1,39	1,38
	среднее	1,33	1,48	1,39	1,40
Безотвальная	РМС 120	1,43	1,35	1,48	1,42
	Митика	1,24	1,29	1,18	1,24
	среднее	1,33	1,32	1,33	1,33
Среднее	РМС 120	1,39	1,43	1,44	1,42
	Митика	1,27	1,34	1,28	1,30
	среднее	1,33	1,38	1,36	1,36

процесса фотосинтеза, оттока пластических веществ из листьев в корнеплод при одновременном усилении корневого питания растений [26].

Оценка продуктивности сахарной свёклы в опыте выявила, что наибольший эффект на отечественном гибриде независимо от способа обработки почвы обеспечивало применение хелатного препарата, на иностранном – на обоих фонах – гуматного препарата.

Технологические качества сахарной свёклы – комплекс её биологических, химических и физических особенностей, обуславливающих протекание технологических процессов ее переработки на сахарных заводах и выход кристаллического сахара.

При создании мощного ассимиляционного аппарата, чему в немалой степени способствуют микроудобрения, в листьях образуются растворимые углеводы, которые, превращаясь в транспортные формы, обеспечивают постоянный приток моносахаридов и сахарозы в корнеплоды. Поступление углеводов из листьев и интенсивность синтеза сахарозы в корнеплодах – это два главных фактора сахаронакопления в корнеплодах свёклы [27].

Технологическая оценка сахарной свёклы при уборке показала, что на фоне безотвальной обработки почвы сахаристость гибрида РМС 120 составила 18,10...18,38 %, Митика – 18,22...18,63 %, на фоне отвальной обработки

она была ниже – 17,34...17,88 и 17,95...18,26 % соответственно (табл. 4).

Различие по средней величине этого показателя между гибридами составило 0,34 %. На фоне отвальной обработки почвы оно достигало 0,53 %, при безотвальной не превышало 0,17 %. Наибольшая разница по сахаристости между гибридами определена при внесении гуматного препарата Биогумус – в среднем 0,49 %

Применение в посевах сахарной свёклы хелатного препарата Здравень-аква на фоне безотвальной обработки почвы привело к росту содержания сахара в корнеплодах гибрида РМС 120 на 0,26 %, гибрида Митика – на 0,16 %, относительно контролей (18,10 и 18,22 % соответственно). При внесении этого препарата на фоне отвальной обработки выявлено более интенсивное накопление сахарозы у обоих гибридов, в сравнении с безотвальной обработкой. Тем не менее, у отечественного гибрида величина этого показателя достоверно превысила контроль на 0,54 %.

При обработке вегетирующих растений препаратом Биогумус наибольшее увеличение сахаристости наблюдали у гибрида Митика на фоне безотвальной обработки почвы (0,41 %), тогда как при его внесении на фоне отвальной обработки величина этого показателя у обоих образцов превышала соответствующие контроли практически одинаково (на 0,23 и 0,26 %).

Сахаристость служит важным, но не единственным критерием качества сахарной свёклы. На полноту извлечения сахарозы из растительного сырья влияет содержание калия, натрия, α-аминного азота. При уборке минимальное в опыте количество K⁺ (2,78 ммоль/100 г) отмечено в варианте с применением гуматного препарата на фоне безотвальной обработки почвы у гибрида Митика, максимальное (3,98 ммоль/100 г) – у РМС 120 при внесении хелатного препарата на фоне отвальной обработки (табл. 5).

Некорневая подкормка вегетирующих растений хелатным препаратом на фоне безотвальной обработки почвы у гибрида РМС 120 привела к снижению содержания всех мелассообразователей (Na⁺ – на 5,1, K⁺ – на 1,5, α-аминного азота – на 15,9 %), относительно контрольного варианта и, соответственно, потерь сахарозы в мелассе на 0,08 %. У гибрида Митика, наоборот, отмечено увеличение количества Na⁺ – на 21,0, K⁺ – на 20,7, α-аминного азота – на 3,4 % и потерь сахара в мелассе на 0,05 %.

Действие гуматного препарата на фоне безотвальной обработки почвы приводило к повышению содержания мелассообразующих веществ (Na⁺ – на 2,6, K⁺ – на 1,5, α-аминного азота – на 8,7 %) у отечественного гибрида,

в сравнении с контролем, и, как следствие, к достоверному увеличению потерь сахара в мелассе на 0,05 %. У иностранного гибрида, напротив, выявлено снижение Na⁺ на 5,3 %, K⁺ – на 7,3, α-аминного азота – на 7,5 %, потерь сахара в мелассе – на 0,06 %.

