

# Роль микроэлементных удобрений в повышении технологических качеств сахарной свёклы

**Е.В. ЖЕРЯКОВ**, канд. с/х наук (e-mail: zheryakov.e.v@pgau.ru)

**С.А. СЕМИНА**, д-р с/х наук (e-mail: seminapenza@rambler.ru)

**Ю.И. ЖЕРЯКОВА**, канд. с/х наук (e-mail: sherykova@mail.ru.ru)

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

## Введение

Формирование урожайности и качества сельскохозяйственной продукции – сложный физиолого-биохимический процесс, в основе которого лежит постоянное взаимодействие растительного организма и внешней среды. Для повышения урожайности и качества продукции необходима разработка технологических приёмов, позволяющих максимально реализовать потенциал генома, заложенного в сорте селекцией. Современные высокопродуктивные сорта и гибриды сахарной свёклы характеризуются интенсивным обменом веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая микроэлементы. Это важно не только для роста урожая, но и для повышения качества продукции растениеводства. Исследования, проведённые в нашей стране и за рубежом, показывают, что наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки, поскольку растениям требуются небольшие количества микроэлементов. Дозы удобрения при некорневых подкормках могут быть в 5–10 раз ниже доз, вносимых в почву [2]. При некорневой подкормке питательные элементы попадают непосредственно в ту часть растения, в которой, как правило, наиболее интенсивно протекают жизненные процессы, и именно там чаще

всего обнаруживается недостаток элементов питания [7].

В последние годы в качестве источника микроэлементов в сельхозпроизводстве используют хелаты и органические комплексы с повышенным содержанием микроэлементов. Их особенность заключается в том, что питательные элементы, попадая на листья, быстрее включаются в обменные процессы, что особенно важно при их недостатке в почве, наблюдающемся в критические периоды роста и развития растений [3, 5, 10]. Микроэлементные удобрения наряду с увеличением урожайности способствуют улучшению технологических свойств продукции. Ряд исследователей отмечают, что некорневая обработка вегетирующих растений сахарной свёклы растворами микроэлементов улучшает их технологические и экологические показатели. Заметно увеличивается содержание сахарозы, повышается доброкачественность нормального сока, снижаются потери сахара в мелассе и возрастает выход сахара с единицы площади [4, 6, 8, 9]. Чтобы снизить затраты на обработку, микроэлементные удобрения целесообразно смешивать с совместимыми пестицидами.

## Цель исследований

Цель настоящих исследований состояла в том, чтобы в условиях лесостепи Среднего Поволжья

определить наиболее перспективное микроэлементное удобрение для некорневой обработки посевов с целью улучшить технологические показатели качества корнеплодов сахарной свёклы разных генотипов. В задачи исследований входило выявление влияния некорневых подкормок микроэлементными удобрениями на сахаристость корнеплодов сахарной свёклы разных генотипов и накопление в корнеплодах мелассообразующих веществ.

## Методы и материалы

Исследования проводились в 2019–2021 гг. в условиях ООО «Красная Горка» Колышлейского района Пензенской области на чернозёме выщелоченном среднесуглинистом.

Полевой опыт был заложен в соответствии с общепринятыми методиками в четырёхкратной повторности по схеме:

– фактор А – микроэлементные удобрения:

1) контроль (без микроэлементных удобрений); 2) микроэлементное борсодержащее удобрение (В – 150 г/л) (0,5 л/га); 3) микроэлементное цинксодержащее удобрение (Zn – 70 г/л) (0,5 л/га); 4) микроэлементное молибденсодержащее удобрение (Мо – 80 г/л) (0,3 л/га); 5) микроэлементное марганецсодержащее удобрение (Mn – 55 г/л) (0,5 л/га);

– фактор В – гибрид сахарной свёклы: 1) РМС 121 (N-тип); 2) Предатор (E-тип); 3) БТС 590 (Z-тип).

В опыте использовали жидкие удобрения с микроэлементами в хелатной форме. Некорневая обработка микроэлементными удобрениями проводилась трижды за вегетацию: в фазе 4–6 пар листьев, 8–10 пар листьев и за 20 дней до уборки. В контроле проводили обработку водой. Учётная площадь делянки – 54 м<sup>2</sup>. Повторность четырёхкратная. Агротехника в опыте – принятая в хозяйстве. Сахарная свёкла возделывалась в паровом звене зернопаропропашного севооборота. Предшественник – озимая пшеница. Норма высева 120 тыс. шт/га. Общим фоном под культивацию вносили минеральные удобрения (N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>).

