

Земледелие и мелиорация

УДК 631.8: 633.63 : 631.527.5 : 631.81.033

DOI:10.31857/S2500262723030092, EDN: EZPSNF

ПОТРЕБЛЕНИЕ НРК ГИБРИДАМИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ ОСНОВНОГО УДОБРЕНИЯ В ЦЧР**О.А. Минакова, доктор сельскохозяйственных наук,
Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина***Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова,
396030, Воронежская обл., Рамонский р-н, пос. ВНИИСС, 86
E-mail: olalmin2@rambler.ru*

Исследования проводили с целью определения влияния уровня удобренности на урожайность и потребление НРК из почвы и удобрений сахарной свеклой в условиях ЦЧР. Работу выполняли в паровом звене зерносвекловичного севооборота в 2019–2021 гг. в Воронежской области. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: гибрид свеклы (фактор А) – РМС 120, РМС 127, Митика; удобрения (фактор В) – без удобрений, $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$. Минеральные удобрения вносили под сахарную свеклу, навоз – в паровом поле. Высокая насыщенность элементами питания ($N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза) обеспечивала формирование урожайности корнеплодов отечественных гибридов на уровне 43,2–45,1 т/га, иностранного – 48,3–51,6 т/га, что превышало величину этого показателя в неудобренных вариантах соответственно на 20,7–59,4 и 9,0–22,3 %. Выход сухого вещества с урожаем основной продукции РМС 120 и РМС 127 в удобренных вариантах составлял 11,9–15,3, Митика – 13,5–15,1 т/га. Отечественные гибриды в большей степени используют НРК удобрений, иностранный – элементы питания почвы, что ухудшает экологическую обстановку в посевах (за исключением K_2O , потребление которого отечественными гибридами, особенно РМС 127, более интенсивно). Для получения максимальных урожаев гибридов Митика, РМС 120 и РМС 127 рекомендовано применение в севообороте $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, РМС 127 – также и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. Для расчета доз удобрений на планируемую урожайность рекомендуется использовать следующие нормативы выноса на 1 т основной продукции: при возделывании гибрида РМС 120 – 3,80 кг N, 1,40 кг P_2O_5 , 4,18 кг K_2O , РМС 127 – 3,44, 1,24 и 3,83 кг, Митика – 3,14, 1,09 и 2,97 кг соответственно.

CONSUMPTION OF NPK BY DOMESTIC AND FOREIGN SUGAR BEET HYBRIDS WITH DIFFERENT MAIN FERTILIZER BACKGROUNDS IN THE CENTRAL BLACK-EARTH REGION**O.A. Minakova, L.V. Alexandrova, T.P. Podvigina***Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar,
396030, Voronezhskaya obl., Ramonskii r-n, pos. VNISS, 86
E-mail: olalmin2@rambler.ru*

The investigations conducted in 2019–2021 revealed an effect of fertilizer levels on domestic and foreign sugar beet hybrids' yield and peculiarities of NPK consumption from soil and fertilizers under conditions of the Central Black-Earth Region. Fertilizer systems with a high degree of nutrient elements' saturation ($N_{135}P_{135}K_{135}$ for sugar beet in combination with 25 t/ha of manure in a fallow, and $N_{120}P_{120}K_{120}$ for sugar beet in combination with 50 t/ha of manure in a fallow) provided a high beet root yield of domestic sugar beet hybrids (43.2–45.1 t/ha) comparable to the one of the foreign hybrid (48.3–51.6 t/ha). The fertilizer level effect appeared as a substantial improvement of the domestic hybrids' productivity per 1 ha (by 20.7–59.4 % as compared to the variant without fertilizers), whereas this parameter of the foreign hybrid showed less increase (by 9.00–22.3 %). In variants with fertilizers, yield of dry matter by the crop main product of RMS 120 and RMS 127 was similar to that of Mitika hybrid (11.9–15.3 and 13.5–15.1, t/ha accordingly). The domestic hybrids generally use NPK fertilizers; the foreign one consumes nutrient elements of soil mostly. This worsens ecological conditions of fields (except K_2O which consumption by domestic hybrids, especially RMS 127, is more intensive). To obtain maximum yields it is recommended to apply $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ t/ha of manure for both hybrids Mitika, RMS 120 and RMS 127, and also $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ t/ha of manure for RMS 127. To calculate doses of fertilizers for planned yield obtaining, it is recommended to use the following standard removal values per 1 ton of the main product: 3.80 kg/t of N, 1.40 kg/t of P_2O_5 and 4.18 kg/t of K_2O , when cultivating the hybrid of RMS 120; 3.44, 1.24 and 3.83 kg/t, accordingly, when cultivating the hybrid of RMS 127; and 3.14, 1.09 and 2.97 kg/t, accordingly, when cultivating the hybrid of Mitika.

Ключевые слова: сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.), импортозамещение, гибрид, урожайность, питательные элементы, коэффициент использования.

