

DOI 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46

УДК 633.63:631.559:631.8

Гаврин Д. С., Бартенев И. И., Нечаева О. М.

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ И
ВНЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА УРОЖАЙ
СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, ЕГО СТРУКТУРУ И КАЧЕСТВО**

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

Реферат. Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) является одной из важнейших технических культур, основным сырьем для получения сахара – продукта стратегического значения, широко используемого в пищевой и фармацевтической промышленности. Поэтому особую важность имеет обеспечение отечественного свекловодства семенами отечественных гибридов, конкурентоспособных с лучшими зарубежными. Цель исследований – изучение влияния основного минерального удобрения и микроэлементов бора и цинка на величину урожая семян сахарной свеклы, его структуру и показатели качества. Место проведения исследований – опытные поля ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова», расположенные в зоне неустойчивого увлажнения Центрально-Черноземного региона в северо-западной части Воронежской области (п. Рамонь). Почва опытных участков представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым со средним содержанием гумуса 4,5%. Полевые опыты закладывали в 2018–2020 гг. в соответствии с методикой Б. А. Доспехова. Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) фон основного удобрения N₁₆₀P₁₆₀K₁₆₀, 3) двукратная внекорневая подкормка семенных растений 0,1% раствором смеси борной кислоты и сульфата цинка до фазы цветения, 4) фон + внекорневая подкормка. Лабораторные анализы качества семян проводили в соответствии с ГОСТ 22617.2-94. Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии фона основного удобрения N₁₆₀P₁₆₀K₁₆₀, который обеспечил прибавку урожайности к контролю 0,53 т/га (45,3%). Значительно повысились и посевные качества семян: энергия прорастания в среднем на 10,3% абс., всхожесть – на 9,8% абс., доброкачественность – на 5,4% абс. Внекорневая подкормка микроэлементами влияния на урожайность практически не оказала, однако обеспечила увеличение показателей посевных качеств семян: энергии прорастания в среднем на 3,3% абс., всхожести – на 4,7% абс., доброкачественности – на 4,6% абс. Выявлена также прямая зависимость величины урожая семян от слагающих его элементов структуры: количества продуктивных побегов, их высоты и обсемененности на единице длины – коэффициент корреляции (r) для всех трех парных зависимостей величин составил 0,99.

Ключевые слова: сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.), семенные растения, семена, структура урожая, посевные качества, основное удобрение, микроэлементы, внекорневая подкормка.

Для цитирования: Гаврин Д. С., Бартенев И. И., Нечаева О. М. Влияние основного минерального удобрения и внекорневых подкормок микроэлементами на урожай семян сахарной свеклы, его структуру и качество // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 35–46. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46.

For citation: Gavrin D. S., Bartenev I. I., Nechaeva O. M. Influence of basic mineral fertilizer and foliar feeding with microelements on sugar beet seed yield, structure and quality // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 3(27). P. 35–46. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46.

Введение

Семеноводство сахарной свеклы – энергоемкая и затратная отрасль, что связано в большой мере с устранением негативного влияния факторов окружающей среды на рост и развитие растений первого и второго года жизни. Вместе с тем, рентабельность и конкурентоспособность семеноводства в плане получения высококачественного посевного материала можно повысить за счет максимальной реализации биологического потенциала культуры. Одним из направлений решения этого вопроса является применение научно обоснованной сбалансированной системы питания растений, включающей внесение минеральных, органических удобрений и комплекса корневых и внекорневых подкормок, в том числе микроэлементами.

Урожайность семян сахарной свеклы зависит от типа куста семенных растений, определяющего количество продуктивных стеблей, а также их высоты и обсемененности (количества завязавшихся семян на единице длины цветоносного побега), массы семян. Важнейшими показателями качества семян являются: доля посевных фракций в заготавливаемом ворохе (4,5–5,5 и 3,5–4,5 мм), энергия прорастания, лабораторная всхожесть и доброкачественность, которые нормируются действующим в РФ ГОСТ 32066-2013. Энергия прорастания характеризует начальную ростовую активность семян и предопределяет формирование дружных и выровненных всходов в полевых условиях. Доброкачественность семян – интегральный показатель, определяющий максимально возможный процент всхожести сортообразца, и рассчитывается как отношение числа всхожих семян к числу выполненных. Выполненными, согласно ГОСТ 22617.2-94, считают семена (плоды) с наличием нормально развитого зародыша и перисперма с достаточным количеством запасных веществ.

Оптимальные дозы макроэлементов (NPK), внесенные в почву осенью под вспашку в качестве основного минерального удобрения, позволяют увеличить сбор семян сахарной свеклы до 62 %, энергию прорастания и всхожесть семян – на 3,5–6,0 % абс., выполненность и доброкачественность – на 3,3–4,5 % абс., а также повысить массу 1000 плодов до 10 % [1].

