

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО

Валентина Андреевна Гулидова
Юлия Сергеевна Гусева

Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина

Сорго сахарное является наиболее засухоустойчивой культурой в мире, которая в зоне недостаточного увлажнения не имеет себе равных по продуктивности среди кормовых культур. Кроме того, в природе не существует другого такого растения, которое могло бы быстро синтезировать сахарозу. Поскольку оно может возделываться в южных засушливых районах, где сахарную свеклу выращивать либо невыгодно, либо невозможно, интерес к сахарному сорго бесспорен. Проведены исследования с целью определения эффективности использования микроудобрений для ускорения роста и развития и повышения урожайности сахарного сорго в условиях лесостепи ЦЧР. Опыт был заложен в учебно-опытном хозяйстве Елецкого госуниверситета в соответствии с общепринятой методикой полевого опыта. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый на лессовидных суглинках. В опыте изучали способы внесения микроэлементов по вариантам: обработка семян перед посевом; обработка растений в фазе выхода в трубку. В результате исследований выявлено, что применение микроэлементов при возделывании сорго сахарного способствует увеличению биометрических показателей растений и повышению продуктивности. Наиболее эффективным способом использования микроудобрений является обработка семян. Среди изучаемых микроудобрений наибольшая урожайность зеленой массы и зерна (соответственно 19,93 и 2,5 т/га, что выше контрольного варианта на 206,6 и 74,8%) была получена при обработке семян марганцем как при посеве, так и в фазе выхода в трубку. Показано, что применение цинкосодержащих микроэлементов оправдано на выщелоченных тяжелосуглинистых черноземах в лесостепи ЦЧР, которые характеризуются недостаточным содержанием этого элемента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сахарное сорго, микроудобрения, структура урожая, микроэлементы — цинк, марганец, бор, медь.

THE EFFECT OF MICROELEMENTS ON PRODUCTIVITY AND YIELD OF SWEET SORGHUM

Valentina A. Gulidova
Yuliya S. Guseva

Bunin Yelets State University

Sweet sorghum is the most drought-resistant crop in the world that has no analogues among fodder crops in terms of productivity in the subhumid zone. Moreover, there are no such plants that can synthesize sucrose so quickly. The interest in sweet sorghum is indisputable, since it can be cultivated in arid southern regions where sugar beet cultivation is either unprofitable or impossible. The authors have conducted studies in order to determine the efficiency of using microfertilizers for accelerating the growth and development and increasing the yield of sweet sorghum in the conditions of the forest steppe of the Central Chernozem Region. The experiment was laid in the experimental training farm of Yelets State University according to the conventional methodology of field experiments. The soil of the experimental plot was leached medium-thick medium-loamy chernozem on loess soil. In the experiment the authors studied the ways of applying microelements by the following variants: treatment of seeds before sowing; treatment of plants at the shooting stage. As a result of research it was found that the use of microelements in the cultivation of sweet sorghum contributes to the improvement in biometric parameters of plants and increase in productivity. The most efficient way of using microfertilizers was seed treatment. Among the studied microfertilizers manganese applied both for seed treatment at sowing and at the shooting stage provided the highest yield of herbage and grain (19.93 and 2.5 t/ha, respectively, which is 206.6 and 74.8% higher than control). It is shown that the application of zinc-containing microelements is reasonable on leached heavy-loamy chernozems in the forest steppe of the Central Chernozem Region characterized by insufficient content of this element.

KEY WORDS: sweet sorghum, microfertilizers, yield structure, microelements (zinc, manganese, boron, copper).

Введение
Сорго сахарное является ценной сельскохозяйственной культурой, которая может произрастать в районах, где основные сельскохозяйственные культуры (пшеница, ячмень, овес и др.) из-за засушливого климата не дают большого урожая. Кроме того,

в природе не существует другого такого растения, которое могло бы быстро синтезировать сахарозу. Поскольку оно может возделываться в южных засушливых районах, где сахарную свеклу выращивать либо невыгодно, либо невозможно, интерес к сахарному сорго постоянно растет.

Посевы сахарного сорго могут стать надежными источниками повышения производства сочных и зеленых кормов. Высокая засухоустойчивость, малая требовательность к почвам, стабильность урожаяев силосной и зеленой массы позволяют возделывать сахарное сорго во многих засушливых районах страны. В зоне недостаточного увлажнения оно не имеет себе равных по продуктивности среди кормовых культур [2, 7].

В лесостепи Центрально-Черноземного района, в состав которого входит Липецкая область, сахарное сорго может стать страховой культурой на первую половину лета, так как обладает высокой засухоустойчивостью (способно приостанавливать рост в период неблагоприятных условий) [6].