В корнеплодах определяли следующие показатели: сахаристость – методом холодного водного дигерирования (ГОСТ Р 53036-2008), содержание калия и натрия – потенциометрически, α-аминного азота – фотометрически. Стандартные потери сахара при образовании мелассы вычислялись по Брауншвейгской формуле и выражались в процентах. Содержание очищенного сахара вычисляли как разницу между сахаристостью и потерями сахара при экстракции.

**Результаты**

Некорневые подкормки сахарной свёклы микроэлементными удобрениями в целом позитивно сказывались на накоплении сахара в корнеплодах. Однако влияние их на растения культуры в зависимости от вида микроудобрения и года исследования имело особенности. Так, несмотря на меньшее абсолютное содержание сахара в корнеплодах в условиях 2019 г. (гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетацию 0,76), при не-

корневой подкормке микроудобрениями получен лучший стимулирующий эффект. Следует отметить, что бóльшие относительные прибавки получены у гибридов нормального и урожайного типов – от 10,8 до 16,4 % к контролю и лучшие результаты зафиксированы при применении микроэлементного удобрения, содержащего цинк. Гибрид сахаристого типа отзывался вдвое меньшими относительными прибавками – 3,4–8,4 %, но также с преимуществом обработки цинксодержащим удобрением (табл. 1).

Иная закономерность выявлена в 2020 г. при ГТК за вегетацию 1,07. На некорневые подкормки лучше реагировал повышением сахаристости гибрид БТС 590: при трёхкратной фолитарной обработке микроэлементным удобрением, содержащим цинк, абсолютная прибавка к контролю составила 2,64 %, а относительная – 13,8 %.

Остальные микроудобрения обеспечили относительный прирост 5,6–8,0 %. Гибриды урожайного и нормального типов слабо реагировали на улучшение обеспеченности микроэлементами приростом сахаристости корнеплодов. Относительно варианта с водой прирост получен 0,6–3,2 %, что больше контроля на 0,11–0,60 абс. %.

В условиях вегетации 2021 г. (ГТК 0,73) гибрид нормального типа РМС 121 в вариантах с микроудобрениями обеспечил увеличение содержания сахара на 0,66–0,77 абс. %, а относительный прирост сахаристости – на 4,1–4,8 %, за исключением обработки микроудобрением с марганцем, где получена относительная прибавка 1,1 %. Эта же закономерность прослеживается и в отношении гибрида урожайного типа Предатор. Несколько иначе реагировал на микроэлементные подкормки БТС 590. Листовая подкормка

*Таблица 1. Влияние микроэлементных удобрений на сахаристость корнеплодов сахарной свёклы (%)*

Микроэлементные удобрения (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Год		
		2019	2020	2021
Контроль	РМС-121	13,89	19,04	16,17
Бор		15,76	19,48	16,88
Цинк		16,11	19,64	16,94
Молибден		15,55	19,24	16,83
Марганец		15,21	19,41	16,35
Контроль	Предатор	13,09	18,90	15,49
Бор		14,81	19,36	16,14
Цинк		15,24	19,48	16,27
Молибден		14,54	19,23	16,11
Марганец		14,50	19,01	15,94
Контроль	БТС 590	17,96	19,13	16,79
Бор		18,82	20,66	17,25
Цинк		19,46	21,77	17,80
Молибден		18,68	20,41	17,03
Марганец		18,57	20,20	16,98
НСР <sub>05</sub> по фактору А	–	0,16	0,19	0,17
НСР <sub>05</sub> по фактору В	–	0,20	0,24	0,22
НСР <sub>05</sub> по факторам АВ	–	0,35	0,42	0,38

микроудобрением с цинком способствовала росту сахаристости корнеплода на 1,01 абс. %, что составляет 6,0 % к контролю. От обработки борсодержащим удобрением прибавка получена вдвое меньше. Молибден- и марганецсодержащие удобрения по действию были практически равноценны и обеспечили рост сахаристости на 0,19–0,24 абс. %, или 1,1–1,4 % к контролю.