Значительную роль в повышении урожайности и качества семян различных культур, в том числе и сахарной свеклы, играют микроэлементы, являясь, наряду с макроэлементами, незаменимыми элементами питания растений. Как правило, микроэлементы вносят внекорневым способом, при котором, проникая в растения через листовую поверхность, они оперативно включаются в процессы метаболизма. Ранее проведенными исследованиями установлено, что внекорневые подкормки специализированными препаратами, содержащими микроэлементы, повышают урожайность зерновых и зернобобовых культур на 6,4–14,5 % [2–5]. В опытах на семеноводческих посевах люцерны установлена особая важность отдельных микроэлементов, таких как бор и цинк – их внесение в подкормку увеличило урожайность семян на 75,0 и 28,1 % соответственно, среднюю массу семян – на 63,4 и 23,6 % [6].

Внекорневые подкормки фабричных посевов сахарной свеклы изучены в достаточной степени: отмечено повышение урожайности корнеплодов до 20,0–26,0 %, сахаристости – на 0,7–1,0 % по сравнению с вариантами без подкормок [7–10]. Вопрос применения микроэлементов в семеноводстве сахарной свеклы освещен в литературе в меньшей степени. Однако имеющиеся данные позволяют судить о том, что комплексные микроудобрения, будучи внесенными способом внекорневой подкормки перед фазой цветения семенных растений, позволяют увеличить

урожайность семян до 30 %, всхожесть – на 4,0–8,0 % абс., массу 1000 плодов – на 0,6–1,0 г [11–13].

Таким образом, имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о высокой важности для успешного формирования семян сельскохозяйственных культур, в том числе и сахарной свеклы, дополнительных подкормок микроэлементами, прежде всего бором и цинком. Так, бор является незаменимым элементом, участвующим в процессах развития генеративных органов. Цинк участвует в регуляции ростовых процессов (синтез ростовых гормонов), усиливает засухоустойчивость растений. В почвах ЦЧР отмечают достаточное содержание подвижного бора, но его доступность могут сильно снижать факторы засухи, известкования почв, внесения повышенных доз азотных и калийных удобрений. В последние годы часто фиксируют недостаток цинка в почвах стран СНГ, в том числе и зоны ЦЧР РФ, доступность которого также снижается из-за известкования почв, высокого содержания карбонатов, высоких доз азотных и фосфорных удобрений [14–16]. Поэтому изучение влияния внекорневых подкормок семенных растений сахарной свеклы микроэлементами бором и цинком, наряду с основным минеральным удобрением, на урожайность и посевные качества семян представляется актуальным и целесообразным.

Цель исследований – изучение влияния основного минерального удобрения и микроэлементов бора и цинка на величину урожая семян сахарной свеклы, его структуру и показатели качества.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводили на опытных полях ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова», расположенных в зоне неустойчивого увлажнения Центрально-Черноземного региона в северо-западной части Воронежской области (п. Рамонь) в 2018–2020 гг. Опыты закладывали по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений);
2. Фон основного минерального удобрения $N_{160}P_{160}K_{160}$;
3. Внекорневая подкормка H_3BO_3 (0,15 кг/га) + $ZnSO_4$ (0,15 кг/га) двукратно – в фазы стеблевания и бутонизации семенных растений;
4. Фон основного минерального удобрения $N_{160}P_{160}K_{160}$ + внекорневая подкормка H_3BO_3 (0,15 кг/га) + $ZnSO_4$ (0,15 кг/га) двукратно – в фазы стеблевания и бутонизации семенных растений.

Объект исследований – формирование урожая семян сахарной свеклы и их посевных качеств. Предмет исследований – семенные растения МС-компонента отечественного гибрида сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) РМС-127, посаженные по схеме 70 × 70 см маточными корнеплодами массой 150–300 г с соотношением количества растений МС-компонента и опылителя – 4:1. Таким образом, количество высаженных растений МС-компонента без учета опылителя и технологических пропусков составляло, в пересчете на 1 га по приведенной ниже формуле, 16336 корнеплодов.

$$N = (S_{га} \times n \times k) / 0,7$$

Где N – количество растений на 1 га;

$S_{га}$ – площадь 1 га, м² (10000);

0,7 – ширина междурядий, м;

n – количество высаженных корнеплодов на 1 м ряда, шт. (1,43);

k – площадь, занятая растениями МС-формы, в долях единицы (0,75).

Почва участков опыта представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым со следующими агрохимическими показателями: содержание

гумуса – 4,2–4,7 %, рН водной вытяжки – 6,1–6,3, обеспеченность подвижными формами P_2O_5 и K_2O – 95,6–112,4 и 143,5–155,8 мг/кг почвы соответственно. Содержание гумуса в почве определялось по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); рН водной вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85); подвижные формы фосфора и калия – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91).