Key words: sugar beet (*Beta vulgaris* L.), import substitution, hybrid, yield, nutrient elements, utilization ratio.

Согласно «Доктрине продовольственной безопасности РФ» (2020 г.) [1] обеспечение страны сахаром собственного производства должно составлять не менее 90 %. В последние годы величина этого показателя была даже выше – 95,5 % [2]. При этом зависимость технологии выращивания сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) от импорта зарубежных компонентов остается достаточно высокой [3, 4, 5]. Возделывание культуры в РФ в последние годы основано на использовании импортных гибридов (95,0–97,1 % от высеваемых) [4, 6], которые обеспечивали высокую продуктивность. Так, в 2016–2020 гг.

урожайность корнеплодов составляла 429 ц/га [7]. В современных условиях вследствие экономических санкций необходимо наращивать производство отечественных семян [8], в том числе сахарной свеклы, и шире использовать гибриды отечественной селекции [4, 9].

Формирование максимальной продуктивности сахарной свеклы в наиболее полной мере обеспечивает применение расчетных доз удобрений, что позволяет получать значительные прибавки урожая, а также сохранять почвенное плодородие [10, 11, 12]. При расчете доз удобрений на планируемую урожайность используют

такие агрохимические показатели как коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, вынос NPK на 1 т продукции; учитывают такие показатели почвенного плодородия, как содержание NPK в почве и др. [13, 14]. Величины указанных нормативов сильно зависят не только от уровня удобренности посевов, но и от биологических особенностей возделываемых гибридов, почвенно-климатических и погодных условий, способа обработки почв [15, 16, 17]. На этом основана сортовая агротехника сельскохозяйственных культур, обеспечивающая формирование значительных урожаев сырья высокого качества [18].

Кроме того, имеются сведения об изменении содержания NPK в сахарной свекле при использовании агрохимических средств [19, 20]. Установлено, что наименьший расход NPK в расчете на 1 т основной продукции (корнеплодов) с учетом побочной (листьев) обеспечивает применение оптимальных доз удобрений [16]. Изменение химического состава и урожайности оказывает сильное влияние на вынос NPK культурой [21].

Коэффициенты использования элементов питания растениями из удобрений (КИУ) в значительной мере зависят от используемых систем удобрений, обеспеченности посевов азотом, фосфором и микроэлементами, а рост удобренности приводит к снижению коэффициентов использования NPK сахарной свеклой [14, 21].

То есть, изучение содержания NPK в сухом веществе гибридов отечественной и зарубежной селекции сахарной свеклы, коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений позволит установить оптимальные величины этих показателей с целью наиболее точного расчета доз удобрений на планируемую урожайность, обеспечивающих формирование высоких урожаев корнеплодов и рациональное использование удобрений.

Цель исследований – изучить потребление основных элементов питания гибридами сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции на фоне различных доз основного удобрения в условиях Центрально-Черноземного района РФ.

Методика. Работу выполняли в 2019–2021 гг. на опытном поле ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова, которое находится в Рамонском районе Воронежской области, в опыте с различными агрофонами, созданными длительным применением удобрений в 9-польном зернопаропашном севообороте в паровом звене (черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера).

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: гибрид свеклы (фактор А) – диплоиды N-типа РМС 120 и РМС 127 (ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова, РФ) и Митика (Lion Seeds Co., Ltd, Великобритания); удобрения (фактор В) – без удобрений, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$. В вариантах с учетом последствия навоза в сумме поступало соответственно 205,6, 340,6, 475,6, 501,2 и 570,0 кг/га д.в. NPK. Минеральные удобрения вносили осенью перед основной обработкой под сахарную свеклу, полупрепревший навоз крупного рогатого скота – в паровом поле. Отечественные гибриды включены в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2010 и 2016 гг., иностранный – в 2015 г.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (слой 0...20 см): содержание гумуса – 4,89...5,55 %, подвижных P_2O_5 и K_2O – 6,07...13,8 и 17,5...23,9 мг/100 г почвы соответственно по Чирикову, pH_{KCl} – 5,31...5,92, Нг – 3,51...4,93 мг-экв/100 г почвы.

Теплые периоды лет исследований характеризовались как засушливые с суммой осадков в 2019 г. 187,5 мм, в 2020 г. – 182,3 мм, в 2021 г. – 298,3 мм, средней температурой – 16,3, 16,4 и 16,7 °С соответственно, гидротермическим коэффициентом Селянинова – 0,9, 0,6 и 1,0, при среднемноголетних значениях показателей 382,2 мм, 15,9 °С и 1,27 соответственно.

Урожайность корнеплодов определяли по методике Л. А. Барштейна, Н. Г. Гизбуллина (1986), содержание в корнеплодах сухого вещества – весовым методом, содержание NPK – по В. Т. Куркаеву (1961), коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений растениями сахарной свеклы для формирования основной и побочной продукции – балансовым расчетным методом, окупаемость NPK прибавкой урожая корнеплодов – расчетным методом. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985) с использованием ПК.