В среднем за три года исследований фолиарная обработка микроэлементными удобрениями способствовала увеличению сахаристости корнеплода на 0,62–1,00 абс. % при возделывании гибрида РМС 121, на 0,65–1,17 абс. % – гибрида Предатор и 0,62–1,72 абс. % – гибрида БТС 590 (см. рис.). Значимых различий относительных прибавок по вариантам с микроудобрениями не выявлено, оно варьировало от 3,4 до 6,1 %. Отмечено лишь небольшое преимущество обработки микроудобрением с цинком, позволившее увеличить сахаристость на 1,17–1,72 абс. %, что составляет в относительном выражении к контролю 7,3–9,6 %.

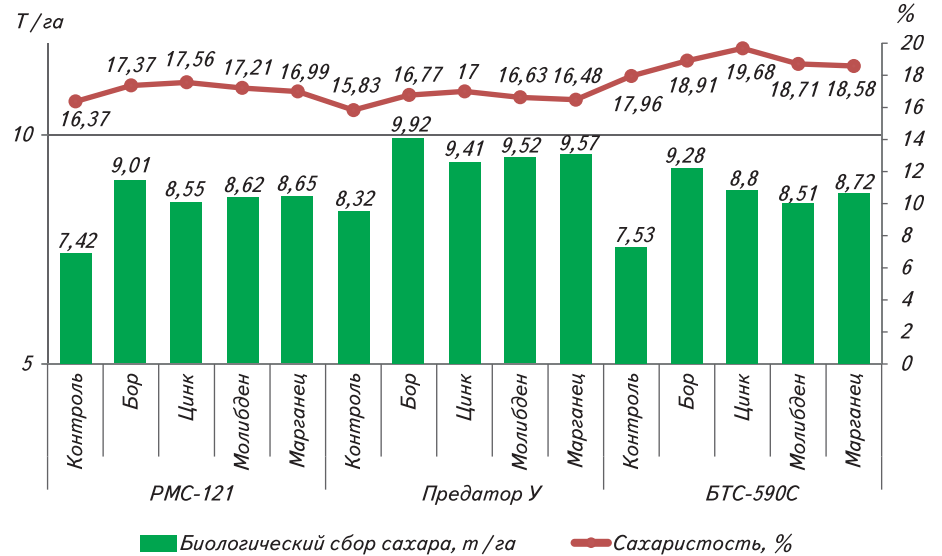
Эффективность свекловичного производства характеризуется сбором сахара с 1 га. Анализ учётов показал, что в среднем за годы проведения эксперимента наиболее перспективной по влиянию на биологический сбор сахара является некорневая обработка борсодержащим удобрением, способствующая увеличению сбора сахара на 1,59–1,75 т/га, или 19,2–23,2 % по отношению к контролю. Листовая обработка другими микроэлементными удобрениями была примерно равноценной, прирост к варианту с водой составил 13,0–16,9 % (0,98–1,27 т/га) и слабо варьировал в зависимости от генотипа гибрида и вида микроудобрения. Но следует отметить, что рост биологического сбора

сахара с единицы площади в большей степени зависел от урожайности.

Увеличение выхода сахара из корнеплодов наряду с повышением их сахаристости возможно путём снижения содержания мелассобразующих веществ. Анализ показал, что наибольшее содержание калия в корнеплодах сахарной

свёклы было отмечено у гибрида урожайного типа Предатор, а наименьшее – у отечественного гибрида нормального типа РМС 121 (табл. 2). Согласно полученным данным, применение микроэлементных удобрений способствовало увеличению содержания калия.

Наиболее негативное влияние оказала листовая обработка



Влияние микроэлементных удобрений на сахаристость корнеплодов и биологический сбор сахара: средние показатели за 2019–2021 гг.

Таблица 2. Содержание основных растворённых несхаристых веществ в корнеплодах сахарной свёклы (среднее за 2019–2021 гг.)

Микроэлементные удобрения (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Содержание, ммоль / 100 г свёклы		
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	α-аминоазот
Контроль	РМС 121	1,66	3,95	1,26
Бор		0,93	4,47	1,02
Цинк		0,79	4,40	1,03
Молибден		0,94	4,00	1,12
Марганец		1,57	4,30	1,29
Контроль	Предатор	2,16	4,15	1,54
Бор		0,94	4,30	0,83
Цинк		0,95	4,37	1,04
Молибден		1,01	4,39	1,56
Марганец		1,20	4,33	1,41
Контроль	БТС 590	0,94	4,04	1,30
Бор		0,78	4,07	0,96
Цинк		1,43	4,29	1,82
Молибден		1,03	4,48	1,60
Марганец		0,83	4,10	1,60

