

Продуктивность и технологические качества гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции при длительном применении удобрений в свекловичном севообороте Центрально-Черноземного региона

Минакова Ольга Александровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: olalmin2@rambler.ru

Путилина Людмила Николаевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: lputilina@bk.ru

Лазутина Надежда Александровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: tehnolog745@gmail.com

Александрова Людмила Валерьевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: lyuda.aleksandrova@bk.ru

Подвигина Татьяна Николаевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: tatyanaPodwigina@yandex.ru

В настоящее время современные гибриды сахарной свёклы могут реализовать свой генетический потенциал только при агротехнике, адаптированной к их биологическим особенностям. Как культура, имеющая высокий вынос элементов питания, сахарная свёкла весьма требовательная к обеспеченности НРК. При выборе оптимальной системы удобрений для конкретной почвенно-климатической зоны необходимо рекомендовать тот вариант, при котором взаимодействие гибридов и систем питания особенно эффективно. Цель представленного исследования - выявить влияние различных схем длительного применения удобрений в свекловичном севообороте на изменение технологических показателей и продуктивности гибридов сахарной свёклы. Исследование реализовано в 2019-2020 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» (Воронежская область), заложенном в 1936 году в звене черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла 9-польного зернопаропропашного севооборота. Для отечественных гибридов РМС 120 и РМС 127 установлены оптимальные дозы удобрений $N_{45}P_{45}K_{45}$ (схема I) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ (схема II) на фоне 25 т/га навоза в пару, при применении которых получена достоверная прибавка урожайности – 6,6-11,1 т/га и 5,1-9,3 т/га, увеличение прогнозируемого выхода сахара на заводе на 0,75-2,52 и до 1,37 абс. % при наименьших потерях сахарозы в мелассе (на 0,13-0,35 и 0,07-0,14 абс. %) и извлекаемости ($K_{изв}$) не ниже 85 %, что

обеспечило повышение сбора очищенного сахара с 1 га посева на 1,3-2,0 т/га относительно неудобренного варианта и достижения окупаемости удобрений – 32,1-32,6 (РМС 120) и 24,8-27,3 кг/кг (РМС 127). Для иностранного гибрида Митика внесение $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза в пару (схема III) и $N_{120}P_{120}K_{120}$ на фоне 50 т/га навоза в пару (схема IV) обеспечило достоверное повышение урожая корнеплодов на 14,7 и 9,6 т/га, выхода сахара при переработке сырья – до 0,35 абс. % при извлекаемости сахарозы не менее 86 %, сбора очищенного сахара с 1 га посева – на 2,3 и 1,8 т/га. Окупаемость удобрений при применении схем III и IV в посевах иностранного гибрида составила 30,9 и 19,1 кг/кг соответственно. Полученные данные позволяют рекомендовать вышеуказанные схемы к длительному применению в севообороте для получения наибольшей продуктивности современных гибридов сахарной свёклы с высокими технологическими показателями переработки корнеплодов и окупаемостью вносимых удобрений.

Ключевые слова: сахарная свёкла, минеральные удобрения, навоз, урожайность, технологические показатели, сбор очищенного сахара, экономическая эффективность

Введение

Сахарная свёкла – ценная техническая культура, занимающая значительное место в растениеводстве РФ. Так, за период 2010-2019 гг. площадь посевов культуры составила 1102 тыс. га, урожайность – 40,0 т/га, объем производства сахара – 5,3 млн. т. С 2017 года в структуре производства доля отечественного свекловичного сахара достигла 100 % (Смирнов, 2018; Апасов & Смирнов, 2020а; Апасов & Смирнов, 2020б). В настоящее время в РФ районировано более 300 гибридов сахарной свёклы, отличающихся друг от друга сроками созревания, урожайностью, сахаристостью, устойчивостью к заболеваниям и т.д. (Путилина и др., 2017; Путилина и др., 2020), но большинство из них является достижениями иностранной селекции. Так, в последние 30 лет в свекловодстве наблюдается доминирование зарубежных гибридов (95 % посевных площадей и 78,9 % сортимента Госреестра)¹. Это произошло в результате снижения конкурентоспособности достижений отечественной селекции (Гончаров & Подпорошникова, 2017), так как иностранные гибриды имеют большую продуктивность по сравнению с отечественными (Святова & Солошенко, 2008; Глеваский, 2014; Беседин, 2015; Жеряков, 2015; Заволока и др., 2016) и вследствие этого они стали более востребованы у сельхозпроизводителей. Так, по данным О.В. Святовой с соавторами иностранные гибриды по разным регионам превышают отечественные по урожайности на 10,4-54,7 %, в ЦЧР – на 16,3 % (Святова & Солошенко, 2008).

Агротехника современных гибридов должна быть максимально адаптирована к их требованиям с целью реализации генетического потенциала. Как культура, имеющая значительный потенциал, сахарная свёкла предъявляет высокие требования к условиям питания. Для получения высоких устойчивых урожаев корнеплодов требуется внесение

значительных количеств минеральных и органических удобрений. Но переход к рыночной экономике негативно сказался на уровне удобренности культуры. Так, в 1990 году на 1 га посевов сахарной свёклы вносилось 431 кг д.в. (действующего вещества) минеральных удобрений, в 2019 – 308 кг д.в., снижение составило 28,5 %; органических – 5,3 т/га и 2,3 т/га соответственно, снижение – 56,6 % (Апасов & Смирнов, 2020а).

Действие удобрений на сахарной свёкле установлено во многих исследованиях (Тютюнов и др., 2016; Марчук & Яценко, 2008; Кожокина и др., 2018; Islamgulov et al., 2019). Их влияние по-разному проявляется на почвах с неодинаковой обеспеченностью NPK (Илюшенко, 2014), при различающихся погодных условиях одной местности (Бершадская и др., 2016; Боронтов и др., 2019), а также в разных зонах возделывания (Fasahat et al., 2018). Так, в исследованиях С.И. Бершадской с соавторами (2016) в благоприятные годы удобрения обеспечивали повышение урожайности корнеплодов на 39,2-79,7, умеренные – 11,8-43,5, благоприятные – 23,3-51,7 %. Применение органических удобрений (навоза КРС, компостов и др.) также в значительной мере изменяло продуктивность и качество культуры (Maharjan & Hergert, 2019; Hlisnikovský et al., 2021). Повышение доз удобрений не всегда сопровождается адекватным ростом урожайности (Никитина и др., 2019; Бутяйкин, 2014).

По данным одних исследователей на применение удобрений более отзывчивы гибриды зарубежной селекции (Жеряков, 2012), по данным других – отечественных (Смуров и др., 2008; Кравцов и др., 2019). Так, в исследованиях С.И. Смурова с соавторами (2008) урожайность гибридов отечественной селекции при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ возрастала на 18,8-25,2 % относительно варианта без удобрений, тогда как зарубежных – на 16,1-18,1 %. Общей

¹ Рынок семян попал в зависимость. ИКАР - Институт Конъюнктуры Аграрного Рынка. URL: <http://www.ikar.ru/articles/138.html> (дата обращения: 12.02.2021).

тенденцией в свеклосахарном производстве является снижение содержания сахара в поступающей на сахарные заводы свёкле (Шеуджен и др., 2008). Такое положение требует повышенного внимания к условиям выращивания данной культуры и применения агроприёмов, обеспечивающих увеличение сахаристости корнеплодов (Шеуджен и др., 2008).

Несбалансированное внесение удобрений вызывает снижение в корнеплодах доли сухих веществ, общего содержания сахара, общего количества несахаров, повышение количества растворимых несахаров (в том числе, редуцирующих веществ, α -аминного азота), что приводит к сокращению сбора очищенного сахара с 1 га площади посевов культуры (Abdel-Motagally et al., 2009; Пигорев и др., 2017; Тютюнов и др., 2016; Лукьянюк и др., 2017; Цвей и др., 2019). В опыте С.И. Тютюнова с соавторами (2016) содержание сухого вещества в листьях сахарной свёклы под действием агрохимикатов уменьшалось на 0,9-1,4, в корнеплодах – 1,1-2,1 %.

При незначительном ухудшении технологического качества сахарной свёклы не было отмечено снижения сбора очищенного сахара, так как рост урожайности корнеплодов под влиянием удобрений компенсирует потери сахарозы при её производстве (Káš, et al., 2019). Так, в исследованиях С.И. Тютюнова с соавторами (2016) повышение урожайности сахарной свёклы на 4,1-13,9 т/га под влиянием удобрений способствовало увеличению сбора сахара на 0,75-1,56 т/га (Тютюнов и др., 2016). При выборе оптимальной системы удобрений сахарной свёклы для конкретной почвенно-климатической зоны необходимо остановиться на том варианте, при котором взаимодействие гибридов и систем питания особенно эффективно (Роик и др., 2014).

Целью описанного исследования являлось определение эффективности различных схем длительно вносимых в зерносвекловичном севообороте удобрений и выявление их влияния на изменение технологических показателей и продуктивности современных гибридов сахарной свёклы иностранной и отечественной селекции.

Материалы и методы исследования

Объекты

В качестве объектов исследования выступили корнеплоды и листья сахарной свёклы отечественных и иностранных гибридов: (1) Митика – однострочный диплоидный гибрид на стерильной основе нормального типа (N) селекции Lion Seeds (Вели-

кобритания). Регионы допуска: Центральнo-Черноземный и Средневолжский. Потенциальная урожайность – 54,0 т/га, сахаристость – 17,2 %. Форма корнеплода – коническая, погруженность корнеплода в почву 80-90 % устойчив к ризомании, рамуляриозу, афаномицетной гнили; (2) РМС 127 – односемянный диплоидный гибрид на стерильной основе нормального типа (N) селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Регионы допуска: Центральнo-Черноземный, Центральнoй, Волго-Вятский, Северо-Кавказский. Потенциальная урожайность – 47,6 т/га, сахаристость – 18,4 %. Форма корнеплода – цилиндрическая, погруженность корнеплода в почву 80-95 %, устойчив к корневым гнилям, мучнистой росе, церкоспорозу; (3) РМС 120 – односемянный диплоидный гибрид на стерильной основе нормального типа (N) селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Рекомендован для Центральнo-Черноземного, Уральско-го регионов. Потенциальная урожайность – 55,5 т/га, сахаристость – 17,4 %. Форма корнеплода – цилиндрическая, погруженность корнеплода в почву 80-95 %. Устойчив к церкоспорозу, мучнистой росе, корневой гнили, корневым гнилям.