Предшественником семенных растений сахарной свеклы служил черный пар. В качестве основного минерального удобрения осенью под вспашку вносили нитроаммофоску марки 16:16:16 из расчета 1 т/га. Площадь учетной делянки составляла 25 м², повторность опыта четырехкратная. Ручную посадку осуществляли в 2018 г. во второй декаде, а в 2019 и 2020 гг. – в третьей декаде апреля. Внекорневые подкормки проводили 0,1 % раствором смеси борной кислоты (H_3BO_3) и сульфата цинка ($ZnSO_4$) ранцевым опрыскивателем с расходом рабочего раствора 300 л/га двукратно – в фазы развитого стеблевания и начала бутонизации растений. Перед срезкой семенных растений учитывали показатели структуры урожая: тип куста, количество продуктивных стеблей на растении, высота стеблей, обсемененность на 10-ти сантиметровой отрезке стебля. Срезали семенные растения серпами, сушили в валках в течение нескольких дней и затем обмолачивали комбайном «Сампо-500» в первой–второй декадах августа. После обмола полученный ворох семян проходил первичную очистку на семяочистительной машине – «горке», представляющей собой наклонное движущееся полотно, которое за счет силы трения разделяет легковесные растительные остатки и более тяжелые семена. Продолжительность вегетационного периода семенных растений, таким образом, составляла 100–110 дней. Определение посевных характеристик семян в лабораторных условиях проводили с использованием следующего оборудования: набор лабораторных сит с соответствующими диаметрами отверстий для фракционирования семян сахарной свеклы, весы ВЛ-500, термостат суховоздушный ТСО-200, закрытые пластиковые контейнеры для проращивания семян. Закладку опытов, полевые наблюдения, лабораторные анализы и математическую обработку данных проводили согласно специализированным методикам [17, 18].

Метеорологические условия за период исследований характеризовались в основном близкими к климатической норме региона значениями, растения развивались в условиях достаточной обеспеченности теплом, однако выпадение осадков по декадам было довольно неравномерным. Начальный период вегетации (май – начало июня) в годы исследований характеризовался достаточной обеспеченностью влагой, что способствовало образованию у семенных растений хорошо развитых цветоносных побегов. Для величины и качества будущего урожая семян сахарной свеклы особую важность имеют погодные условия в фазе цветения, которая, в условиях ЦЧР при традиционной высадочной культуре с весенней посадкой маточных корнеплодов, приходится в среднем на III декаду июня и I декаду июля. В этот период желательны умеренные температуры воздуха и достаточные условия увлажнения с ГТК Селянинова – 1,3–1,6. Важно также обеспечение растений влагой и в фазе налива семян (II–III декады июля). Однако в эти сроки часто наблюдали дефицит осадков на фоне жаркой погоды. Созревание семян свеклы и их уборка лучше всего проходит в жарких и сухих условиях, которые, как правило, всегда складываются в условиях ЦЧР в конце июля – начале августа. Так, 2018 и 2019 гг. характеризовались относительной равномерностью выпадения осадков за вегетационный период, но в 2020 г. основная масса осадков выпала в первую половину вегетации (до II декады июня), дальнейшее же развитие растений проходило в довольно засушливых условиях вплоть до уборки (таблица 1).

В среднем за вегетационный период в 2018 г. ГТК составил 1,0 (неустойчивое увлажнение); в 2019 г. – 1,1 (неустойчивое увлажнение); в 2020 г. – 0,9 (недостаточное увлажнение).

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований

Показатель	Декада											За период вегетации
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	
	апрель	май			июнь			июль			август	
2018 г.												
T, °C*	11,6	21,1	16,4	17,3	14,9	19,7	22,5	20,6	22,1	23,2	22,0	2114
R, мм**	32,2	0,0	40,5	10,5	9,9	3,6	21,9	18,7	21,9	38,4	14,8	212
ГТК***	2,8	0,0	2,5	0,6	0,7	0,2	1,0	0,9	1,0	1,6	0,7	1,0
2019 г.												
T, °C	14,2	15,2	16,8	19,2	22,4	22,3	21,9	18,5	18,9	20,2	17,2	2068
R, мм	3,4	27,2	52,1	12,6	0,8	9,1	2,3	57,1	2,3	40,5	12,8	220
ГТК	0,2	1,8	3,1	0,7	0,0	0,4	0,1	3,1	0,1	2,0	0,7	1,1
2020 г.												
T, °C	10,2	14,6	11,9	13,7	19,2	23,7	21,1	24,2	20,0	21,6	20,7	2009
R, мм	5,7	25,4	25,1	24,5	43,1	8,5	11,0	24,7	1,6	2,6	6,6	179
ГТК	0,6	1,7	2,1	1,8	2,2	0,3	0,5	1,0	0,1	0,1	0,3	0,9

Примечание. * температура воздуха, ** сумма осадков, *** гидротермический коэффициент Селянинова ($ГТК = \Sigma T / R \times 10$).

Результаты и их обсуждение

При определении показателей структуры урожая перед срезкой семенных растений отмечено, что в опыте преобладали типы кустов с наличием одинаково развитых цветоносных побегов (III-й тип) и с ярко выраженным центральным побегом и наличием менее развитых боковых побегов (II-й тип). Это связано с использованием для посадки относительно крупных маточных корнеплодов (150–300 г). Первый же тип куста, характеризующийся одним центральным цветоносным побегом, формируется преимущественно на мелких корнеплодах-штеклинках (<100 г).

