

Научная статья

Original article

УДК 631.81: 633.4

DOI 10.55186/25880209_2025_9_4_6

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки)

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ НА МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ
КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ
ПИТАНИЯ ПРИ ЕЁ ВОЗДЕЛЫВАНИИ**

**THE EFFECT OF FERTILIZER ON THE MACROELEMENT COMPOSITION OF
SUGAR BEET ROOTS AND THE BALANCE OF NUTRIENTS DURING ITS
CULTIVATION**



Серченков Андрей Анатольевич, аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ (243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а), тел. +79003603118, kafeap@bgsha.com

Смольский Евгений Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ (243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а), тел. +79208317347, ORCID0000-0002-7534-5893, sev_84@mail.ru

Serchenkov Andrey Anatolyevich, graduate student of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, FSBEI HE Bryansk SAU (243365, Russia,

Bryansk region, Vygonichsky district, s. Kokino, st. Sovetskaya 2a), tel. +79003603118, kafeap@bgsha.com

Smolsky Evgeny Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, FSBEI HE Bryansk SAU (243365, Russia, Bryansk region, Vygonichsky district, s. Kokino, st. Sovetskaya 2a), tel. +79208317347, ORCID0000-0002-7534-5893, sev_84@mail.ru

Аннотация. В период исследования 2022-2024 годы в условиях серых лесных почв, с агрохимическими свойствами: обменная кислотность – 5,5-5,7 ед., содержание гумуса – 2,58-3,69 %, подвижного фосфора и калия соответственно 285-342 и 178-194 мг/кг, Выгоничского района Брянской области в севообороте изучали действие органического и минерального удобрения на баланс элементов питания при возделывании сахарной свёклы. В результате исследований, проведённых в разных агроклиматических условиях, выявили, что элементный состав воздушно-сухой массы естественного травостоя зависел от агроклиматических условий, количества применяемого удобрения. Обнаружили тренд повышения содержания основных элементов питания при повышении норм удобрения. Установили, что вынос элементов питания главным образом зависел от урожайности, элементный состав воздушно-сухой массы влиял слабо. Определили, что возделывание сахарной свёклы без применения удобрения обуславливает отрицательный баланс основных элементов питания. Применения минерального удобрения в исследуемых нормах позволяет обеспечить бездефицитный баланс азота и фосфора, а использования органического удобрения обуславливает бездефицитный основных элементов питания.

Abstract. During the research period 2022-2024, in conditions of gray forest soils, with agrochemical properties: exchange acidity - 5.5-5.7 units, humus content - 2.58-3.69%, mobile phosphorus and potassium, respectively, 285-342 and 178-194 mg/kg, Vygonichsky district of the Bryansk region in crop rotation studied the effect of organic and mineral fertilizer on the balance of nutrients when cultivating sugar beets. As a result of studies conducted in different agroclimatic conditions, it was found that the

elemental composition of the air-dry mass of natural grass stock depended on agroclimatic conditions, the amount of fertilizer used. We found a trend of increasing the content of basic nutrients with an increase in fertilizer standards. It was found that the removal of nutrients mainly depended on the yield, the elemental composition of the air-dry mass had little effect. It was determined that the cultivation of sugar beets without the use of fertilizer causes a negative balance of basic nutrients. The use of mineral fertilizer in the studied standards allows to ensure a deficit-free balance of nitrogen and phosphorus, and the use of organic fertilizer causes a deficit-free basic elements of nutrition.

Ключевые слова: органические и минеральные удобрения, сахарная свёкла, элементы состав, вынос элементов, баланс, Брянская область

Key words: organic and mineral fertilizers, sugar beets, elements composition, removal of elements, balance, Bryansk region

Введение. Сахарная свёкла – стратегическая культура в продовольственной безопасности страны, является сырьём для производства сахара, кроме того продукты переработки, жом используется на корм скоту, меласса сырье для производства спирта, а дефека́т – удобрение [1, 2]. При возделывании сахарной свёклы наряду с повышением урожайности сельскохозяйственной культуры одним из главных вопросов остаётся возврат элементов питания, воспроизводство и повышение плодородия почв [3, 4]. Одной из основных функций плодородия почвы является обеспечение растений элементами питания. Поэтому определение баланса элементов питания в почве при различных нормах органического и минерального удобрения представляет очевидный интерес [5]. Баланс элементов питания – это отношение их поступления и расхода в течение определённого периода времени. Поступление питательных элементов происходит за счёт минерального и органического удобрения, пожнивных и послеуборочных остатков растений, посевного и посадочного материала, биологической фиксации азота, выпадением азота из атмосферы с осадками. Расход происходит за счёт

выноса элементов с товарной продукцией, смывом с поверхности и вымыванием в грунтовые воды, эрозионных потерь, потерь в результате газообразования [6, 7].