Результаты и обсуждение. Урожайность отечественных гибридов РМС 120 и РМС 127 в вариантах с удобрениями составила 37,7...45,1 и 36,2...44,0 т/га соответственно (рис. 1), иностранного – 46,0...51,6 т/га, что свидетельствует о более высокой продуктивности последнего. Наибольший в опыте уровень урожайности отечественного гибрида РМС 127 при уборке обеспечивали системы $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза; применение удобрений увеличивало сбор корнеплодов этого гибрида на 6,2...14,0 т/га (на 20,7...46,7 %), относительно контроля. Максимальную в опыте урожайность отечественного гибрида РМС 120 отмечали в вариантах $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$ и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза. Относительно контроля прибавка составляла 9,4...16,8 т/га (33,2...59,4 %), что выше, чем у РМС 127, и свидетельствует о лучшей реакции РМС 120 на улучшение условий минерального питания. Разница в урожайности гибридов РМС 120 и РМС 127 на одних и тех же фонах удобрения была несущественной, 0,9...2,4 т/га, что ниже НСР₀₅ по фактору А (2,54 т/га).

Урожайность иностранного гибрида в вариантах с применением удобрений была выше, чем у отечественных, на 4,8...9,8 т/га (11,1...27,1 %), в контроле – на 12,2...13,9 т/га (40,7...49,1 %). Меньшая разница по величине этого показателя у отечественных гибридов, по сравнению с иностранным, в вариантах с применением удобрений свидетельствует о том, что гибриды российской селекции лучше использовали действие удобрений. Наименьшая разница в урожайности иностранного гибрида с РМС 120 отмечена в варианте $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза (5,1 т/га), с РМС 127 – $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза (4,8 т/га).

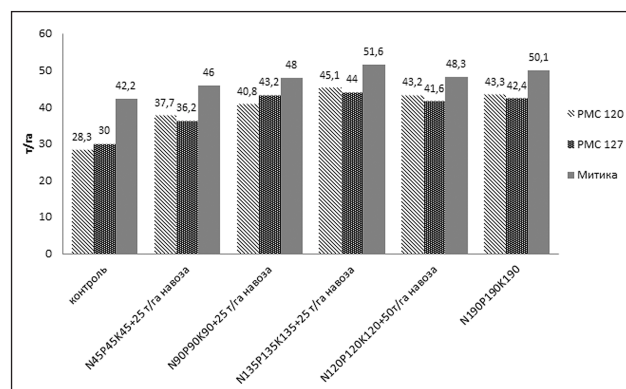


Рис. 1. Влияние удобрений на урожайность гибридов сахарной свеклы (среднее за 2019–2021 гг.; НСР₀₅ для фактора А – 2,54 т/га; для фактора В – 3,60 т/га), т/га.

Удобрения обеспечивали увеличение сбора корнеплодов гибрида Митика на 3,8...9,4 т/га (9,0...22,3 %), относительно контроля, что свидетельствует о его слабой реакции на улучшение условий питания (в отличии от отечественных гибридов, прибавка урожая которых от удобрений составляла 20,7...59,4 %).

Окупаемость 1 кг NPK удобрений прибавкой урожая корнеплодов гибрида РМС 120 составляла 26,3...45,7 кг/кг, РМС 127 – 21,7...38,8, Митики – 12,2...18,5 кг/кг. Это также указывает на то, что отечественный гибрид РМС 120 в наибольшей степени реагировал на применение удобрений, а иностранный – в наименьшей. Самая высокая окупаемость у РМС 120 отмечена в варианте $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза (45,7 кг/кг), самая низкая – $N_{190}P_{190}K_{190}$ (26,3 кг/кг), у РМС 127 – соответственно в вариантах $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза (38,8 кг/кг) и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (21,7 кг/кг), у Митики – $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза (18,5 кг/кг) и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза (12,2 кг/кг). Увеличение окупаемости отечественных гибридов привело к снижению окупаемости 1 кг NPK, относительно минимальной дозы $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, на 19,7...44,1 %, иностранного – в меньшей степени, на 6,5...34,1 %, а на фоне $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза отмечено даже небольшое ее увеличение.

Выход сухого вещества с урожаем корнеплодов отечественных и иностранного гибридов в вариантах с удобрениями был сопоставимым (рис. 2): у РМС 120 – 12,2...15,3 т/га, у РМС 127 – 11,9...14,0 т/га, у Митики – 13,5...15,1 т/га, что связано с более высоким (на 0,2...1,5 %) содержанием сухого вещества в корнеплодах отечественных гибридов. Так, в вариантах с удобрениями в корнеплодах гибрида РМС 120 оно составляло 26,1...26,9 %, РМС 127 – 24,9...26,8 %, Митика – 24,7...25,6 %. Наибольшая разница между гибридами была отмечена в вариантах с невысокой и средней насыщенностью NPK. Максимальное в опыте содержание сухого вещества в корнеплодах отечественных и иностранного гибридов отмечено при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, а у гибрида Митика еще и в варианте с $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза.

