

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЧЗ: УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Тютюнов С.И., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Навольнева Е.В., кандидат сельскохозяйственных наук

Каторгин Д.И., Пойменов А.С.

ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный центр РАН»

e-mail: Navekavika@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты полевых исследований (2019–2022 гг.) по комплексной оценке влияния основных агротехнических приемов на урожайность и качество сахарной свеклы, возделываемой на черноземе типичном. Установлено, что совместное использование органических и минеральных удобрений обеспечивает максимальную окупаемость затрат: уровень рентабельности при возделывании по отвальной вспашке достигает 102,2 % с условно чистым доходом 131,5 тыс. руб/га. Выявлено, что включение в севооборот многолетних бобовых трав повышает урожайность корнеплодов в среднем на 2,3 т/га и позволяет эффективнее использовать ресурсосберегающую минимальную обработку почвы (рентабельность 91,8 %). Наибольший сбор сахара (11,34 т/га) зафиксирован в севообороте, содержащем в своей структуре 40 % пропашных культур при проведении минимальной обработки.

Ключевые слова: сахарная свекла, продуктивность, сбор сахара, чернозем типичный, экономическая эффективность.

Введение. Достижение стабильно высоких и качественных показателей урожайности сахарной свеклы требует комплексного подхода, который должен базироваться на анализе климатических условий, учете особенностей почвенного плодородия и активном внедрении научно-технических разработок [1, 2]. Ключевым фактором продуктивности данной культуры, как свидетельствуют экспериментальные результаты и передовой опыт, является широкое применение органических и минеральных удобрений. Их сбалансированное использование напрямую способствует росту урожайности и улучшению качественных характеристик корнеплодов [3, 4]. Так, в исследованиях Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета урожай корнеплодов без удобрения составил 37,2 т/га, а при внесении под свеклу навоза и минеральных удобрений прибавка достигла 9,1 т/га или 1,6 т сахара.

Однако для повышения урожайности, качества корнеплодов и снижения их себестоимости особое значение приобретают агротехнические приемы, направленные в первую очередь на накопление влаги в почве и ее рациональное использование [5]. Формируя технологию возделывания сахарной свеклы на основе достижений науки и передового опыта, с учетом типа почв, климатических условий и биологических особенностей этой культуры, появилась возможность стабильно выращивать урожай корнеплодов на уровне 50–60 т/га и выше [6, 7].

Цель работы: выявить закономерности формирования продуктивности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы, а также определить экономически обоснованные параметры агротехнологий (севооборот, обработка, удобрения) для получения стабильно высоких результатов в регионе.

Исследования по комплексной оценке агротехнологий возделывания сахарной свеклы проводились в многолетнем полевом опыте ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» на фоне двух способов обработки почвы – вспашки и минимальной обработки (мелкой). Отвальную вспашку выполняли плугом ПЛН-5-35 на глубину 30–32 см. Минимальная обработка заключалась в двукратном дисковании на глубину 12–14 см.

Данную культуру возделывали в двух специализированных севооборотах: зернотравянопропашном, с чередованием: озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень + многолетние травы (эспарцет) – многолетние травы 1 года пользования – многолетние травы 2 года пользования и в зернопропашном севообороте, с чередованием: озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на силос – горох.

Под сахарную свеклу схемой опыта было предусмотрено внесение одинарных и двойных доз минеральных и органических удобрений. Из которых для контрастности эффекта рассматривалось применение максимальных доз.

Таблица 1. Влияние удобрений и видов севооборотов на продуктивность сахарной свеклы (вспашка), 2019–2022 гг.

