

УДК 633.63:631.81(470.32)

УДОБРЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РАЙОНЕ РФ

© 2022 г. О. А. Минакова^{1,*}, П. А. Косякин¹, Л. В. Александрова¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский район, п. ВНИИСС, 86, Россия

*E-mail: olalmin2@rambler.ru

Поступила в редакцию 08.07.2021 г.

После доработки 08.08.2021 г.

Принята к публикации 15.10.2021 г.

Установлено, что удобрение сахарной свеклы в ЦЧР должно включать основное внесение удобрений с допосевным их применением, в сочетании с почвенными и некорневыми подкормками. Внесение удобрений в течение вегетации культуры наиболее эффективно, если почва недостаточно удобрена с осени. Действие почвенных подкормок было более выражено, чем некорневых. Из агрохимикатов, внесенных в листовую подкормку, большую эффективность при совместном применении с основным удобрением показало применение гуминового препарата (увеличение урожайности до 120%), меньшую – мочевины и препарата Полихелаты-Свекла (до 40.0–48.6%). Удобрения необходимо применять с учетом показателей эффективного плодородия почвы, занятой посевами сахарной свеклы.

Ключевые слова: удобрения, сахарная свекла, основное внесение, почвенная подкормка, некорневая подкормка, полихелаты, мочевина, нитроаммофоска, гуминовый препарат.

DOI: 10.31857/S0002188122010082

ВВЕДЕНИЕ

Центрально-Черноземный экономический район является основным свеклосеющим регионом РФ, где площадь посевов сахарной свеклы составляет 534.1 тыс. га (46.7% от площади в РФ), а валовой сбор сахара – 45.6% [1].

Высокая агротехника сахарной свеклы, в том числе применение удобрений, является залогом получения высоких урожаев этой культуры [2], характеризующейся значительным выносом NPK (N92–189P45–70K159–266) [3], который не способен обеспечить даже самые высокоплодородные почвы. Ключевым принципом удобрения сахарной свеклы является обеспеченность растения необходимым количеством макро- и микроэлементов во все периоды развития (от всходов до уборки).

Основное внесение удобрений призвано обеспечить практически полную потребность культуры в элементах питания. В условиях периодического недостатка влаги в ЦЧР, в том числе и в холодный период года, основную дозу минеральных удобрений вносят с осени под зяблевую вспашку, что позволяет перераспределить NPK в пределах корнеобитаемого слоя культуры, но не допустить

их вымывания за пределы почвенного профиля [4, 5].

Многочисленными исследованиями доказана высокая эффективность основного внесения удобрений под культуру [6–9]. Например, внесение в условиях Курской обл. N1805P95K150 обеспечило получение урожая корнеплодов 39.6 т/га, N200P190K160 – 43.1 т/га [10].

Рекомендуемыми дозами минеральных удобрений в ЦЧР являются N80–190P80–190K90–180 [4, 8, 11–14], более высокие дозы применяют на менее плодородных почвах зоны (серых лесных почвах, оподзоленных черноземах), низкие – на более плодородных выщелоченных и обыкновенных черноземах. При высокой и очень высокой обеспеченности подвижным фосфором к дозам фосфорного удобрения рекомендуется применять понижающий коэффициент 0.5. и 0.2, калия – 0.7 и 0.5 соответственно [4] (табл. 1). Для наиболее точного учета потребности культуры в элементах питания необходимо производить расчет доз удобрений в соответствии с данными агрохимического анализа почв хозяйства [15].

Применение навоза в дозе 20–50 т/га либо непосредственно под культуру, либо под предше-

Таблица 1. Примерные дозы минеральных удобрений для применения на разных типах (подтипах) почв ЦЧР [4, 8, 11–14]

Тип (подтип) почвы	Средняя доза NPK, кг д.в.	Тип (подтип) почвы	Средняя доза NPK, кг д.в.
Светло-серая лесная почва	N180P160K170	Чернозем выщелоченный	N150P140K140
Серые и темно-серые лесные почвы	N170P150K160	Чернозем типичный	N130P140K110
Чернозем оподзоленный	N160P140K150	Чернозем обыкновенный	N120P140K100

стенник [13, 14], обеспечивает растения запасом постепенно высвобождающихся элементов питания. Систематическое внесение навоза в зерно-свекловичном севообороте улучшает гумусовое и физическое состояния почвы, оказывает подщелачивающее действие [16].

В случае, если почвы недостаточно удобрены с осени, либо отмечают недостаток азота вследствие его вымывания с обильными осадками осенне-весеннего периода, необходимо применять допосевное внесение удобрений, а также почвенные и листовые подкормки.

Допосевное внесение удобрений призвано бороться с недостатком элементов питания в верхнем слое почвы. Например, по данным [17], допосевное внесение смеси N_{aa} и НАФК повышало урожайность корнеплодов на 65.7–66.1%. В связи с холодной весной в почве может быть недостаток подвижного фосфора. Внесение в рядки при посеве P_2O_5 в дозе 15–20 кг д.в./га позволяет восполнить этот дефицит [4].

Почвенные подкормки сахарной свеклы необходимо осуществлять с помощью быстрорастворимых удобрений, особенно азотных, т.к. культура более всего в этот период нуждается в азоте [17]. Удобрения необходимо вносить в центр рядка, используя культиваторы-растениепитатели, немедленно заделывая в почву во избежание потерь газообразных элементов в атмосферу. Удобрения применяют из расчета $N30-40P25-30K30-40$ и вносят их на глубину 10–12 см на расстоянии 10–12 см от рядка. Применяют 1–2 подкормки [19].

Некорневое внесение удобрений, в том числе и микроэлементов в хелатной форме, способствует устранению функциональных нарушений в обмене веществ растений, его улучшению, в том числе повышению интенсивности фотосинтеза и иммунитета, их сопротивляемости болезням, активизируя окислительно-восстановительные процессы, положительно влияя на углеводный и азотистый обмен, транспорт сахаров, ускоряя рост и развитие растений, что положительно сказывается на урожайности и качестве растительной продукции

[20–22]. Наиболее часто в качестве некорневой подкормки применяют микроэлементы в хелатной форме и гуминовые вещества.