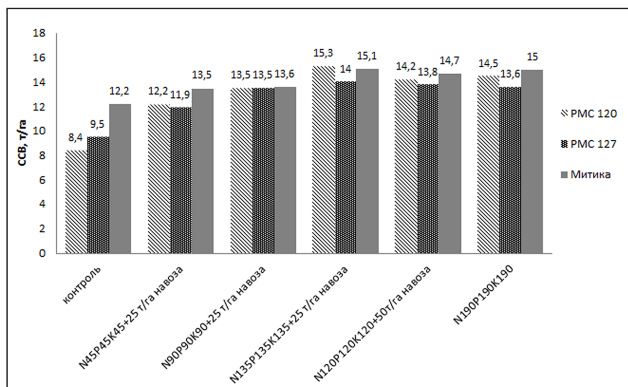


Рис. 2. Влияние удобрений на выход сухого вещества с урожаем корнеплодов гибридов сахарной свеклы (среднее за 201–2021 гг.), т/га.

Выход сухого вещества в неудообренном варианте у РМС 120 составил 8,4 т/га, РМС 127 – 9,5, Митики – 12,2 т/га, что объясняется различиями в урожайности корнеплодов. Под влиянием удобрений выявлен рост величины этого показателя, относительно контроля, у гибрида РМС 120 на 45,2...82,1 %, РМС 127 – на 25,3...47,4 и Митики – на 10,7...23,8 %.

Содержание азота в расчете на сухое вещество корнеплодов перед уборкой у гибрида РМС 120 со-

Табл. 1. Влияние удобрений на содержание NPK в корнеплодах гибридов сахарной свеклы перед уборкой (среднее за 2019–2021 гг.), % сухого вещества

Вариант	РМС 120			РМС 127			Митика		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	0,81	0,41	1,35	1,12	0,36	1,45	0,97	0,35	1,13
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	0,97	0,42	1,45	0,91	0,32	1,28	0,92	0,35	1,08
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	0,81	0,42	1,33	1,03	0,40	1,25	0,90	0,42	1,05
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	1,12	0,38	1,23	0,84	0,29	1,43	1,00	0,34	0,98
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	1,38	0,37	1,30	1,25	0,46	1,30	0,98	0,35	1,00
$N_{190}P_{190}K_{190}$	1,25	0,27	1,48	0,93	0,51	1,43	1,12	0,41	1,03
НСР ₀₅ :									
для фактора А N – 0,05; P ₂ O ₅ – 0,04; K ₂ O – 0,06									
для фактора В 0,05 0,02 - - 0,02 0,07 - - 0,05									

ставляло 0,81...1,38 %, РМС 127 – 0,84...1,25 %, Митики – 0,90...1,12 % (табл. 1). Наибольшую концентрацию P₂O₅ в корнеплодах отмечали у гибрида РМС 127 (0,29...0,51 %), несколько меньше – у Митики (0,34...0,42 %), самую низкую – у РМС 120 (0,27...0,42 %). Содержание K₂O в сухом веществе корнеплодов гибридов РМС 127 и РМС 120 (1,23...1,48 и 1,25...1,43 % соответственно) было выше, чем у Митики (0,98...1,13 %). В целом самое высокое суммарное содержание NPK в корнеплодах отмечено у гибрида РМС 127, самое низкое – у Митики.

Под действием удобрений у гибрида РМС 120 происходило повышение содержания N, относительно контроля, на 0,16...0,57 %, с одновременным снижением P₂O₅ на 0,03...0,14 %. У РМС 127 отмечено увеличение концентрации P₂O₅ на 0,04...0,15 % и снижение K₂O на 0,15...0,20 %. У Митики происходило только сокращение содержания K₂O (на 0,05...0,15 %). Наименьшее количество NPK в корнеплодах гибрида РМС 120 отмечали в варианте с $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, РМС 127 – $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, гибрида Митика – во всех вариантах было ниже, чем в контрольном, за исключением $N_{190}P_{190}K_{190}$.

Самый низкий вынос P₂O₅ урожаем корнеплодов зафиксирован у гибрида РМС 120 (за исключением варианта $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоз) – 27,5...46,3 кг/га (табл. 2), у гибридов РМС 127 и Митика величина этого показателя составляла 27,4...50,1 и 37,1...50,0 кг/га соответственно, что больше, чем у РМС 120, на 14,5...35,4 %. При высокой насыщенности удобрениями разница снижалась. Вынос азота урожаем корнеплодов у иностранного гибрида был на 11,2...89,7 % больше, чем у отечественных (за исключе-

Табл. 2. Влияние удобрений на выход NPK урожаем корнеплодов гибридов сахарной свеклы (среднее за 2019–2021 гг.), кг/га