Семена изученных гибридов были задражированы ООО «Бетагран Рамонь».

Условия проведения исследования

Полевые исследования проводили в 2019-2020 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» (Воронежская область), заложенном в 1936 году в звене черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла 9-польного зернопаропропашного севооборота. Почва опытного участка представлена чернозёмом выщелоченным среднесиловым с содержанием гумуса в пахотном слое 4,83-5,22 %, $N-NO_3$ – 13,9-28,2, P_2O_5 – 106-188 и K_2O – 141-197 мг/кг (Таблица 1) (Минакова и др., 2018; Минакова и др., 2020).

Вегетационные периоды в 2019 и 2020 гг. отличались малым количеством осадков – 182,6 и 135,3 мм соответственно, что на 163,0 и 210,3 мм (или 47,2 и 60,8 %) ниже среднесилового значения (345,6 мм). Сумма среднемесячных температур как в 2019, так и 2020 году была несколько ниже среднесилового показателя (107,0 °C) на 3,8 и 3,2 °C соответственно (Таблица 2).

При среднесиловом показателе гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) для данной местности, равному 1,1, в разные месяцы в годы исследований данный показатель колебался от 0,1 до 1,2 (Рисунок 1). В 2019 году ГТК

Таблица 1

Агрохимические свойства почвы вариантов с применением удобрений, слой 0-20 см

Вариант	Содержание гумуса, %	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nг, мг-экв/100 г почвы	Ph _{KCl}
		мг/100 г почвы				
Контроль (без удобрений)	4,83	13,9	106	153	2,98	5,42
Схема удобрения I	4,70	19,8	132	197	3,41	5,32
Схема удобрения II	5,02	21,6	180	191	2,63	5,31
Схема удобрения III	5,20	19,6	188	141	3,41	5,37
Схема удобрения IV	5,22	24,4	152	181	3,59	5,23
Схема удобрения V	5,17	28,2	157	172	3,94	5,18

был равен 0,2-1,1 (в среднем – 0,65), в 2020 – 0,1-1,2 (в среднем – 0,50). В 2019 году он был ниже нормы в 4-х месяцах из 6, в 2020 – в 5 из 6. В целом, оба года исследований являлись неблагоприятными для роста и развития сахарной свёклы, так как ГТК был менее 0,7 и по Селянинову это характеризует условия вегетации как очень засушливые². Если 2019 год позволил удовлетворить потребность культуры в осадках за счет их большого количества в июле, то в 2020 году в месяцы наиболее активного роста сахарной свёклы (вторая половина июля, август, сентябрь) отмечалась сильная засуха, что обусловило более низкую урожайность культуры в 2020 году (Перспективная ресурсосберегающая технология..., 2008).

Продукция сахарной свёклы (листья и корнеплоды) была выращена на следующих вариантах опыта, которые включали контроль без удобрений и пять схем с разными дозами минеральных удобрений (вносили под сахарную свёклу) и органических удобрений (в пару – вторая культура перед сахарной свёклой) (Таблица 3). Минеральные удобрения были представлены в основном нитроаммофоской (азофоской) с содержанием NPK 16:16:16, органические удобрения – полуразложившимся навозом крупного рогатого скота (КРС) с содержанием N – 0,5, P₂O₅ – 0,25, K₂O – 0,6 % (Минеев, 2004). Минеральные удобрения в полной дозе вносились с осени под глубокую зяблевую вспашку (30-32 см), навоз – в пару (один раз за ротацию).

Таблица 2

Погодные условия периода вегетации сахарной свёклы по данным метеостанции ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (2019-2020 гг.)

Год	Месяц						Сумма за вегетационный период
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Среднемесячная температура воздуха, °С							
2019	6,7	18,5	23,0	20,3	20,4	14,3	103,2
2020	7,0	13,7	23,1	22,7	20,4	16,9	103,8
Средне-многолетняя	8,6	17,1	20,8	23,1	22,2	15,2	107,0
Количество атмосферных осадков, мм							
2019	6,3	42,6	22,9	70,1	13,7	27,0	182,6
2020	15,9	50,1	23,7	34,5	5,7	5,4	135,3
Средне-многолетняя	48,1	57,0	62,7	60,1	73,6	44,1	345,6

² Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидротермический_коэффициент_увлажнения_Селянинова (дата обращения: 16.02.2021).

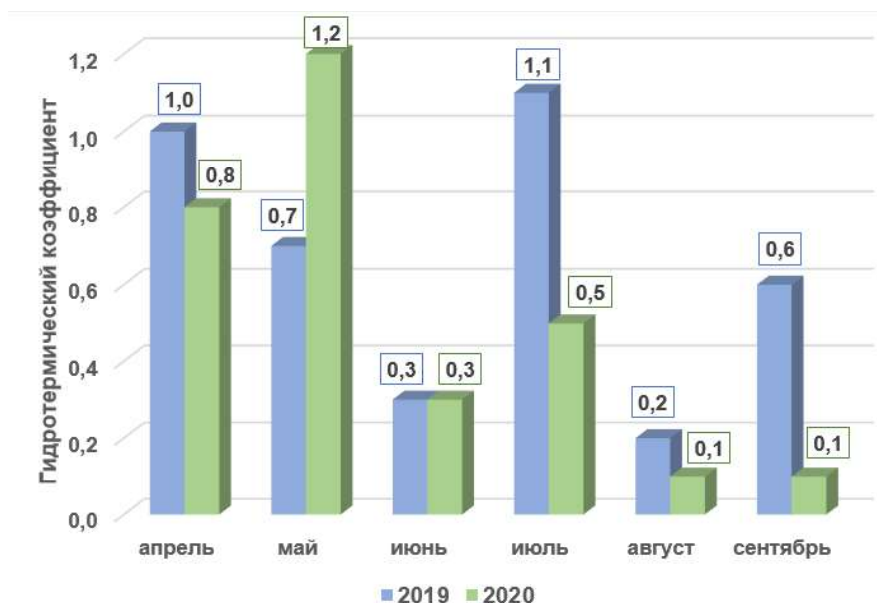


Рисунок 1. Гидротермический коэффициент за вегетационный период 2019 и 2020 гг.

Процедура исследования

На посевах сахарной свёклы проводили учет урожайности корнеплодов и листьев весовым методом (с учетных делянок) с пересчетом по методике ВНИС (1986). Метод заключается в выкопке с площади 10,8 м² (4 ряда по 6 м, ширина междурядья 0,45 м) и очистке от почвы корнеплодов, а также их взвешивании вместе с листьями. В дальнейшем листья отсекаются и корнеплоды повторно взвешиваются. Пересчет урожайности корнеплодов в т/га производится путем умножения веса пробы (в кг) на коэффициент 0,926. Урожайность листьев в т/га определяется по разности веса корнеплодов с листьями и веса корнеплодов без листьев и умножении на коэффициент 0,926 (Барнштейн & Гизбуллин, 1986).

При определении содержания сухого вещества в растениях использовали метод высушивания. На технических весах с точностью до 0,01 г взвешивается пустой бюкс. Далее в бюкс вносится исследуемый образец мезги сахарной свеклы и взвешивается еще раз. Затем бюкс помещается в сушильный шкаф и высушивается при температуре 105 °С в течение 6 часов. После предварительного взвешивания доводят до постоянной массы (разница не более 0,2 г) путем подсушивания при той же температуре в течение 30–40 мин.³

Расчет сбора сухого вещества сахарной свеклой с 1 га производили путем суммирования сбора сухого вещества в листьях и в корнеплодах. Сбор сухого вещества листьев определяли путем умножения содержания сухого вещества в листьях

Таблица 3

Схема стационарного опыта

Вариант	Минеральные удобрения под сахарную свёклу, кг д.в. на 1 га	Навоз в пару, т/га	Сумма поступления NPK, кг/га
Контроль (без удобрений)	N ₀ P ₀ K ₀	0	0
Схема удобрения I	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	25	205,6
Схема удобрения II	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	25	340,6
Схема удобрения III	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	25	475,6
Схема удобрения IV	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	50	501,2
Схема удобрения V	N ₁₉₀ P ₁₉₀ K ₁₉₀	0	570,0

³ ГОСТ 31640-2012 (2020). Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: Стандартинформ.

на их урожайность и делении на 100, сбор сухого вещества корнеплодов - умножения содержания сухого вещества в корнеплодах на их урожайность и делении на 100.

Биологический сбор сахара (в т/га) определяли расчетным методом путем умножения величины сахаристости образца мезги на урожайность корнеплодов с данного варианта и делении на 100. Сбор очищенного сахара с 1 га посева (в т/га) рассчитывали как произведение величины прогнозируемого выхода сахара при переработке сырья на урожайность корнеплодов с данного варианта и делении на 100.

Окупаемость NPK удобрений урожаем сахарной свеклы определяли расчетным методом путем деления прибавки урожая корнеплодов (в т/га) в варианте с применением удобрений на количество действующего вещества минеральных удобрений (суммы NPK), а также и действующего вещества навоза, используемого культурой на второй год после его внесения в черном пару в этом варианте (Лапа и др., 2011). NPK навоза в этом случае используется сахарной свёклой на 20, 25 и 20 % соответственно (Гуреев & Агibalов, 2000).

Оценку технологического качества сахарной свёклы проводили экспресс-методом, включающим получение дигератов на автоматизированной линии *Veneta* и определение в них на компьютеризированной линии анализа сахарной свё-

клы *Betalyser* сахаристости, содержание K^+ , Na^+ и α -аминного азота. На основании результатов анализа проб свёклы рассчитывали по формуле Брауншвейгского университета прогнозируемые потери сахара в мелассе, прогнозируемый выход сахара, коэффициент его извлечения (Шпаар и др., 2012).

Результаты

Урожайность корнеплодов иностранного гибрида Митика составила в экспериментальных вариантах 51,8-61,6 т/га, отечественных гибридов РМС 120 – 40,2-45,2 т/га и РМС 127 – 40,5-46,0 т/га, тогда как в контроле – 46,9, 33,6 и 35,4 т/га соответственно (Таблица 4).