Количество цветоносных побегов (продуктивных стеблей) в среднем за годы исследований заметно увеличилось на фоне основного удобрения – 14,8 шт. относительно контроля (8,6 шт.). Возрастание их количества связано с пробуждением большего количества почек на головках корнеплодов при оптимальном обеспечении растений элементами основного минерального питания. Увеличилась от действия основного удобрения и высота куста, составив 105,1 см против 85,6 см в контроле, что связано с более интенсивным ростом стеблей.

Обсемененность (количество семян на 10 см цветоносного побега) составила 24,5 шт. семян на удобренном фоне и 15,8 шт. без основного удобрения, что объясняется развитием большего количества цветков на побегах, лучшим их оплодотворением и большим процентом завязавшихся плодов при оптимальном питании растений (таблица 2). Что касается внекорневых подкормок микроэлементами, то их влияние на элементы структуры урожая было незначительно, так как их проводили в фазы стеблевания и бутонизации, когда кусты семенных растений в основном уже сформировались.

Сравнение величины урожая семян, полученного после срезки, обмолота растений и первичной очистки вороха, с рассмотренными выше элементами его структуры, обнаруживает прямую взаимосвязь. Так, коэффициенты корреляции (r)

между урожайностью и количеством продуктивных побегов, высотой растений, количеством семян на 10 см побега для всех трех парных зависимостей величин составил 0,99 (тесная положительная достоверная связь).

Таблица 2 – Элементы структуры урожая семян сахарной свеклы в зависимости от основного удобрения и внекорневых подкормок (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Тип куста, %			Количество побегов, шт.	Высота растений, см	Количество семян на 10 см побега, шт.	Количество продуктивных растений, тыс. шт./га	Продуктивность одного растения, г
	I	II	III					
1. Контроль	5,0	66,5	28,5	8,6	85,6	15,8	15,84	73,86
2. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	10,0	60,0	30,0	14,8	105,1	24,5	16,01	106,18
3. Микроэлементы	8,5	62,0	29,5	9,0	86,3	16,2	15,78	75,41
4. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀ + микроэлементы	9,5	65,0	25,5	15,2	105,2	24,6	15,97	107,70
НСР ₀₅	-	-	-	6,1	12,5	5,8	-	-

Урожайность семян на фоне основного минерального удобрения (варианты № 2 и № 4) составила в среднем за три года 1,70–1,72 т/га, что на 0,53–0,54 т/га (45,3–46,2 %) выше контроля и является статистически достоверным. В этом же варианте, как было рассмотрено выше, наблюдали большие, в сравнении с контролем и вариантом внесения одних микроэлементов, величины показателей элементов структуры урожая. При этом эффект от внекорневой подкормки микроэлементами не превышал статистически значимый уровень как на фоне без основного удобрения, так и с ним. Что касается варьирования урожайности по годам исследований, то значительно меньший ее показатель в сравнении с 2018–2019 гг. наблюдался в условиях 2020 г., что объясняется засушливыми условиями второй половины вегетации этого сезона (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность семян сахарной свеклы в зависимости от основного удобрения и внекорневых подкормок

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га				Прибавка, %			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
1. Контроль	1,21	1,18	1,13	1,17	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	1,80	1,75	1,55	1,70	0,59	0,57	0,42	0,53	48,8	48,3	37,2	45,3
3. Микроэлементы	1,23	1,20	1,15	1,19	0,02	0,02	0,02	0,02	1,65	1,69	1,77	1,71
4. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀ + микроэлементы	1,81	1,76	1,56	1,72	0,60	0,58	0,43	0,54	49,6	49,2	38,1	46,2
НСР ₀₅	0,10	0,09	0,06	0,08								

Анализ фракционного состава вороха выращенных семян свидетельствует об увеличении доли семян крупной посевной фракции (4,5–5,5 мм) в вариантах с фоном основного удобрения – на 12,1–13,2 % абс. к контролю и соответствующее уменьшение доли мелкой посевной (3,5–4,5 мм) – на 9,0–9,4 % абс. В целом, общая доля посевных фракций в ворохе составила в среднем 76,6–77,8 % на фоне без

удобрения и 80,3–80,8 % на удобренном фоне. Внекорневая подкормка микроэлементами незначительно повысила долю семян посевных фракций – на 0,5–1,2 % абс. (рисунок).

