

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНИИСС В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

О.А. Минакова, доктор сельскохозяйственных наук
П.А. Косякин, кандидат сельскохозяйственных наук
О.К. Боронтов, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свеклы и сахара
имени А.Л. Мазлумова»
e-mail: olamin2@rambler.ru

***Аннотация.** Рассмотрены основные этапы, современные направления и ключевые результаты агрохимических исследований лаборатории агрохимии ВНИИСС. Показаны изменения почвенного плодородия в стационарном 80-летнем опыте с удобрениями; описаны исследования внекорневого внесения удобрений, а также разработка систем удобрения, обеспечивающих высокую продуктивность современных отечественных гибридов сахарной свеклы. Представлены исследования в опыте по обработке почвы в сочетании с удобрениями.*

***Ключевые слова:** сахарная свекла, многолетний стационарный опыт, удобрения, гибрид, обработка почвы.*

Агрохимические исследования во Всероссийском НИИ сахарной свеклы и сахара начали проводиться в двадцатые годы XX века, то есть в начальный период существования Рамонской селекционной станции. Тогда этой тематикой занимался отдел агротехники, которая включала лаборатории агрохимии, биохимии, агрофизики и механизации.

Основные этапы агрохимических исследований в XX и начале XXI века [1, 2]

– Проведение временных полевых опытов, в том числе производственных, с различными видами и дозами удобрений.

– Закладка стационарных опытов и изучение влияния систематического внесения удобрений, а также систем обработки почвы на почвенное плодородие и урожайность культур зерносвекловичного севооборота.

– Исследование эффективности удобрений в различных севооборотах (травяном и пропашном, с фаб-

ричной сахарной свеклой и посадками).

– Изучение технологического качества культур зерносвекловичных севооборотов при внесении удобрений.

– Изучение эффективности удобрений для получения высоких урожаев корнеплодов при орошении.

– Определение эффективности почвенных подкормок в разных природно-климатических зонах.

– Применение удобрений в интенсивных технологиях возделывания сахарной свеклы, в том числе и без затрат ручного труда.

– Исследования экологического качества почвы и продукции при интенсивном использовании удобрений.

– Ресурсосберегающие технологии применения удобрений с невысокой экологической нагрузкой на агроценоз.

Современные направления исследований лаборатории агрохимии

– Разработка систем удобрения, обеспечивающих высокую адаптивную способность и экологическую стабильность современных отечественных гибридов сахарной свеклы [3, 4].

– Выявление влияния удобренности на фитосанитарное состояние посевов отечественных гибридов сахарной свеклы [5, 6].



Коллектив лаборатории сортовых технологий возделывания сахарной свеклы и агроэкологических исследований свекловичных агроценозов, возглавляемый О.А. Минаковой, 2012 г.

Таблица 1. Почвенное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность севооборота в I и IX ротациях стационарного опыта с удобрениями

Вариант опыта	I ротация						IX ротация					
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hг	Гумус	Продуктив- ность се- вооборота	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hг	Гумус	Продуктив- ность севооборота
	мг/100 г почвы			ммоль (экв)/ 100 г почвы	%	т з.е./1 га севооборот- ной площади	мг/100 г почвы			ммоль (экв)/ 100 г почвы	%	т з.е./1 га се- вооборотной площади
Без удобрений	1,49	8,87	11,3	2,8	5,63	3,21	1,39	10,6	10,2	2,8	4,83	3,35
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + 25 т/га навоза	1,62	11,7	12,0	3,8	5,81	3,64	1,98	13,0	13,1	3,4	5,11	4,17
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 25 т/га навоза	1,91	11,1	14,8	3,4	5,94	3,75	2,16	18,0	12,7	3,6	5,21	4,22
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + 25 т/га навоза	2,01	12,7	13,9	3,3	6,00	3,82	1,96	18,8	15,2	3,1	5,37	4,79
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + 50 т/га навоза	1,70	11,5	11,7	2,4	5,33	3,75	1,28	16,2	11,3	3,0	5,55	4,16

– Изучение потенциального и эффективного плодородия чернозема выщелоченного при различной агрохимической нагрузке и разработка прогнозов основных показателей почвенного плодородия, определение баланса NPK в севообороте и коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений [7–11].