Вариант	РМС 120			РМС 127			Митика		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	54,3	27,5	90,5	85,1	27,4	110	103	37,1	120
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	98,0	42,4	147	88,3	31,0	124	109	41,3	127
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	86,7	44,9	142	111	43,2	135	107	50,0	125
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	133	45,2	146	97,4	33,6	154	130	44,2	127
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	157	42,2	148	136	50,1	142	121	43,4	124
$N_{190}P_{190}K_{190}$	141	46,3	167	99,5	38,5	153	141	44,1	129

нием варианта с применением $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза). Наибольшую разницу отмечали в контроле, а также в вариантах с применением $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза между гибридами РМС 120 и Митика. Гибриды РМС 120 и РМС 127 отчуждали с урожаем на 8,0...29,5 % больше K_2O , чем Митика, за исключением контроля, где был отмечен наибольший вынос элемента иностранным гибридом.

Удобрения повышали вынос азота урожаем корнеплодов гибрида РМС 120, относительно контроля, на 59,6...189 %, гибрида РМС 127 – на 3,8...59,8 %, гибрида Митика – на 3,9...36,9 %, P_2O_5 – соответственно на 53,5...68,4, 13,1...82,9 и 11,3...34,8 %, K_2O – на 56,9...84,5, 12,7...40,0 и 3,4...7,5 %, что свидетельствует о меньшей зависимости выноса NPK иностранным гибридом от уровня удобренности.

Максимальный в опыте суммарный вынос NPK гибридами РМС 120 и Митика отмечен в варианте $N_{190}P_{190}K_{190}$ гибридом РМС 127 – $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, вследствие как наибольшей урожайности, так и содержания элементов питания в корнеплодах. Минимальный вынос у всех гибридов отмечен в вариантах без удобрений.

Вынос азота в расчете на 1 т корнеплодов отечественным гибридом РМС 120 в вариантах с удобрениями был самым высоким в опыте – 3,13...4,52 кг/т (табл. 3). У гибрида РМС 127 он составлял 2,99...4,12 кг/т, Митика – 2,80...3,35 кг/т. То есть на фоне удобрений у отечественных гибридов вынос азота был выше, чем у иностранного, на 6,8...51,7 %, а на неудобренном у иностранного больше, чем у отечественных, на 11,1...17,1 %. Увеличение уровня удобренности повышало вынос азота гибридом РМС 120, относительно контроля, на 30,4...88,3 %, гибридом РМС 127 – на 18,2...62,1 %, тогда как у гибрида Митика достоверного изменения величины этого показателя не наблюдали, за исключением варианта $N_{190}P_{190}K_{190}$. Самый низкий вынос азота на единицу продукции у всех гибридов отмечен в вариантах с применением $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, а также в контроле. При действии систем $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ происходил максимальный в опыте рост величины этого показателя.

Вынос P_2O_5 был самым низким, по сравнению с другими элементами (1,01...1,40 кг/т). Наибольшей величиной этого показателя характеризовался гибрид РМС 120 (1,22...1,40 кг/т), наименьшей – Митика (1,01...1,19 кг/т). У отечественных гибридов без применения удобрений он был на 12,8...20,8 % выше, чем у иностранного, а на фоне различных доз удобрений разница в выносе P_2O_5 между ними составляла 5,0...42,1 %. Использование удобрений повышало вынос фосфора, относительно контроля, при возделывании гибрида РМС 120 на 4,1...14,8 %, РМС 127 – на 9,7...33,3 %, Митика – на 5,9...17,8 %. Наименьшее количество этого элемента

на создание 1 т продукции у всех гибридов затрачивалось в контрольном варианте, у гибридов РМС 127 и Митики еще и в варианте $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, у РМС 120 – $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$.

Вынос K_2O у гибридов РМС 120 и РМС 127 составил 4,00...4,95 и 3,75...4,48 кг/т соответственно, у Митики – 2,85...3,25 кг/т, то есть у отечественных гибридов он в одних и тех же вариантах был выше, чем у иностранного на 23,1...60,7 %. Удобрения способствовали повышению различий, наибольшими они были при внесении $N_{190}P_{190}K_{190}$. Гибрид РМС 120 затрачивал минимальное в опыте количество этого элемента на создание 1 т продукции в контроле, а также вариантах с внесением $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ гибридом РМС 127 – во всех удобренных вариантах, за исключением $N_{190}P_{190}K_{190}$ гибридом Митика – $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза. Наибольшее влияние уровня удобренности на величину этого показателя проявилось у гибрида РМС 120, ее рост, относительно контроля, составил 4,4...23,8 %, у гибридов РМС 127 и Митика наблюдали снижение на 7,1...11,8 и 3,1...12,3 % соответственно, за исключением варианта $N_{190}P_{190}K_{190}$ на гибриде РМС 127, где было отмечено небольшое, на 5,4 % повышение.