Положительный эффект от применения гуминовых препаратов объясняется высокой биологической активностью гуминовых веществ, входящих в их состав и выполняющих такие биологические функции как физиологическая, аккумулятивная, транспортная, регуляторная, протекторная, что ускоряет физико-химические и биохимические процессы в растениях [23, 24]. Некорневые подкормки способствуют усилению эффекта от удобрений, внесенных в почву в невысоких дозах [25, 26].

Микроудобрения в хелатной форме (полихелаты) увеличивают урожайность на 2.3–5.1 т/га [27, 28]. Гуминовые препараты повышают урожайность на 6–20, сахаристость – на 1–13, сбор сахара – на 11–24% [29]. Агрохимические средства изменяют сахаристость корнеплодов [30], что в значительной степени наряду с повышением урожайности влияет на итоговую продуктивность культуры.

Таким образом, научно обоснованное применение удобрений на сахарной свекле в ЦЧР – основном свеклосеющем регионе РФ, является залогом получения высоких урожаев культуры с оптимальной сахаристостью корнеплодов. Цель работы – обобщение результатов исследований влияния длительного применения удобрений под сахарную свеклу в ЦЧР.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 2009–2020 гг. в длительном стационарном опыте и серии временных опытов лаборатории агроэкологических исследований ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Опытные поля расположены в северной части Воронежской обл., относящейся к зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР. Климат района исследований – умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, гидротермический коэффициент увлажнения по Селянинову равен

0.9–1.3. Почва опытных участков – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Опыт 1: изучение влияния длительного применения удобрений на урожайность сахарной свеклы с внесением под культуру N45P45K45 + навоз 25 т/га в пару, N90P90K90 + навоз 25 т/га в пару, N135P135K135 + навоз 25 т/га в пару, N45P45K45 + навоз 50 т/га в пару, N120P120K120 + навоз 50 т/га в пару, N190P190K190, контроль (без удобрений).

Опыт 2: применение смеси Poliazofosca-Si. Удобрение содержит в своем составе N – 3.0, P₂O₅ – 3.2, K₂O – 2.9%, Si – 13.5, Ca – 35.2%, необходимые сахарной свекле микроэлементы Mn (0.2), B (0.9), Zn (0.1), Cu (0.01), Mo (0.012), Co (0.01%), а также Ni, S, Mg, Fe, Br, Se, F, Cl, Zr [31]. Удобрения вносили с осени под основную обработку (глубокую вспашку) культуры в дозе от 200 до 600 кг/га в физическом весе в сочетании с полной дозой НАФК N96P96K96 и ее половинной дозой N48P48K48. В качестве абсолютного контроля использовали вариант без удобрений, для сравнения – варианты N96P96K96 (600 кг в физическом весе) НАФК (16 : 16 : 16) (рекомендуемая в ЦЧР доза под сахарную свеклу) и половинную дозу N48P48K48 [13].

Опыт 3 “Определение оптимальных доз органического удобрения с фунгицидными свойствами (Биокомпоста), вносимого под предпосевную обработку сахарной свеклы”: схема состояла из применения Биокомпоста в дозе 200, 400 и 600 кг/га на фоне N90P90K90. Компосты вносили перед посевом сахарной свеклы вручную с заделкой.

Опыт 4: применение НАФК с повышенным содержанием азота и серой N27P5K5 + S (производство АО “Минудобрения”) в качестве почвенной подкормки при различных фонах основного удобрения. Варианты опыта: 1 – контроль без удобрений (абсолютный контроль), 2 – N50P50K50 (вариант без подкормки), 3 – N50P50K50 + подкормка N27P5K5 + S + подкормка N27P5K5 + S (одна доза), 4 – N50P50K50 + подкормка N54P10K10 + S + подкормка N54P10K10 + S (две дозы), 5 – N50P50K50 + подкормка N81P15K15 + S + подкормка N81P15K15 + S (три дозы), 6 – N100P100 K100 (вариант без подкормки), 7 – N100P100K100 + подкормка N27P5K5 + S + подкормка N27P5K5 + S (одна доза), 8 – N100P100K100 + подкормка N54P10K10 + S + подкормка N54P10K10 + S (две дозы), 9 – N100P100K100 + подкормка N81P15K15 + S + подкормка N81P15K15 + S (три дозы), 10 – N150P150K150 (вариант без подкормки), 11 – N150P150K150 + подкормка N27P5K5 + S + под-

кормка N27P5K5 + S (одна доза), 12 – N150P150K150 + подкормка N54P10K10 + S + подкормка N54P10K10 + S (две дозы), 13 – N150P150K150 + подкормка N81P15K15 + S + подкормка N81P15K15 + S (три дозы).

Опыт 5: некорневое применение растворов N_м при разных фонах основного удобрения (N45P45K45 и N90P90K90). N_м растворяли в воде из расчета 200 л рабочего раствора/га, первую подкормку производили в фазе 3–4 пар настоящих листьев сахарной свеклы, вторую – через 10 сут. Схема опыта 5, варианты: контроль (без удобрений), N45P45K45, N45P45K45 + N7 (15 кг ф.в. N_м), N45P45K45 + N14 (30 кг ф.в. N_м), N45P45K45 + N21 (45 кг ф.в. N_м), N90P90K90, N90P90K90 + N7 (15 кг ф.в. N_м), N90P90K90 + N14 (30 кг ф.в. N_м), N90P90K90 + N21 (45 кг ф.в. N_м).

