

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 633.413:631.8

Обзор отечественной и зарубежной практики использования удобрений при выращивании сахарной свеклы

Александр Николаевич Бабичев¹, Анна Михайловна Баева²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹babichevan2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²anya-im-1-2@ya.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7459-9562>

Аннотация. **Цель:** изучение и анализ практики использования удобрений на посевах сахарной свеклы на основе отечественного и зарубежного опыта. **Результаты.** Проведенный обзор исследований в области применения удобрений на посевах сахарной свеклы установил, что прибавка урожая в среднем составляет 17–35 т/га. Сахарная свекла является высокопродуктивной сахаросодержащей культурой (накопление сахара в корнеплодах 16–20 %, выход продукта при переработке 12–15 %). При внесении расчетных доз удобрений повышается урожайность до двух раз и сахаристость на 0,38–0,45 %. **Выводы:** изучение и анализ практики использования удобрений при выращивании сахарной свеклы показали, что внесение доз различных удобрений обеспечивает прибавку урожая вне зависимости от региона возделывания.

Ключевые слова: сахарная свекла, удобрения, повышение урожайности, полевой опыт

Для цитирования: Бабичев А. Н., Баева А. М. Обзор отечественной и зарубежной практики использования удобрений при выращивании сахарной свеклы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 359–368.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Review of domestic and foreign practice of fertilizer application in sugar beet cultivation

Alexandr N. Babichev¹, Anna M. Baeva²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹babichevan2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²anya-im-1-2@ya.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7459-9562>

Abstract. Purpose: to study and analyze the practice of applying fertilizers on sugar beet crops based on domestic and foreign experience. **Results.** A given research review into the fertilizer application on sugar beet crops found that the average yield increase is 17–35 t/ha. Sugar beets is a highly productive sugar-containing crop (sugar accumulation in root crops is 16–20 %, product yield during processing is 12–15 %). When applying calculated fertilizer doses, the yield increases up to two times and the sugar content increases by 0.38–0.45 %. **Conclusions:** the study and analysis of the practice of using fertilizers when growing sugar beets showed that applying doses of various fertilizers provides an increase in productivity, regardless of the region of cultivation.

Keywords: sugar beet, fertilizers, increase in productivity, field test

For citation: Babichev A. N., Baeva A. M. Review of domestic and foreign practice of fertilizer application in sugar beet cultivation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;91(3):359–368. (In Russ.).

Введение. Отечественный опыт базируется на выращивании сахарной свеклы более чем в 30 регионах. По производству сахарной свеклы Россия занимает второе место в мире после Китая. Немаловажным является то, что процесс обработки и производства сахарной свеклы впервые освоили и начали именно в нашей стране. Посевы достаточно обширны и занимают значительные площади. В среднем валовой сбор сахарной свеклы в России составляет 30–50 млн т в год.

Сахарная свекла с 2012 г. является основным источником производства сахара в нашей стране. Производство сахара из сахарной свеклы выгоднее, чем из сахарного тростника. Кроме сахара из сахарной свеклы получают побочные продукты свеклосахарного производства, к ним относятся меласса и свекловичный гранулированный жом. В соответствии с исследованием Института конъюнктуры аграрного рынка в России показатель ежегодного потребления сахара составляет примерно 5,5 млн т, в среднем 36–40 кг на человека при рациональных нормах потребления сахара 24 кг/чел. в год.

Наиболее комфортные природные зоны для выращивания сахарной свеклы – весь юго-запад европейской части страны, это связано с тем, что вероятность засухи в этих регионах невелика. Чтобы поддерживать урожайность на высоком уровне, необходимо внесение удобрений [1].

Свекловодство занимает одно из главных мест в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации. Эта отрасль является основой для формирования сырьевой базы при производстве сахара [2, 3].