Одним из современных элементов в технологии сорго является применение микроудобрений, которые играют важную роль во многих физиологических и биохимических процессах [5]. При интенсивном ведении сельского хозяйства, когда увеличивается внесение минеральных удобрений, содержащих макроэлементы (азот, фосфор, калий), роль микроэлементов значительно возрастает [2]. Высокую агрономическую эффективность микроудобрений получают на тех полях, где в почве содержится недостаточное количество подвижных форм микроэлементов [4].

Для нормального развития растений сорго наиболее важны такие микроэлементы, как бор, медь, цинк, марганец, которые контролируют основные ферментативные процессы в растениях. Однако влияние микроудобрений на урожайность и качество продукции этой культуры изучено недостаточно [1]. В связи с этим поиск наиболее экономически и экологически эффективных агроприемов, способствующих повышению продуктивности сахарного сорго в условиях лесостепи ЦЧР, является актуальным.

Методика исследования

Опыты по изучению влияния микроэлементов на продуктивность и урожайность сорго сахарного были заложены в учебно-опытном хозяйстве Елецкого государственного университета в соответствии с методикой полевого опыта Б.А. Доспехова [3].

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый на лессовидных суглинках.

Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,6%, обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и калия – соответственно 100 и 120 мг/кг, рН = 5,2. Емкость поглощения довольно высокая – 35,3–38,4 мг·экв на 100 г почвы.

Объектом исследований были выбраны сорта сорго сахарного кормового направления: Сахарное 5 и Сахарное 6. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта по изучению различных микроудобрений и способов их внесения при возделывании сорго сахарного

Способ применения микроудобрений	Микроудобрения
Обработка семян	Контроль (без микроудобрений)
	Бор (В)
	Медь (Cu)
	Цинк (Zn)
	Марганец (Mn)
Внесение по вегетации в фазе выхода в трубку	Контроль (без микроудобрений)
	Бор (В)
	Медь (Cu)
	Цинк (Zn)
	Марганец (Mn)

Для обработки семян микроэлементами использовали растворы сернокислого цинка, марганца, меди и 0,5% раствора борной кислоты. Способы внесения микроудобрений были следующие: обработка семян перед посевом и внесение по вегетирующим растениям в фазе выхода в трубку.

Посев осуществлялся широкорядным способом, с шириной междурядья 70 см и нормой посева 250 тыс. шт. всхожих зерен на га, но в последующем вручную формировали густоту стояния 120 тыс. растений на га. Учетная площадь делянки – 7 м × 2 м (14 м²), повторность – 6-кратная.

Уборка урожая проводилась вручную в фазе восковой спелости.

Наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам и действующим ГОСТам.

Результаты и их обсуждение

Предпосевная обработка семян сахарного сорго микроудобрениями положительно влияла на биометрические показатели растений (табл. 2).

Таблица 2. Влияние обработки семян микроэлементами на биометрические показатели растений и урожайность сахарного сорго, 2012–2015 гг.

Вариант обработки	Высота растения, см		Количество растений на 1/м ² , шт.	Масса одного растения, г	Количество листьев на одном растении, шт.	Масса зерна с одного растения, г	Коэффициент кустистости	Урожайность, т/га	
	фаза цветения	перед уборкой						зеленой массы	зерна
Без микро-элементов	123	197	11	59,1	8	13,05	1,5	6,50	1,43
Бор (В)	128	194	11	106,1	9	13,03	1,6	11,70	1,43
Медь (Cu)	147	204	11	109,9	9	16,05	1,7	12,10	1,70
Цинк (Zn)	164	206	12	154,1	9	15,71	1,8	18,50	1,80
Марганец (Mn)	180	208	12	166,1	10	20,48	1,9	19,93	2,50
НСР 0,5								0,33	0,28

Как показывают данные таблицы 2, обработка семян сорго изучаемыми микроэлементами способствовала увеличению высоты растений в фазе цветения от 5 до 57 см (высота растений на контрольном варианте без обработки микроэлементами составляла 123 см).

Минимальный прирост растений был получен на варианте обработки семян бором (в фазе цветения и перед уборкой соответственно 5 и 3 см), максимальный – марганцем (57 и 11 см). Обработка семян сорго марганцем (Mn) положительно сказалась на развитии и росте растений в течение всего вегетационного периода. Масса одного растения сорго на этом варианте увеличилась на 107 г, число листьев на каждом растении – на 2 шт. Это объясняется тем, что марганец активизирует многочисленные ферментативные процессы в растениях [7].