– Оценка длительности применения удобрений на основные показатели плодородия почвы, продуктивности и качества культур зерносвекловичного севооборота [12].

– Выявление эффективности последействия удобрений на урожайность зерновых культур, возделываемых в севообороте с сахарной свеклой [13].

– Разработка приемов удобрения сахарной свеклы в течение вегетации, в том числе внекорневое внесение удобрений по фонам различной удобренности и системам обработки почвы [14–16].

– Изучение эффективности новых агрохимикатов в посевах сахарной свеклы и других полевых культур, разработка регламента их применения [17–19].

– Разработка методических основ определения продуктивности посевов сахарной свеклы [20].

Изменение почвенного плодородия в стационарном опыте с удобрениями

В стационарном опыте применение удобрений в течение более 80 лет способствовало значительному изменению потенциального и эффективного плодородия чернозема выщелоченного (табл. 1).

В вариантах с удобрениями отмечалось их сдерживающее влияние на дегумификацию почвы: в I ротации оно было выше на 0,06–0,67 % относительно контроля, а в IX ротации – на 0,28–0,72 %. В IX ротации (относительно I) в контроле содержание гумуса снижалось на 0,80 %, в вариантах N₄₅₋₁₃₅P₄₅₋₁₃₅K₄₅₋₁₃₅ + 25 т/га навоза – на 0,63–0,73 %, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза – повышалось на 0,22 %, что свидетельствует о положительном влиянии высоких доз навоза на гумусное состояние почв.

Содержание N-NO₃ от I к IX ротации снижалось в контроле на 6,71 %, при действии системы N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза – на 2,49 %, при N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза – 40,0 %, а при N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза и N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза – повышалось на 18,8 и 13,1 %. Если в I ротации действие удобрений проявилось в увеличении показателя относительно контроля на 8,72–34,9 %, то в IX ротации – на 41,0–55,4 %, что свидетельствует о возрастании влияния удобренности (кроме N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза, где отмечено снижение на 7,91 %).

От I к IX ротации отмечалось повышение содержания P₂O₅ во всех вариантах: в контроле – на 13,9 %, N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза – 48,0 %, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза – 40,9 %, N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза и N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза – на 11,1 и 62,2 %, способствуя его переводу из градации повышенной в высокую обеспеченность. Если в I ротации рост показателя относительно контроля составил 25,1–43,2 % (более всего при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза, менее всего – N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза), то в IX ротации – 28,7–86,1 %, (максимально при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза и N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, минимально – N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза).

С увеличением длительности внесения удобрения отмечалось повышение содержания подвижного K₂O в вариантах N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза – на 9,17 %, N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза – 34,5 %, а в вариантах N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза и контроле – снижение на 3,42, 14,2 и 9,17 % соответственно, что свидетельствует о переходе калия удобрений в относительно недоступные растениям формы, не извлекаемые слабой кислотой. В I ротации повышение содержания K₂O относительно контроля составило 3,54–31,0 % (более всего при N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, менее – N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза), в IX ротации – 10,8–49,0 %, (более всего – при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза и N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, менее всего – N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза), что также подтверждает

рост влияния удобрений на калийный режим почв. Как в I, так и IX ротациях обеспеченность K_2O была в градации повышенной, систематическое внесение удобрений не создавало высокую степень обеспеченности.

Гидролитическая кислотность удобренных вариантов и контроля в I ротации имела разницу в 0,4–1,0, в IX – 0,2–0,8 мг-экв/100 г почвы, или 14,3–35,7 и 7,14–28,6 % соответственно. От I к IX ротации Нг в контроле осталась неизменной, при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза – снизилась на 10,5 и 6,06 %, на фоне $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза – повысилась на 5,88 и 25,0 % соответственно.