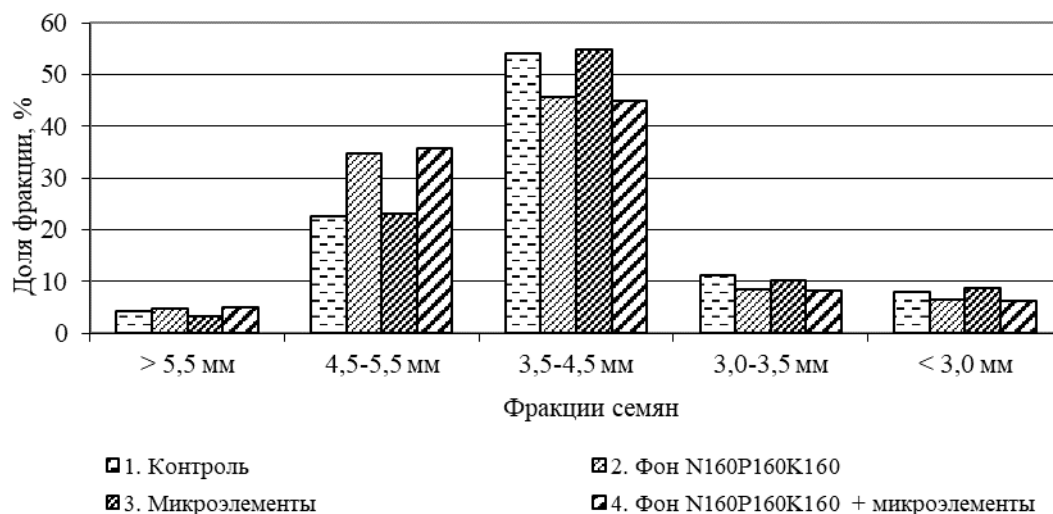


Рисунок – Доля фракций семян в полученном ворохе в зависимости от основного удобрения и внекорневых подкормок (среднее за 2018–2020 гг.)

Анализ энергии прорастания в динамике у семян фракции 4,5–5,5 мм показал существенное ее увеличение на третий день наблюдений: от действия фона основного удобрения на 21,3 % абс.; от действия внекорневых подкормок микроэлементами на 7,1 % абс. При этом энергия, определяемая согласно ГОСТ 22617.2-94 на четвертый день, увеличилась в меньшей степени, однако тоже статистически достоверно – на 10,2 и 4,3 % абс. соответственно. Лабораторная всхожесть повысилась соответственно на 9,8 и 5,5 % абс. Доброкачественность семян, как производный показатель, также повысилась – на 4,4 и 3,9 % абс. соответственно. Эффективность микроэлементов на фоне удобрения была существенно ниже – увеличение показателей посевных качеств составило не более 1,2 % абс. (таблица 4).

Таблица 4 – Посевные качества семян фракции 4,5–5,5 мм в зависимости от основного удобрения и внекорневых подкормок (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Энергия прорастания, %		Лабораторная всхожесть, % девятый день	Выполненность, %	Доброкачественность, %
	третий день	четвертый день			
1. Контроль	68,0	82,7	85,0	90,3	94,1
2. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	89,3	92,9	94,8	96,2	98,5
3. Микроэлементы	75,1	87,0	90,5	92,4	98,0
4. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀ + микроэлементы	91,0	94,1	96,0	97,3	98,7
НСР ₀₅	6,2	3,7	2,8	2,3	2,5

Посевные качества семян фракции 3,5–4,5 мм, имели несколько меньшие значения показателей энергии прорастания и всхожести, в основном из-за более низкой выполненности. Так, энергия прорастания на третий день от действия основного минерального удобрения увеличилась на 28,7 % абс., от действия микроэлементов – на 10,9 % абс. Всхожесть семян повысилась на 9,7 и 3,9 % абс. соответственно. На удобренном фоне эффективность микроэлементов также была

ниже – увеличение показателей качества семян составило не более 2–3 % абс. Показатель доброкачественности семян увеличился на 6,5 и 5,3 % абс. в сравнении с контрольным вариантом и составил в экспериментальных вариантах от 96,8 до 99,0 %, что свидетельствует о высоких посевных характеристиках семян мелкой фракции (таблица 5).

Таблица 5 – Посевные качества семян фракции 3,5–4,5 мм в зависимости от основного удобрения и внекорневых подкормок (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Энергия прорастания, %		Лабораторная всхожесть, %	Выполненность, %	Доброкачественность, %
	третий день	четвертый день	девятый день		
1. Контроль	59,3	81,2	82,3	89,9	91,5
2. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	88,0	91,5	92,0	93,8	98,0
3. Микроэлементы	70,2	83,5	86,2	89,0	96,8
4. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀ + микроэлементы	89,5	92,4	94,9	95,8	99,0
НСР ₀₅	6,8	2,3	3,0	2,7	2,8

Отмечена также тенденция увеличения массы 1000 плодов обеих посевных фракций под влиянием основного минерального удобрения и внекорневой подкормки микроэлементами – в среднем на 1,5 и 0,7 г соответственно. Однако на фоне основного удобрения от действия внекорневой подкормки масса 1000 плодов возросла незначительно – на 0,1–0,2 г. С целью установления соотношения масс собственно семени и околоплодника в вариантах опыта, в ходе анализа их отделяли друг от друга, взвешивали и вычисляли их доли в массе целых плодов. При этом обнаружили увеличение массовой доли собственно семени у фракции 4,5–5,5 мм от действия основного минерального удобрения на 2,5 % и внекорневых подкормок на 1,6 %; у фракции 3,5–4,5 мм от действия удобрений – на 2,8 %, внекорневых подкормок – на 1,3 % и соответствующее уменьшение массы околоплодника (таблица 6).