Действие удобрений увеличивало урожайность гибрида Митика на 4,9-14,7 т/га (на 10,4-31,3 %) относительно контроля, РМС 120 – на 6,6-11,6 т/га (19,6-34,5 %), РМС 127 – на 5,1-10,6 (14,4-29,9 %). Применение удобрений по схеме I ($N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза) обеспечивало повышение урожайности корнеплодов иностранного гибрида относительно неудобренного варианта на 4,9, РМС 120 – на 6,6, РМС 127 – на 5,1 т/га (или на 10,4, 19,6 и 14,4 % соответственно). Удвоение дозы минеральных удобрений в схеме II ($N_{90}P_{90}K_{25+90}$ т/га навоза) относительно схемы I увеличивало показатель на 4,5 и 4,2 т/га у отечественных гибридов, а утроение (схема III) – у иностранного на 9,8, РМС 120 – 3,5 и РМС 127 – на 5,5

Таблица 4

Влияние применения удобрений на урожайность сахарной свёклы (2019-2020 гг.)

Вариант	Урожайность корнеплодов и листьев, т/га					
	Митика		РМС 120		РМС 127	
	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья
Контроль (без удобрений)	46,9	7,8	33,6	7,8	35,4	9,6
Схема удобрения I	51,8	7,9	40,2	11,0	40,5	10,3
Схема удобрения II	51,8	8,4	44,7	13,8	44,7	12,4
Схема удобрения III	61,6	11,2	43,7	16,0	46,0	13,0
Схема удобрения IV	56,5	10,7	45,2	12,4	42,4	12,8
Схема удобрения V	54,6	11,5	41,1	14,6	42,1	15,8
НСР ₀₅	3,81	0,57	2,24	0,81	2,50	0,76

т/га. Применение насыщенной дозы $N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза (схема IV) обеспечило повышение урожайности у РМС 120 на 1,5 т/га относительно более низкой дозы (схема III), но снижение анализируемого показателя у Митики и РМС 127 на 5,1 и 3,6 т/га соответственно. Наибольший урожай корнеплодов получен на фоне схемы III ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза) у Митики (61,6 т/га) и РМС 127 (46,0 т/га) и схемы IV – у РМС 120 (45,2 т/га).

При сравнении урожайности корнеплодов отечественных гибридов с иностранным в экспериментальных вариантах выявлено, что она была ниже у РМС 120 на 7,1-17,9 т/га (на 13,7-29,1 %), РМС 127 – на 7,1-15,6 т/га (на 13,7-25,3 %), в контрольных вариантах, соответственно, на 13,3 и 11,5 т/га (на 28,4 и 24,5 %).

Урожайность листьев в экспериментальных вариантах составила: у Митики – 7,9-11,5, РМС 120 – 11,0-16,0, РМС 127 – 10,3-15,8 т/га, в контроле – 7,8, 7,8 и 9,6 т/га соответственно. Действие удобрений повышало урожайность листьев иностранного гибрида на 0,6-3,7 т/га (на 7,7-47,4 %), РМС 120 – на 3,2-8,2 т/га (41,0-105,0 %), РМС 127 – 0,7-6,2 т/га (7,3-64,6 %) относительно контроля. Значительный урожай листьев у анализируемых гибридов выявлен при действии схем III ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза) и V ($N_{190}P_{190}K_{190}$).

Доля основной продукции (корнеплодов) сахарной свёклы в общей массе урожая у Митики составила 84,6-91,0 %, что на 5,3-12,9 % выше в сравнении с РМС 120 и на 4,9-8,0 % – с РМС 127 (Таблица 5).

Таблица 5

Доля основной и побочной продукции в урожае гибридов сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в зависимости от применения удобрений (2019-2020 гг.)

Вариант	Процентное содержание корнеплодов и листьев в урожае гибридов					
	Митика		РМС 120		РМС 127	
	доля корнеплодов	доля ли- стьев	доля корнеплодов	доля ли- стьев	доля корнеплодов	доля листьев
Контроль (без удобрений)	88,6	11,4	83,3	16,7	83,2	16,8
Схема удобрения I	89,0	11,0	83,0	17,0	84,1	15,9
Схема удобрения II	89,1	10,9	81,3	18,7	82,1	17,9
Схема удобрения III	91,0	9,0	78,1	21,9	83,0	17,0
Схема удобрения IV	88,1	11,9	82,2	17,8	80,9	19,1
Схема удобрения V	84,6	15,4	77,9	22,1	76,9	23,1
НСР ₀₅	–	–	0,82	0,13	0,78	0,14

Отмечено неоднозначное действие удобрений на процентное содержание корнеплодов в общей массе урожая исследуемых образцов. Так, у отечественных гибридов практически во всех экспериментальных вариантах наблюдалось снижение анализируемого показателя относительно соответствующих контролей: у РМС 120 – на 1,1-5,4 и РМС 127 – на 1,1-6,3 % (за исключением схемы I). У иностранного гибрида доля основной продукции в урожае была ниже контроля только в схемах удобрений IV и V (на 0,5 и 4,0 % соответственно), в остальных вариантах достоверной разницы не было отмечено.

Содержание сухого вещества (СВ) в корнеплодах иностранного гибрида, выращенных в экспери-

ментальных вариантах, составило 26,1-27,4, РМС 120 – 27,2-27,9, РМС 127 – 26,7-28,6 %, тогда как в соответствующих контролях оно было на уровне 26,6, 24,5, 26,7 % (Таблица 6).

При действии удобрений у отечественных гибридов отмечено достоверное превышение анализируемого показателя относительно неудобренных вариантов: на 2,7-3,4 % – у РМС 120 и 1,0-1,9 % – РМС 127 (кроме схем II и V, где СВ было на уровне контроля). У иностранного гибрида при применении схем с высокими дозами удобрений III и V содержание СВ в корнеплодах было ниже контроля на 0,5 и 0,4 %, в остальных вариантах – на уровне (схема I) или выше контроля на 0,3 и 0,8 % (схемы II и IV).

Таблица 6

Влияние применения удобрений на содержание сухого вещества в сахарной свёкле (2019-2020 гг.)

Вариант	Содержание сухого вещества в сахарной свёкле, %					
	Митика		РМС 120		РМС 127	
	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья
Контроль (без удобрений)	26,6	20,9	24,5	21,2	26,7	20,0
Схема удобрения I	26,6	21,4	27,9	21,1	28,6	21,8
Схема удобрения II	26,9	19,5	27,2	20,3	26,7	21,3
Схема удо- брения III	26,1	19,8	27,8	21,8	27,7	20,3
Схема удобрения IV	27,4	20,1	27,7	21,9	28,0	21,7
Схема удобрения V	26,2	22,3	27,5	22,2	26,8	21,6
НСР ₀₅	-	0,09	0,13	0,10	0,19	0,11

При сравнении значений исследуемого показателя выявлено, что у гибридов отечественной селекции на разных фонах удобренности он был выше на 0,3-2,0 % в сравнении с гибридом Митика. Только рекомендуемая схема удобрения II ($N_{90}P_{90}K_{25}+_{90}$ т/га навоза) (Минакова и др., 2020) обеспечила примерно равные значения показателя как у отечественных, так и у иностранного гибридов. Наибольшее отклонение наблюдалось в контроле (2,1 %) и при внесении высокой дозы минеральных удобрений в сочетании с 25 т/га навоза в пару (схема III) – 1,6-1,7 %.

Содержание сухого вещества в листьях исследуемых гибридов было ниже в сравнении с аналогичным показателем в корнеплодах на 5,0-6,3 %. В экспериментальных вариантах иностранного гибрида его значение составило 19,5-22,3, РМС 120 – 20,3-22,2, РМС 127 – 20,3-21,8 %, тогда как в контрольных вариантах анализируемый показатель был на уровне 20,9, 21,2 и 20,0 % соответственно. У гибрида РМС 127 во всех схемах с удобрениями отмечено увеличение СВ в листьях относительно неудоженного варианта на 0,3-1,8 %. У иностранного гибрида анализируемый показатель достоверно превысил значение контроля в схемах I и V на 0,5 и 1,4 %, у РМС 120 – схемах III-V на 0,6-1,0 % (Таблица 5).

Наиболее высокий сбор сухого вещества корнеплодов отмечен у гибрида Митика – 12,5-16,1 т/га, у отечественных гибридов он был значительно ниже: РМС 120 – 8,2-12,5 и РМС 127 – 9,4-12,7 т/га. Однако выявлено, что действие удобрений способствовало повышению данного показателя у иностранного гибрида на 1,3-3,6 т/га (10,4-

28,8 %), РМС 120 – на 3,0-4,3 т/га (36,6-52,4 %), РМС 127 – на 1,8-3,2 (18,9-33,7 %) относительно соответствующих контрольных вариантов (Рисунок 2).

При определении технологических показателей корнеплодов установлено, что сахаристость гибрида Митика колебалась в экспериментальных вариантах от 18,75 до 19,65 %, РМС 120 – от 18,20 до 19,75 %, РМС 127 – 18,65 до 20,10 %, тогда как в контрольных вариантах она была на уровне 19,10, 17,10 и 18,60 % соответственно. Следует отметить, что у отечественных гибридов анализируемый показатель во всех схемах с удобрениями был выше значений неудоженных вариантов на 1,10-2,65 (РМС 120) и 0,05-1,50 абс. % (РМС 127). У иностранного гибрида при внесении высоких доз удобрений $N_{135}P_{135}K_{25}+_{135}$ т/га навоза (схема III) и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (схема V) отмечалось тенденция к снижению сахаристости относительно варианта $N_0P_0K_0$ на 0,10 и 0,35 абс. % соответственно (Таблица 7).