Применение хелатного препарата при отвальной обработке почвы обеспечивало достоверное увеличение содержания всех исследуемых несахаров-мелассообразователей, в сравнении с соответствующими контролями, как у отечественного гибрида (Na⁺ – на 0,02, K⁺ – на 0,29, α-аминного азота – на 0,48 ммоль/100 г свёклы, или на 4,0, 7,9 и 30,8 % соответственно), так и у иностранного гибрида (на 0,08, 0,38 и 0,33 ммоль/100 г свёклы, или на 23,9, 11,0, 22,0 % соответственно). При этом потери сахара в мелассе у РМС 120 оказались достоверно выше на 0,15 %, у Митики – на 0,14 %. Аналогичная тенденция отмечена в вариантах с некорневой подкормкой растений гуматным препаратом в сочетании с отвальной обработкой почвы: повышение количества мелассообразующих веществ привело к росту потерь сахара в мелассе на 0,04 и 0,08 % соответственно, в сравнении с контролями.

Различия между величинами анализируемых показателей на фоне отвальной и безотвальной систем обработки составляли в среднем: по Na⁺ – 0,13, K⁺ – 0,47, α-аминному азоту – 0,03 ммоль/100 г свёклы.

При сравнении гибридов между собой по количеству мелассообразователей наибольшие в опыте различия выявлены на фоне с безотвальной обработкой почвы: по Na⁺ – в варианте с хелатным препаратом (0,09 ммоль/100 г свёклы или 24,3 %), по K⁺ и α-аминному азоту – с гуматным препаратом (0,69 ммоль/100 г свёклы или 20,0 %, 0,89 ммоль/100 г свёклы или 39,5 % соответственно). Во всех вариантах опыта иностранный гибрид Митика характеризовался меньшими потерями сахара в мелассе (в среднем, на 0,12 %).

Повышенное содержание несахаров в отечественном гибриде практически во всех опытных вариантах, возможно, объясняется тем, что этот сортообразец ко времени уборки ещё не достиг технической спелости, в сравнении с зарубежным гибридом, что подтверждается более высоким МБ-фактором (количество мелассы, которое получают на 100 частей сахара, вырабатываемого из этого сырья). У гибрида Митика величина этого показателя составляла в среднем 16,42, что ниже, чем у РМС 120, на 1,93 ед. Среднее значение МБ-фактора на фоне отвальной обработки было выше, по сравнению с безотвальной, на 1,51 ед. и достигало 18,14 (табл. 6).

Проведение некорневых подкормок способствовало повышению величины показателя технической спелости, относительно соответствующих контролей.

Табл. 6. Величина показателя технической спелости гибридов сахарной свёклы в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019–2021 гг.)

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Отвальная	РМС 120	18,16	19,65	18,41	18,74
	Митика	16,75	18,34	17,57	17,55
	среднее	17,45	18,99	17,99	18,14
Безотвальная	РМС 120	18,25	16,86	18,77	17,96
	Митика	15,52	16,03	14,35	15,30
	среднее	16,88	16,44	16,56	16,63
Среднее	РМС 120	18,20	18,25	18,59	18,35
	Митика	16,13	17,18	15,96	16,42
	среднее	17,16	17,71	17,27	17,38

НСР₀₅ для факторов: А – 0,30; В – 0,72; С – 0,16; частных различий – 0,07.

Табл. 7. Расчётные технологические показатели переработки корнеплодов гибридов сахарной свёклы в зависимости от некорневых подкормок и обработки почвы (2019–2021 гг.)

Система обработки почвы (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Микроудобрение (фактор С)			Среднее
		0	Здравень-аква	Биогумус	
Выход сахара, % (НСР ₀₅ для факторов: А – 0,42; В – 0,30; С – 0,15)					
Отвальная	РМС 120	14,98	15,37	15,21	15,19
	Митика	15,64	15,81	15,82	15,76
	среднее	15,31	15,59	15,51	15,47
Безотвальная	РМС 120	15,67	16,01	15,77	15,82
	Митика	15,98	16,09	16,45	16,17
	среднее	15,82	16,05	16,11	15,99
Среднее	РМС 120	15,32	15,69	15,49	15,50
	Митика	15,81	15,95	16,13	15,96
	среднее	15,56	15,82	15,81	15,73
Коэффициент извлечения сахара, % (НСР ₀₅ для факторов: А – 0,40; В – 0,35; С – 0,15)					
Отвальная	РМС 120	86,39	85,96	86,37	86,24
	Митика	87,13	86,58	86,87	86,86
	среднее	86,76	86,27	86,62	86,55
Безотвальная	РМС 120	86,57	87,20	86,41	86,73
	Митика	87,71	87,54	88,30	87,85
	среднее	87,14	87,37	87,35	87,29
Среднее	РМС 120	86,48	86,58	86,39	86,48
	Митика	87,42	87,06	87,58	87,35
	среднее	86,95	86,82	86,98	86,92

Так, при внесении хелатного препарата МБ-фактор в среднем возрастал на 0,55, гуматного – на 0,11 ед. Это, видимо, связано с тем, что элементы, входящие в состав применяемых микроудобрений, способствовали формированию большей ассимиляционной поверхности листьев и длительному ее сохранению в активном состоянии, улучшали углеводный обмен, что, в итоге, обеспечивало прибавку урожая корнеплодов. При этом в растениях в опытных вариантах продолжались физиологические процессы, что подтверждается повышенным содержанием несахаров-мелассообразователей, и, как следствие, большими величинами МБ-фактора.