Таблица 6 – Массовые доли собственно семени и околоплодника в составе целых плодов (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Фракция 4,5–5,5 мм				Фракция 3,5–4,5 мм			
	масса 1000 плодов, г	массовая доля, %		отношение массы собственно семени к массе околоплодника	масса 1000 плодов, г	массовая доля, %		отношение массы собственно семени к массе околоплодника
		собственно семени	околоплодника			собственно семени	околоплодника	
1. Контроль	13,5	18,0	82,0	0,21	9,0	24,7	75,3	0,32
2. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	14,9	20,5	79,5	0,26	10,6	27,5	72,5	0,38
3. Микроэлементы	14,0	19,6	80,4	0,24	9,8	26,0	74,0	0,35
4. Фон N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀ + микроэлементы	15,0	21,0	79,0	0,27	10,8	27,8	72,2	0,39

Наблюдаемые тенденции свидетельствует о большем накоплении запасных питательных веществ в семенах, сформированных на растениях, выращенных при оптимальном минеральном питании и при использовании внекорневых подкормок микроэлементами.

Выводы

Определяющее значение в формировании урожайности и посевных качеств семян имеет внесение под семенные растения минеральных удобрений под основную обработку почвы в оптимальных дозах. Микроэлементы же вносятся путем внекорневой подкормки в период вегетации и играют вспомогательную роль. От действия основного минерального удобрения в дозе $N_{160}P_{160}K_{160}$ урожайность семян сахарной свеклы повысилась в среднем за три года на 0,53 т/га, что составило 45,3 % относительно контроля (1,17 т/га). Показатели качества семян также значительно повысились: энергия прорастания в среднем на 10,3 % абс., всхожесть – на 9,8 % абс., доброкачественность – на 5,4 % абс.

Внекорневая подкормка микроэлементами влияния на урожайность практически не оказала. Микроэлементы бор и цинк на фоне без удобрения обеспечили статистически значимое увеличение показателей посевных качеств семян: энергии прорастания в среднем на 3,3 % абс., всхожести – на 4,7 % абс., доброкачественности – на 4,6 % абс. На удобренном фоне влияние микроэлементов прослеживалось в меньшей степени и ниже статистически достоверного уровня.

В ходе исследований выявлена прямая зависимость урожайности семян от формирующих ее элементов структуры – варианты, характеризовавшиеся большей высотой кустов, числом продуктивных побегов и их обсемененностью на единице длины, имели и более высокую урожайность. Коэффициент корреляции (r) для зависимости урожайности от всех трех величин составил 0,99 (сильная зависимость).

Полученные данные по использованию основного удобрения в сочетании с внекорневыми подкормками микроэлементами бором и цинком имеют практический интерес и могут быть рекомендованы для совершенствования системы питания растений в селекции и семеноводстве отечественных гибридов сахарной свеклы.

Литература

1. Чернышов А. Т., Горячих А. С. Продуктивность семенников сахарной свеклы, качество семян и их химический состав в зависимости от условий питания // Сахарная свекла. 2015. № 7. С. 15–18.
2. Sutradhar A. K., Kaiser D. E., Behnken L. M. Soybean response to broadcast application of boron, chlorine, manganese and zinc // Agronomy Journal. 2017. Vol. 109. Iss. 3. P. 1048–1059. DOI: 10.2134/agronj2016.07.0389.
3. Li M., Wang S., Tian X., Huang Y. Improving nutritional quality of wheat grain through foliar zinc combined with macronutrients // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. Iss. 1. P. 38–46. DOI: 10.2134/agronj2017.08.0437.
4. Wang S., Li M., Tian X., Li J., Li H., Ni Y., Zhao J., Chen Y., Guo C., Zhao A. Foliar zinc, nitrogen and phosphorus application effects on micronutrient concentrations in winter wheat // Agronomy Journal. 2015. Vol. 107. Iss. 1. P. 61–70. DOI: 10.2134/agronj14.0414.
5. Wang S., Zhang X., Liu K., Fei P., Chen J., Li X., Ning P., Chen Y., Shi J., Tian X. Improving zinc concentration and bioavailability of wheat grain through combined foliar applications of zinc and pesticides // Agronomy Journal. 2019. Vol. 111. Iss. 3. P. 1478–1487. DOI: 10.2134/agronj2018.09.0597.
6. Пикун П. Т., Коротков М. М. Роль микроэлементов в семеноводстве люцерны и галеги восточной // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2012. № 3. С. 39–46.
7. Бондарь В. И. Продуктивность и качество сахарной свеклы в зависимости от вносимых микроудобрений и условий увлажнения // Сахарная свекла. 2008. № 7. С. 24–27.
8. Костин В. И., Исайчев В. А., Ошкин В. А., Федорова И. Л. Внекорневая подкормка сахарной свеклы и качество корнеплодов // Сахарная свекла. 2015. № 2. С. 28–31.
9. Костин В. И., Ошкин В. А., Музурова О. Г. Возможности активации продукционного процесса и повышения засухоустойчивости сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2014. № 10. С. 30–33.
10. Костин В. И., Ошкин В. А. Эффективность нереутилизирующихся микроэлементов в свеклосахарном производстве // Сахарная свекла. 2014. № 2. С. 40–41.
11. Буряк И. И. Внекорневые подкормки высадочной культуры // Сахарная свекла. 2002. № 8. С. 21–22.