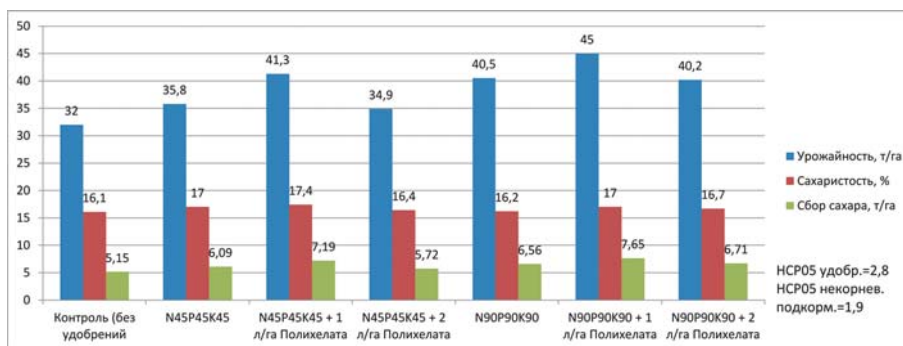
Продуктивность севооборота в вариантах с использованием удобрений в I ротации увеличилась на 13,4–19,0 % относительно контроля, в IX ротации – на 24,4–43,0 %, более всего при внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. Рост продуктивности севооборота во времени составил в удобренных вариантах 0,41–0,97 т/га з.е.: более всего – на фоне $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, менее всего – $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза.

Таким образом, изменения почвенного плодородия, произошедшие в результате более чем 80-летнего применения удобрений, выражались в повышении содержания подвижных форм P_2O_5 и $N-NO_3$, относительной стабилизации калийного режима и гидролитической кислотности при снижении темпов дегумификации. Это способствовало получению 4,16–4,79 т з.е. с 1 га севооборотной площади, что выше, чем в I ротации на 10,9–25,4%. Длительное использование удобрений обеспечивало более значимое повышение содержания NPK и продуктивности удобренных вариантов (относительно контроля), чем при их краткосрочном применении.

Исследования внекорневого внесения удобрений

Полихелаты, используемые в качестве внекорневой подкормки, являются активными катализаторами биохимических процессов в растениях, способствуют фиксации микроэлементов на молекулярном уровне, активизируют усвояемость NPK.

Применение препарата Полихелат-Свекла в качестве внекорневой подкормки на фонах основной удобренности способствовало существенному повышению урожайности сахарной свеклы (рис.). Удобрения в дозах $N_{45}P_{45}K_{45}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$



Продуктивность сахарной свеклы в опыте с полихелатами, т/га (2016–2018 гг.)

повышали показатель в сравнении с контролем на 3,8 и 8,5 т/га, или на 11,1 и 25,6 % соответственно. Использование Полихелат-Свекла в дозировке 1 л/га как на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$, так и $N_{90}P_{90}K_{90}$ увеличивало урожайность относительно этих вариантов на 4,5 и 5,5 т/га (на 15,4 и 28,9 %), совокупное действие основного удобрения и подкормок – на 9,3 и 13,0 т/га (на 29,0 и 40,6 % относительно контроля). Эти же варианты способствовали получению максимального сбора сахара с 1 га – 7,19 и 7,65 т, что выше, чем на фонах основного удобрения на 1,10 и 1,09 т/га (на 17,7 и 16,6 %). Сахаристость возросла на 0,4 и 0,8 % соответственно.

Сбор сахара был максимальным в варианте $N_{90}P_{90}K_{90} +$ Полихелат (1 л/га) + Бор-Актив (1 л/га) – 7,65 т/га (+48,5 % к контролю). Высокоэффективной была также система $N_{45}P_{45}K_{45} +$ Полихелат (1 л/га) + Бор-Актив (1 л/га) – 7,19 т/га (+39,6 %). При внесении двукратной дозы препаратов сбор сахара был несколько ниже.