Поскольку наибольшую в опыте урожайность гибрида РМС 120 обеспечивала система удобрений $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$, РМС 127 – $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, Митика – $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (см. рис. 1), то оптимальным показателем для этих гибридов следует считать расход NPK на 1 т продукции, соответствующий конкретной дозе (РМС 120), либо среднему арифметическому расходу NPK на фоне двух доз удобрений, обеспечивавших высокую урожайность корнеплодов (РМС 127 и Митика). Для гибрида РМС 120 оптимальный вынос с 1 т продукции N составляет 3,80 кг, P_2O_5 – 1,40, K_2O – 4,18 кг, для гибрида РМС 127 – 3,44, 1,24 и 3,83 кг/т, для гибрида Митика – 3,14, 1,09 и 2,97 кг/т соответственно. Величина этого показателя у отечественных гибридов по азоту была выше на 9,6...21,0 %, P_2O_5 – на 13,8...28,4 %, K_2O – на 29,0...40,7 %, что указывает на более высокое расходование NPK на формирование 1 т продукции. Разница выноса азота, P_2O_5 и K_2O на 1 т продукции между гибридами РМС 120 и РМС 127 составляла 10,5, 12,9 и 9,1 % соответственно, что свидетельствует о том, что ранее созданный гибрид РМС 120 отличался повышенным выносом основных элементов питания. Эту особенность следует учитывать и при использовании удобрений по рекомендациям научных учреждений. При возделывании иностранного гибрида рекомендованные научными учреждениями дозы минеральных удобрений необходимо снижать на 20,0...40,0 %, современных отечественных гибридов типа РМС 127 – на 10,0...15,0 %. Это объясняется тем, что рекомендации разрабатывались

Табл. 3. Вынос NPK на 1 т основной продукции (с учетом побочной) гибридами сахарной свеклы (среднее за 2019–2021 гг.), кг

Вариант	РМС 120			РМС 127			Митика		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	2,40	1,22	4,00	2,53	1,14	4,25	2,81	1,01	3,25
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	3,13	1,36	4,70	2,99	1,09	3,90	2,80	1,03	3,15
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	3,68	1,39	4,40	3,21	1,25	3,75	2,84	1,19	2,98
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	3,80	1,40	4,18	3,67	1,22	3,90	2,93	1,09	2,85
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	4,52	1,22	4,28	4,12	1,52	3,95	2,98	1,07	3,05
$N_{190}P_{190}K_{190}$	4,18	1,27	4,95	4,10	1,25	4,48	3,35	1,08	3,08

достаточно давно (в 80-х гг. прошлого века), а нормативный вынос NPK на 1 т основной продукции был рассчитан на основе данных, полученных на сортах с высокими расходом основных элементов питания на единицу продукции. Вследствие этого его абсолютные значения значительно выше рассчитанных по результатам наших исследований, что при расчете удобрений на планируемую урожайность для современных гибридов приводит к получению сильно завышенных, экономически и экологически нецелесообразных доз.

Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений основной и побочной продукцией гибридов были не одинаковыми (табл. 4). Азот удобрений использовался меньше, чем K_2O , но больше, чем P_2O_5 . Наиболее интенсивно его использовал гибрид РМС 120 (КИУ=22,0...38,4 %), а также при внесении высоких доз – гибрид Митика (34,5...42,0 %). Гибрид РМС 127 использовал азот несколько слабее (1,6...39,3 %). Наибольший в опыте КИУ азота у всех гибридов отмечен при внесении $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, а у гибрида РМС 120 еще в варианте $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, Митика – $N_{190}P_{190}K_{190}$. Увеличение доз вносимых удобрений способствовало повышению КИУ азота у гибрида РМС 120 на 4,8...16,4 %, РМС 127 – на 7,1...37,7 %, Митика – на 30,3...37,8 %.

Табл. 4. Коэффициент использования питательных веществ из удобрений растениями сахарной свеклы (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	РМС 120			РМС 127			Митика		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	22,0	4,43	44,0	1,57	21,0	38,4	-*	15,2	-
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	26,8	11,8	36,8	21,3	29,3	45,3	-	17,0	35,5
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	38,4	27,3	26,8	8,69	14,0	27,1	4,19	11,9	15,7
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	32,8	6,51	31,8	39,3	22,3	27,5	34,5	14,3	16,2
$N_{190}P_{190}K_{190}$	28,8	2,68	51,7	-	17,4	24,1	42,0	8,95	12,3

*прочерки означают превышение выноса элемента основной и побочной продукцией в контрольном варианте над выносом в варианте с использованием удобрений.

Сильнее всего K_2O удобрений использовал гибрид РМС 120, для которого КИУ этого элемента составил 26,8...51,7 %, тогда как у РМС 127 он был равен 24,1...45,3 %, у Митики – 12,3...35,5 %. Повышение уровня удобрений уменьшало использование элемента гибридом РМС 120, в сравнении с минимальной дозой удобрений $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, на 7,2...17,2 %, РМС 127 – на 10,9...14,3 %, Митикой – 19,3...23,2 %. Более высокие КИУ K_2O отечественными гибридами отмечены при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза (гибридом РМС 120 – еще и $N_{190}P_{190}K_{190}$), иностранным гибридом – $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза.