Общая площадь посевов сахарной свеклы за 2022 г. составила более 1,03 млн га (рисунок 1), из которых примерное соотношение по регионам: в Центральном федеральном округе (ФО) размеры площадей составили

54 % всех посевов сахарной свеклы в России, в Приволжском ФО – 20 %, в Южном ФО – 20 %, в Северо-Кавказском ФО – 4 %, в Сибирском ФО – 2,4 % [4].

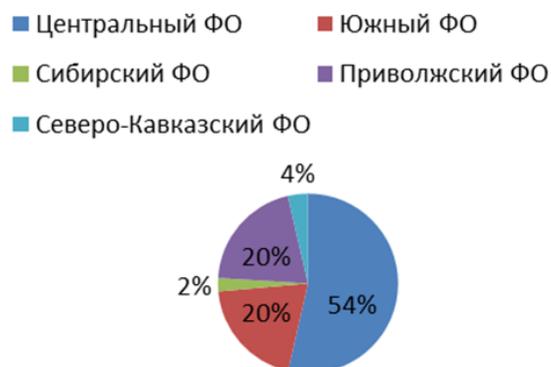


Рисунок 1 – Посевы сахарной свеклы по регионам России
Figure 1 – Sugar beet crops in Russian regions

Обсуждение. Урожайность сахарной свеклы в значительной мере определяется количеством внесенных удобрений. Подтверждение этому – исследования отечественных и зарубежных ученых. В исследованиях ученых Урала представлены результаты изучения влияния некорневой обработки микроэлементными удобрениями на динамику формирования массы корнеплода гибридов сахарной свеклы разных генотипов в условиях лесостепи Среднего Поволжья. В опыте применяли листовые подкормки гибридов РМС 121, Предатор и БТС 590 микроэлементными удобрениями Полидон Бор (0,5 л/га), Полидон Цинк (0,5 л/га), Полидон Молибден (0,3 л/га), Полидон Марганец (0,5 л/га). Общим фоном под культивацию вносились минеральные удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$). Установлено, что на всем протяжении вегетации лучшую отзывчивость на дополнительное обеспечение растений микроэлементами проявил гибрид сахаристого типа БТС 590, а меньшими приростами отличался гибрид урожайного типа Предатор. По влиянию на среднесуточный прирост массы корнеплода лучшими были варианты с обработкой посевов микроэлементами. При формировании массы корнеплодов микроэлементы сыграли важную роль, что сказалось на повышении урожайности исследуемых гибридов сахарной свеклы [5, 6].

В статье ученых Пензенского университета изложены результаты исследований, посвященных изучению влияния микроэлементов на содержание хлорофилла в листьях и продуктивности сахарной свеклы. Полевые опыты проводились в условиях ООО «Красная Горка» Кольшлейского района Пензенской области. Было установлено, что содержание азота в листьях увеличилось на 0,07 % после внесения борного и цинкосодержащего микроудобрений за 20 дней до уборки. При применении микроэлементов отмечается увеличение содержания фосфора в листьях. В корнеплодах во всех вариантах с микроэлементами отмечен прирост азота. Независимо от вида препарата не выявлено снижения количества калия. Наибольшая урожайность корнеплодов была получена при трехкратной некорневой обработке посевов препаратом Полидон Бор, прибавка урожая к контролю – 11,1 % [6, 7].

В исследованиях В. В. Дроздовой и др. произведена агрохимическая оценка применения макро- и микроудобрений при возделывании сахарной свеклы в Западном Предкавказье. Опыты были проведены на выщелоченных черноземах с низким содержанием гумуса, низким содержанием азота в почве, средним содержанием подвижных фосфатов и очень высоким содержанием подвижного калия. В опыте изучали влияние сочетаний различных видов и доз азотных, фосфорных и калийных удобрений. Минеральные удобрения вносились под вспашку, а микроудобрения путем некорневой подкормки растений в фазе двух-четырёх пар настоящих листьев. Использовались следующие виды удобрений: сульфат аммония, двойной суперфосфат, аммофос, хлористый калий, борная кислота, молибдат аммония и различные сульфаты меди, цинка, кобальта и марганца. В результате опытов выяснено, что применение минеральных удобрений повышает урожайность сахарной свеклы и улучшает ее качество. В варианте полного удобрения в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ была отмечена наибольшая прибавка, в среднем за 3 года она составила 171,4 ц/га. Сбор сахара в этом варианте в среднем