12. Гаврин Д. С., Бартечев И. И. Применение внекорневых подкормок в семеноводстве гибридов сахарной свеклы // Аграрный научный журнал. 2018. № 12. С. 16–20. DOI: 10.28983/asj.v0i12.490.
13. Шевченко А. Г., Корсун В. А. Продуктивность высадочных семенников в зависимости от подкормки новыми удобрениями // Сахарная свекла. 2007. № 3. С. 18–19.
14. Богдевич И. М., Ломонос О. Л. Обеспеченность пахотных и луговых почв подвижными формами цинка в зависимости от уровня интенсификации земледелия по районам Беларуси // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2015. № 1. С. 43–52.
15. Корчагин В. И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв Воронежской области. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Воронеж: ВГАУ, 2017. С. 243–248.
16. Куликова Е. В., Горбунова Н. С., Горшенева Ю. А. Влияние различных способов агротехники на содержание водорастворимого бора в черноземах выщелоченных Рамонского района Воронежской области // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). Научно-практический журнал. 2019. № 8. С. 61–66.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
18. Зубенко В. Ф. Методика исследований по сахарной свекле. Киев: ВНИС, 1986. 292 с.

References

1. Chernyshov A. T., Goryachikh A. S. The productivity of sugar beet seed plants, quality of seeds and the chemical composition depending on nutrition conditions // Sakharnaya svekla. 2015. No. 7. P. 15–18.
2. Sutradhar A. K., Kaiser D. E., Behnken L. M. Soybean response to broadcast application of boron, chlorine, manganese and zinc // Agronomy Journal. 2017. Vol. 109. Iss. 3. P. 1048–1059. DOI: 10.2134/agronj2016.07.0389.
3. Li M., Wang S., Tian X., Huang Y. Improving nutritional quality of wheat grain through foliar zinc combined with macronutrients // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. Iss. 1. P. 38–46. DOI: 10.2134/agronj2017.08.0437.
4. Wang S., Li M., Tian X., Li J., Li H., Ni Y., Zhao J., Chen Y., Guo C., Zhao A. Foliar zinc, nitrogen and phosphorus application effects on micronutrient concentrations in winter wheat // Agronomy Journal. 2015. Vol. 107. Iss. 1. P. 61–70. DOI: 10.2134/agronj14.0414.
5. Wang S., Zhang X., Liu K., Fei P., Chen J., Li X., Ning P., Chen Y., Shi J., Tian X. Improving zinc concentration and bioavailability of wheat grain through combined foliar applications of zinc and pesticides // Agronomy Journal. 2019. Vol. 111. Iss. 3. P. 1478–1487. DOI: 10.2134/agronj2018.09.0597.
6. Pikun P. T., Korotkov M. M. The role of trace elements in seed production of alfalfa and eastern galega // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series (Vesci Nacyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryâ agrarnyh navuk). 2012. No. 3. P. 39–46.
7. Bondar V. I. Productivity and quality of sugar beet depending on the applied micronutrient fertilizers and moisture conditions // Sakharnaya svekla. 2008. No. 7. P. 24–27.
8. Kostin V. I., Isaichev V. A., Oshkin V. A., Fedorova I. L. Extra root top dressing of sugar beet and quality of root crops // Sakharnaya svekla. 2015. No. 2. P. 28–31.
9. Kostin V. I., Oshkin V. A., Muzurova O. G. Possibilities of activation the production process and increase of drought resistance of sugar beet // Sakharnaya svekla. 2014. No. 10. P. 30–33.
10. Kostin V. I., Oshkin V. A. Efficacy unsalvaged microelements in sugar beet production // Sakharnaya svekla. 2014. No. 2. P. 40–41.
11. Buryak I. I. Foliar dressing of the planting culture // Sakharnaya svekla. 2002. No. 8. P. 21–22.
12. Gavrin D. S., Bartenev I. I. Application of foliar fertilization in seed production of sugar beet hybrids // The Agrarian Scientific Journal. 2018. No. 12. P. 16–20. DOI: 10.28983/asj.v0i12.490.
13. Shevchenko A. G., Korsun V. A. Productivity of planting seed plants depending on feeding with new fertilizers // Sakharnaya svekla. 2007. No. 3. P. 18–19.
14. Bogdevich I. M., Lomonos O. L. Plant-available zinc in arable soils and grasslands in relation to levels of intensification in districts of Belarus // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series (Vesci Nacyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryâ agrarnyh navuk). 2015. No. 1. P. 43–52.
15. Korchagin V. I. Ecological and agrochemical assessment of soil fertility in the Voronezh region. Diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Voronezh: VSAU, 2017. P. 243–248.
16. Kulikova E. V., Gorbunova N. S., Gorsheneva Yu. A. Influence of different methods of agrotechnical equipment on the content of water-soluble boron in chernozems of lyeds of the Ramonsky area of the Voronezh region // Modeli i tekhnologii prirodoobustroystva (regional'ny aspekt). 2019. No. 8. P. 61–66.
17. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
18. Zubenko V. F. Research methodology for sugar beet. Kiev: VNIS, 1986. 292 p.