гибрида нормального типа РСМ 121, где отмечено превышение контроля по этому показателю на 0,35–0,52 ммоль/100 г (8,9–13,2 %), за исключением варианта с применением молибденового удобрения. Гибрид урожайного типа Предатор независимо от вида микроэлементного удобрения практически одинаково реагировал увеличением содержания калия в корнеплодах, по отношению к контролю прирост составил 0,15–0,24 ммоль/100 г (3,4–5,8 %). В посевах гибрида сахаристого типа БТС 590 отмечена несколько иная закономерность. Так, при листовой обработке удобрениями, содержащими бор и марганец, наметилась слабая тенденция накопления калия – на 0,03–0,06 ммоль/100 г. При применении цинксодержащего удобрения прибавка составила 0,25 ммоль/100 г, а в варианте с молибденовым микроудобрением она почти вдвое больше. Микроэлементные удобрения способствовали снижению накопления такого мелассообразователя, как натрий. Причём больший положительный эффект отмечен у гибрида урожайного типа Предатор, в котором содержание натрия снизилось в 1,8–2,3 раза по сравнению с контролем. Этот же тренд выявлен и для РСМ 121. Гибрид сахаристого типа проявил толерантность к накоплению натрия при применении бор- и марганецсодержащего удобрений, а микроудобрения с цинком и молибденом, наоборот, усиливали его поглощение.

Все изучаемые микроудобрения оказали влияние на накопление α-аминоазота, однако оно было неоднозначным в зависимости от генотипа гибрида. Так, применение борсодержащего удобрения способствовало значительному (на 0,24–0,71 ммоль/100 г сырой массы) снижению α-аминоазота в корнеплодах всех гибридов.

Микроудобрение с цинком способствовало снижению накопления α-аминоазота в корнеплодах гибридов нормального и урожайного типов, но приводил к резкому увеличению (на 0,52 ммоль/100 г сырой массы) его количества в корнеплодах гибрида сахаристого типа. Эта же тенденция прослеживается и при листовой обработке микроудобрением с молибденом. Марганецсодержащее удобрение способствовало снижению накопления α-аминоазота в корнеплодах гибрида Предатор, но отмечен его рост в корнеплодах гибридов РСМ 121 и БТС 590.

Некорневая подкормка гибрида РСМ 121 микроэлементами снижала прогнозируемые потери сахара при переработке корнеплодов сахарной свёклы (табл. 3), однако в варианте с марганецсодержащим удобрением отмечена тенденция роста потерь сахара с мелассой. А для гибрида сахаристого типа БТС 590 это справедливо лишь при некорневой обработке удобрением с бором. Все другие микроудобре-

ния стимулировали образование инвертного сахара и увеличивали его потери при экстракции.

Гибрид урожайного типа Предатор реагировал снижением потерь сахара при экстракции во всех вариантах с микроэлементными удобрениями, а лучший результат получен в варианте с борсодержащим удобрением; наибольший прогнозируемый (расчётный) выход сахара на заводе получен также в этом варианте – 8,06–8,89 т/га, что превышает контроль на 22,1–25,1 %. По другим микроудобрениям прибавка к контролю составила 12,8–17,4 %.

**Выводы**

Некорневая обработка микроэлементами удобрениями способствовала увеличению сахаристости корнеплода на 0,62–1,00 абс. % при возделывании гибрида нормального типа РСМ 121, на 0,65–1,17 абс. % – гибрида урожайного типа Предатор и на 0,62–1,72 абс. % – гибрида сахаристого типа БТС 590, отмечалось

Таблица 3. Прогнозируемый выход сахара (среднее за 2019–2021 гг.)

Микроэлементные удобрения (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Прогнозируемые потери сахара в мелассе, %	Прогнозируемый выход сахара, %	Прогнозируемый выход сахара, т/га
Контроль	РСМ 121	2,06	14,31	6,57
Бор		1,97	15,40	8,06
Цинк		1,95	15,61	7,66
Молибден		1,94	15,27	7,71
Марганец		2,09	14,90	7,66
Контроль	Предатор	2,21	13,62	7,28
Бор		1,91	14,86	8,89
Цинк		1,97	15,03	8,41
Молибден		2,10	14,52	8,41
Марганец		2,08	14,40	8,45
Контроль	БТС 590	1,99	15,97	6,70
Бор		1,89	17,02	8,38
Цинк		2,20	17,47	7,84
Молибден		2,13	16,58	7,56
Марганец		2,06	16,53	7,78

небольшое преимущество обработки микроудобрением с цинком. По влиянию на биологический сбор сахара наиболее перспективной является некорневая обработка борсодержащим микроудобрением, способствующая увеличению этого показателя на 19,2–23,2 %. Некорневая подкормка микроэлементными удобрениями стимулировала накопление калия, но снижала содержание натрия в корнеплодах. В вариантах с борсодержащим микроудобрением для всех изучаемых гибридов прослеживается значительное снижение  $\alpha$ -аминоазота.