Для объективной оценки сравниваемых вариантов разных гибридов рассчитали долю сахарозы в сухом веществе корнеплодов. В контрольном варианте гибрида Митика анализируемый показатель составил 71,80 % СВ, что на 2,0 и 2,2 абс. % выше значений контролей отечественных гибридов РМС 120 и РМС 127 соответственно. Следует отметить неоднозначную реакцию исследуемых гибридов по количеству сахарозы в СВ на применение разных доз удобрений. У гибрида Митика только в варианте с $N_{45}P_{45}K_{25}+_{45}$ т/га навоза (схема I) и $N_{135}P_{135}K_{25}+_{135}$ т/га навоза (схема III) доля сахарозы в СВ была выше значения неудоженно-

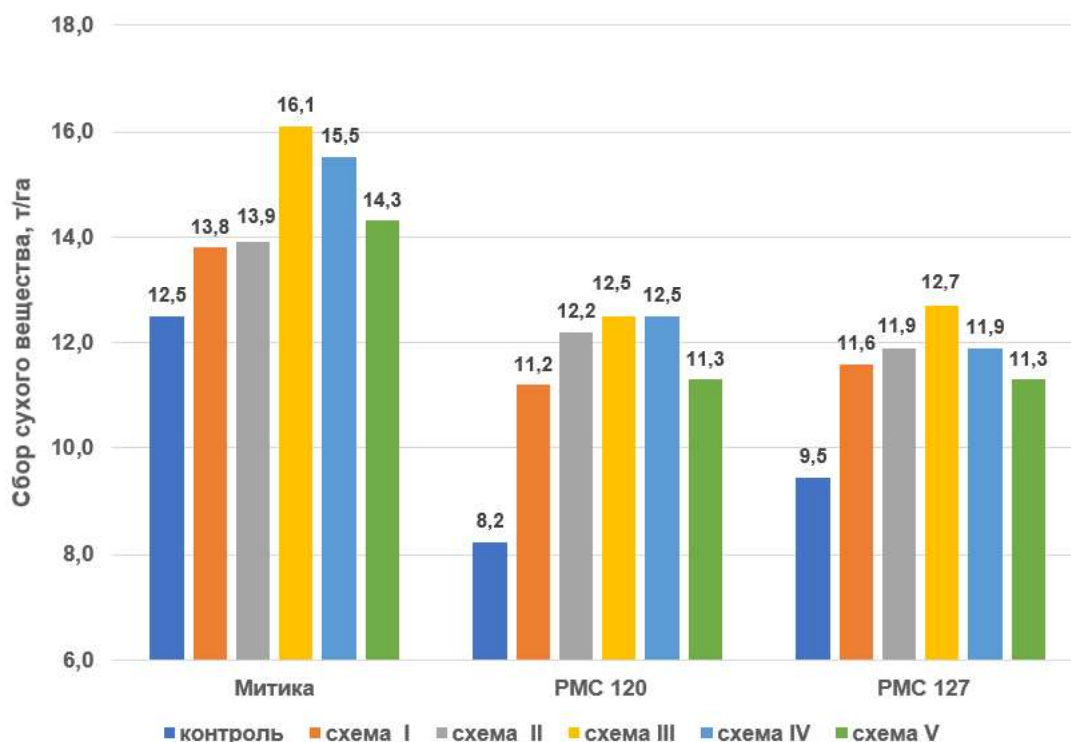


Рисунок 2. Сбор сухого вещества корнеплодов сахарной свёклы в опыте (2019-2020 гг.)

го варианта на 1,0-1,13 абс. %. У гибрида PMC 120 на удобренных вариантах, кроме $N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза (схема I), наблюдалось снижение количества сахарозы в СВ на 0,12-3,43 абс. % относительно варианта без удобрений. У гибрида PMC 127 наименьшее количество сахарозы в СВ отмечено в варианте с внесением $N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза – 67,69 % СВ, что ниже соответствующего контроля

на 1,95 абс. %. В остальных его экспериментальных вариантах анализируемый показатель превысил контроль на 0,21-1,61 абс. %.

В сахарной свёкле все неудаляемые несахара – мелассообразователи. Одними из основных вредоносных мелассообразователей являются α -аминный азот, K^+ , Na^+ , которые играют отри-

Таблица 7

Сахаристость и доля сахарозы в сухом веществе корнеплодов сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в опыте с удобрениями (2019-2020 гг.)

Вариант	Митика		PMC 120		PMC 127	
	СХ, %	Доля сахарозы в СВ, % СВ	СХ, %	Доля сахарозы в СВ, % СВ	СХ, %	Доля сахарозы в СВ, % СВ
Контроль (без удобрений)	19,10	71,80	17,10	69,80	18,60	69,64
Схема удобрения I	19,40	72,93	19,75	70,79	20,10	70,28
Схема удобрения II	19,28	71,65	18,20	66,91	18,65	69,85
Схема удобрения III	19,00	72,80	18,45	66,37	18,75	67,69
Схема удобрения IV	19,65	71,72	19,30	69,68	19,95	71,25
Схема удобрения V	18,75	71,56	18,65	67,82	18,80	70,15
НСП ₀₅	-	-	0,82	0,13	0,78	0,14

цательную роль при извлечении сахара и увеличении потерь его в мелассе. Иностраный гибрид на неудобренном варианте характеризовался меньшим содержанием Na^+ (0,37 ммоль/100 г свёклы) в сравнении с отечественными гибридами РМС 120 и РМС 127 (0,60 и 0,56 ммоль/100 г свёклы). При внесении удобрений в корнеплодах гибрида Митика наблюдалось увеличение количества Na^+ на 8,1-29,7 %. У РМС 120 анализируемый показатель на удобренных вариантах был на уровне контроля или ниже его на 13,3-31,7 %. У гибрида РМС 127 при применении $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{25+135}$ т/га навоза (схема III) и $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{50+120}$ т/га навоза (схема IV) выявлено превышение количества Na^+ на 7,1-12,5 %, в остальных вариантах значение исследуемого показателя было ниже контроля на 8,9-23,2 %. Наименьшее количество данного мелассообразователя у гибрида Митика выявлено в контрольном варианте (0,37 ммоль/100 г свёклы), РМС 120 – в варианте с внесением $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{25+45}$ т/га навоза (0,41 ммоль/100 г свёклы), РМС 127 – в вариантах с $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{25+90}$ т/га навоза и $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ (0,43-0,44 ммоль/100 г свёклы) (Таблица 8).

Содержание K^+ в корнеплодах контрольного варианта иностранного гибрида достигло уровня 3,06 ммоль/100 г свёклы, у отечественных гибридов данный показатель был выше на 3,9 (РМС 120) и 25,2 % (РМС 127). Действие удобрений привело к снижению количества K^+ в корнеплодах гибрида Митика на 3,6-9,2 % относительно контроля, но повышению данного мелассообразователя у отечественных гибридов: РМС 120 на 17,0-28,9 %; РМС 127 – на 2,9-7,6 %, кроме схемы II, где ана-

лизируемый показатель был на уровне контроля. Наименьшее содержание K^+ выявлено в корнеплодах гибрида Митика на фоне $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{25+45}$ т/га навоза (2,78 ммоль/100 г свёклы), РМС 120 – в контрольном варианте (3,18 ммоль/100 г свёклы); РМС 127 – в контрольном варианте и на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{25+90}$ т/га навоза (3,80-3,83 ммоль/100 г свёклы).

В вариантах без удобрений количество α -аминного азота у гибрида Митика составило 1,51 ммоль/100 г свёклы, что ниже в сравнении с РМС 120 на 26,5 % и РМС 127 – на 70,2 %. На удобренных фонах всех исследуемых образцов сахарной свёклы установлено увеличение количества данного мелассообразователя. Увеличение доз удобрений обеспечило превышение содержания «вредного» азота относительно соответствующих контролей у гибрида Митика – в 1,2-1,8, РМС 120 – 1,2-2,6, РМС 127 – 1,1-1,8 раза. У иностранного гибрида наименьше его значение установлено на фоне схемы I (1,76 ммоль/100 г свёклы), гибрида РМС 120 – схемы I (2,25 ммоль/100 г свёклы), гибрида РМС 127 – схем I и II (3,10 и 2,92 ммоль/100 г свёклы).

С наибольшим содержанием мелассообразующих несахаров в корнеплодах отечественных гибридов связаны более высокие прогнозируемые потери сахара в мелассе (P_m). На неудобренном фоне у РМС 120 они были на уровне 1,39 %, РМС 127 – 1,62 %, тогда как у иностранного гибрида Митика данный показатель не превысил 1,25 %. На всех вариантах с внесением удобрений отмечено увеличение данного показателя относительно соот-

Таблица 8

Содержание мелассообразующих несахаров в корнеплодах сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в опыте с удобрениями (2019-2020 гг.)

Вариант	Мелассообразующие несахара в корнеплодах, ммоль/100 г свёклы								
	Митика			РМС 120			РМС 127		
	Na^+	K^+	α -аминный азот	Na^+	K^+	α -аминный азот	Na^+	K^+	α -аминный азот
Контроль (без удобрений)	0,37	3,06	1,51	0,60	3,18	1,91	0,56	3,83	2,57
Схема удобрения I	0,40	2,78	1,76	0,41	3,75	2,25	0,51	4,00	3,10
Схема удобрения II	0,48	2,89	2,74	0,61	3,72	3,08	0,44	3,80	2,92
Схема удобрения III	0,47	2,86	2,71	0,52	3,95	4,46	0,60	4,12	4,54
Схема удобрения IV	0,46	2,95	2,35	0,60	4,10	4,89	0,63	4,03	4,24
Схема удобрения V	0,41	2,91	2,33	0,46	3,83	4,20	0,43	3,94	4,36

ветствующих контролей: на 0,03-0,29 (Митика); 0,13-0,83 (РМС 120); 0,07-0,51 абс. % (РМС 127). Наибольшие прогнозируемые потери сахара в ме-

ласе получены в вариантах с высокими дозами удобрений как у отечественных, так и иностранного гибридов (Таблица 9).

Таблица 9

Прогнозируемые технологические показатели при переработке корнеплодов сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в опыте с удобрениями (2019-2020 гг.)

Вариант	Расчетные технологические показатели, %								
	Митика			РМС 120			РМС 127		
	П _м	В _с	К _{извл}	П _м	В _с	К _{извл}	П _м	В _с	К _{извл}
Контроль (без удобрений)	1,25	16,85	88,21	1,39	14,71	86,02	1,62	15,97	85,89
Схема удобрения I	1,28	17,12	88,23	1,52	17,23	87,25	1,76	17,34	86,25
Схема удобрения II	1,54	16,74	86,82	1,74	15,46	84,96	1,69	15,96	85,58
Схема удобрения III	1,53	16,47	86,68	2,09	15,37	83,28	2,13	15,62	83,28
Схема удобрения IV	1,45	17,20	87,52	2,22	16,08	83,33	2,06	16,90	84,69
Схема удобрения V	1,44	16,31	87,00	2,00	15,65	83,91	2,05	15,75	83,77

Прогнозируемый выход сахара варьировал в опыте от 14,71 до 17,34 %. Наибольшее его значение получено как у отечественных, так и иностранного гибридов на фоне схем удобрений I ($N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза) и IV ($N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза): у гибрида Митика – 17,12 и 17,20, РМС 120 – 17,23 и 16,08, РМС 127 – 17,34 и 16,90 % соответственно, что достоверно выше относительно неудоженных вариантов на 0,27-0,35, 1,37-2,52 и 0,93-1,37 абс. %. Худшими по расчетному выходу сахара при переработке исследуемых гибридов выделены схемы с применением высоких доз удобрений – схемы III ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза) и V ($N_{190}P_{190}K_{190}$), где анализируемый показатель достиг значений 16,47 и 16,31 (Митика), 15,37 и 15,65 (РМС 120), 15,62 и 15,75 % (РМС 127).