Менее всего растения культуры использовали P_2O_5 удобрений, его КИУ составил 2,7...27,3 %, самая высокая величина этого показателя отмечена у РМС 127 (14,0...29,3 %), несколько меньше – у Митики (9,0...17,0 %), самая низкая – у РМС 120 (2,7...11,8 %), за исключением варианта $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза (КИУ=27,3 %). Наибольшие величины этого показателя по P_2O_5 у гибридов РМС 127 и Митика отмечены при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза (у РМС 127 – еще $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза), у гибрида РМС 120 – $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза. Отмечена тенденция к увеличению КИУ P_2O_5

Табл. 5. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы растениями сахарной свеклы (среднее за 2019–2021 гг.), %

Вариант	РМС 120			РМС 127			Митика		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	39,9	12,8	29,5	63,4	12,3	31,6	100,3	22,5	28,6
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	45,7	11,5	29,1	73,0	16,1	36,6	72,7	20,5	31,6
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	42,0	10,0	31,5	73,9	17,8	50,9	61,2	19,6	44,5
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	29,2	14,1	35,8	52,3	14,1	40,6	52,3	16,3	33,4
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	92,0	11,4	43,6	94,0	22,1	32,4	88,6	22,0	39,1
$N_{190}P_{190}K_{190}$	27,7	7,4	35,7	37,7	18,4	35,2	147,0	22,1	37,9

при повышении уровня удобренности: гибридом РМС 120 – на 2,1...22,9 %, РМС 127 – на 1,3...8,3 %, у гибрида Митика, в основном, наблюдали снижение КИУ на 0,9...6,2 %.

При увеличении доз удобрений происходило закономерное уменьшение использования P_2O_5 из почвы и повышение – K_2O , как иностранным, так и отечественными гибридами, что способствует сохранению фосфатного фонда почвы, но утилизирует значительные запасы K_2O черноземов. Коэффициент использования азота почвы отечественными гибридами повышался, относительно контроля, при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и снижался в других вариантах опыта, а иностранным гибридом – уменьшался во всех вариантах, за исключением $N_{190}P_{190}K_{190}$.

Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (КИП) основной и побочной продукцией у иностранного гибрида были выше, чем у отечественных (за исключением K_2O). Так, N почвы использовался соответственно на 52,3...147,0 % и 27,7...94,0 %, P_2O_5 – на 16,3...22,5 % и 7,4...22,1 % (табл. 5). КИП K_2O у отечественных гибридов был несколько выше (29,5...50,9 %), чем у иностранного (28,6...44,5 %).

Из отечественных гибридов больше всего NPK почвы использовал РМС 127, у этого гибрида также отмечена тенденция к повышению КИП при увеличении доз удобрений. КИП гибрида РМС 120 был ниже и уменьшался на фоне высоких доз удобрений $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$.

В вариантах с удобрениями у гибрида Митика отмечено снижение КИП азота на 11,7...48,0 %, тогда как у гибридов РМС 120 и РМС 127 наблюдали тенденцию к его уменьшению в вариантах $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ на 10,7...12,2 и 11,1...25,7 % соответственно, а у РМС 127 еще отмечали повышение на 9,6...10,5 % в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза.

Использование P_2O_5 из почвы гибридом РМС 120 снижалось, относительно контроля, на 1,3...5,4 %, за исключением системы $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, где произошло повышение на 1,3 %, гибридом РМС 127 – также уменьшалось на 1,8...9,8 %, а гибридом Митика – было достаточно стабильным, за исключением системы $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, где отмечено некоторое снижение (на 6,2 %).

На фоне удобрений отмечено достоверное увеличение КИП K_2O гибридами РМС 120 на 2,0...14,1 %, РМС 127 – на 0,8...19,3 %, иностранным – на 3,0...15,9 %.

Гибрид РМС 127 использовал почвенные запасы NPK больше, чем РМС 120, в том числе и при внесении удобрений, что несколько ухудшает экологическую обстановку в агроценозе, уменьшая запасы подвижных форм основных элементов питания в почве. Применение

удобрений в посевах гибрида РМС 120 обеспечивало более значительное снижение КИП P_2O_5 относительно контроля и, в меньшей степени, повышение КИП азота и K_2O , по сравнению с гибридом РМС 127.

Выводы. Наибольшая урожайность корнеплодов в опыте отмечена у иностранного гибрида, при этом внесение удобрений обеспечивало прибавки его урожая ниже, чем у отечественных гибридов. На фоне высоких доз удобрений урожайность гибридов РМС 120 и РМС 127 была практически на одном уровне с иностранным гибридом.