Производство растениеводческой продукции изменяет поступление и вынос элементов питания. Прогнозирование направленности потребления элементов питания в зависимости от условий произрастания позволит в современных условиях определить нуждаемость в элементах питания для получения высоких урожаев и сохранения плодородия почвы [8].

Цель исследования – изучить действие органического и минерального удобрения на баланс элементов питания при возделывании сахарной свёклы в условиях серых лесных почв севера Брянской области.

Методы и условия проведения исследования. В условиях опытного поля Брянского ГАУ в период 2022-2024 годов исследования в полевом севообороте с чередованием культур: картофель → яровая пшеница → сахарная свёкла → ячмень яровой проводили исследования влияния удобрения на элементный состав корнеплодов сахарной свёклы и баланс элементов питания. Почвенный покров опытного поля представлен серой лесной почвой на лёссовидных суглинках со следующими средними агрохимическими показателями пахотного горизонта: обменная кислотность – 5,5-5,7 ед., содержание гумуса – 2,58-3,69 % (по Тюрину), подвижного фосфора и калия соответственно 285-342 и 178-194 мг/кг почвы (по Кирсанову).

Агрометеорологические ресурсы годов исследования территории полевого опыта и климатическая норма представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метеорологические условия 2022-2024 гг. (по данным метеостанции Брянского ГАУ)

Показатель	Год	Месяц					Вегетационный период
		май	июнь	июль	август	сентябрь	
Сумма осадков, мм	2022	86,0	89,0	82,0	15,0	227,0	499,0
	2023	67,0	68,1	88,0	42,0	41,8	306,9
	2024	42,0	142,0	54,0	9,0	4,0	251,0
	Климатическая норма	55,0	65,0	82,0	64,0	46,0	312,0
Температура воздуха, °С	2022	11,4	19,4	18,7	20,8	9,7	16,0
	2023	13,2	17,2	18,6	20,5	15,0	17,0
	2024	13,3	19,4	22,0	19,7	18,0	18,7

Климатическая норма	14,5	17,7	20,2	18,7	11,4	16,5
---------------------	------	------	------	------	------	------

Наиболее благоприятные агроклиматические условия сложились в 2023 году, 2022 года был избыточно влажным, а 2024 год – очень засушливым.

Агротехника и система защиты растений при возделывании сахарной свёклы были общепринятыми для зоны исследования [9].

Посев семян сахарной свёклы сорта Марино обработанные фунгицидами Тирам и Гимексазол и инсектицидами Тиаметоксам и Тефлутрин проводили в начале мая. Уборку проводили вручную поделочно в начале октября.

Площадь опытной деланки составила 55 м², повторность опытов трёхкратная. Схема применения удобрения: 1. Контроль (без удобрения), 2. Навоз 20 т/га, 3. Навоза 40 т/га. 4. N60P60K60, 5. N90P90K90, 6. N120P120K120. Органические и минеральные удобрения (аммиачная селитра и диаммофоска) вносили полной нормой в один приём весной перед посевом. В течение вегетации проводили две обработки хелатным комплексом микроэлементов (3 л/га).

Лабораторно-аналитические исследования по определению элементного состава в воздушно-сухой массе проводили в соответствии с общепринятыми методиками (ГОСТ 30504-97, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 13496.4-93) в центр коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ.

Расчёт баланса элементов проводили в соответствии с общепринятыми методиками [10], для перевода массы оксида минерального удобрения в элемент использовали коэффициент пересчёта.

Результаты и обсуждение. Плодородие серой лесной почвы, агроклиматические условия северной части Брянской области и биологические особенности сахарной свёклы сорта Марино формируют урожай корнеплодов с содержанием азота, фосфора и калия соответственно 0,66, 0,21 и 0,81 % воздушно-сухого вещества в среднем за годы исследования.

Применение возрастающих от 20 до 40 т/га норм органического удобрения повышает содержание азота до 0,72 %, снижает фосфора до 0,21 %и повышает

калия до 0,83 % в воздушно-сухой массе корнеплодов (табл. 2).