Сложный химический состав сахарной свёклы и варьирование содержания её отдельных компонентов обуславливает специфику при переработке корнеплодов с достижением разного содержания сахара в мелассе, его выхода и извлекаемости ($K_{извл}$) из корнеплодов. Так, во всех вариантах прогнозируемый выход сахара у иностранного гибрида был выше, чем у отечественного. В среднем, отклонение составляло 0,46 % (табл. 7), при отвальной обработке разница между гибридами достигала 0,57 %, при безотвальной – 0,35 %.

Средний выход сахара при отвальной системе обработки почвы был достоверно (на 0,52 %) ниже, чем при безотвальной. В вариантах с некорневыми подкормками выход сахара у РМС 120 достигал 15,21...16,01 %, у Митика – 15,81...16,45 %, что на 0,10...0,39 и 0,11...0,47 % выше, в сравнении с соответствующими контрольными вариантами. Вероятно, это связано с ростом содержания сахара в корнеплодах обоих гибридов под действием такого технологического приема. При проведении некорневой подкормки растений препаратом Здравень-аква средняя величина этого показателя у РМС 120 возрастала на 0,37 %, у Митика – на 0,14 %, гуматным препаратом Биогумус – на 0,17 и 0,32 % соответственно.

Наибольший прогнозируемый выход сахара при переработке корнеплодов отмечен у обоих гибридов на фоне безотвальной обработки почвы: у РМС 120 – при внесении хелатного удобрения (16,01 %), у Митики – гуматного (16,45 %). Аналогичная тенденция отмечена и на фоне отвальной обработки, хотя величина этого показателя была несколько ниже, в сравнении с безотвальной системой обработки почвы.

Во всех вариантах опыта иностранный гибрид характеризовался лучшей извлекаемостью сахара: $K_{извл}$ в среднем составил 87,35, что на 0,87 % выше, в сравнении с отечественным гибридом. На фоне отвальной обработки почвы средний коэффициент извлечения сахара был на 0,38...1,10 % ниже, чем при безотвальной.

Лучшая извлекаемость сахарозы отмечена на фоне безотвальной обработки почвы у РМС 120 при подкормке хелатным препаратом, у Митики – гуматным: $K_{извл}$ был на 0,63 и 0,59 % выше значений соответствующих контролей, достигая уровня 87,20 и 88,30 %. Извлекаемость сахара в других экспериментальных вариантах была хуже соответствующих контролей. Отклонение среднего значения $K_{извл}$ при проведении подкормки вегетирующих растений сахарной свёклы хелатным препаратом составляло 0,13 %, гуматным – 0,03 %.

Таким образом, для успешной реализации генетического потенциала изучаемых гибридов сахарной свёклы эффективной комбинацией агроприёмов следует считать отвальную обработку почвы в сочетании с двукратной некорневой подкормкой при возделывании отечественного гибрида хелатным препаратом в дозе 1 л/га, иностранного гибрида – гуматным препаратом в аналогичной дозе.

Литература.

1. Балабанов В. И. Обзор инновационных разработок для опрыскивания и внесения удобрений // *Агротехника и технологии*. 2019. № 2. С. 20–21.