Опыт 6: некорневое (листовое) внесение растворов препарата Полихелаты-Свекла. Препарат Полихелаты-Свекла растворяли в воде из расчета 200 л рабочего раствора/га, первую подкормку производили в фазе 3–4-х пар настоящих листьев сахарной свеклы, вторую – через 10 сут. В составе Полихелаты-Свекла содержатся микроэлементы Mg, Mn, Zn, Cu, Co, B, Mo и Fe в хелатной форме, N – в амидной форме, K₂O, SO₄²⁻, соли органических кислот (сукцинаты, малаты, тартраты, цитраты, оксалаты, аспарагинаты, оксалацетаты, оксалсукцинаты), органические кислоты (индолилуксусная, индолилмасляная), Transfoliovektor “TFV”, фактор роста “HV”, адъювант – ПАВ. В качестве хелатов использованы янтарная, яблочная, аспарагиновая, лимонная, шавелевая, винная, виноградная, шавелево-янтарная, шавелевоуксусная, этилендиаминдиантарная, этилендиаминтетрауксусная и гидроксипропиленди-фосфоновая кислоты [32].

Схема опыта 6, варианты: контроль (без удобрений), N45P45K45 (без подкормки), N45P45K45 + подкормка Полихелаты-Свекла (первое внесение) в дозе 1 л/га + подкормка Полихелаты-Свекла (второе внесение) в дозе 1 л/га + Бор-Актив в дозе 1 л/га (во второе внесение), N45P45K45 + подкормка Полихелаты-Свекла (первое внесение) в дозе 2 л/га + подкормка Полихелаты-Свекла (второе внесение) в дозе 2 л/га + Бор-Актив в дозе 2 л/га (во второе внесение), N90P90K90 (без подкормки), N90P90K90 + подкормка Полихелаты-Свекла (первое внесение) в дозе 1 л/га + подкормка Полихелаты-Свекла (второе внесение) в дозе 1 л/га + Бор-Актив в дозе 1 л/га (во второе внесение), N90P90K90 + подкормка Полихелаты-Свекла (первое внесение) в дозе 2 л/га + подкормка Полихелаты-Свекла (второе внесение) в дозе 2 л/га + Бор-Актив в дозе 2 л/га (во второе внесение).

Таблица 2. Урожайность основной и побочной продукции сахарной свеклы в опыте с длительным применением удобрением, 10-я ротация (2018–2020 гг.)

Урожайность, т/га		Доля корнеплодов от общей биомассы	Сахаристость	Биологический сбор сахара, т/га
корнеплодов	листьев			
Контроль				
34.0	8.33	80.4	17.7	6.02
N45P45K45 + навоз 25 т/га				
39.9	11.1	78.2	19.0	7.58
N90P90K90 + навоз 25 т/га				
44.2	15.0	74.7	17.5	7.73
N135P135K135 + навоз 25 т/га				
43.5	15.9	73.2	17.6	7.66
N120P120K120 + навоз 50 т/га				
43.9	15.0	74.5	19.0	8.34
N190P190K190				
46.6	16.3	74.1	17.7	8.25
HCP ₀₅				
2.0	0.6	–	–	0.56

дозе 2 л/га + Бор-Актив в дозе 2 л/га (во второе внесение).

Опыт 7, варианты: некорневое внесение растворов гуминового препарата Гумимакс (производство ЗАО “Уралэкоил”) с одинарным и 2-кратным опрыскиванием препаратом (0.2 и 0.1 л/га в 200 л H₂O/га) на фоне основного внесения N45P45K45, N90P90K90, N135P135K135 и на неудобренном фоне. Гумимакс имеет высокую насыщенность гуминовыми и фульвовыми кислотами, макро- и микроэлементами (азотом, фосфором, калием, кальцием, магнием, марганцем, цинком, бором, кремнием и другими), различными аминокислотами (в том числе незаменимыми – лейцином, фенилаланином, изолейцином, треонином, валином, лизином, метеонином), ферментами и другими биологическими активными веществами. Его действие проявляется в активизации процессов роста и развития растений, содержание гуминовых кислот составляет 15 г/л [33].

Урожайность корнеплодов определяли методом пробных площадок ($S = 10.8 \text{ м}^2$), сахаристость – на поточной линии ВЕНЕМА, биологический сбор сахара – расчетным методом. Дисперсионный анализ данных проводили по [34].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что применение удобрений в течение более чем 80 лет способствовало формированию

урожаемости корнеплодов на уровне 34.0–46.6 т/га, листьев – 8.33–16.3 т/га (табл. 2). Наиболее высокую урожайность обеспечивала система N190P190K190, также значительной она была на фоне применения N90P90K90 + навоз 25 т/га, в этом случае прибавки урожая составили 12.6 и 10.2 т/га, а минимальная доза N45P45K45 + навоз 25 т/га обеспечивала самую низкую прибавку – 5.9 т/га. Эта доза способствовала повышению урожайности на 17.3%, более высокая (N90P90K90 + навоз 25 т/га) – еще на 10.8%. Дальнейшее увеличение доз удобрений до N135P135K135 + навоз 25 т/га и N120P120K120 + навоз 50 т/га не содействовало росту показателя. Максимальная доза N190P190K190 увеличивала урожайность относительно N120P120K120 + навоз 50 т/га на 6.15%.

Применение удобрений в течение длительного периода в целом способствовало росту урожайности корнеплодов на 17.3–37.0%, листьев – на 33.2–95.7%. Наиболее высокая урожайность листьев была отмечена в вариантах с дозами N190P190K190 и N135P135K135 + навоз 25 т/га. Доля корнеплодов в общей массе урожая под действием удобрений снижалась на 2.2–7.2%, высокие дозы удобрений N135P135K135 + навоз 25 т/га навоза и N190P190K190 более других снижали данный показатель.

Увеличение доз удобрений в 10-й ротации не способствовало значительному снижению сахаристости корнеплодов. Дозы N45P45K45 + навоз 25 т/га и N120P120K120 + навоз 50 т/га повы-

Таблица 3. Продуктивность сахарной свеклы при применении препарата “Poliazofosca-Si” совместно с НАФК, т/га

Вариант	Урожайность	Сбор сахара	Вариант	Урожайность	Сбор сахара
Контроль (без удобрений)			N48P48K48		
23.6	17.2	4.06	34.3	17.3	5.93
N96P96K96			N48P48K48 + “Poliazofosca-Si” 200 кг/га		
41.3	17.4	7.19	38.9	17.7	6.88
N96P96K96 + “Poliazofosca-Si” 200 кг/га			N48P48K48 + “Poliazofosca-Si” 400 кг/га		
44.4	17.0	7.55	38.4	17.5	6.72
N96P96K96 + “Poliazofosca-Si” 400 кг/га			N48P48K48 + “Poliazofosca-Si” 600 кг/га		
47.1	17.9	8.43	43.0	17.7	7.61
N96P96K96 + “Poliazofosca-Si” 600 кг/га			<i>HCP</i> ₀₅		
43.4	17.5	7.59	2.5	0.2	0.32

шали ее относительно контроля на 1.3%, а на фоне применения других систем отмечена тенденция к снижению на 0.1–0.2%.