Таким образом, внекорневое внесение 1 л/га препарата Полихелат-Свекла два раза в течение вегетации сахарной свеклы по фонам основного удобрения

Таблица 2. Продуктивность сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Исследуемые параметры	Контроль		Хелат		Гумат	
	PMC 120	Митика	PMC 120	Митика	PMC 120	Митика
Плоскорезная обработка						
Урожайность, т/га HCP ₀₅ = 2,1 HCP ₀₅ внекорнев. подкормок=1,8	34,2	46,0	38,3	49,4	37,2	50,1
Сбор сахара, т/га	6,19	8,38	7,03	9,08	6,79	9,34
Сахаристость, % HCP ₀₅ = 0,22	18,10	18,22	18,36	18,38	18,25	18,63
Глубокая вспашка						
Урожайность, т/га HCP ₀₅ = 2,6 HCP ₀₅ внекорнев. подкормок=1,3	38,4	46,3	42,8	50,3	40,9	51,2
Сбор сахара, т/га	6,66	8,32	7,65	9,18	7,20	9,32
Сахаристость, % HCP ₀₅ = 0,22	17,34	17,95	17,88	18,26	17,61	18,21

$N_{45}P_{45}K_{45}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$ способствовало повышению продуктивности культуры на 39,6–48,5 %.

Изучение эффективности хелатных и гуматных внекорневых подкормок на фоне двух видов основной обработки почвы выявило, что урожайность корнеплодов гибрида РМС 120 была максимальной в варианте с глубокой вспашкой и применением хелатного препарата – 42,8 т/га (табл. 2), а гибрида Митика – при глубокой вспашке и внесении гуматного препарата – 51,2 т/га. Использование хелатного препарата по фону плоскорезной обработки почвы способствовало росту урожайности корнеплодов отечественного гибрида относительно контроля на 4,1 т/га, гуматного – 3,0 т/га; иностранного гибрида – на 3,4 и 4,1 т/га соответственно.

Внекорневая подкормка хелатным препаратом в сочетании с глубокой вспашкой способствовала получению прибавки урожая корнеплодов гибрида РМС 120 относительно контроля на 4,4 т/га (11,5 %), гуматным – 2,5 т/га (6,5 %), гибрида Митика – на 4,0 т/га (8,6 %) и 4,9 т/га (10,6 %) соответственно.

На фоне плоскорезной обработки почвы сахаристость РМС 120 составила 18,10–18,36 %, Митики – 18,22–18,63 %, тогда как на фоне глубокой вспашки она была ниже: 17,34–17,88 и 17,95–18,26 % соответственно. Применение хелатного препарата на фоне плоскорезной обработки почвы привело к росту содержания сахара в корнеплодах РМС 120 на 0,26 абс. %, Митики – на 0,16 абс. % относительно контрольных вариантов. При внесении данного препарата на фоне глубокой вспашки выявлено более интенсивное накопление сахарозы у обоих гибридов в сравнении с плоскорезной обработкой почвы. У отечественного гибрида анализируемый показатель максимально превысил значение контроля (на 0,54 абс. %). При обработке гуматным препаратом наибольшее увеличение сахаристости наблюдалось у гибрида Митика на фоне

плоскорезной обработки почвы, где отклонение составило 0,41 абс. %. Внесение данного препарата на фоне глубокой вспашки исследуемый показатель у обоих образцов практически одинаково превысил значения соответствующих контролей (на 0,23–0,26 абс. %).

Сочетание хелатного препарата и плоскорезной обработки способствовало повышению биологического сбора сахара РМС 120 в сравнении с контролем на 0,84 т/га (13,6 %), Митики – 0,70 т/га (8,3 %), а на фоне вспашки сбор сахара повысился на 0,99 т/га (14,9 %) и 0,86 т/га (10,3 %) соответственно. Применение гуматного препарата на гибриде РМС 120 при плоскорезной обработке обеспечивало рост показателя относительно контроля на 0,60 т/га (9,7 %), на гибриде Митика – 0,96 т/га (11,4 %), при вспашке – 0,54 т/га (8,1 %) и 1,0 т/га (12,0 %) соответственно.