| Вариант | | Урожайность корнеплодов | | | Сахаристость, % | | Сбор сахара | | |
|----------------------------------|--|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|------|-------|
| Навоз т/га | NPK | т/га | +/- | | % | +/- | т/га | +/- | |
| | | | т/га | % | | | | т/га | % |
| Зернотравянопропашной севооборот | | | | | | | | | |
| - | - | 30,40 | - | - | 17,00 | - | 5,17 | - | - |
| - | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 66,77 | 36,37 | 119,6 | 16,88 | -0,13 | 11,27 | 6,10 | 118,0 |
| 80 | - | 42,12 | 11,72 | 38,6 | 18,08 | 1,08 | 7,61 | 2,45 | 47,3 |
| 80 | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 66,54 | 36,14 | 118,9 | 16,83 | -0,18 | 11,20 | 6,03 | 116,6 |
| Зернопропашной севооборот | | | | | | | | | |
| - | - | 28,26 | - | - | 17,49 | - | 4,54 | - | - |
| - | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 58,63 | 31,35 | 120,8 | 17,45 | -0,04 | 10,00 | 5,46 | 120,3 |
| 80 | - | 40,47 | 15,17 | 58,4 | 18,11 | 0,63 | 7,45 | 2,91 | 64,1 |
| 80 | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 66,68 | 35,95 | 138,5 | 17,60 | 0,11 | 10,90 | 6,36 | 140,0 |
| HCP ₀₅ (севооборот) | | 2,85 | | | 0,55 | | - | | |
| HCP ₀₅ (удобрения) | | 4,03 | | | 0,78 | | - | | |

Из органических удобрений вносили навоз крупного рогатого скота (КРС) один раз за ротацию под сахарную свеклу в дозе 80 т/га. На каждый гектар севооборотной площади приходилось 16 т/га навоза. Минеральные удобрения вносили в дозе N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀.

На урожайность сахарной свеклы в значительной степени влияла применяемая система удобрений (табл. 1, 2). При использовании минеральной системы удобрений урожайность данной культуры составляла 56,81–66,77 т/га. Рост в сравнении с контрольным вариантом (без применения удобрений) составил 30,38–36,37 т/га или 107,5–119,6 %. Внесение только органических удобрений обеспечило получение урожайности 39,84–42,12 т/га, что в 1,4–1,6 раза меньше, чем при использовании минеральных удобрений, однако при-

бавка составила 11,72–15,17 т/га или 38,6–58,4 % в сопоставлении с контрольным вариантом.

Дополнительным элементом технологии, обеспечивающим повышение урожайности сахарной свеклы, выступает включение в севооборот многолетних бобовых трав. Так, в зернотравянопропашном севообороте, без использования удобрений, урожайность составила 30,40 т/га при вспашке и 25,96 т/га – при использовании минимальной обработки почвы. Для сравнения, в зернопропашном севообороте эти показатели составили 28,26 т/га и 25,73 т/га соответственно. Однако, следует отметить, что при проведении глубокой обработки почвы действие севооборота статистически доказано, то при минимальной –

можно принять только как тенденцию.

Применение навоза улучшало качественные показатели сахарной свеклы. Данная закономерность отмечена и математически доказана при проведении вспашки. Так, сахаристость возрастала на 0,63–1,08 % в зависимости от севооборота. Минеральные удобрения, напротив, незначительно снижали сахаристость при глубокой обработке почвы (на 0,04–0,13 %), однако компенсировали это ростом урожайности. Наибольший выход сахара (10,9–11,20 т/га) зафиксирован при совместном применении удобрений, что на 6,03–6,36 т/га превышает контрольные варианты.

Говоря о изменении сахаристости при проведении минимальной обработки почвы, следует заключить, что ни севооборот, ни удобрения не оказали достоверного действия на данный показатель.

Таблица 2. Влияние удобрений и видов севооборотов на продуктивность сахарной свеклы (минимальная обработка почвы), 2019–2022 гг.

| Вариант | | Урожайность корнеплодов | | | Сахаристость, % | | Сбор сахара | | |
|----------------------------------|--|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|------|-------|
| Навоз т/га | NPK | т/га | +/- | | % | +/- | т/га | +/- | |
| | | | т/га | % | | | | т/га | % |
| Зернотравянопропашной севооборот | | | | | | | | | |
| - | - | 25,96 | - | - | 18,14 | - | 5,12 | - | - |
| - | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 57,31 | 30,38 | 107,5 | 16,65 | -1,49 | 9,76 | 4,64 | 90,5 |
| 80 | - | 41,12 | 12,21 | 43,2 | 17,93 | -0,21 | 7,25 | 2,13 | 41,5 |
| 80 | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 61,91 | 38,42 | 136,0 | 16,51 | -1,63 | 11,01 | 5,89 | 114,8 |
| Зернопропашной севооборот | | | | | | | | | |
| - | - | 25,73 | - | - | 17,51 | - | 4,51 | - | - |
| - | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 56,81 | 31,08 | 120,8 | 17,31 | -0,20 | 9,84 | 5,33 | 118,3 |
| 80 | - | 39,84 | 14,11 | 54,8 | 17,68 | 0,16 | 7,04 | 2,54 | 56,3 |
| 80 | N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ | 62,51 | 36,78 | 142,9 | 18,15 | 0,64 | 11,34 | 6,84 | 151,8 |
| HCP ₀₅ (севооборот) | | 2,39 | | | 0,75 | | - | | |
| HCP ₀₅ (удобрения) | | 3,38 | | | 1,06 | | - | | |