Наибольшая окупаемость 1 кг NPK дополнительным урожаем у гибридов РМС 120 и Митика достигалась в варианте с $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, у РМС 127 – $N_{20}P_{20}K_{20} + 25$ т/га навоза. Отечественные гибриды, особенно РМС 120, лучше использовали NPK удобрений.

Повышенное потребление азота и P_2O_5 из почвы иностранным гибридом свидетельствует об ухудшении экологической ситуации в его посевах вследствие более интенсивного расхода запасов подвижных форм этих элементов питания.

Вынос азота на создание 1 т корнеплодов (с соответствующим количеством листьев) у гибрида РМС 120 составил 3,80 кг, P_2O_5 – 1,40, K_2O – 4,18 кг, у РМС 127 – 3,44, 1,23 3,83 кг, у Митики – 3,14, 1,08 и 2,97 кг соответственно. Эти величины рекомендуется использовать при расчете доз удобрений на планируемую урожайность культуры.

Рекомендованные научными учреждениями дозы минеральных удобрений при возделывании иностранного гибрида необходимо снижать на 20...40 %, а современных отечественных гибридов – на 10...15 %.

Литература.

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2020. 26 с.
2. Прогноз производства сахара снижен до 6,2 млн тонн (обзор рынка) // Sugar.ru. URL: <https://sugar.ru/pode/41457> (дата обращения: 15.01.2023).
3. Кириллова О. В. Проблемы в системе импортозамещения в России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 3 (45). С. 120–123.
4. Гончаров С. В., Подпоринова Г. К. Свеклосахарное производство: риски импортозамещения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (54). С. 13–23.
5. Минаков И. А. Укрепление материально-технической базы аграрного производства как одно из условий обеспечения продовольственной безопасности // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (66). С. 131–136.
6. Корниенко А. В., Семенихина Л. В., Мельников Ю. Н. Проблемы селекции и семеноводства сахарной свеклы в России – возможные пути решения // Сахарная свекла. 2022. № 10. С. 15–19.
7. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб. М.: Росстат, 2021. 100 с.
8. Особенности государственной поддержки и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции в условиях импортозамещения / Д. С. Неуймин, А. В. Бекетов, В. А. Кувишинов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 5. С. 12–15.
9. Смирнов М. А., Налбандян А. А. Влияние УФ-излучения на сохранность маточных корнеплодов сахарной свеклы и генетическую изменчивость полученных семян // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 53–56.
10. Продуктивность культур и балансовые коэффициенты использования элементов питания в севообороте / О. А. Силина, О. В. Чухина, С. Н. Дурягина и др. // Плодородие. 2017. № 4 (97). С. 12–15.
11. Окорков В. В. Модели продуктивности зернового севооборота на серых лесных почвах Верхневолжья // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 30–34.
12. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на их урожайность и экономическую эффективность в севообороте / В. К. Дригидер, Е. А. Кацаев, Р. С. Стукалов и др. // Земледелие. 2015. № 7. С. 20–23.
13. Методы анализа и проектирования системы удобрения яровой пшеницы для формализации принятия решений в условиях Зауралья / Н. В. Стелных, А. Н. Копылов, Е. В. Нестерова и др. // Агрохимия. 2020. № 4. С. 19–29.
14. Алиев А. М., Старостина Е. Н., Иващенко Г. А. Влияние комплексного применения средств химизации на баланс питательных элементов в условиях Центрального Нечерноземья // Плодородие. 2022. № 6 (129). С. 52–54.
15. Завьялова Н. Е., Шишков Д. Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур в длительном стационарном опыте в климатических условиях Предуралья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 5–17.
16. Заришняк А. С., Руцкая С. И., Колибабчук Т. В. Влияние удобрений на потребление элементов питания культурами зерно-свекловичного севооборота на черноземе оподзоленном // Агрохимия. 2003. № 6. С. 39–46.
17. Барашикова Н. В., Устинова В. В., Слепцова Н. А. Сравнительная оценка выноса питательных элементов с урожаем различными кормовыми культурами при внесении удобрений в условиях Центральной Якутии // Вестник КрасГАУ. 2018. № 4 (139). С. 41–47.
18. Актуальность разработки экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Сабирзянов, С. В. Сочнева, Н. А. Логинов и др. // Зерновое хозяйство России. 2017. № 2 (50). С. 26–29.
19. Жердецкий И. Н., Заришняк А. С., Ступенко А. В. Влияние некорневой подкормки микроэлементами на продуктивность сахарной свеклы и содержание в ней макроэлементов // Агрохимия. 2010. № 10. С. 20–27.
20. Дроздова В. В., Редина Н. Е. Влияние минеральных удобрений на питательный режим почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 111. С. 1643–1657.
21. Коэффициенты использования элементов питания растениями в севообороте при длительном применении удобрений / Н. Д. Дуйшембиев, М. А. Ахматбеков, К. Б. Мамбетов и др. // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2018. № 2 (47). С. 51–58.

Поступила в редакцию 14.02.2023
После доработки 14.03.2023
Принята к публикации 11.04.2023.