за годы исследований составил 116,0 ц/га. Применение более высоких доз удобрений не дает значительного роста урожайности и улучшения качества корнеплодов. Включение бора в систему минерального питания обеспечивает прибавку урожая 28,6 ц/га и увеличение сахаристости корнеплодов на 0,4 % [8].

В результате опытов на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения лесостепи Центрально-Черноземного района (ЦЧР) О. А. Минаковой и др. установлены виды и способы внесения удобрений, которые обеспечат наибольшие прибавки урожая сахарной свеклы. Было определено, что длительное применение нитроаммофоски под осеннюю вспашку с навозом в пару увеличило урожай основной продукции на 41,7–71 % (прибавка урожая корнеплодов – 10,8–18,4 т/га), нитроаммофоски с гуматом или бором – 18,6–63,1 % (3,0–20,7 т/га), сочетание основного внесения с некорневыми подкормками микроэлементами – 13,9 % (4,9 т/га), мочевиной – 18,0–26,8 % (4,3–6,0 т/га), корневыми подкормками $N_{27}P_5K_5 + S$ – 48,5–79,8 % (10,9–16,6 т/га). Некорневые и почвенные подкормки способствовали повышению урожайности на 8,03–58,7 % (прибавка урожая 4,6–16,6 т/га), максимальные прибавки отмечались в вариантах без удобрений, несколько меньшие – на фоне $N_{45-50}P_{45-50}K_{45}$. Оптимальной дозой при длительном применении являлась $N_{90}P_{90}K_{90}$ под сахарную свеклу на фоне 25 т/га навоза в пару; также эффективно применять $N_{50}P_{50}K_{50}$ с осени в сочетании с корневыми подкормками $N_{54}P_{10}K_{10} + S$ два раза за вегетацию. Некорневые подкормки как мочевиной, так и хелатными удобрениями служат дополнительным приемом повышения урожайности при недостатке основного удобрения и не могут обеспечить получение высоких урожаев и повышение урожайности на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения лесостепи ЦЧР [9].

Вопрос внесения удобрений на посевах сахарной свеклы изучался и в работах ученых за рубежом. В исследованиях ученых Иранского инсти-

тута было установлено, что сахарная свекла чувствительна к разным нормам внесения навоза и внекорневой подкормки микроудобрениями. Навоз животных применяли в шести дозах, в то время как микроэлементы (Fe, Zn, B и Mn) вносили на пяти уровнях. Оцениваемые признаки включали общий процент сахара, содержание Na, K и N в клубнях, щелочность, коэффициент извлечения сахара, выход корней, процент чистого сахара и па-току. Результаты показали, что максимальное содержание валового сахара 18,59 % и чистого сахара 16,22 % было получено на участках с внесением 40 т/га навоза + внекорневая подкормка. Кроме того, внекорневая подкормка микроэлементами (Mn, Zn, B) под 40 т/га навоза за счет снижения количества Na и аминок-Н в корнеплодах сахарной свеклы улучшила количественные и качественные показатели. Внесение навоза повысило урожайность корнеплодов, выход сахара на 31–38 % соответственно по сравнению с вариантом без навоза. Самый высокий урожай корнеплодов 63,96 т/га, выход белого сахара 11,24 т/га были получены при внесении навоза и марганца. Результаты показали, что внекорневая подкормка микроэлементами в сочетании с внесением навоза может поддерживать плодородие почвы и улучшать количественные и качественные показатели сахарной свеклы [10].