Максимальный выход сахара с гектара за период исследований был достигнут благодаря одновременному внесению органических и минеральных удобрений. В зернотравянопропашном севообороте при совместном применении удобрений сбор сахара составил 11,20 т/га при вспашке и 11,01 т/га при минимальной обработке. В зернопропашном севообороте соответственно – 10,90 т/га и 11,34 т/га.

В севообороте с 40 % пропашных культур, максимальный сбор сахара был получен при совместном использовании обоих видов удобрений и составлял 11,34 т/га, данное количество больше на 4,30 т/га сахара при использовании органических и на 1,50 т/га – при использовании только минеральных удобрений.

В зернотравянопропашном севообороте при вспашке совместное применение удо-

брений также обеспечило высокий результат – 11,20 т/га. При этом минеральная система удобрений показала сопоставимый результат – 11,27 т/га, при этом сахаристость корнеплодов этих вариантов была также на одном уровне – 16,83 и 16,88 % соответственно.

Анализ вариантов с отдельным внесением удобрений показывает, что минеральная система в целом обеспечивала более высокий сбор сахара (9,76–11,27 т/га) по сравнению с органической (7,04–7,61 т/га), что обусловлено значительно большей прибавкой урожайности, даже несмотря на тенденцию к некоторому снижению сахаристости.

Таким образом, сбор сахара как интегральный показатель продуктивности, сочетающий величину урожая и его качество, достигал максимальных значений при совместном применении навоза и минеральных удобрений, обеспечивая наиболее полную реализацию потенциала культуры в условиях ЦЧЗ.

Расчет экономической эффективности, выполненный с учетом сложившихся цен на ресурсы в период исследований и стоимость реализации продукции, позволил дать комплексную оценку изучаемым агротехнологиям. Анализ показал, что ключевое влияние на рентабельность производства сахарной свеклы оказывает система удобрения, в то время как тип севооборота и способ основной обработки почвы вносят корректирующий характер.

Минимальные экономические показатели достигались без применения удобрений. При проведении вспашки в зернопропашном севообороте без удобрений, производство сахарной свеклы оказалось убыточным (условно чистый доход (УЧД) составил –5,4 тыс. руб/га), тогда как наличие в севообороте многолетних трав позволило получить минимальную выгоду (УЧД = 3,0 тыс. руб/га) с рентабельностью 2,6 % (табл. 3). При минимальной обработке все неудобренные варианты были убыточными, с уровнем рентабельности от –10,3 % до –11,1 % (табл. 4).

Использование только органических удобрений (навоз 80 т/га) повышало экономическую эффективность, однако она оставалась умеренной. При проведении вспашки условно чистый доход составил 21,2–27,7 тыс. руб/га при рентабельности 15,5–20,3 %,

Таблица 3. Экономическая эффективность удобрений возделывания сахарной свёклы по отвальной обработке почвы (2019–2022 гг.)

| Показатель | Зернотравянопропашной севооборот | | | | Зернопропашной севооборот | | | |
|---|----------------------------------|-------|-------|-------------|---------------------------|-------|-------|-------------|
| | 0 | NPK | навоз | Навоз + NPK | 0 | NPK | навоз | Навоз + NPK |
| Затраты по технологической карте, тыс. руб/га | 115,6 | 115,6 | 115,6 | 115,6 | 115,6 | 115,6 | 115,6 | 115,6 |
| Затраты на мин. и орг. удобрения, тыс. руб/га | - | 44,0 | 21,0 | 13,0 | - | 44,0 | 21,0 | 13,0 |
| Всего затрат, тыс. руб/га | 115,6 | 159,6 | 136,6 | 128,6 | 115,6 | 159,6 | 136,6 | 128,6 |
| Цена реализации, тыс. руб/т | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| Выручка от реализации, тыс. руб/га | 118,6 | 260,4 | 164,3 | 259,5 | 110,2 | 228,7 | 157,8 | 260,1 |
| Себестоимость единицы продукции, тыс. руб/т | 3,8 | 2,4 | 3,2 | 1,9 | 4,1 | 2,7 | 3,4 | 1,9 |
| Условно чистый доход, тыс. руб/га | 3,0 | 100,8 | 27,7 | 130,9 | -5,4 | 69,1 | 21,2 | 131,5 |
| Уровень рентабельности, % | 2,6 | 63,2 | 20,3 | 101,8 | -4,7 | 43,3 | 15,5 | 102,2 |