Анализируемые гибриды обладали лучшей извлекаемостью сахарозы из корнеплодов ($K_{извл}$) только на контроле и в варианте с низким фоном удобренности $N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза (схема I): Митика – 88,21 и 88,23; РМС 120 – 86,02 и 87,25, РМС 127 – 85,69 и 86,25 % соответственно. Наименьший коэффициент извлечения сахарозы из свёклы определен в схеме III с дозой удобрений $N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза: у Митики он составил 86,68; РМС 120 и РМС 127 – 83,28 %.

Важным показателем продуктивности сахарной свёклы, интегрально объединяющим показатели урожайности и прогнозируемого выхода сахара на заводе, является сбор очищенного сахара с 1 га посева. Наибольшая его величина отмечена у гибрида Митика – 7,9-10,2 т/га, тогда как у РМС 120 – 4,9-7,3 и РМС 127 – 5,7-7,2 т/га. Действие удобрений способствовало достоверному повышению

сбора очищенного сахара у иностранного гибрида на 0,8-2,3 т/га (или на 10,1-29,1 %), РМС 120 – 1,5-2,4 т/га (или 30,6-49,0 %), РМС 127 – 0,9-1,5 т/га (или 15,8-26,3 %) (Рисунок 3).

Полученные данные свидетельствует о том, что РМС 120 в большей степени реагировал на улучшение питания в сравнении с остальными гибридами. Наибольший сбор очищенного сахара получен у иностранного гибрида в вариантах с применением схем удобрений III и IV (10,2 и 9,7 т/га), у РМС 120 – под действием удобрений схемы IV (7,3 т/га). У гибрида РМС 127 анализируемый показатель был сопоставимым в схемах II-IV и находился на уровне 7,0-7,2 т/га. При сравнении опытных вариантов иностранного гибрида с отечественными максимальная разница показателя отмечена в контроле и при действии удобрений схемы III: РМС 120 – 37,5 и 33,9; РМС 127 – 28,5 и 29,3 % соответственно. Минимальное отклонение анализируемого показателя наблюдалось в варианте применения схем I и II: РМС 120 – 21,9 и 20,3; РМС 127 – 20,9 и 17,8 % соответственно. На более высокий уровень окупаемости удобрений, применяемых в звене севооборота пар – озимая пшеница – сахарная свёкла, получен при их внесении под отечественные гибриды по схеме I, II, III: РМС 120 – 32,1, 32,6, 21,2; РМС 127 – 24,8, 27,3, 22,3 кг/кг соответственно (Рисунок 4).

Для иностранного гибрида Митика лучшими вариантами были схемы I и III, в которых анализируемый показатель составил 23,8 и 30,9 кг/кг соответственно. Схема удобрения V была наименее окупаемой для всех исследуемых гибридов.

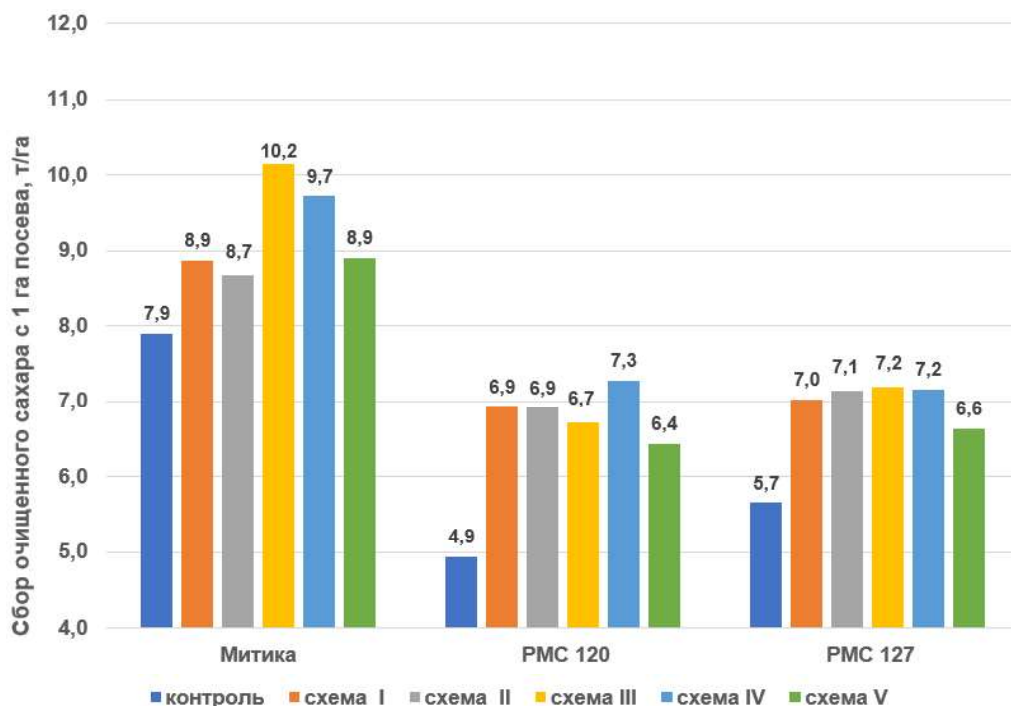


Рисунок 3. Сбор очищенного сахара с 1 га посева сахарной свёклы (2019-2020 гг.)

$HCP_{05} = 0,63$ т/га (Митика), 0,46 т/га (РМС 120), 0,48 т/га (РМС 127)

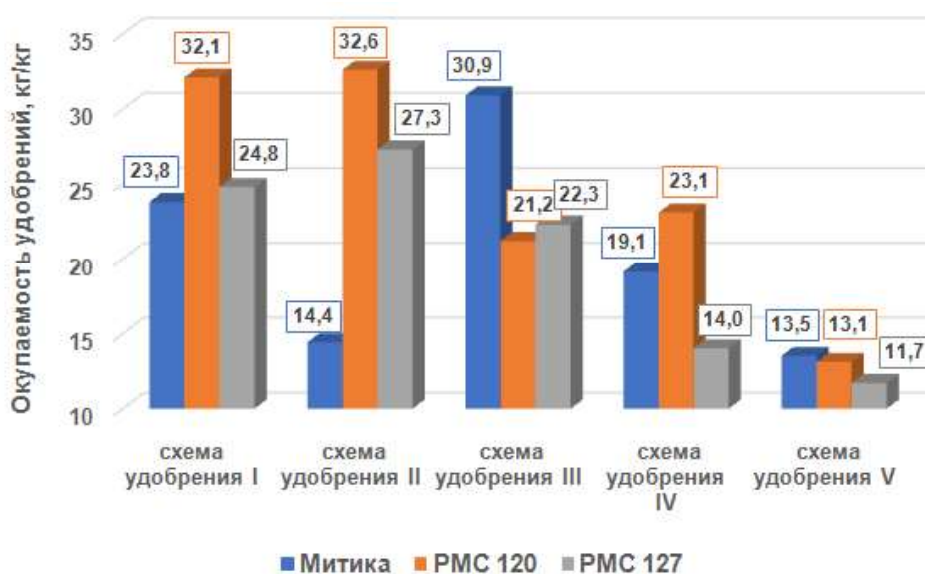


Рисунок 4. Окупаемость удобрений, применяемых под иностранный и отечественные гибриды сахарной свёклы

Обсуждение результатов исследования

Влияние удобрений в большей степени проявилось на урожайности отечественных гибридов, особенно РМС 120. Гибриды отечественной селекции лучше реагировали на средние и высокие дозы удобрений в сочетании с 25-50 т/га

навоза, что, возможно, связано с более интенсивным движением элементов питания по апопласту, обусловленному перепадом давления в разных частях растения вследствие транспирации (Минеев, 2004). Реакция иностранного гибрида была менее выражена, отмечалось увеличение данного показателя только при высо-

ких дозах минеральных удобрений в сочетании с 25-50 т/га навоза.

Большинство изученных в опыте доз удобрений способствовало повышению урожайности корнеплодов отечественных гибридов на 19,6-34,5 %, особенно РМС 120, что, возможно, объясняется увеличением массы их клеточных структур, в том числе и клеточной стенки, при этом повышение урожайности корнеплодов иностранного гибрида на 20,5-31,3 % вследствие усиления синтеза пластических веществ было отмечено только при действии схем III и IV ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза).

Сахарная свёкла отечественных гибридов имела большую массу листьев в сравнении с иностранным как в контрольном, так и в экспериментальных вариантах. Возможно, это объясняется тем, что данная культура как эндемичное растение Средиземноморья формирует небольшое количество листьев в естественных для него условиях, а при перемещении в более холодный климат (в частности, ЦЧР) она формирует большую массу фотосинтетического аппарата в качестве защитной реакции на неблагоприятные условия.

Применение повышенных доз удобрений приводило к более значительному росту урожайности листьев отечественных гибридов в сравнении с иностранным. Возможно, это связано с увеличением массы клеток листовой пластинки (особенно под действием азотного компонента в составе полного NPK) вследствие формирования большего количества белковых соединений. Урожайность листьев иностранного гибрида также повышалась, но в меньшей степени. Более высокое содержание сухого вещества в корнеплодах отечественных гибридов, вероятно, объясняется большим количеством клеток паренхимы, меньшей площадью клеток и более тонкой перидермой (Madritsch et al., 2020), а также большим количеством целлюлозы в клеточных стенках.

Содержание сухого вещества в листьях было значительно ниже, чем в корнеплодах. Вероятно, это объясняется тем, что корнеплод – основной запасающий орган сахарной свёклы, являющейся двухлетней культурой⁴. В листьях отечественных гибридов анализируемый показатель имел более высокое значение, особенно на фоне схем IV и V, что, возможно, связано с худшим оттоком ассимилятов по сравнению с иностранным гибридом.