Детальные исследования, посвященные применению удобрений на посевах сахарной свеклы, были проведены в Египте. В исследованиях на сельскохозяйственной опытной станции университета Загазиг (Египет) при применении азотных удобрений или двукратном опрыскивании смесью микроэлементов зафиксировали самые высокие значения длины, диаметра корней и урожая сахара. Эффект от применения смеси биоудобрений был незначительным по всем изучаемым признакам. С другой стороны, применение высоких доз макро- или микроэлементов значительно снизило общее содержание растворимых сухих веществ [11].

Если рассматривать практику применения удобрений на посевах сахарной свеклы в Белоруссии, то можно проанализировать результаты ис-

следований, изложенные в трудах С. В. Набздорова. Опыты проводились в восточной части Могилевской области. Они были направлены на изучение роста, развития и урожайности сахарной свеклы на фоне разных доз удобрений при орошении. Широко известно, что одним из факторов повышения урожайности сахарной свеклы является удобрение, но какая будет реакция сахарной свеклы на внесение различных доз удобрений в Беларуси, было неизвестно. Опыты были проведены на фоне двух доз удобрений – $N_{120}P_{90}K_{180}$ и $N_{150}P_{110}K_{300}$. Для опытов использовался районированный сорт сахарной свеклы – Белполь односемянная. Полевые опыты по орошению сахарной свеклы проводились на опытном поле «Тушково» БГСХА в Горецком районе Могилевской области. Почва дерново-подзолистая, легкосуглинистая, развивающаяся на легком пылеватом лесовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м. Одним из факторов при наблюдении была влажность почвы в границах 60, 70, 80 % наименьшей влагоемкости (НВ). Варианты орошались широкозахватной дождевальными машинами Linsday-Europe Omega Zimmatik. В результате проведенных исследований выявлено, что наибольшее влияние на урожайность оказала нижняя граница регулирования влажности почвы 70 % НВ при фоне $N_{150}P_{110}K_{300}$ [12, 13].

Выводы. Изучение и анализ практики использования удобрений при выращивании сахарной свеклы показали, что внесение различных удобрений обеспечивает прибавки урожая вне зависимости от региона возделывания. Сахарная свекла является высокопродуктивной (выход продукта при переработке 12–15 %) сахаросодержащей культурой (накопление сахара в корнеплодах 16–20 %). Увеличение урожайности сахарной свеклы и повышение выхода сахара при переработке – важнейшие задачи агропромышленного комплекса. Для формирования 1 т корнеплодов сахарной свеклы необходимо: N – 5,0 кг, P – 1,0 кг, K – 6,0 кг. Так как юг нашей страны находится в зоне неустойчивого увлажнения, разработка системы

удобрений сахарной свеклы должна проводиться с учетом опыта применения удобрений на орошаемых землях. В настоящее время данных недостаточно, это говорит о том, что необходимо провести исследования, посвященные изучению доз и норм минеральных и органических удобрений, микроудобрений на фоне различных режимов орошения при поливе дождеванием и капельным способом.