Таблица 4. Экономическая эффективность удобрений сахарной свеклы по минимальной обработке почвы (2019–2022 гг.)

| Показатель | Зернотравянопропашной севооборот | | | | Зернопропашной севооборот | | | |
|---|----------------------------------|-------|-------|-------------|---------------------------|-------|-------|-------------|
| | 0 | NPK | навоз | Навоз + NPK | 0 | NPK | навоз | Навоз + NPK |
| Затраты по технологической карте, тыс. руб/га | 112,9 | 112,9 | 112,9 | 112,9 | 112,9 | 112,9 | 112,9 | 112,9 |
| Затраты на мин. и орг. удобрения, тыс. руб/га | - | 44 | 21 | 13 | - | 35,2 | 16,8 | 52 |
| Всего затрат, тыс. руб/га | 112,9 | 156,9 | 133,9 | 125,9 | 112,9 | 148,1 | 129,7 | 164,9 |
| Цена реализации, тыс. руб/т | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| Выручка от реализации, тыс. руб/га | 101,2 | 223,5 | 160,4 | 241,4 | 100,3 | 221,6 | 155,4 | 243,8 |
| Себестоимость единицы продукции, тыс. руб/т | 4,3 | 2,7 | 3,3 | 2,0 | 4,4 | 2,6 | 3,3 | 2,6 |
| Условно чистый доход, тыс. руб/га | -11,7 | 66,6 | 26,5 | 115,5 | -12,6 | 73,5 | 25,7 | 78,9 |
| Уровень рентабельности, % | -10,3 | 42,5 | 19,8 | 91,8 | -11,1 | 49,6 | 19,8 | 47,8 |

в зависимости от севооборота. При минимальной обработке эти показатели были на уровне 25,7–26,5 тыс. руб/га с рентабельностью 19,8 %.

Наибольшая окупаемость затрат достигалась при использовании минеральных удобрений и, особенно, при их совместном внесении с навозом. Применение только минеральных туков на вспашке обеспечило получение 69,1–100,8 тыс. руб. условно чистого дохода с гектара при рентабельности 43,3–63,2 %. Однако максимальная экономическая эффективность была получена при совместном использовании навоза и минеральных удобрений.

При глубокой обработке почвы органоминеральная система удобрения показала наилучшие результаты в обоих типах севооборота. Условно чи-

стый доход достиг 130,9–131,5 тыс. руб/га, с высоким уровнем рентабельности – 101,8–102,2 % (табл. 3). Это лучшие показатели по всему опыту, что подтверждает эффективность глубокой отвальной обработки.

При минимальной обработке почвы эффективность органо-минеральной системы сильно зависела от севооборота. Так, в зернотравянопропашном севообороте данный уровень удобренности обеспечивал условно чистый доход 115,5 тыс. руб/га с рентабельностью 91,8 %, в то время как в зернопропашном севообороте на минимальной обработке максимальный доход составил 78,9 тыс. руб/га, однако уровень рентабельности здесь оказался почти вдвое ниже – 47,8 %, чем при вспашке.

Таким образом, для получения стабильно высоких урожаев сахарной свёклы с хорошими качественными показателями и максимальной экономической отдачей в условиях ЦЧЗ наиболее перспективным является возделывание культуры в севообороте с многолетними бобовыми травами, с применением глубокой отвальной обработки почвы и использованием органо-минеральной системы удобрения.