Наибольшие значения сбора очищенного сахара с 1 посева в опыте при использовании большинства систем удобрения отмечались у иностранного гибрида вследствие высокой урожайности и прогнозируемого выхода сахара, зависящего в свою очередь от содержания сахарозы в корнеплодах. Увеличение сахаристости достигнуто благодаря повышенному содержанию белков – транспортеров сахара относительно антитранспортеров, которыми в большей степени характеризуются гибриды отечественной селекции. Из отечественных гибридов лучший показатель был отмечен у РМС 127. Применение удобрений нивелировало разницу в величине показателя между иностранным и отечественными гибридами вследствие того, что последние более интенсивно реагировали на улучшение обеспеченности элементами питания.

Наибольшее влияние удобрений на сбор сухого вещества наблюдалось у отечественного гибрида РМС 120. Возможно, это связано с тем, что он сильнее реагировал на улучшение питания растений в отличие от РМС 127 и Митики. Наибольший сбор сухого вещества корнеплодов в опыте был отмечен у иностранного гибрида при действии схемы III, насыщенной минеральными удобрениями в сочетании с 25 т/га навоза в пару, вследствие высокой урожайности данного варианта, несмотря на довольно низкое содержание сухого вещества в корнеплодах. При этой же схеме удобрений наблюдалась наибольшая величина анализируемого показателя и у отечественных гибридов.

Во всех экспериментальных вариантах анализируемых гибридов отмечено повышение содержания α -аминного («вредного») азота, препятствующего кристаллизации сахара на заводе. Вероятно, это связано с тем, что на удобренных фонах возрастает активность сахаросинтазы в корнях, особенно в направлении расщепления сахарозы, изменяются кислотные свойства почвы, повышается активность нитрификаторов со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями (Тютюнов и др., 2016).

Наибольший ожидаемый выход сахара при переработке сырья отмечен как у отечественных, так и иностранного гибридов на фоне $N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза (схема I) и $N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза (схема IV), что, возможно, объясняется более высокой сахаристостью корнеплодов. У гибрида Митика он составил 17,12 и 17,20 %, РМС 120 – 17,23 и 16,08 %, РМС 127 – 17,34 и 16,90 % соответственно.

⁴ Перспективная ресурсосберегающая технология производства сахарной свёклы: Методические рекомендации (2008). М.: ФГНУ Росинформагротех.

Более высокая окупаемость 1 кг NPK, внесенных под отечественные гибриды, связана с прибавкой урожая корнеплодов, достигнутой благодаря лучшей реакции РМС 120 и РМС 127 на умеренные дозы удобрений.

Выводы

На основании комплексной оценки гибридов сахарной свёклы отечественной (РМС 120, РМС 127) и зарубежной (Митика) селекции установлено, что для достижения наибольшей продуктивности культуры с хорошими расчетными технологическими показателями переработки корнеплодов и высокой окупаемостью рекомендуется длительно применять в севообороте следующие дозы удобрений: (1) для гибридов РМС 120 и РМС 127 – $N_{45}P_{45}K_{45}$ (схема I) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ (схема II) на фоне 25 т/га навоза в пару. При применении данных схем удобрений получена достоверная прибавка урожайности 6,6–11,1 т/га (19,6–33,0 %) и 5,1–9,3 т/га (14,4–26,3 %) относительно соответствующего контрольного варианта; отмечено увеличение прогнозируемого выхода сахара на заводе, соответственно, на 0,75–2,52 и до 1,37 абс. % при наименьших потерях сахарозы в мелассе (на 0,13–0,35 и 0,07–0,14 абс. %) и лучшей её извлекаемости из корнеплодов в сравнении с анализируемыми вариантами ($K_{изв}$ не ниже 85 %). Это позволило повысить сбор очищенного сахара с 1 га посева на 1,3–2,0 т/га относительно неудобренного варианта. Уровень окупаемости 1 кг NPK при применении данных схем составил 32,1–32,6 (РМС 120) и 24,8–27,3 кг/кг (РМС 127); (2) для гибрида Митика – $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза в пару (схема III) и $N_{120}P_{120}K_{120}$ на фоне 50 т/га навоза в пару (схема IV). Внесение данных доз удобрений способствовало достоверному повышению урожая корнеплодов на 14,7 и 9,6 т/га (на 31,3 и 20,5 % соответственно) относительно неудобренного фона, выхода сахара при переработке сырья – до 0,35 абс. % при извлекаемости сахарозы не менее 86 %, сбора очищенного сахара с 1 га посева – на 2,2 и 1,8 т/га (28,0 и 23,0 %). Окупаемость удобрений согласно применяемым схемам III и IV составила 30,9 и 19,1 кг/кг. Несмотря на более низкую урожайность иностранного гибрида сахарной свёклы, возделываемой по схеме I ($N_{45}P_{45}K_{45}$ на фоне 25 т/га навоза в пару) в сравнении с остальными удобренными вариантами, на данном фоне получены корнеплоды с лучшими технологическими показателями (содержание сахарозы в СВ – на уровне 73,0 % СВ, выход сахара – 17,1 %, наименьшие потери сахарозы в мелассе – 1,28 %, коэффициент её извлечения – 88,2 %). Это обеспечило

увеличение сбора очищенного сахара на 1,0 т/га (12,7 %), окупаемость удобрений при этом составила 24,8 кг/кг.

Литература

- Апасов, И. В., & Смирнов, М. А. (2020a). Техническая оснащенность производства сахарной свёклы в России. *Сахарная свёкла*, 6, 2–7.
- Апасов, И. В., & Смирнов, М. А. (2020б). Производственно-техническая база свекловодства России. *Сахар*, 10, 26–31. <https://doi.org/10.2413-5518-2020-11002>
- Барнштейн, Л. А., & Гизбуллин, Н. Г. (1986). *Методика исследований по сахарной свёкле*. Киев: ВНИС.
- Бершадская, С. И., Нецадим, Н. Н., Гаркуша, С. В., Дерка, Ф. И., & Квашин, А. А. (2016). Влияние длительного применения удобрений на сахаристость свёклы в условиях недостаточного увлажнения Западного Предкавказья. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 117, 1285–1299.
- Беседин, Н. В. (2015). Урожайность сахарной свёклы в зависимости от способов основной обработки почвы и гибридов. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 9, 55–60.
- Боронтов, О. К., Косякин, П. А., & Манаенкова, Е. Н. (2019). Влияние метеорологических условий, систем удобрения и обработки почвы на вынос питательных веществ и урожайность сахарной свёклы в ЦЧР. *Агрохимия*, 9, 74–83. <https://doi.org/10.1134/S0002188119090047>
- Бутайкин, В. В. (2014). Влияние системы основной обработки почвы и минеральных удобрений на формирование урожая сахарной свёклы. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*, 4, 23–27.
- Глеваский, В. И. (2014). Продуктивность корнеплодов гибридов сахарной свёклы отечественной, иностранной и совместной селекции. *Агробиология*, 2, 34–39.
- Гончаров, С. В., & Подпоронова, Г. К. (2017). Свеклосахарное производство: риски импортозамещения. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 3, 13–23. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2017.3.13>
- Гуреев, И. И., & Агибалов, А. В. (2000). *Производство сахарной свёклы без затрат ручного труда*. Курск: Курский ЦНТИ.
- Жеряков, Е. В. (2012). Отзывчивость сорта и гибридов сахарной свёклы на минеральные удобрения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 11, 7–12.

- Жеряков, Е. В. (2015). Продуктивность гибридов сахарной свёклы в условиях Пензенской области. *Аграрный научный журнал*, 12, 15-18.
- Заволока, И. П., Гостев, О. Н., & Верещагин, Ю. И. (2016). Продуктивность гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции в условиях северо-восточной части ЦЧЗ. В *Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета* (т. 4, с. 25-29). Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет.
- Ильющенко, И. В. (2014). Оценка влияния агрохимических свойств чернозема обыкновенного на эффективность минеральных удобрений при внесении под сахарную свёклу. *Плодородие*, 4, 6-7.
- Кожокина, А. Н., Мязин, Н. Г., & Столповский, Ю. И. (2018). Влияние многолетнего применения удобрений на урожайность корнеплодов и вынос элементов питания сахарной свёклы. В *Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии* (с. 174-180). Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I.
- Кравцов, А. М., Бровкина, Т. Я., & Павелко, И. А. (2019). Продуктивность гибридов отечественной и зарубежной селекции сахарной свёклы в зависимости от агротехнических факторов. В *Энтузиасты аграрной науки: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции* (с. 32-43). Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина.
- Лапа, В. В., Емельянова, В. Н., & Леонов, Ф. Н. (2011). *Система применения удобрений*. Гродно: ГГАУ.
- Лукиянюк, Н. А., Турук, Е. В., & Останин, А. В. (2017). Влияние органических удобрений и доз внесения азота на качество хранения корнеплодов сахарной свёклы в кагатах. *Защита растений*, 41, 296-306.
- Марчук, И. У., & Ященко, Л. А. (2008). Влияние длительного применения удобрений в зерно-свекловичном севообороте зоны лесостепи Украины на продуктивность свёклы сахарной. *Проблемы агрохимии и экологии*, 4, 20-23.
- Минакова, О. А., Александрова, Л. В., & Куницын, Д. А. (2018). Изменение почвенного плодородия и урожайности сахарной свёклы при длительном применении удобрений в зернопаропропашном севообороте лесостепи Центрального Черноземного региона. *Агрохимия*, 1, 52-60. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010052>
- Минакова, О. А., Александрова, Л. В., & Подвижина, Т. Н. (2020). Сравнительная продуктивность иностранного и отечественных гибридов сахарной свёклы в стационарном опыте в 2020 году. *Сахар*, 11, 44-48. <https://doi.org/10.24411/2413-5518-2020-11106>
- Минеев, В. Г. (2004). *Агрохимия*. М.: Колос.
- Никитина, Л. В., Романенков, В. А., & Иванова, С. Е. (2019). Обеспеченность выщелоченного чернозема калием и калийное питание сахарной свёклы. *Проблемы агрохимии и экологии*, 4, 3-7. <https://doi.org/10.26178/AE.2019.50.58.001>
- Пигорев, И. Я., Тарасов, А. А., & Никитина, О. В. (2017). Удобрения и биохимические свойства корнеплодов сахарной свёклы. В *Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник статей XII Международной научно-практической конференции* (т. 3, с. 238-239). Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет.
- Путилина, Л. Н., Бартенев, И. И., & Лазутина, Н. А. (2020). Технологическое качество сахарной свёклы в зависимости от сортовых особенностей и агротехнических приемов возделывания. *Сахарная свёкла*, 3, 21-25.
- Путилина, Л. Н., Дворянкин, Е. А., & Смирнов, М. А. (2017). Свеклосахарный комплекс России: состояние и направления развития. *Вестник ВГУИТ*, 79(2), 180-190.
- Роик, Н. В., Заришняк, А. С., & Ионицей, Ю. С. (2014). Адаптация гибридов сахарной свёклы к различным фонам питания. *Сахарная свёкла*, 3, 24-27.
- Святова, О. В., & Солошенко, В. М. (2008). Оценка уровня конкурентоспособности отечественных сортов и гибридов сахарной свёклы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 4, 53-58.
- Смирнов, М. А. (2018). Производство сахарной свёклы в России: Состояние, проблемы, направления развития. *Сахарная свёкла*, 7, 2-7.
- Смуров, С. И., Иевлев, Д. М., Григоров, О. В., & Шестакова, Р. И. (2008). Продуктивность отечественных и зарубежных гибридов на разных фонах питания. *Сахарная свёкла*, 5, 28-30.
- Тютюнов, С. И., Никитин, В. В., & Соловichenko, В. Д. (2016). Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество сахарной свёклы. *Международный научно-исследовательский журнал*, 5(6), 198-203.
- Цвей, Я. П., Присяжнюк, О. И., Бондарь, С. А., & Сенчук, С. Н. (2019). Зависимость качества сахарной свёклы от удобрения и севооборотов. *Сахарная свёкла*, 6, 13-16.
- Шеуджен, А. Х., Столяров, А. С., Леплявченко, Л. П., Громова, Л. И., Суетов, В. П., Онищенко, Л. М.,