Как повышение сахаристости, так и урожайности корнеплодов увеличивало биологический сбор сахара в стационарном опыте на 1.56–2.32 т/га (на 25.9–38.5%), наиболее высоким показателем был при действии систем N120P120K120 + + навоз 50 т/га и N190P190K190.

В опыте 2 уровень урожайности корнеплодов при внесении “Poliazofosca-Si” в разных сочетаниях с НАФК составил 38.4–47.1 т/га (табл. 3), в контроле – 23.6 т/га, в варианте только со внесением НАФК в дозе N96P96K96 – 41.3, N48P48K48 – 34.3 т/га. Наиболее высокие прибавки урожайности корнеплодов (19.8–23.5 т/га) относительно контроля были отмечены при применении полной дозы НАФК N96P96K96 совместно с “Poliazofosca-Si” в дозах 200–600 кг/га (увеличение урожайности на 83.4–99.6%), более низкие (14.8–19.4 т/га) – “Poliazofosca-Si” в дозах 200–600 кг/га совместно с N48P48K48 (64.8–82.2%). Относительно варианта N96P96K96 увеличение урожайности в вариантах “Poliazofosca-Si” в дозах 200–400 + N96P96K96 составило 3.1–5.8 т/га. В вариантах с половинной дозой НАФК совместно с “Poliazofosca-Si” в дозах 200–600 кг/га она повышалась относительно N48P48K48 на 4.1–8.7 т/га. В целом относительно фонов основного удобрения повышение урожайности при добавлении к ним “Poliazofosca-Si” составило 14.0–25.4%.

Сахаристость корнеплодов достоверно повышалась при применении “Poliazofosca-Si” в дозе 200 кг/га + N48P48K48, “Poliazofosca-Si” в дозе 600 кг/га + N48P48K48, “Poliazofosca-Si” в дозе 400 кг/га + N96P96K96 (на 0.30–0.70%). Сахаристость корнеплодов во всех вариантах с “Poliazofosca-Si” была равна или выше сахаристости в вариантах с N96P96K96 и N48P48K48 (кроме “Poliazofosca-Si” 200 кг/га + N96P96K96).

Биологический сбор сахара в вариантах с применением “Poliazofosca-Si” был больше, чем в контроле на 65.5–107.6% (при внесении N96P96K96 НАФК – на 77.1, N48P48K48 – на 46.1%). Относительно дозы N96P96K96 применение “Poliazofosca-Si” способствовало повышению показателя на 0.36–1.24 т/га, что составило 5.01–17.2%, относительно N48P48K48 – 0.79–1.68 т/га (или на 13.3–28.3%).

В опыте с допосевным применением Биокомпоста (опыт 3) максимальная урожайность корнеплодов отмечена при его внесении в дозе 400 кг/га (47.5 т/га), прибавка относительно фона с основной удобренностью составила 9.5 т/га (табл. 4). Также высокий урожай был получен при внесении Биокомпоста в дозе 600 кг/га (46.9 т/га, прибавка 8.9 т/га). Допосевное применение данного удобрения повышало урожайность на 23.4–25.0% относительно N90P90K90. Доза Биокомпоста 400–600 кг/га значительно, на 41.7–44.5%, увеличивала урожайность листьев культуры относительно фона, при этом отмечено снижение сахаристости на 1.1–1.4%. Вследствие значительно возросшей урожайности прибавки биологического сбора сахара с 1 га отмечены на уровне 0.84–1.05 т/га (13.0–16.6%).

Действие Биокомпоста совместно с основным удобрением в дозе N90P90K90 проявилось в повышении урожайности корнеплодов относительно неудоженного контроля на 42.5–78.6%, что составило 11.3–20.9 т корнеплодов/га, при этом доза Биокомпоста 200 кг/га не была эффективной, т.к. урожайность в этом варианте (37.9 т/га) была практически равна урожайности на фоне

Таблица 4. Эффективность допосевного внесения Биокомпоста под сахарную свеклу

Урожайность, т/га		Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
корнеплодов	листьев		
Контроль			
26.6	11.5	16.9	4.95
N90P90K90			
38.0	18.2	16.6	6.31
N90P90K90 + Биокомпост 200 кг/га			
37.9	19.3	16.5	6.25
N90P90K90 + Биокомпост 400 кг/га			
47.5	25.8	15.5	7.36
N90P90K90 + Биокомпост 600 кг/га			
46.9	26.3	15.2	7.13
HCP ₀₅ фон/Биокомпост			
4.8/2.8	1.6/0.5	-/0.30	0.51/0.32

без удобрений (38.0 т/га). Совместное действие основного и допосевного внесения удобрений снижало сахаристость относительно контроля на 0.4–1.7%, более всего – при применении Биокомпоста 600 кг/га, но рост уровня урожайности содействовал повышению сбора сахара на 43.6–48.7%.

Допосевное внесение N_{aa} (под предпосевную культивацию сахарной свеклы) по данным производственного опыта, проведенного в ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова, на неудобренном фоне повышало урожайность корнеплодов на 7.3 т/га (на

22.6%), на фоне основного внесения НАФК N32P32K32 – на 5.1 т/га (на 13.3%), а совместно действие НАФК с N_{aa} – на 9.4 т/га или на 29.1% (относительно абсолютного контроля).