Таким образом, оценка продуктивности сахарной свеклы в опыте выявила, что наибольший эффект при использовании хелатного препарата проявился на отечественном гибриде как по фону плоскорезной обработки, так и глубокой вспашки, на иностранном – при использовании гуматного препарата по этим же фонам, повышая урожайность на 4,1–4,4 и 4,1–4,9 т/га корнеплодов соответственно.

Разработка систем удобрения, обеспечивающих высокую продуктивность современных отечественных гибридов сахарной свеклы

Использование систем $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$ и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га повысило урожайность РМС 127 относительно контроля на 11,6–14,0 т/га (на 38,7–46,7 %) (табл. 3), а $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза у РМС 120 – на 14,9–16,8 т/га (52,6–59,3 %). Это свидетельствует о том, что РМС 120 лучше реагировал на применение удобрений. Разница в урожайности отечественных гибридов была незначительной (1,1–1,7 т/га), за исключением варианта $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза,

Таблица 3. Показатели продуктивности и структура урожая отечественных гибридов сахарной свеклы на разных фонах основного удобрения, 2019–2021 гг.

Вариант	РМС 120					РМС 127				
	урожайность	сбор сахара	сахаристость	доля корнеплодов в урожае	окупаемость 1 кг NPK урожаем	урожайность	сбор сахара	сахаристость	доля корнеплодов в урожае	окупаемость 1 кг NPK урожаем
	т/га	т/га	%	%	кг/кг	т/га	т/га	%	%	кг/кг
Контроль	28,3	4,5	15,9	78,4	–	30	5,16	17,2	75,8	–
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	37,7	6,97	18,5	73,4	45,7	36,2	6,84	18,9	77,8	30,1
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	40,8	7,14	17,5	74,7	36,7	43,2	7,6	17,6	77,7	38,7
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	45,1	7,98	17,7	73,8	35,3	44	7,79	17,7	78,8	29,4
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	43,2	7,86	18,2	77,7	29,7	41,6	7,61	18,3	76	23,1
$N_{190}P_{190}K_{190}$	43,3	7,92	17,6	74,8	26,3	42,4	7,59	17,9	75,4	21,7

НСР₀₅ гибрид корнеплоды – 2,54 т/га, сбор сахара – 0,28 т/га, сахаристость – 0,29 %,

НСР₀₅ удобр. корнеплоды – 3,60 т/га, сбор сахара – 0,39 т/га, сахаристость – 0,41 %,

Таблица 4. Влияние основной обработки чернозема выщелоченного на его плодородие в севообороте (2019–2021 гг.)

Системы		Гумус, %	N-NO ₃ после компост.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Плотность сложения, г/см ³	Коэффициенты		Продуктив- ность с/о, т/га к.е.	Кэфф. энергетич. эффektivн.	pH _{KCL}	Нг
							структур- ности	водоустой- чивости				
обработки	удобрений	мг/кг										
Исходные		5,57	40	59	90	1,10	2,4	0,89	-	-	5,01	5,56
Разноглуб. отвальная	0	5,35	35	105	114	1,17	2,5	0,88	3,55	3,8	4,93	5,38
	N ₅₉ P ₅₉ K ₅₉	5,62	45	125	129	1,10	2,4	0,87	4,70	2,6	4,93	5,08
Безотвальная	0	5,28	34	96	100	1,20	3,2	0,92	3,29	3,7	4,88	5,58
	N ₅₉ P ₅₉ K ₅₉	5,56	40	103	124	1,17	2,0	0,90	4,33	2,5	4,91	5,05
Комбинирован- ная	0	5,40	37	91	102	1,15	3,3	0,90	3,58	3,9	4,93	5,04
	N ₅₉ P ₅₉ K ₅₉	5,65	42	130	116	1,14	3,0	0,89	4,88	2,8	4,93	5,48
HCP ₀₅		0,12	2	6	5	0,03			0,33		-	0,23

где у РМС 127 она была на 2,4 т/га выше.