Отмечен средний линейный рост сорго на варианте обработки семян медью (Cu): растения превышали контрольный вариант в фазе цветения и перед уборкой соответственно на 24 и 7 см.

Наименьшим линейный рост сорго был на варианте обработки семян бором (В): в сравнении с контрольным вариантом растения в фазе цветения и перед уборкой были выше соответственно на 5 и 3 см. Эти данные согласуются с ранее полученными научными результатами, подтверждающими тот факт, что бор способен ухудшить передвижение ростовых веществ в растениях [9].

Обработка семян сорго микроэлементами способствовала и лучшей облиственности растений. На одном растении на вариантах обработки семян насчитывалось от 9 до 10 листьев, которые отличались интенсивным зеленым цветом, имели широкую листовую пластинку. Это впоследствии положительно сказалось и на продуктивности растений. Применение бора увеличивало зеленую массу одного растения на 47,0 г, меди – на 50,8 г, цинка – на 95 г в сравнении с контрольным вариантом. Вегетативная масса одного растения прямо пропорционально коррелировала с массой зерна с одного растения, а впоследствии – с урожайностью с 1 га.

Максимальная продуктивность сорго была отмечена на вариантах обработки семян марганцем: 19,93 т/га зеленой массы и 2,5 т/га зерна. Урожайность зеленой массы сорго и зерна в сравнении с контрольным вариантом повысилась соответственно на 206,6 и 74,8%. Несколько меньшей продуктивностью растений была на вариантах обработки семян медью и цинком: урожайность зеленой массы повысилась по сравнению с контролем соответственно на 86,1 и 184,6%, зерна – на 18,9 и 25,8%. На варианте обработки семян бором повысилась только урожайность зеленой массы на 80%, а урожайность зерна была на уровне контроля.

Обработка вегетирующих растений сорго изучаемыми микроэлементами в фазе выхода в трубку способствовала повышению практически всех анализируемых биометрических показателей (табл. 3).

Таблица 3. Влияние обработки растений сорго в фазе выхода в трубку микроэлементами на биометрические показатели и урожайность, 2012–2015 гг.

Вариант обработки	Высота растения, см		Количество растений на 1/м ² , шт.	Масса одного растения, г	Количество листьев на одном растении, шт.	Масса зерна с одного растения, г	Коэффициент кустистости	Урожайность, т/га	
	фаза цветения	перед уборкой						зеленой массы	зерна
Без микроэлементов	123	197	11	59,1	8	13,05	1,5	6,50	1,43
Бор (В)	130	193	11	80,4	9	12,92	1,5	9,60	1,42
Медь (Cu)	141	199	11	99,2	9	14,75	1,6	9,90	1,73
Цинк (Zn)	148	203	12	151,2	9	13,26	1,8	18,10	1,90
Марганец (Mn)	149	203	12	165,9	10	19,20	1,9	19,90	2,30
НСР 0,5								0,43	0,08

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, растения сорго в фазе цветения и перед уборкой были выше соответственно на 7–26 и 2–6 см (за исключением варианта обработки растений бором, где растения были ниже контроля на 4 см), масса одного растения – соответственно на 21,3–106,8 г, коэффициент кустистости – на 0,1–0,4.

Из всех изучаемых микроэлементов наибольшее влияние на высоту растений сорго оказали марганец и цинк: на этих вариантах растения достигали 149 и 148 см в фазе цветения и 203 см – перед уборкой урожая. Медь и цинк способствовали увеличению массы одного растения соответственно на 106,8 и 92,1 г в сравнении с контролем. Увеличение биомассы одного растения было за счет лучшей облиственности и линейного прироста, что впоследствии сказалось на продуктивности всего посева в целом: урожайность зеленой массы была выше соответственно на 13,4 и 11,6 т/га, урожайность зерна – на 0,87 и 0,47 т/га. Эти данные согласуются с ранее опубликованными результатами исследований, свидетельствующими о том, что марганец и цинк входят в состав ферментов, участвующих в процессах фотосинтеза, что и влияет на накопление зеленой массы [10]. Кроме того, микроэлементы, в состав которых входит цинк, на выщелоченных тяжелосуглинистых черноземах лесостепи ЦЧР (почвы места проведения исследований) традиционно дают хорошую отдачу [8].

Обработка растений в фазе выхода в трубку медьсодержащими микроэлементами оказала меньшее влияние на биометрические показатели растений, чем обработка микроудобрениями, содержащими цинк и марганец. На этом варианте растения превышали контрольные показатели в фазе цветения и перед уборкой соответственно на 24 и 7 см, масса одного растения была больше на 50,8 см, масса зерен с одного колоса – на 1,7 г.