- Дроздова, В. В., & Ерезенко, Е. Е. (2008). Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур возделывания на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 431, 160-184.
- Шпаар, Д., Дререр, Д., & Захаренко, А. (2012). *Сахарная свёкла: Выращивание, уборка, хранение*. М.: ДЛВ Агродело.
- Abdel-Motagalli, F. M. F., & Attia, K. K. (2009). Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(6), 695-700.
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Jabbari, L., Hemayati, S., & Townson, P. (2018). Sucrose Accumulation in Sugar Beet: From Fodder Beet Selection to Genomic Selection. *Sugar Tech*, 20(6), 635-644.
- Hlisnikovský, L., Menšík, L., Křížová, K. & Kunzová, E. (2021). The effect of farmyard manure and mineral fertilizers on sugar beet beetroot and top yield and soil chemical parameters. *Agronomy*, 11(1), 133. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010133>
- Islamgulov, D., Alimgafarov, R., Ismagilov, R., Bakirova, A., Muhametshin, A., Enikiev, R., Ahiyarov, B., Ismagilov, K., Kamilanov, A. & Nurligajnov, R. (2019). Productivity and technological features of sugar beet root crops when applying of different doses of nitrogen fertilizer under the conditions of the middle cis-ural region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(S2), 90-97.
- Káš, M., Mühlbachová, G., & Kusá, H. (2019). Effect of mineral and organic fertilization on sugar beet yields and its qualitative characteristics under drought. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 135(7-8), 239-244.
- Madritsch, S., Bomers, S., Posekany, A., Burg, A., Birke, R., Emerstorfer, F., Turetschek, R., Otte, S., & Sehr, E. (2020). Integrative transcriptomics reveals genotypic impact on sugar beet storability. *Plant Molecular Biology*, 104(4-5), 359-378. <https://doi.org/10.1007/s11103-020-01041-8>
- Maharjan, B. & Hergert, G. W. (2019). Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy Journal*, 111(2), 917-923. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0567>

Productivity and Technological Quality of Domestic and Foreign Sugar Beet Hybrids as a Result of Long-Term Application of Fertilizers in the Central Black Earth Region

Olga M. Aleksandrovna

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: olalmin2@rambler.ru*

Lyudmila N. Putilina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: lputilina@bk.ru*

Nadezhda A. Lazutina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: tehnolog745@gmail.com*

Lyudmila V. Alexandrova

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: lyuda.aleksandrova@bk.ru*

Tatyana N. Podvigina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: tatyana podvigina@yandex.ru*

At present, modern sugar beet hybrids can realize their genetical potential only using agricultural methods adapted to their biological characteristics. As a crop having high removal of nutrient elements, sugar beet demands NPK supply very much. When choosing an optimal fertilizer system for a concrete soil-climatic region, it is necessary to recommend the variant in which interaction of hybrids and nutrient supply systems is the especially effective. Aim of our investigations was to determine efficiency of long-term applied fertilizers in a grain-beet crop rotation and to reveal their influence on change of technological characteristics and productivity of modern sugar beet hybrids. The investigations were conducted in 2019-2020 on the basis of the long-term experiment started by Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar" (Voronezh region) in 1936 that used 9-course grain-arable crop rotation with the interchange: black fallow – winter wheat – sugar beet. For domestic hybrids RMS 120 and RMS 127, optimal doses of $N_{45}P_{45}K_{45}$ (the scheme I) and $N_{90}P_{90}K_{90}$ (the scheme II) fertilizers with the background of 25 t/ha of manure in fallow were determined. Their application resulted in reliable yield improvement (by 6.6-11.1 t/ha and 5.1-9.3 t/ha), increase of predicted factory sugar output (by 0.75-2.52 and up to 1.37 absolute %) with the least molasses sucrose losses (by 0.13-0.35 and 0.07-0.14 absolute %) and extractability (extraction coefficient) not less than 85 % that provided increase of refined sugar yield per a hectare of area under

the crop by 1.3-2.0 t/ha as compared to the unfertilized variant and achievement of fertilizers' payback: 32.1-32.6 (RMS 120) and 24.8-27.3 (RMS 127) kg/kg. For a foreign hybrid of Mitika, application $N_{135}P_{135}K_{135}$ with the background of 25 t/ha of manure in fallow (the scheme III) and $N_{120}P_{120}K_{120}$ with the background of 50 t/ha of manure in fallow (the scheme IV) provided reliable increase of beet root yield (by 14.7 and 9.6 t/ha), sugar output when processing raw material (up to 0.35 absolute %) with extractability not less than 86 %, and refined sugar yield per a hectare of area under the crop (by 2.3 and 1.8 t/ha). When using the schemes III and IV in fields with the foreign hybrid, fertilizers' payback was 30.9 and 19.1 kg/kg, accordingly. The obtained data allows recommending the above-stated schemes for a long-term application in a crop rotation to obtain the greatest productivity of modern sugar beet hybrids with high technological indices of beet root processing and payback of the applied fertilizers.

Keywords: sugar beet, mineral fertilizers, manure, yield, technological indices, refined sugar yield, economic efficiency

References

- Apasov, I. V., & Smirnov, M. A. (2020a). Tekhnicheskaya osnashchennost' proiz-vodstva sakharnoi svekly v Rossii [Technical equipment of sugar beet industry in Russia]. *Sakharnaya svekla [Sugar Beet]*, 6, 2-7.
- Apasov, I. V., & Smirnov, M. A. (2020b). Proizvodstvenno-tekhnicheskaya baza sveklovodstva Rossii [Production and technical basis of beet growing in Russia]. *Sakhar [Sugar]*, 10, 26-31. <https://doi.org/10.2413-5518-2020-11002>
- Barnshtein, L. A., & Gizbullin, N. G. (1986). *Metodika issledovaniy po sakharnoi sveklye [Strategy of Studies on Sugar Beet]*. Kiev: VNIS.
- Bershadskaya, S. I., Neshchadim, N. N., Garkusha, S. V., Dereka, F. I., & Kvashin, A. A. (2016). Vliyanie dli-tel'nogo primeneniya udobrenii na sakharistost' svekly v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya Zapadnogo Predkavkaz'ya [Influence of long-term fertilizer application on sugar content under conditions of insufficient rainfall in West Fore-Caucasus]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universite-ta [Poly-thematic Internet electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University]*, 117, 1285-1299.
- Besedin, N. V. (2015). Urozhainost' sakharnoi svekly v zavisimosti ot spo-sobov osnovnoi obrabotki pochvy i gibridov [Sugar beet yield depending on main tillage methods and hybrids]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy]*, 9, 55-60.
- Borontov, O. K., Kosyakin, P. A., & Manaenkova, E. N. (2019). Vliyanie meteorologicheskikh uslovii, sistem udobreniya i obrabotki pochvy na vynos pitatel'nykh veshchestv i urozhainost' sakharnoi svekly v TsChR [Influence of weather conditions, fertilizer systems and tillage on removal of nutrients and sugar beet yield in the Central Black-Earth Region]. *Agrokimiya [Agricultural Chemistry]*, 9, 74-83. <https://doi.org/10.1134/S0002188119090047>
- Butyaikin, V. V. (2014). Vliyanie sistemy osnovnoi obrabotki pochvy i mineral'nykh udobrenii na formirovanie urozhaya sakharnoi svekly [Influence of main tillage system and mineral fertilizers on sugar beet yield formation]. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Proceedings of Samara State Agricultural Academy]*, 4, 23-27.
- Glevaskii, V. I. (2014). Produktivnost' korneplodov gibridov sakharnoi svekly otechestvennoi, inostran-noi i sovmestnoi selektsii [Beet root productivity of domestic, foreign and joint sugar beet hybrids]. *Agrobiologiya [Agrobiology]*, 2, 34-39.
- Goncharov, S. V., & Podporinova, G. K. (2017). Sveklosakharnoe proizvodstvo: riski importozameshcheniya [Sugar beet industry: risks of import substitution]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Voronezh State Agrarian University]*, 3, 13-23. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2017.3.13>
- Gureev, I. I., & Agibalov, A. V. (2000). *Proizvodstvo sakharnoi svekly bez zatrat ruchnogo truda [Sugar beet production without manual labour costs]*. Kursk: Kurskii TsNTI.
- Il'yushenko, I. V. (2014). Otsenka vliyaniya agrokhimicheskikh svoistv chernozema obyknovennogo na effektivnost' mineral'nykh udobrenii pri vnesenii pod sakharnuyu sveklu [Evaluation of common chernozem agrochemical characteristics' influence on efficiency of mineral fertilizers when applied for sugar beet]. *Plodorodie [Fertility]*, 4, 6-7.
- Kozhokina, A. N., Myazin, N. G., & Stolpovskii, Yu. I. (2018). Vliyanie mnogoletnego primeneniya udobrenii na urozhainost' korneplodov i vynos elementov pitaniya sakharnoi svekloi [Influence of many-year application of fertilizers on beet root yield and removal of nutrients by sugar beet]. In *Aktual'nye problemy agronomii sovremennoi Rossii i puti ikh resheniya: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 105-letiyu fakul'teta agronomii, agrokhimii i ekologii [Actual problems of agronomy in modern Russia and ways of their solving. Materials of International scientific-practical conference devoted to the 105th anniversary of the faculty of agronomy, agricultural chemistry and ecology]* (pp. 174-180).

- Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. Imperatora Petra I.
- Kravtsov, A. M., Brovkina, T. Ya., & Pavelko, I. A. (2019). Produktivnost' gibridov otechestvennoi i zarubezhnoi selektsii sakharnoi svekly v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh faktorov [Productivity of domestic and foreign sugar beet hybrids depending on agrotechnical factors]. In *Entuziasty agrarnoi nauki: Sbornik statei po materialam Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [The enthusiasts of agrarian science. The collected scientific articles on materials of the All-Russian scientific-practical conference] (pp. 32-43). Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I. T. Trubilina.
- Lapa, V. V., Emel'yanova, V. N., & Leonov, F. N. (2011). *Sistema primeneniya udobrenii* [System of Fertilizer Application]. Grodno: GGAU.
- Luk'yanyuk, N. A., Turuk, E. V., & Ostanin, A. V. (2017). Vliyanie organicheskikh udobrenii i doz vneseniya azota na kachestvo khraneniya korneplodov sakharnoi svekly v kagatakh [Influence of organic fertilizers and doses of nitrogen application on quality of sugar beet root storage in clamps]. *Zashchita rastenii* [Plant Protection], 41, 296-306.
- Marchuk, I. U., & Yashchenko, L. A. (2008). Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenii v zernovo-svekolovichnom sevooborote zony lesostepi Ukrainy na produktivnost' svekly sakharnoi [Influence of long-term application of fertilizers in a grain-beet crop rotation of the Ukraine forest-steppe zone on sugar beet productivity]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Problems of Agricultural Chemistry and Ecology], 4, 20-23.
- Minakova, O. A., Aleksandrova, L. V., & Kunitsyn, D. A. (2018). Izmenenie pochvennogo plodorodiya i urozhainosti sakharnoi svekly pri dlitel'nom primenении udobrenii v zernoparopashnom sevooborote lesostepi Tsen-tral'nogo Chernozemnogo regiona [Changes in soil fertility and yield of sugar beet with long-term use of fertilizers in the grain-fallow crop rotation of the forest-steppe of the Central Black Earth Region]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 1, 52-60. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010052>
- Minakova, O. A., Aleksandrova, L. V., & Podvigina, T. N. (2020). Sravni-tel'naya produktivnost' inostrannogo i otechestvennykh gibridov sakharnoi svekly v statsionarnom opyte v 2020 godu [Comparative productivity of a foreign and domestic sugar beet hybrids in a long-term experiment in 2020]. *Sakhar* [Sugar], 11, 44-48. <https://doi.org/10.24411/2413-5518-2020-11106>
- Mineev, V. G. (2004). *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry]. Moscow: Kolos.
- Nikitina, L. V., Romanenkov, V. A., & Ivanova, S.E. (2019). Obespechennost' vyshchelochennogo chernozema kaliem i kaliinoe pitanie sakharnoi svekly [Supply of leached chernozem with potassium and potassium nutrition of sugar beet]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Problems of Agricultural Chemistry and Ecology], 4, 3-7. <https://doi.org/10.26178/AE.2019.50.58.001>
- Pigorev, I. Ya., Tarasov, A. A., & Nikitina, O. V. (2017). Udobreniya i biokhimicheskie svoystva korneplodov sakharnoi svekly [Fertilizers and biochemical characteristics of sugar beet roots]. In *Agrarnaya nauka - sel'skomu khozyaistvu: Sbornik statei XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Agrarian science for agriculture. The collected scientific articles of the XII International scientific-practical conference] (vol. 3, pp. 238-239). Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Putilina, L. N., Bartenev, I. I., & Lazutina, N. A. (2020). Tekhnologicheskoe kachestvo sakharnoi svekly v zavisimosti ot sortovykh osobennostei i agrotekhnicheskikh priemov vozdel'yvaniya [Technological quality of sugar beet depending on a variety peculiarities and agrotechnical methods of cultivation]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 3, 21-25.
- Putilina, L. N., Dvoryankin, E. A., & Smirnov, M. A. (2017). Sveklосakharnyi kompleks Rossii: sostoyanie i napravleniya razvitiya [Sugar-beet complex of Russia: state and directions of development]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of Voronezh State University], 79(2), 180-190.
- Roik, N. V., Zarishnyak, A. S., & Ionitsoi, Yu. S. (2014). Adaptatsiya gibridov sakharnoi svekly k razlichnym fonam pitaniya [Adaptation of sugar beet hybrids to different nutrient backgrounds]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 3, 24-27.
- Sheudzen, A. Kh., Stolyarov, A. S., Leplyavchenko, L. P., Gromova, L. I., Suetov, V. P., Onishchenko, L. M., Drozdova, V. V., & Erezenko, E. E. (2008). Vliyanie doz i sochetanii mineral'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo sel'skokhozyaistvennykh kul'tur vozdel'yvaniya na chernozeme vyshchelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ya [Influence of mineral fertilizer doses and combinations on yield and quality of crops cultivated in leached chernozem of West Fore-Caucasus]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Kuban State Agrarian University], 431, 160-184.
- Shpaar, D., Dreger, D., & Zakharenko, A. (2012). *Sakharnaya svekla: Vyrashchivanie, uborka, khranenie* [Sugar beet: Growing, Harvesting, Storage]. Moscow: DLV Agrodello.
- Smirnov, M. A. (2018). Proizvodstvo sakharnoi svekly v Rossii: Sostoyanie, problemy, napravleniya razvitiya [Sugar beet production in Russia: state, prob-

- lems and directions of development]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 7, 2-7.
- Smurov, S. I., Ievlev, D. M., Grigorov, O. V., & Shestakova, R. I. (2008). Produktivnost' otechestvennykh i zarubezhnykh gibrinov na raznykh fonakh pitaniya [Productivity of domestic and foreign hybrids with different nutrient backgrounds]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 5, 28-30.
- Svyatova, O. V., & Soloshenko, V. M. (2008). Otsenka urovnya konkurentospo-sobnosti otechestvennykh sortov i gibrinov sakharnoi svekly [Evaluation of competitiveness level of domestic sugar beet varieties and hybrids]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], 4, 53-58.
- Tsvei, Ya. P., Prisyazhnyuk, O. I., Bondar', S. A., & Senchuk, S. N. (2019). Zavisimost' kachestva sakharnoi svekly ot udobreniya i sevooborotov [Dependence of sugar beet quality on fertilizer and crop rotations]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 6, 13-16.
- Tyutyunov, S. I., Nikitin, V. V., & Solovichenko, V. D. (2016). Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenii na produktivnost' i kachestvo sakharnoi svekly [Influence of long-term application on productivity and quality of beet sugar]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal], 5(6), 198-203.
- Zavoloka, I. P., Gostev, O. N., & Vereshchagin, Yu. I. (2016). Produktivnost' gibrinov sakharnoi svekly otechestvennoi i zarubezhnoi seleksii v usloviyakh severo-vostochnoi chasti TsChZ [Productivity of domestic and foreign sugar beet hybrids under conditions of the Central Black-Earth Region north-east part]. In *Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyi 85-letiyu Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The collected scientific articles devoted to the 85th anniversary of the Michurinsk State Agrarian University] (vol. 4, pp. 25-29). Michurinsk: Michurinskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Zheryakov, E. V. (2012). Otzyvchivost' sorta i gibrinov sakharnoi svekly na mineral'nye udobreniya [Responsivity of sugar beet variety and hybrids to mineral fertilisers]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 11, 7-12.
- Zheryakov, E. V. (2015). Produktivnost' gibrinov sakharnoi svekly v usloviyakh Penzenskoi oblasti [Productivity of sugar beet hybrids under conditions of Penza region]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], 12, 15-18.
- Abdel-Motagalli, F. M. F., & Attia, K. K. (2009). Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(6), 695-700.
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Jabbari, L., Hemayati, S., & Townson, P. (2018). Sucrose Accumulation in Sugar Beet: From Fodder Beet Selection to Genomic Selection. *Sugar Tech*, 20(6), 635-644.
- Hlisnikovský, L., Menšík, L., Křížová, K. & Kunzová, E. (2021). The effect of farmyard manure and mineral fertilizers on sugar beet beetroot and top yield and soil chemical parameters. *Agronomy*, 11(1), 133. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010133>
- Islimgulov, D., Alimgafarov, R., Ismagilov, R., Bakirova, A., Muhametshin, A., Enikiev, R., Ahiyarov, B., Ismagilov, K., Kamilanov, A. & Nurligajnov, R. (2019). Productivity and technological features of sugar beet root crops when applying of different doses of nitrogen fertilizer under the conditions of the middle cis-ural region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(S2), 90-97.
- Káš, M., Mühlbachová, G., & Kusá, H. (2019). Effect of mineral and organic fertilization on sugar beet yields and its qualitative characteristics under drought. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 135(7-8), 239-244.
- Madritsch, S., Bomers, S., Posekany, A., Burg, A., Birke, R., Emerstorfer, F., Turetschek, R., Otte, S., & Sehr, E. (2020). Integrative transcriptomics reveals genotypic impact on sugar beet storability. *Plant Molecular Biology*, 104(4-5), 359-378. <https://doi.org/10.1007/s11103-020-01041-8>
- Maharjan, B. & Hergert, G. W. (2019). Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy Journal*, 111(2), 917-923. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0567>