2. *Modelling and prediction of organic carbon dynamics in arable soils based on a 62-year field experiment in the voronezh region, european russia* / I. Husniev, V. Romanenkov, P. Krasilnikov, et al. // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. No. 10. P. 1607. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/10/1607> (дата обращения 12.01.2022). doi: 10.3390/agronomy10101607.
3. *The Effect of Farmyard Manure and Mineral Fertilizers on Sugar Beet Beetroot and Top Yield and Soil Chemical Parameters* / L. Hlisnikovský, L. Menšík, K. Krížová, et al. // *Agronomy*. 2021. Vol. 11 (1). P. 133. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/01/0133> (дата обращения 12.01.2022). doi: 10.3390/agronomy11010133.
4. *Sugar Beet Agronomic Performance Evolution in NW Spain in Future Scenarios of Climate Change* / L. F. Sánchez-Sastre, N. M. S. Alte da Veiga, N. M. Ruiz-Potosme, et al. // *Agronomy* 2020. Vol. 10 (1). P. 91. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/01/0091> (дата обращения 12.01.2022). doi: 10.3390/agronomy10010091.
5. Косякин П. А. Влияние применения внекорневых подкормок и основной обработки почвы на содержание азота, фосфора и калия в растениях сахарной свёклы // *Инновационные направления научных исследований в земледелии и животноводстве как основа развития сельскохозяйственного производства*. Белгород: ООО «Константа», 2021. С. 43–46.
6. Leilah A. A. A., Khan N. *Interactive Effects of Gibberellic Acid and Nitrogen Fertilization on the Growth, Yield, and Quality of Sugar Beet* // *Agronomy*. 2021. Vol. 11 (1). P. 137. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/01/0137> (дата обращения 12.01.2022). doi: 10.3390/agronomy11010137.
7. Рамазанов Р. Р., Назаренко Д. Ю., Пожарский В. Г. Инновационный элемент в технологии выращивания сахарной свёклы // *Сахарная свёкла*. 2017. № 3. С. 20–21.
8. Дроздова В. В., Булдыкова И. А., Шеуджен А. Х. *Агрохимическая оценка применения макро- и микроудобрений при возделывании сахарной свёклы в Западном Предкавказье* // *Плодородие*. 2019. № 1 (106). С. 8–11.
9. Сушков М. Д. Минеральное питание и листовая подкормка сахарной свёклы – залог высокого урожая // *Сахарная свёкла*. 2016. № 2. С. 19–22.
10. Минакова О. А., Косякин П. А., Александрова Л. В. *Эффективность различных видов подкормки сахарной свёклы в ЦЧР* // *Сахар*. 2019. № 3. С. 52–55.
11. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Кизинек С. В. *Агрохимические основы применения удобрений*. Майкоп: «Полиграф-Юг», 2013. 572 с.
12. Аристархов А. Н., Яковлева Т. А. *Агрохимическая и агроэкономическая эффективность применения борных удобрений разными способами под сахарную свёклу (*Beta vulgaris* L. var. *sacharifera* alef.)* // *Агрохимия*. 2019. № 2. С. 21–36.
13. Аканова Н. И., Визирская М. М. *Эффективные агрохимические средства повышения рентабельности растениеводства* // *Плодородие*. 2019. № 2 (107). С. 57–60.
14. Минакова О. А., Косякин П. А., Александрова Л. В. *Удобрение сахарной свёклы в Центрально-Черноземном районе РФ* // *Агрохимия*. 2022. № 1. С. 10–20.
15. *Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования* / Е. Ю. Гейгер, Л. Д. Варламова, В. В. Семёнов и др. // *Агрохимический вестник*. 2017. № 2. С. 29–32.
16. Путилина Л. Н., Косякин П. А., Лазутина Н. А. *Влияние микроудобрений в хелатной форме на технологическое качество и продуктивность сахарной свёклы в условиях ЦЧР* // *Сахар*. 2018. № 3. С. 42–45.
17. Жердецкий И. Н., Заришняк А. С., Ступенко А. В. *Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на продуктивность сахарной свёклы и содержание в ней микроэлементов* // *Агрохимия*. 2010. № 10. С. 20–27.
18. Аристархов А. Н., Яковлева Т. А. *Эффективность некорневых подкормок бором посевов сахарной свёклы на основных типах почв* // *Плодородие*. 2018. № 4 (103). С. 12–15.
19. *Общая информация о серии удобрений «Здравентурбо» Ваше хозяйство* // URL: https://www.vhoz.ru/catalog/tovary_dlya_sada_i_ogoroda/obshchaya-informatsiya-o-serii-udobreniy-zdraven-turbo/ (дата обращения 12.01.2022 г.).
20. *Органоминеральное удобрение Биогурумус для овощей и томатов Сила жизни*. URL: <https://silazhizni.ru/hobby/biogumus-dlya-ovoshey-i-tomatov> (дата обращения 12.01.2022 г.).
21. *Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть II. Агрохимикаты*. Издание официальное. М.: Минсельхоз России, 2019. 51 с.
22. Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
23. *Фотосинтетическая деятельность растений в посевах* / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмора и др. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 137 с.
24. Барштейн Л. А., Гизбуллин Н. Т. *Методика исследований на сахарной свёкле*. Киев: ВНИИСС, 1986. 262 с.
25. Вознесенская Т. Ю., Веревкина Т. М. *Влияние инновационных форм удобрений на нарастание листового аппарата и его фотосинтетическую деятельность* // *Плодородие*. 2018. № 6 (105). С. 9–12.
26. Пелагин Д. С., Мязин Н. Г. *Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и сахаристость корнеплодов сахарной свёклы на чернозёме выщелоченном* // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 12. № 2 (61). С. 13–21.
27. Ошкин В. А., Костин В. И., Смирнова Н. В. *Влияние некорневой подкормки на технологические качества корнеплодов* // *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*. 2016. № 1. С. 72–75.

Поступила в редакцию 17.03.2022
 После доработки 13.07.2022
 Принята к публикации 15.08.2022