Максимальная сахаристость корнеплодов сахарной свеклы (18,2–18,9 %) обеспечивалась применением N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га навоза. Средняя сахаристость по вариантам гибрида РМС 120 составила 17,6 %, РМС 127 – несколько выше, 17,9 %. Отмечено значительное повышение сахаристости корнеплодов РМС 120 на 1,6–2,6 %, РМС 127 – 1,1–1,7 % в вариантах с удобрениями относительно контроля.

Сбор сахара у РМС 120 был наиболее высоким в вариантах N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза и N₁₉₀P₁₉₀K₁₉₀, а также N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га навоза (7,86–7,98 т/га), РМС 127 – N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га навоза и N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза (7,60–7,79 т/г). Действие удобрений на данный показатель более всего проявилось на гибриде РМС 120, увеличение относительно контроля составило 54,9–76,0 %, несколько меньше – на РМС 127 (32,6–51,0 %). Разные фоны удобрений не обеспечивали достоверных различий данного показателя изученных гибридов.

Доля корнеплодов в урожае (корнеплоды + листья) гибрида РМС 127 была немного выше (75,8–78,8 %), чем РМС 120 (73,8–78,4 %), разница по вариантам составила 0,7–5,0 %, кроме контроля и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га навоза, где у РМС 120 было на 2,6 и 1,7 % больше. Действие удобрений проявилось в снижении на 0,7–5,0 % доли основной продукции в общем урожае гибрида РМС 120 и повышении на 0,2–3,0 % РМС 127.

Окупаемость 1 кг NPK удобрений с учетом последнего навоза была выше у РМС 120 (26,3–45,7 кг/кг) по сравнению с РМС 127 (21,7–38,7 кг/кг), кроме варианта N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, где по РМС 127 отмечалось небольшое превышение на 2,0 кг/кг.

Таким образом, результаты исследований выявили, что гибрид РМС 120 был более экологически пластичен, так как положительно реагировал на широкий спектр доз удобрений с разной насыщенностью (N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза, N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га на-

воза и N₁₉₀P₁₉₀K₁₉₀), обеспечивая при этом большую окупаемость 1 кг NPK. Гибрид РМС 127 обеспечивал высокую урожайность с наименьшими затратами (доза N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза) и имел большую долю корнеплодов в общей массе урожая.

Исследования в опыте по обработке почвы в сочетании с удобрениями

Стационарный опыт «Система обработки почвы в сочетании с удобрениями и другими средствами химизации в зернопропашном севообороте» имеет аттестат длительного опыта № 111 в Реестре географической сети опытов с удобрениями (руководитель Минакова О.А.), заложен в 1985 г.

Изменение параметров плодородия почвы за четыре ротации севооборота характеризуют более интенсивное повышение содержания питательных элементов при разноглубинной отвальной обработке (табл. 4). Так, содержание азота после компостирования в пахотном слое почвы увеличивалось с 40 до 42 мг/кг, содержание подвижного фосфора – с 59 до 125 мг/кг, обменного калия – с 90 до 129 мг/кг. При других обработках почвы увеличение содержания питательных элементов было ниже. Физико-химические свойства почвы стабилизировались в большей степени при комбинированной обработке почвы. Физические свойства чернозема выщелоченного изменялись в пределах оптимальных значений. Так, плотность сложения при разноглубинной обработке составляла 1,10–1,17 г/см³; безотвальной – 1,17–1,20 г/см³; комбинированной – 1,14–1,15 г/см³. Структура почвы значительно улучшалась при комбинированной обработке.