Уровень урожайности корнеплодов в опыте с внесением N27P5K5 + S (опыт 4) составил 65.5–79.3, в контроле – 44.1 т/га, на фонах основного удобрения – 54.6–65.7 т/га (табл. 5). Внесение N27P5K5 + S в 1–3-х дозах на фоне N50P50K50 обеспечило дополнительное получение корнеплодов 10.9–14.4 т/га, увеличение составило 20.0–26.4% относительно варианта без подкормки, где было собрано корнеплодов 54.6 т/га. Применение 1–3-х доз НАФК N27P5K5 + S на фоне основного внесения N100P100K100 повысило урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 12.6–26.5% (прибавка 7.9–16.6 т/га) относительно варианта без подкормки. В целом N27P5K5 + S увеличивало урожайность культуры относительно фонов основного удобрения на 8.07–26.5%.

Совместное действие подкормок и основного удобрения повысило урожайность корнеплодов относительно абсолютного контроля (без удобрений) на 21.4–35.2 т/га (48.5–79.8%). Наиболее высокая урожайность корнеплодов в опыте отмечена при применении 2–3-х доз почвенных подкормок на фонах с N100–150P100–150K100–150.

Сахаристость корнеплодов в вариантах с подкормками составила 17.0–18.1% (без подкормок – 17.3–17.6%). Применение удобрений в основное внесение способствовало тенденции к снижению показателя на 0.1–0.3%, применение двойной дозы N27P5K5 + S на фоне N50P50K50 и тройной

Таблица 5. Влияние почвенных подкормок НАФК (N27P5K5 + S) на продуктивность сахарной свеклы

Урожайность корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Биологический сбор сахара, т/га	Урожайность корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Биологический сбор сахара, т/га
N0P0K0 (контроль)			N100P100K100 + N54P10K10 + S + N54P10K10 + S		
44.1	17.6	7.53	73.9	17.3	12.7
N50P50K50			N100P100K100 + N81P15K15 + S + N81P15K15 + S		
54.6	17.5	9.38	79.3	18.1	13.5
N50P50K50 + N27P5K5 + S + N27P5K5 + S			N150P150K150		
65.5	17.8	11.4	65.7	17.3	11.5
N50P50K50 + N54P10K10 + S + N54P10K10 + S			N150P150K150 + N27P5K5 + S + N27P5K5 + S		
69.0	18.0	12.1	71.0	17.4	12.2
N50P50K50 + N81P15K15 + S + N81P15K15 + S			N150P150K150 + N54P10K10 + S + N54P10K10 + S		
65.9	17.2	11.3	75.0	17.1	12.8
N100P100K100			N150P150K150 + N81P15K15 + S + N81P15K15 + S		
62.7	17.6	10.9	74.3	17.0	12.3
N100P100K100 + N27P5K5 + S + N27P5K5 + S			HCP ₀₅ фон/подкормка		
70.6	17.6	12.5	1.6/1.2	0.3/0.4	0.9/0.6

дозы на фоне N100P100K100 увеличивало ее на 0.5%. Совместное внесение основного удобрения и подкормок N27P5K5 + S в двойной и тройной дозе на фоне N150P150K150 снижало сахаристость относительно контроля на 0.5–0.6%, а также в тройной дозе на фоне N50P50K50 – на 0.4%.

От внесения 1–3-х доз N27P5K5 + S на фоне N50P50K50 получена высокая прибавка сбора сахара 2.00–2.72 т/га (в варианте без подкормки показатель составил 9.38 т/га). При внесении двойной и тройной дозы НАФК на фоне N100P100K100 биологический сбор сахара увеличился на 1.80–2.60 т/га (без подкормки – 10.9 т/га). Синергическое действие подкормок с основным удобрением способствовало увеличению сбора сахара с 1 га на 50.1–79.3% (на 3.77–5.97 т/га) относительно контроля, более всего в варианте с тройной дозой N27P5K5 + S на фоне N100P100K100.

Также эффективным агроприемом в ЦЧР было применение N_{aa} в дозе N80 + N60 на фоне N45P45K45 (прибавка урожая корнеплодов 6.2 т/га или 17.2%), а также N90P90K90 + N40 + N30 (прибавка 3.9 т/га или 12.9%), прибавка сбора сахара относительно абсолютного контроля отмечена на 36.4 и 44.7% соответственно, что отражено в более ранней публикации [35].

Урожайность в вариантах с некорневым внесением N_m совместно с основным удобрением (опыт 5) составила 33.1–38.8 т/га, на фонах – 29.9–34.2 т/га, в контроле – 26.1 т/га (табл. 6). Некорневое внесение N_m в дозах N7–21 на фоне основного внесения N45P45K45, а также N_m в дозе N21 на фоне N90P90K90 способствовало повышению урожайности корнеплодов на 3.2–4.6 т/га и сбора сахара – на 0.72–1.23 т/га относительно фонов. Совокупное действие удобрения, внесенного с осени и некорневого применения N_m увеличивало урожайность корнеплодов на 6.2–12.7 т/га (26.8–48.7%) относительно контроля, сбора сахара – на 1.06–1.89 (25.2–45.0%), тогда как только основное удобрение увеличивало ее на 3.8–8.1 т/га (14.6–31.0%), а повышение сбора сахара было статистически недостоверным.

Наиболее эффективной схемой некорневой подкормки N_m было ее применение в количестве 15 и 45 кг ф.в. на фоне N45P45K45, в также 45 ф.в. на фоне N90P90K90. Это обеспечило получение дополнительно корнеплодов 3.2–4.6 т/га и сахара 0.72–1.23 т/га.

Применение N_m в листовую подкормку культуры повышало сахаристость корнеплодов относительно фонов основного удобрения (где относительно контроля она снижалась на 0.9 и 1.9%) в большей степени по сравнению с N90P90K90 (на

Таблица 6. Эффективность некорневого внесения N_m на сахарной свекле

Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
	Контроль	
26.1	16.1	4.20
	N45P45K45	
29.9	15.2	4.54
	N45P45K45 + N7	
33.1	16.1	5.33
	N45P45K45 + N14	
32.3	15.4	4.97
	N45P45K45 + N21	
33.1	15.9	5.26
	N90P90K90	
34.2	14.2	4.86
	N45P45K45 + N7	
34.9	16.1	5.62
	N90P90K90 + N14	
33.8	15.6	5.27
	N90P90K90 + N21	
38.8	15.7	6.09
	HCP _{0.5 фона/N_m}	
3.3/2.5	1.1/0.3	0.80/0.67

1.4–1.9%), в меньшей – N45P45K45 (на 0.7–0.9%). Варианты с применением N7 на фонах основной удобренности обеспечивали такую же высокую сахаристость, как и в контроле (16.1%), а при применении N14 и N21 – несколько меньшую (15.4–15.9%).