Список литературы

1. Булдыкова, И.А. Влияние микроудобрений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свёклы // И.А. Булдыкова, А.Х. Шеуджен // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 98 (04). – С. 1–11.

2. Бэлл, Р.В. Роль микроэлементов в устойчивом производстве продовольствия, кормов, волокна и биоэнергии / Р.В. Бэлл, Б. Дэлл ; пер. с англ. – М. : Международный институт питания растений, 2017. – 244 с.

3. 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.

4. Даутова, З.Ф. Химический состав корнеплода сахарной свёклы / З.Ф. Даутова, Р.Р. Алимгафаров // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 9. – С. 12–13.

5. Жеряков, Е.В. Продуктивность гибридов сахарной свёклы при применении комплексного водорастворимого минерального удобрения «Акварин-5» / Е.В. Жеряков // Нива Поволжья. – 2013. – № 4 (29). – С. 8–13.

6. Минакова, О.А. Эффективность различных видов подкормки сахарной свёклы в ЦЧР / О.А. Минакова, П.А. Косякин, Л.В. Александрова // Сахар. – 2019. – № 3. – С. 52–55.

7. Новичихин, А.М. Эффективность применения современных агропрепаратов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / А.М. Новичихин, Н.В. Щеглов // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2015. – № 3. – С. 40–47.

8. Путилина, Л.Н. Влияние микроудобрений в хелатной форме

на технологическое качество и продуктивность сахарной свёклы в условиях ЦЧР / Л.Н. Путилина, П.А. Косякин, Н.А. Лазутина // Сахар. – 2018. – № 3. – С. 42–45.

9. Путилина, Л.Н. Формирование технологического качества корнеплодов сахарной свёклы под действием внекорневых подкормок / Л.Н. Путилина, Д.С. Гаврин, Н.Г. Кульнева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 1. – С. 49–58.

10. Семина, С.А. Влияние препаратов с микроэлементами на морфобиометрические показатели и урожайность кукурузы / С.А. Семина, И.В. Гаврюшина // Агрохимический вестник. – 2017. – № 6. – С. 43–46.

**Аннотация.** Изучение влияния некорневой обработки микроэлементными удобрениями выявило, что она способствует повышению сахаристости корнеплода на 0,62–1,00 абс. % при возделывании гибрида нормального типа РМС 121, на 0,65–1,17 абс. % – гибрида урожайного типа Предатор и 0,62–1,72 абс. % – гибрида сахаристого типа БТС 590. Наиболее перспективной является некорневая обработка борсодержащим удобрением, способствующая повышению биологического сбора сахара на 19,2–23,2 %. Листовая подкормка микроэлементными удобрениями стимулировала накопление калия, но снижала содержание натрия в корнеплодах. В вариантах с борсодержащим удобрением для всех изучаемых гибридов прослеживается значительное снижение  $\alpha$ -аминоазота.  
**Ключевые слова:** микроэлементные удобрения, сахарная свёкла, некорневая обработка, сахаристость, сбор сахара.

**Summary.** The current research on the effect of foliar treatment with microelement fertilizers revealed that foliar treatment with microelement fertilizers could increase the sugar content of the root crop by 0.62–1.00 % when cultivating the normal type hybrid РМС 121, by 0.65–1.17 % with the yield type hybrid Predator, and by 0.62–1.72 % with the sugar type hybrid БТС 590. The most efficient is the foliar treatment of boron-containing fertilizer, which could increase the biological yield of sugar by 19.2–23.2 %. Foliar treatment with microelement fertilizers influenced on the accumulation of potassium, but reduced the sodium content in root crops. In experiments with boron-containing fertilizer for all the hybrids, examined in the current research, a significant decrease in  $\alpha$ -amino nitrogen was observed.

**Keywords:** micronutrient fertilizers, sugar beet, foliar treatment, sugar content, sugar yield.