Сопоставление фактических полученных показателей агрофизических и агрохимических свойств с оценочными значениями показывает, что физическое состояние чернозема выщелоченного оптимально, а содержание питательных веществ имеет удовлетворительную оценку и не достигает высокой



обеспеченности для возделываемых культур. Оценивая значения микробиологической активности почвы с 1996 по 2018 гг., можно заключить, что активность иммобилизирующих бактерий значительно увеличилась, особенно при безотвальной обработке почвы – с 3,8 до 8,8 млн КОЕ в 1 г почвы; а аммонифицирующих – с 3,9 до 6,2 млн КОЕ. Коэффициент минерализации при комбинированной обработке почвы оставался примерно одинаковым, как во второй ротации (0,9) севооборота, так и в четвертой (0,8). Показатель микробиологической трансформации органического вещества, напротив, был самым высоким, как во второй ротации (8,7), так и четвертой (14,2); при других обработках – 2,1–3,2. При комбинированной обработке почвы коэффициент гумификации составил 2,2, что на 47–100 % выше, чем при безотвальной и разноглубинной отвальной. Количество олигозофиллов, спорных бактерий мало изменялось за время исследований, число целлюлозолитических бактерий выросло, а фосфобактерий уменьшилось в 3 раза. Проведенные исследования позволили установить существенную взаимосвязь между некоторыми показателями плодородия чернозема выщелоченного в плодосменном севообороте ЦЧР. Более тесная связь отмечается между плотностью сложения пахотного слоя почвы и содержанием подвижного фосфора и обменного калия, суммарным выносом питательных веществ сахарной свеклы и активностью протеазы, интенсивностью дыхания и коэффициентом гумусонакопления, урожайностью и коэффициентом гумусонакопления. Максимальная продуктивность севооборота 4,88 т/га к.е. с высокой энергетической эффективностью 2,8 установлена при комбинированной обработке почвы с внесением $N_{59} P_{59} K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади ежегодно.

Таким образом, комбинированная обработка почвы в зернопропашном севообороте, состоящая из лущения стерни под предшественник, глубокой вспашки на 30–32 см под сахарную свеклу и плоскорезной обработки на 16–18 см под зерновые культуры, обеспечивает оптимальные показатели почвенного плодородия и максимальную продуктивность 1 га севооборотной площади.

Список использованной литературы

1. Разработка и совершенствование технологий // Сахарная свекла. - 1997. - № 9. - С.14-17.
2. Кураков, В.И. Стационарному опыту – 67 лет / В.И. Кураков // Сахарная свекла. - 2002. - № 11. - С. 23-26.
3. Минакова, О.А. Влияние фонов основного удобрения на продуктивность современного гибрида сахарной свеклы отечественной селекции в ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. Мат. Всеросс. н.-практ. конф., посвящ. 45-ле-

тию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». - Белгород, 2020. - С. 78-83.

4. Минакова, О.А. Системы удобрения для современных отечественных гибридов сахарной свеклы в ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина // Сахарная свекла. - 2022. - № 2. - С. 32-37.

5. Путилина, Л.Н. Сосудистый бактериоз сахарной свеклы и меры ограничения его развития в ЦЧР / Л.Н. Путилина, Г.А. Селиванова, О.А. Минакова // Сахар. - 2016. - № 5. - С. 29-32.

6. Минакова, О.А. Фитосанитарное состояние посевов и продуктивность российского и иностранного гибридов сахарной свеклы при длительном применении удобрений в ЦЧР / О.А. Минакова, Г.А. Селиванова, Л.В. Александрова // Сахарная свекла. - 2021. - № 2. - С. 25-28.

7. Минакова, О.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи Центрально-Черноземной зоны / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик // Агрохимия. - 2011. - № 5. - С. 18-25.

8. Косякин, П.А. Динамика потребления элементов питания и урожайность культур плодосменного севооборота в зависимости от систем обработки чернозема выщелоченного в Центрально-Черноземном регионе / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, О.А. Минакова, Е.Н. Манаенкова, С.Ю. Плотников // Агрохимия. - 2016. - № 11. - С. 37-45.