Список источников

1. Атаева А. У. Оценка и перспективы развития сахарной свеклы в России // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания: сб. науч. ст. 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 9 апр. 2021 г. Изд-во: Юго-Запад. гос. ун-т (Курск). 2021. С. 53–55.
2. Щеголихина Т. А. Совершенствование технических средств для производства сахарной свеклы // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., посвящ. Дню рос. науки, г. Улан-Удэ, 4–10 февр. 2021 г. Улан-Удэ, 2021. С. 124–127.
3. Щеголихина Т. А. Возможность использования вторичных ресурсов сахарной промышленности // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: материалы междунар. науч. конф. Красноярск, 2020. С. 236–240.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 05.07.2023).
5. Жеряков Е. В., Семина С. А., Жерякова Ю. И. Роль микроэлементных удобрений в формировании массы корнеплода сахарной свеклы // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сб. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2022. С. 104–108.
6. Семина С. А., Жеряков Е. В., Жерякова Ю. И. Динамика содержания макроэлементов в растениях сахарной свеклы при применении микроудобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 1(204). С. 21–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29.
7. Жерякова Ю. И., Жеряков Е. В., Семина С. А. Влияние микроэлементных удобрений на урожайность сахарной свеклы // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2021. Т. 1. С. 48–51.
8. Дроздова В. В., Булдыкова И. А., Шеуджен А. Х. Агрохимическая оценка макро- и микроудобрений при возделывании сахарной свеклы в Западном Предкавказье // Плодородие. 2019. № 1. С. 8–11. DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.02.
9. Минакова О. А., Александрова Л. В., Подвигина Т. Н. Удобрение сахарной свеклы в ЦЧР // Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1-4. С. 22–28.
10. Effect of nano micronutrients and nitrogen foliar applications on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) of quantity and quality traits in marginal soils in Egypt / M. D. H. Dewdar, M. S. Abbas, A. S. El-Hassanin, H. A. Abd El-Aleem // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. 7(09). P. 4490–4498. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.708.475>.
11. Yield and quality traits of field-grown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in response to foliar application of micronutrients and different levels of manure / S. Heydarzadeh, H. Gitari,

A. Rahimi, H. K. Khiavi, S. Maitra, A. Hosseinpour // International Journal of Bioresource Science. 2021. 8(2). P. 103–112. DOI: 10.30954/2347-9655.02.2021.7.

12. Набздоров С. В. Влияние удобрений и орошения на динамику роста и урожайность сахарной свеклы // Мелиорация. 2020. № 2(92). С. 48–57.

13. Набздоров С. В. Динамика роста и урожай сахарной свеклы, возделываемой при разных режимах влагообеспеченности на суглинистых почвах в условиях востока Беларуси // Вестник БГСХА. 2020. № 1. С. 140–143.

References

1. Ataeva A.U., 2021. *Otsenka i perspektivy razvitiya sakharnoy svekly v Rossii* [Assessment and prospects for sugar beet development in Russia]. *Problemy konkurentosposobnosti potrebitel'skikh tovarov i produktov pitaniya: sbornik nauch. statey 3-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of Competitiveness of Consumer Goods and Food Products: Collection of Scientific Articles of the III International Scientific-Practical Conference]. Kursk, South-Western State University Publ., pp. 53-55. (In Russian).

2. Shchegolikhina T.A., 2021. *Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv dlya proizvodstva sakharnoy svekly* [Improvement of technical means for sugar beet production]. *Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Baykal'skogo regiona: materialy Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Dnyu rossiyskoy nauki* [Current Issues in the Development of Agricultural Sector of the Economy of Baikal Region: Proc. of the All-Russian (National) Scientific-Practical Conference Dedicated to the Science Day]. Ulan-Ude, pp. 124-127. (In Russian).

3. Shchegolikhina T.A., 2020. *Vozmozhnost' ispol'zovaniya vtorichnykh resursov sakharnoy promyshlennosti* [Possibility to use secondary resources of sugar industry]. *Resursosberegayushchie tekhnologii v agropromyshlennom komplekse Rossii: materialy mezhdunaridnoy nauchnoy konferentsii* [Resource-Saving Technologies in the Agro-Industrial Complex of Russia: Proc. of the International Scientific Conference]. Krasnoyarsk, pp. 236-240. (In Russian).

4. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal State Statistics Service], available: <https://rosstat.gov.ru/> [accessed 05.07.2023]. (In Russian).

5. Zheryakov E.V., Semina S.A., Zheryakova Yu.I., 2022. *Rol' mikroelementnykh udobreniy v formirovani massy korneploda sakharnoy svekly* [The role of trace element fertilizers in the formation of sugar beet root crop mass]. *Agropromyshlennyy kompleks: sostoyanie, problemy, perspektivy: sbornik statey XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Agro-Industrial Complex: State, Problems, Prospects: Proc. of the XVII International Scientific-Practical Conference]. Penza, pp. 104-108. (In Russian).