Список использованной литературы

1. Никитин, В.В. Резервы повышения качества свекловичного сырья в условиях неустойчивого увлажнения ЦЧЗ / В.В. Никитин, А.В. Акинчин, С.А. Линков // Вестник Курской ГСХА. - 2013. - № 4. - С. 46-48.
2. Навольнева, Е.В. Влияние агротехнических приемов на качество озимой пшеницы и сахарной свеклы / Е.В. Навольнева, В.Д. Соловichenко, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова // Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее: сб. матер. I Всеросс. научно-практ. конф. с межд. участием. - Белгород: БелГУ, 2017. - С. 123-126.
3. Никитин, В.В. Влияние агрогенных и природных факторов на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы на черноземе типичном / В.В. Никитин, В.Д. Соловichenко, А.Г. Ступаков, Е.В. Навольнева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2015. - № 2. - С. 69-76.

4. Азаров, А.В. Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы при разных условиях удобрения / А.В. Азаров, Е.В. Навольнева, Д.И. Каторгин, А.С. Пойменов // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: мат. V Всеросс. научно-практ. конф. молодых ученых АПК, п. Рассвет, 18-19 мая 2023 г. Белгород: ООО «АзовПринт», 2023. - С. 14-18.

5. Никитин, А.Ф. Основная обработка почвы и морфологические показатели корнеплодов свёклы / А.Ф. Никитин // Сахарная свекла. - 2022. - № 1. - С. 26828. DOI:10.25802/SB.2022.72.44.004.

6. Попов, Е.В. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на продуктивность сахарной свеклы и физико-химические свойства чернозема выщелоченного / Е.В. Попов / Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. с.-х. наук. - Рамонь, 2005. - 23 с.

7. Филимонов, И.Н. Ресурсосберегающие приемы выращивания сахарной свеклы в условиях Белгородской области / И.Н. Филимонов, О.Г. Котлярова // Бюллетень научных работ Белгородской ГСХА. - 2011. - Вып. 25. - С. 61-66.

Comprehensive assessment of agricultural technologies for sugar beet cultivation in the Central Black-Earth region: yield, quality and economic efficiency

Tyutyunov S.I., Navolneva E.V., Katorgin D.I., Poimenov A.S.

Summary. The results of field studies (2019–2022) on the comprehensive assessment of the impact of the main agricultural practices on the yield and quality of sugar beet grown on typical black soil. It was found that the combined use of organic and mineral fertilizers provides maximum cost recovery: the profitability level reaches 102.2 % with a conditional net income of 131.5 thousand rubles per hectare when grown using ploughing. It has been found that the inclusion of perennial legume grasses in the crop rotation increases the yield of root crops by an average of 2.3 t/ha and allows for more efficient use of resource-saving minimum tillage (profitability of 91.8 %). The highest sugar yield (11.34 t/ha) was recorded in a crop rotation with 40 % of row crops and shallow tillage.

Keywords: sugar beet, productivity, sugar yield, typical black soil, economic efficiency.

ИНФОРМАЦИЯ

ВНИИ кукурузы внедряет цифровые решения в сельскохозяйственное производство

Член Национального союза селекционеров и семеноводов, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы продолжает целенаправленно внедрять современные цифровые технологии в производственные процессы. Развитие цифровой инфраструктуры осуществляется в рамках государственной политики по цифровой трансформации АПК России и повышения эффективности сельскохозяйственного сектора.

ВНИИ кукурузы задействует возможности специализированной цифровой платформы SmartAgro, рассчитанной на комплексное управление агротехнологическими процессами.

Цифровая система объединяет сведения о земельных участках, сельскохозяйственной технике и выполняемых технологических операциях в единой информационной среде. Платформа обеспечивает оперативный мониторинг полевых

работ, контроль параметров эксплуатации оборудования и систематизацию производственных данных по каждому полю.

Применение цифровых технологий повышает открытость производственных процессов, обеспечивает более рациональное использование материально-технических ресурсов и совершенствует систему принятия управленческих решений. Особенно важна возможность быстро анализировать данные и контролировать соблюдение агротехнологических требований при возделывании сельскохозяйственных культур.

Современные цифровые технологии, применяемые в ВНИИ кукурузы, нацелены на повышение эффективности научно-производственной деятельности учреждения, внедрение передовых технологических решений в аграрную практику и обеспечение устойчивого развития отечественного сельского хозяйства.

НССиС