Таблица 2 – Элементный состав корнеплодов сахарной свёклы в условиях северной части Брянской области, среднее за годы исследования

Вариант	Азот	Фосфор	Калий
	%, на воздушно-сухую массу		
Контроль	0,66	0,21	0,81
Навоз 20 т/га	0,67	0,24	0,77
Навоз 40 т/га	0,72	0,21	0,83
N60P60K60	0,71	0,18	0,71
N90P90K90	0,71	0,18	0,93
N120P120K120	0,75	0,19	1,07

Применение возрастающих от N60P60K60 до N120P120K120 норм минерального удобрения повышает содержание азота до 0,75 %, снижает фосфора до 0,19 % и повышает калия до 1,07 % в воздушно-сухой массе корнеплодов (табл. 2).

Вынос элементов питания, зависел, прежде всего, от урожайности корнеплодов сахарной свёклы, содержание элементов питания в воздушно-сухой массе влияло слабо, с повышением урожайности воздушно-сухой массы корнеплодов сахарной свёклы возрастал и вынос элемента питания с урожаем.

Вынос азота на контрольном варианте составил 31,3 кг/га, возрастающие нормы органического удобрения повышали вынос до 66,2, а минерального удобрения до 97,2 кг/га.

В статьях прихода баланса элементов питания главным источником поступления азота служили органические и минеральные удобрения, а также фиксация молекулярного азота свободноживущими микроорганизмами (10 кг N / га в год) и азот, поступивший с атмосферными осадками (5 кг N / га в год).

В среднем за годы исследования баланс азота на контрольном варианте был отрицательным и составлял –16,3 кг/га. Применение минерального удобрения в исследуемых нормах обеспечивает положительный баланс азота на уровне 10,9-37,8 кг/га. Использование органического удобрения обуславливает повышения положительного баланса азота до уровня 69,7-148,8 кг/га в зависимости от применяемых норм (табл. 3).

Таблица 3 – Баланс элементов питания при возделывании сахарной свёклы в условиях северной части Брянской области

Вариант	Вынос, кг/га			Поступление, кг/га			Баланс, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Контроль	31,3	9,8	38,6	15,0	0	0	-16,3	-9,8	-38,6
Навоз 20 т/га	45,3	16,4	52,1	115,0	50,0	120,0	69,7	33,6	67,9
Навоз 40 т/га	66,2	19,0	76,0	215,0	100,0	240,0	148,8	81,0	164,0
N60P60K60	64,1	16,0	64,7	75,0	26,2	50,0	10,9	10,2	-14,7
N90P90K90	78,8	19,6	103,5	105,0	39,3	75,0	26,2	19,7	-28,5
N120P120K120	97,2	25,1	139,2	135,0	52,4	100,0	37,8	27,3	-39,2

В статьях прихода баланса элементов питания главным источником поступления фосфора служили органические и минеральные удобрения. В среднем за годы исследования баланс фосфора на контрольном варианте был отрицательным и составлял $-9,8$ кг/га. Применение минерального удобрения в исследуемых нормах обеспечивает положительный баланс фосфора на уровне $10,2$ - $27,3$ кг/га. Использование органического удобрения обуславливает повышения положительного баланса фосфора до уровня $33,6$ - $81,0$ кг/га в зависимости от применяемых норм (табл. 3).

В статьях прихода баланса элементов питания главным источником поступления калия служили органические и минеральные удобрения. В среднем за годы исследования баланс калия на контрольном варианте был отрицательным и составлял $-38,6$ кг/га. Применение минерального удобрения в исследуемых нормах обеспечивает отрицательный баланс калия на уровне $-14,7$... $-39,2$ кг/га. Использование органического удобрения обуславливает положительный баланс калия на уровне $67,9$ - $164,0$ кг/га в зависимости от применяемых норм (табл. 7).

Выявили, что возделывание сахарной свёклы в условиях опытного поля Брянского ГАУ без применения удобрения обуславливает отрицательный баланс основных элементов питания, и в результате и снижения плодородия серой лесной почвы. Применения минерального удобрения в исследуемых нормах позволяет обеспечить бездефицитный баланс азота и фосфора, а использования органического удобрения обуславливает бездефицитный основных элементов

питания и в результате повышения плодородия серой лесной почвы.

Выводы. В результате исследований, проведённых в разных агроклиматических условиях, выявили, что элементный состав воздушно-сухой массы естественного травостоя зависел от агроклиматических условий, количества применяемого удобрения. Обнаружили тренд повышения содержания основных элементов питания при повышении норм удобрения. Установили, что вынос элементов питания главных образом зависел от урожайности, элементный состав воздушно-сухой массы влиял слабо. Определили, что возделывание сахарной свёклы без применения удобрения обуславливает отрицательный баланс основных элементов питания. Применения минерального удобрения в исследуемых нормах позволяет обеспечить бездефицитный баланс азота и фосфора, а использования органического удобрения обуславливает бездефицитный основных элементов питания.