В опыте с некорневым внесением препарата Полихелаты-Свекла (опыт 6) уровень урожайности в экспериментальных вариантах составил 34.9–45.0 т/га, в контроле – 32.0 т/га, на фонах без подкормок – 35.8 и 40.5 т/га (табл. 7). Урожайность корнеплодов при применении препарата Полихелаты-Свекла в дозе 1 л/га увеличилась относительно фонов основного удобрения (N45P45K45 и N90P90K90) на 5.5 и 4.5 т/га соответственно (на 15.4 и 11.1%), а при действии 2 л/га – увеличения отмечено не было. Совместно с основным удобрением действие препарата Полихелаты-Свекла увеличивало урожайность на 29.1–40.6%, а биологический сбор сахара с 1 га – на 11.1–48.5%.

Применение препарата Полихелаты-Свекла в дозе 1 л/га увеличивало сахаристость на 0.4–0.8%, а более высокая доза препарата для некорневого внесения способствовала повышению показателя

Таблица 7. Урожайность, сахаристость и сбор сахара при применении минеральных удобрений совместно с препаратом Полихелаты-Свекла

Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахар, т/га	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
Контроль (без удобрений)			N90P90K90		
32.0	16.1	5.15	40.5	16.2	6.56
N45P45K45			N90P90K90 + Полихелаты-Свекла 1 л/га		
35.8	17.0	6.09	45.0	17.0	7.65
N45P45K45 + Полихелаты-Свекла 1 л/га			N90P90K90 + Полихелаты-Свекла 2 л/га		
41.3	17.4	7.19	40.2	16.7	6.71
N45P45K45 + Полихелаты-Свекла 2 л/га			<i>HCP</i> ₀₅ фон/подкормка		
34.9	16.4	5.72	2.8/1.9	0.5/0.3	0.51/0.35

Таблица 8. Применение гуминового препарата на различных фонах основного удобрения

Урожайность корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Урожайность корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
Без удобрений, без обработок			N90P90K90 + одна обработка		
20.9	17.0	3.56	39.9	16.4	5.66
N45P45K45, без обработки			N90P90K90 + две обработки		
38.8	17.4	6.75	46.0	17.1	7.87
N45P45K45 + одна обработка			N135P135K135, без обработок		
44.8	17.1	7.66	39.0	16.6	6.47
N45P45K45 + две обработки			N135P135K135 + одна обработка		
44.3	16.7	7.40	45.7	16.7	7.66
N90P90K90, без обработки			N135P135K135 + две обработки		
39.5	17.1	6.75	40.6	16.5	6.70
			<i>HCP</i> ₀₅		
			1.1	0.1	—

на 0.5% только на фоне N90P90K90, на фоне N45P45K45 отмечено его снижение на 0.6%. Вследствие вышеотмеченного, биологический сбор сахара при применении некорневых подкормок в дозе 1 л/га достоверно отличался от фона основного удобрения на 18.1 и 16.6%, при 2 л/га – достоверных различий отмечено не было.

Уровень урожайности в вариантах с некорневым внесением препарата Гумимакс составил 39.9–45.7 т/га (табл. 8), в контроле – 20.9, на фонах основного удобрения – 38.8–39.5 т/га. Применение Гумимакса вместе с основным удобрением способствовало повышению урожайности корнеплодов относительно неудобренного контроля на 90.9–120%, более всего – при 1–2-кратном внесении препарата на фоне N45P45K45, при 2-кратном – на фоне N90P90K90 и 1-кратном – на фоне N135P135K135.

На фоне N45P45K45 прибавка урожайности корнеплодов от применения препарата Гумимакс составила 5.5–6.0 т/га, что в относительном выражении составило 14.2–15.5%, а совместное действие с основным удобрением повысило урожайность на 112–114%, на фоне N90P90K90 + 2 обработки – 6.5 т/га (16.5%) и 120% соответственно, N135P135K135 + 1 обработка – 6.7 т/га (17.2%) и 119% соответственно.

На фоне N135P135K135 применение препарата не оказывало отрицательного влияния на сахаристость, при том, что основное внесение N135P135K135 содействовало получению корнеплодов с наиболее низкой сахаристостью. На фоне N45P45K45 и N90P90K90 сахаристость при действии препарата снижалась на 0.3–0.7%. Совместное действие препарата Гумимакс с основным удобрением повышало сбор сахара с 1 га на 108–121% относительно контроля.

ВЫВОДЫ

1. При длительном систематическом внесении удобрений в зерносвекловичном севообороте наибольший биологический сбор сахара с 1 га обеспечивался применением N120P120K120 под сахарную свеклу в сочетании с навозом 50 т/га в пару и N190P190K190 под сахарную свеклу, а урожайность корнеплодов — также внесением N135P135K135 под сахарную свеклу + навоз 25 т/га в пару.

2. Значительное повышение урожайности сахарной свеклы обеспечивало сочетание основного внесения удобрений и применения агрохимикатов в течение вегетации, только основное внесение. даже при длительном применении, показало меньшую эффективность.

3. Влияние различных способов удобрения под сахарной свеклы по влиянию на урожайность корнеплодов было следующим: максимальному повышению (на 17.3–37.0%) способствовали длительно применяемая в основное внесение НАФК в сочетании с навозом в пар, несколько меньшему — удобрительная смесь “Poliazofosca-Si” с НАФК (на 14.0–25.4%), а также почвенные подкормки N27P5K5+S — на 17.8–26.4%, допосевное внесение Биокомпоста — на 23.4–25.0%, допосевное внесение N_{aa} — на 13.3–22.6%. Почвенные подкормки N_{aa} имели более слабое действие (повышение урожайности составило 12.9–17.2%), еще меньшую эффективность проявили некорневое внесение гуминового препарата (14.2–17.2%), листовые подкормки препаратом Полихелаты-Свекла (11.1–15.4%), а некорневое применение N_m имело самую слабую эффективность, повышение составило 8.03–13.4%.