9. Минакова, О.А. Изменение почвенного плодородия и урожайности сахарной свеклы при длительном применении удобрений в зернопаропропашном севообороте лесостепи Центрального Черноземного региона / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Д.А. Куницын // Агрохимия. - 2018. - № 1. - С. 52-60.

10. Минакова, О.А. Урожайность культур и продуктивность зерносвекловичного севооборота в Центрально-Черноземном регионе России при длительном внесении удобрений / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина // Российская сельскохозяйственная наука. - 2019. - № 6. - С. 7-10.

11. Минакова, О.А. Содержание токсичных металлов и радионуклидов в свекловичном агроценозе при длительном применении удобрений в Центрально-Черноземном районе / О.А. Минакова, Л.В. Александрова // Проблемы агрохимии и экологии. - 2020. - № 1. - С. 25-29.

12. Минакова, О.А. Влияние краткосрочного и длительного применения удобрений на продуктивность свекловичного агроценоза в ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина // Сахар. - 2021. - № 3. - С. 40-44.

13. Куницын, Н.А. Последствие удобрений, применяемых в севообороте с сахарной свеклой, на плодородие чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерновых культур в Центральном Черноземье / Г.А. Куницын, О.А. Минакова // Российская сельско-

хозяйственная наука. - 2021. - № 6. - С. 14-18.

14. Минакова, О.А. Почвенные подкормки – залог повышения плодородия почвы и продуктивности сахарной свеклы / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, Л.В. Александрова // Сахарная свекла. - 2016. - № 8. - С. 20-24.

15. Минакова, О.А. Эффективность различных видов подкормки сахарной свеклы в ЦЧР / О.А. Минакова, П.А. Косякин, Л.В. Александрова // Сахар. - 2019. - № 3. - С. 52-55.

16. Путилина, Л.Н. Влияние внекорневых подкормок и основной обработки почвы на технологическое качество современных гибридов сахарной свеклы / Л.Н. Путилина, П.А. Косякин // Сахар. - 2021. - № 1. - С. 28-32.

17. Минакова, О.А. Эффективность применения препарата Cavita Biocomplex в посевах сахарной свеклы в ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, В.М. Вилков // Сахар. - 2021. - № 7. - С. 28-31.

18. Минакова, О.А. Способы применения микроудобрений Микровит и Органо-бор в посевах сахарной свеклы / О.А. Минакова // Сахарная свекла. - 2014. - № 3. - С. 15-17.

19. Минакова, О.А. Эффективность применения «Полиазофоска-Si» на сахарной свекле в лесостепи ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. Мат. 10 н.-практ. конф. - Изд-во ООО «Плодородие», 2018. - С. 133-134.

20. Минакова, О.А. Эффективность использования нитроаммофоски с бором и гуматом калия / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, Л.В. Александрова // Сахарная свекла. - 2015. - № 5. - С. 24-27.

21. Минакова, О.А. Результаты определения интенсивности зеленой окраски листьев сахарной свеклы прибором N-тестер производства ООО «Агромастер» в стационарном опыте с удобрениями / Минакова О.А. // Telegram-канал N-тестер. - PDF 2_5192861339151765804. - 30.03.2022.

The main results of scientific research in the field of sugar beet cultivation technology in All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar

O.A. Minakova, P.A. Kosyakin, O.K. Borontov

Summary. The main stages, modern trends and key results of agrochemical research of the Laboratory of Agrochemistry of All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar are considered. Changes in soil fertility in stationary 80-year experience with fertilizers are shown; studies of foliar fertilization are described, as well as the development of fertilizer systems that ensure high productivity of modern domestic sugar beet hybrids. The research in the experience of tillage in combination with fertilizers is presented.

Key words: sugar beet, long-term stationary experience, fertilizers, hybrid, tillage.