Литература

1. Боронтов, О.К. Природные и антропогенные факторы, определяющие технологическое качество и урожайность сахарной свёклы в условиях ЦЧР / О.К. Боронтов, Л.Н. Путилина, П.А. Косякин // Сахар. – 2018. – № 5. – С. 16-19.
2. Особенности выращивания сахарной свеклы в регионах России / О. В. Святова, С. П. Кузьмина, А. Н. Макушин, Д. Н. Дорошевский // Сахарная свёкла. – 2023. – № 4. – С. 8-11.
3. Семинченко Е.В. Баланс гумуса, элементов питания и продуктивность биологизированных севооборотов Нижнего Поволжья // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 89–94.
4. Семыкин В.А., Пигорев И.Я., Никитина О.В. Баланс элементов питания и гумуса в землях сельскохозяйственного назначения Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 6–11.
5. Сычев В.Г., Шафран С.А. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений // Плодородие. – 2019. – № 2 (107). – С. 22–25.

6. Волинкина О.В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур // Плодородие. – 2020. – № 4 (115). – С. 13–16.
7. Просяников Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 13–17.
8. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 3–13.
9. Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, М.П. Наумова. – Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2017. – 46 с.
10. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. – М.: Изд-во ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

References

1. Borontov, O.K., Putilina, L.N. & Kosyakin, P.A. (2018). Prirodnye i antropogennye faktory, opredelajushhie tehnologicheskoe kachestvo i urozhajnost' saharnoj svjokly v uslovijah CChR. [Natural and anthropogenic factors that determine the technological quality and yield of sugar beets in the conditions of the Central District]. *Sugar*, no 5, pp. 16-19.
2. Svyatova, O. V., Kuzmina, S. P., Makushin, A. N. & Doroshevsky D. N. (2023). Osobennosti vyrashhivaniya saharnoj svjokly v regionah Rossii [Features of growing sugar beets in the regions of Russia]. *Sugar beet*, no 5, pp. 8-11.
3. Seminchenko, E.V. (2018). Balans gumusa, jelementov pitaniya i produktivnost' biologizirovannyh sevooborotov Nizhnego Povolzh'ja [Balance of humus, nutrients and productivity of biologized crop rotations of the Lower Volga region]. *Perm Agrarian Bulletin*, no 2, pp. 89-94.
4. Semykin, V.A., Pigorev, I.Ya., Nikitina, O.V. (2019). Balans jelementov pitaniya i gumusa v zemljah sel'skhozjajstvennogo naznachenija Kurskoj oblasti [Balance of food elements and humus in agricultural lands of the Kursk region]. // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, no 3, pp. 6-11.
5. Sychev, V.G., Shafran, S.A. (2019). Prognoz plodorodija pochv Nechernozemnoj zony v zavisimosti ot urovnja primeneniya udobrenij [Forecast of soil

fertility in the Non-Black Earth Zone depending on the level of fertilizer use]. *Fertility*, no 2, pp. 22–25.

6. Volynkina, O.V. (2020). Balans pitatel'nyh veshhestv na posevah sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Nutrient balance in crop crops]. *Fertility*, no 4, pp. 13–16.

7. Prosyannikov, E.V. (2019). Agrohimiicheskie aspekty ustojchivogo zemledelija [Agrochemical aspects of sustainable agriculture]. *Agrochemical Bulletin*, no 5, pp. 13–17.

8. Sychev, V.G., Shafran, S.A., Vinogradova, S.B. (2020). Plodorodie pochv Rossii i puti ego regulirovaniya [Soil fertility in Russia and ways of its regulation]. *Agrochemistry*, no 6, pp. 3–13.

9. Melnikova, O.V., Torikov, V.E., Naumova, M.P. (2017). Proizvodstvo produktsii rastenievodstva [Production of crop production]. Bryansk: Publishing House Bryansk SAU.

10. Mineev, V.G. (2017). Agrohimiya: uchebnik [Agrochemistry: textbook]. M.: Publishing House VNIIA named after D.N. Pryanishnikov.

© Серченков А.А., Смольский Е.В., 2025. *International agricultural journal*, 2025, № 4, 1069-1078.

Для цитирования: Серченков А.А., Смольский Е.В. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ НА МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕЁКЛЫ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ЕЁ ВОЗДЕЛЫВАНИИ // *International agricultural journal*. 2025. № 4, 1069-1078.