UDC 633.63:631.559:631.8

Gavrin D. S., Bartenev I. I., Nechaeva O. M.

INFLUENCE OF BASIC MINERAL FERTILIZER AND FOLIAR FEEDING WITH MICROELEMENTS ON SUGAR BEET SEEDS YIELD, STRUCTURE AND QUALITY

Summary. *Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is one of the most important industrial crops, which is the main raw material for sugar production – a product of strategic importance widely used in food and pharmaceutical industries. In this regard, the provision of domestic beet growing with seeds of domestic hybrids that are competitive with the best foreign ones is particularly relevant. The purpose of the research is to study the effect of the basic mineral fertilizer and microelements boron and zinc on the sugar beet seeds yield, structure and quality indicators. The studies were carried out in the experimental fields of the All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov, located in the zone of unstable moistening in the Central Black Soils region in the northwestern part of the Voronezh region (Ramon village). The soil of the experimental site is represented by leached hard loamy chernozem with a medium humus content of 4.5 %. Field experiments were laid in 2018–2020 according to the methodology of B. A. Dospikhov. The experiment scheme included the following options: control (without fertilizers); double foliar feeding of seed plants with a 0.1 % solution of a mixture of boric acid and zinc sulfate before the flowering; $N_{160}P_{160}K_{160}$; $N_{160}P_{160}K_{160}$ + foliar feeding. Laboratory analyzes of seed quality were carried out according to GOST 22617.2 – 94. The data obtained indicate a significant effect of the basic fertilizer ($N_{160}P_{160}K_{160}$), which contributed to a 0.53 t/ha (45.3 %) yield increase compared to the control. The sowing qualities of seeds also increased significantly: germination energy by an average of 10.3 % abs., germination – by 9.8 % abs., good quality – by 5.4 % abs. Foliar dressing with microelements had practically no effect on the yield; however, it provided a significant increase in the indicators of the sowing qualities of seeds: germination energy – by an average of 3.3 % abs., germination – by 4.7 % abs., good quality – by 4.6 % abs. Direct dependence of the value of the yield of seeds on the constituent elements of the structure was also revealed: the type of bush of seed plants, the number of productive shoots, their height and seeding per unit length. The correlation coefficient (r) for all three paired dependences of the quantities was 0.99.*

Keywords: *sugar beet (*Beta vulgaris* L.), seed plants, seeds, crop structure, sowing qualities, basic fertilizer, microelements, foliar feeding.*

Гаврин Денис Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела семеноводства и семеноведения сахарной свеклы с механизацией семеноводческих процессов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова»; 396030, Россия, Воронежская область, п. ВНИИСС, 86; e-mail: gavrin_denis@mail.ru.

Бартенев Игорь Иванович, кандидат технических наук, заведующий отделом семеноводства и семеноведения сахарной свеклы с механизацией семеноводческих процессов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»; 396030, Россия, Воронежская область, п. ВНИИСС, 86; e-mail: gavrin_denis@mail.ru.

Нечаева Ольга Митрофановна, научный сотрудник отдела семеноводства и семеноведения сахарной свеклы с механизацией семеноводческих процессов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»; 396030, Россия, Воронежская область, п. ВНИИСС, 86; e-mail: gavrin_denis@mail.ru.

Gavrin Denis Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), researcher, Department of seed production and seed science of sugar beet with mechanization of seed processes, FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov”; 86, vill. VNIISS, Voronezh region, 396030, Russia; e-mail: gavrin_denis@mail.ru.

Bartenev Igor Ivanovich, Cand. Sc. (Tech.), head of the Department of seed production and seed science of sugar beet with mechanization of seed processes, FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov”; 86, vill. VNIISS, Voronezh region, 396030, Russia; e-mail: gavrin_denis@mail.ru.

Nechaeva Olga Mitrofanovna, researcher, Department of seed production and seed science of sugar beet with mechanization of seed processes, FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov”; 86, vill. VNIISS, Voronezh region, 396030, Russia; e-mail: gavrin_denis@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 26.07.2021.

Дата принятия к печати – 15.08.2021.