Внесение микроэлементов в фазе выхода в трубку способствовало увеличению продуктивности растений в сравнении с контрольным вариантом: урожайность зеленой массы повысилась при обработке бором на 47,7%, медью – на 52,3%, цинком – на 178,5%, марганцем – на 206,2%. Аналогичная ситуация отмечена и при учете зерна: урожайность повысилась при обработке медью – на 20,9%, цинком – на 32,9%, марганцем – на 60,8%. На варианте обработки растений бором наблюдалось снижение урожайности зерна на 0,01 т/га, или на 0,7%.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что оба способа обработки микроэлементами оказывают положительное влияние практически на все изучаемые показатели, при этом вариант обработки растений микроэлементами в фазе выхода в трубку уступает варианту обработки семян.

Выводы

1. Лучшие биометрические показатели растений сорго, а также показатели урожайности зеленой массы (19,93 т/га, повышение по сравнению с контролем на 206,6%) и зерна (2,50 т/га, или на 74,8%) отмечены на варианте обработки семян сорго сахарного марганцем. Несколько меньшей продуктивностью растений была на вариантах обработки семян медью и цинком: урожайность зеленой массы повысилась по сравнению с контролем соответственно на 86,1 и 184,6%, зерна – на 18,9 и 25,8%.

2. Внесение микроэлементов в фазе выхода в трубку способствовало увеличению продуктивности растений, но меньше, чем при обработке семян микроудобрениями. Урожайность зеленой массы при обработке бором (В) повысилась на 47,7%, медью (Cu) – на 52,3%, цинком (Zn) – на 178,5%, марганцем (Mn) – на 206,2%, урожайность зерна – при обработке медью (Cu) – на 20,9%, цинком (Zn) – на 32,9% и марганцем (Mn) – на 60,8%. На вариантах с бором повышение урожайности зерна не отмечено.

Библиографический список

1. Аристархов А.Н. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур / А.Н. Аристархов, В.П. Толстоусов // *Агрохимия*. – 2012. – № 9. – С. 13–17.
2. Большаков А.З. Сорго – культура XXI века (памятка сорговода) / А.З. Большаков. – Ростов-на-Дону : Ростиздат, 2002. – 29 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований) : учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б.А. Доспехов. – 6-е изд., стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва : Альянс, 2011. – 351 с.
4. Кашеваров Н.И. Сроки посева и нормы высева сорго зернового в условиях лесостепи западной Сибири / Н.И. Кашеваров, А.А. Полищук // *Достижения науки и техники АПК*. – 2013. – № 8. – С. 41–43.
5. Кононенко С.И. Перспективы применения сорго в животноводстве / С.И. Кононенко // *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 90. – С. 1–28.
6. Персикова Т.Ф. Влияние сроков посева, доз азотных удобрений и микроэлементов на продуктивность и качество зеленой массы сорго сахарного в условиях северо-востока Беларуси / Т.Ф. Персикова, А.З. Большаков // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2014. – № 5. – С. 105.
7. Пигорев И.Я. Кормовая и энергетическая оценка зеленой массы сахарного сорго/ И.Я. Пигорев, П.А. Горбунов // *Успехи современного естествознания*. – 2011. – № 6. – С. 42–44.
8. Протасова Н.А. Микроэлементы в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.27 / Н.А. Протасова. – Воронеж, 2002. – 355 с.
9. Растениеводство : учебник для вузов ; под ред. Г.С. Посыпанова. – Москва : КолосС, 2012. – 687 с.
10. Сафонов А.В. Агротехнологии полевых культур в ЦЧР / А.В. Сафонов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. – 261 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Валентина Андреевна Гулидова – доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный работник сельского хозяйства РФ, профессор, зав. кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Российская Федерация, г. Елец, тел. 8(47467) 6-59-71, e-mail: Guli49@yandex.ru.

Юлия Сергеевна Гусева – делопроизводитель Агропромышленного института ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Российская Федерация, г. Елец, тел. 8(47467) 6-59-71, e-mail: iuliyaa@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 21.02.2018

Дата принятия к печати 16.03.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Valentina A. Gulidova – Doctor of Agricultural Sciences, Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Professor, Head of the Dept. of Storage and Agricultural Products Processing Technologies, Bunin Yelets State University, Russian Federation, Yelets, tel. 8(47467) 6-59-71, e-mail: Guli49@yandex.ru.

Yuliya S. Guseva – Documentation Clerk, Agro-Industrial Institute, Bunin Yelets State University, Russian Federation, Yelets, tel. 8(47467) 6-59-71, e-mail: iuliyaa@mail.ru.

Received February 21, 2018

Accepted March 16, 2018