4. Совокупное действие основного удобрения с различными приемами их применения в течение вегетации на урожайность корнеплодов было наиболее выраженным при листовом внесении Гумимакса, а также применении НАФК N27P5K5 + S в почвенную подкормку и допосевном — Биокомпоста (повышение относительно контроля на 112–120, 48.5–79.8 и 42.5–78.6% соответственно), несколько меньшее действие оказало применение N_{aa} в рядки (48.0–67.5%), менее всего — N_m , препарата Полихелаты-Свекла при листовой подкормке и внесение N_{aa} до посева (26.8–48.6, 29.1–40.6 и 29.1% соответственно).

5. Внесение гуминового препарата в листовую подкормку и препарата “Poliazofosca-Si” совместно с основным удобрением в наибольшей степени влияло на биологический сбор сахара с 1 га (повышение относительно контроля составило 108–121 и 65.5–108% соответственно), а дли-

тельное основное внесение удобрений — в наименьшей степени (на 25.9–38.5%). Удобрения Биокомпост, Полихелаты-Свекла, N27P5K5 + S, N_m и N_{aa} способствовали среднему увеличению данного показателя (на 25.2–79.3%).

6. Применение как почвенных, так и некорневых подкормок, было наиболее эффективным на фонах с низкими дозами основного удобрения (N45–50P45–50K45–50).

7. Установлено, что агрохимикатами, увеличивающими сахаристость корнеплодов (относительно фонов основного удобрения), являлись N_m (на 0.7–1.9%) и препарат Полихелаты-Свекла в дозировке 1 л/га и 2 л/га на фоне N90P90K90 (на 0.4–0.8%), при внесении N27P5K5 + S в рядки в ряде вариантов отмечено ее увеличение до 0.5%. Внесение препаратов “Poliazofosca-Si” в сочетании с N48–96P48–96K48–96, Гумимакса и Биокомпоста в дозах 400–600 кг/га значительно снижало сахаристость (на 0.5–1.7%).

8. Система удобрения сахарной свеклы в ЦЧР должна включать основное систематическое применение минеральных удобрений в дозе N135P135K135 в сочетании с навозом 25 т/га в пару или N120P120K120 + навоз 50 т/га в пару. Если удобрения в данном севообороте не вносили постоянно, то необходимая доза минеральных удобрений в соответствии с подтипом почвы должна составлять от N120P140K100 до N180P160K170 с применением коэффициента обеспеченности почвы подвижными формами P_2O_5 и K_2O . Для наиболее полного обеспечения потребности культуры в минеральных удобрениях нужно производить расчет их доз с учетом эффективного почвенного плодородия. Удобрение предшественника навозом в дозе 20–50 т/га или непосредственно под сахарную свеклу сохранит гумусовое состояние почвы и позволит пополнить запас медленно высвобождающихся форм элементов питания. Допосевное внесение Биокомпоста в дозе 400 кг/га или N_{aa} в дозе 300 кг/га в ф.в. обеспечит азотное питание молодых растений сахарной свеклы, особенно при недостатке подвижных форм азота после снежной зимы или дождливой весны. Почвенные подкормки как N_{aa} в дозе N 40 + N30, так и НАФК (N27P5K5 + S) в дозе N54P10K10 + S (2 раза) в фазе 3–4 пар листьев культуры (первая подкормка) и через 10–12 сут (вторая подкормка) также устраняли недостаток азота в начальный период развития культуры. Некорневое внесение N_m в дозе N7–27, а также микроудобрений в хелатной форме, либо гуминовых удобрений (в дозе, рекомендуемой производителями) позволило устранить недостатки основного внесения удобрения, а так-