6. Semina S.A., Zheryakov E.V., Zheryakova Yu.I., 2021. *Dinamika sodержaniya makroelementov v rasteniyakh sakharnoy svekly pri primenenii mikroudobreniy* [Dynamics of the macronutrients content in sugar beet plants when applying microfertilizers]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], no. 1(204), pp. 21-29, DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29. (In Russian).

7. Zheryakova Yu.I., Zheryakov E.V., Semina S.A., 2021. *Vliyanie mikroelementnykh udobreniy na urozhaynost' sakharnoy svekly* [Effect of microelement fertilizers on sugar beet yield]. *Innovatsionnye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa: sb. materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative Ideas of Young Researchers for Agro-Industrial Complex: Proc. of International Scientific-Practical Conference]. Penza, vol. 1, pp. 48-51. (In Russian).

8. Drozdova V.V., Buldykova I.A., Sheudzhen A.Kh., 2019. *Agrokhimicheskaya otsenka makro- i mikroudobreniy pri vozdeleyvanii sakharnoy svekly v Zapadnom Predkavkaz'e* [Agrochemical evaluation of the application of macro- and micronutrient fertilizers in cultivation of sugar beet in Western Ciscaucasia]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1, pp. 8-11, DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.02. (In Russian).

9. Minakova O.A., Aleksandrova L.V., Podvigina T.N., 2018. *Udobrenie sakharnoy svekly v TSCHR* [Fertilizer of sugar beets in the Central Black-Earth Region]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Scientific Agricultural Journal], no. 1-4, pp. 22-28. (In Russian).

10. Dewdar M.D.H., Abbas M.S., El-Hassanin A.S., Abd El-Aleem H.A., 2018. Effect of nano micronutrients and nitrogen foliar applications on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) of quantity and quality traits in marginal soils in Egypt. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(09), pp. 4490-4498, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.708.475>.

11. Heydarzadeh S., Gitari H., Rahimi A., Khiavi H.K., Maitra S., Hosseinpour A., 2021. Yield and quality traits of field-grown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in response to foliar application of micronutrients and different levels of manure. *International Journal of Biore-source Science*, 8(2), pp. 103-112, DOI: 10.30954/2347-9655.02.2021.7.

12. Nabzdorov S.V., 2020. *Vliyanie udobreniy i orosheniya na dinamiku rosta i urozhaynost' sakharnoy svekly* [The impact of fertilizers and irrigation on the dynamics of growth and yield of sugar beets]. *Melioratsiya* [Land Reclamation], no. 2(92), pp. 48-57. (In Russian).

13. Nabzdorov S.V., 2020. *Dinamika rosta i urozhay sakharnoy svekly, vozdeleyvaemoy pri raznykh rezhimakh vlogoobespechennosti na suglinistykh pochvakh v usloviyakh vostoka Belarusi* [Growth dynamics and sugar beet productivity cultivated under different irrigation regimes on loamy soils under the conditions of Eastern Belarus]. *Vestnik BGSKHA* [Bull. of the Belarusian State Agricultural Academy], no. 1, pp. 140-143. (In Russian).

Информация об авторах

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, babichevan2006@yandex.ru, AuthorID: 195832, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>;

А. М. Баева – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, AuthorID: 740746, anya-im-1-2@ya.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7459-9562>.

Information about the authors

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, babichevan2006@yandex.ru, AuthorID: 195832, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>;

A. M. Baeva – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, anya-im-1-2@ya.ru, AuthorID: 195832, <https://orcid.org/0009-0003-7459-9562>.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.08.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 09.10.2023.

The article was submitted 21.08.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 09.10.2023.