же обеспечило растения дополнительным количеством NPK и микроэлементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сахарная свекла: площади, сборы и урожайность в 2001–2019 гг. [Электр. ресурс]. АБ Центр. Экспертно-аналитический центр агробизнеса. URL: <https://ab-centre.ru/news/saharnaya-svekla-ploshchadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg> (дата обращения 06.05.2021).
- Тютюнов С.И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В. Урожайность культур зернопаропропашного севооборота в зависимости от интенсификации применяемых агротехнологий / Агротехнологическая модернизация земледелия. Курск: ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2013. С. 239–243.
- Заришняк А.С., Руцкая С.И., Колибачук Т.В. Влияние удобрений на потребление элементов питания культурами зерно-свекловичного севооборота на черноземе оподзоленном // Агрехимия. 2003. № 6. С. 39–46.
- Минеев В.Г. Агрехимия: Учебник. М.: Изд-во МГУ: Колос, 2004. 720 с.
- Ефимов В.Н., Донских И.Н., Царенко В.П. Система удобрения. М.: КолосС, 2003. 319 с.
- Тютюнов С.И., Никитин В.В., Соловichenко В.Д. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество сахарной свеклы // Международ. научн.-исслед. журн. 2016. № 6–5 (48). С. 198–203.
- Бедловская Т.В. Благообеспеченность и продуктивность растений сахарной свеклы в зависимости от агроприемов ее возделывания // Политемат. сетев. электр. научн. журн. Кубан. ГАУ. 2010. № 61. С. 390–400.
- Терзи И.Г., Пономаренко Ю.С., Ступаков А.Г. Влияние удобрений на урожайность сахарной свеклы // Мат-лы Международ. студ. конф. Белгород: Белгород. ГАУ им. В.Я. Горина (Майский). 2015. С. 29.
- Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. Повышение продуктивности сахарной свеклы в результате длительного применения удобрений в ЦЧР (1936–2017 гг.) // Сахар. 2020. № 5. С. 16–19.
- Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Акименко А.С., Гуреев И.И., Здоровцов И.П., Пыхтин И.Г., Чуян О.Г., Гостев А.В., Свиридов В.И., Сухановский Ю.П., Бахирев Г.И., Дьяков В.П., Санжаров А.И., Вавин В.Г., Дудкин И.В., Олещицкий В.В., Хахулин В.Г., Сидоров В.И. Адаптивно-ландшафтная система земледелия СПК “Русь” Советского района Курской области. Курск, 2012. 92 с.
- Справочник свекловода России. М.: Россельхозиздат, 1986. 240 с.
- Система ведения агропромышленного производства Воронежской области до 2010 года / Под ред. И.Ф. Хицкова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2005. 464 с.
- Перспективная ресурсосберегающая технология производства сахарной свеклы: Метод. рекоменд. М.: Росинформагротех, 2008. 56 с.
- Федоренко В.Ф., Мишууров Н.П., Шеголихина Т.А., Минакова О.А., Бартенев И.И., Макаров В.А., Еремин П.А. Инновационные технологии производства, хранения и переработки сахарной свеклы. Аналит. обзор. М.: Росинформагротех, 2020. 92 с.
- Минакова О.А., Александрова Л.В. Методика расчета доз удобрений на планируемую урожайность сахарной свеклы (модификация балансового метода). Воронеж: Воронежский ЦИТИ-филиал ФГБУ “РЭА” Минэнерго России, 2013. 24 с.
- Громовик А.И., Королев В.А. Изменение основных показателей плодородия черноземов выщелоченных при длительном применении удобрений // Докл. РАСХН. 2015. № 6. С. 24–28.
- Антонова О.И., Даскин В.Ю. Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы гибрида Портланд при проведении подкормок на фоне допосевого удобрения и гербицидов // Вестн. Алтай. ГАУ. 2013. № 11 (109). С. 33–36.
- Бутяйкин В.В. Основы агрономии. Саранск: МОДОВИЯ–ЭКСПО, 2013. 88 с.
- Юдина Е.М., Авилова Е.Ю., Калитко С.А., Юдин М.О. Технологии в растениеводстве. Краснодар: КубГАУ, 2015. 119 с.
- Анспек П.И. Микроудобрения: справ.-к. Л.: Агропромиздат, 1990. 272 с.
- Немкович А.В. Роль микроудобрений в формировании урожая // Белорус. сел. хоз-во. 2015. № 3 (155). С. 26–29.
- Ошкин В.А., Костин В.И., Смирнова Н.В. Влияние внекорневой подкормки на технологические качества корнеплодов // Вестн. Ульяновск. ГСХА. 2016. № 1. С. 72–75.
- Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. 238 с.
- Овчаренко М.М. Гуматы – активаторы продуктивности сельскохозяйственных культур // Агрехим. вестн. 2001. № 2. С. 13–15.
- Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В. Агрехимические основы применения удобрений. Майкоп: Полиграф–ЮГ, 2013. 572 с.
- Левченкова А.Н., Володина Т.И. Агрехимическая оценка применения гуминовых препаратов в условиях Великолукского района Псковской области // Достижения науки в области АПК. Мат-лы региональной научн.-практ. конф. 2020. С. 48–51.
- Поддубная О.В., Поддубный О.А., Мирончикова А.А. Урожайность и качество сахарной свеклы в зависимости от применения микроудобрений Микросил // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Барнаул: Алтай. ГАУ, 2016. С. 219–220.
- Осипов А.И., Шкрабак Е.С. Некорневое питание и его роль в повышении продуктивности возделываемых культур // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона. Иваново: Верхневолж. аграр. научн. центр, 2018. С. 187–194.
- Якименко О.С. Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты полевых опытов (обзор литературы) // Живые и биокосн. сист. 2016. № 18. С. 4.

30. *Пигарев И.Я., Тарасов А.А., Никитина О.В.* Удобрения и биохимические свойства корнеплодов сахарной свеклы // *Аграрная наука – сельскому хозяйству*: Сб. ст. Барнаул: Алтай. ГАУ. 2017. С. 238–239.
31. Минеральные удобрения. [Электр. ресурс] // МИНСЕМЛАБ. URL: http://minsemlab.ru/mineralnye_udobreniya/poliiazofossa_si/ (дата обращения 08.05.2021).
32. Полихелат-свекла. Внекорневая подкормка [Электр. ресурс] // МИНСЕМЛАБ. URL: http://minsemlab.ru/mineralnye_udobreniya/polihelatyu/svekla/ (дата обращения 08.05.2021).
33. Гумимакс [Электронный ресурс] // ЗАО Уралэко-соил: Продукция. URL: <http://www.humimax.ru/index.php?page=products> [Электронный ресурс] (дата обращения 03.05.2021).
34. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
35. *Минакова О.А., Тамбовцева Л.В.* Применение аммиачной селитры – фактор повышения продуктивности сахарной свеклы // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии Воронеж. ГАУ. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2013. с. 157–162.

Sugar Beet Fertilizing in the Central Black-Earth Region

О. А. Minakova^{a,#}, Р. А. Kosyakin^a, and L. V. Aleksandrova^a

^a *The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar p. VNIISS 86, Ramonsky district, Voronezh region 396030, Russia*

[#] *E-mail: olalmin2@rambler.ru*

It is established that the fertilization of sugar beet in the Central Black-Earth Region should include the main application of fertilizers with their pre-sowing application, in combination with soil and non-root fertilizing. Fertilization during the growing season of the crop is most effective if the soil has not been sufficiently fertilized since autumn. The effect of soil top dressing was more pronounced than non-root. Of the agrochemicals introduced into the leaf dressing, the use of a humic preparation (an increase in yield up to 120%) showed greater efficiency when used together with the main fertilizer, while the use of urea and a Polychelate preparation—beetroot (up to 40.0–48.6%) showed less. Fertilizers should be applied taking into account the indicators of effective fertility of the soil occupied by sugar beet crops.

Key words: fertilizers, sugar beet, basic application, soil top dressing, foliar top dressing, polychelates, urea, nitroammophoska, humic preparation.