

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина»

На правах рукописи



Грицина Виталий Геннадьевич

**ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ
СОРТОВ СОИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ
В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных
наук, профессор
Котлярова Екатерина Геннадьевна

Белгород
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ПРИЁМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ	
СОИ (обзор литературы)	10
1.1 Агропроизводственное значение сои в мире и России	10
1.2 Значение сорта в повышении продуктивности агроценозов	13
1.3 Продуктивность сортов сои разных групп спелости	17
1.4 Влияние органических удобрений на плодородие почвы и продуктивность сои	20
1.5 Влияние минеральных удобрений на урожайность сои	23
1.6 Уровень азотфиксации в зависимости от условий питания растений сои	31
2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
2.1 Схема и методика проведения исследования	39
2.2 Почвенно-климатические условия района проведения исследования	44
2.3 Метеорологические условия района проведения испытаний	46
2.4 Фенологические наблюдения	50
3 АГРОФИЗИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО В ПОСЕВАХ СОИ	51
3.1 Показатели водного режима в посевах сои в зависимости от сочетания органического и минеральных удобрений	51
3.2 Плотность почвы в зависимости от удобрений	58
3.3 Микробиологическая активность чернозёма типичного	61
3.4 Влияние удобрений на засорённость посевов сои	65
3.5 Динамика органического вещества и элементов питания в почве в зависимости от уровня удобрённости посевов сои	72
4 СИМБИОТИЧЕСКАЯ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ УДОБРЁННОСТИ ПОСЕВОВ	85
4.1 Динамика формирования основных показателей симбиотического аппарата растений сои	85
4.2 Динамика накопления воздушно-сухой массы и высота растений сои	89
4.3 Влияние питательного режима на особенности фотосинтетической деятельности растений сои	92

5 АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ СОИ	102
5.1 Влияние уровня удобренности на урожайность сои	102
5.2 Содержание белка и жира в семенах сои	105
5.3 Анализ элементов структуры урожая сои сортов разных групп спелости	108
5.4 Экономическая эффективность выращивания сои	110
5.5 Биоэнергетическая оценка вариантов применения удобрений посевов сои	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	121
ПРИЛОЖЕНИЕ	145
Приложение А. Акт внедрения результатов научно-технических разработок и передового опыта	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Стремительный рост производства сои в мире и России обусловлен тем, что культура является источником белка, гораздо более дешёвого, чем животный, большим спросом в странах её исторического потребления, высокой доходностью и востребованностью различными отраслями промышленности. Соя занимает преобладающую долю общего объёма производства масличных культур – 61 %. В Белгородской области необходимость производства сои вызвана масштабным развитием животноводства. С этим связана задача экологически безопасной утилизации большого количества органического сырья (более 15 млн т в год), 30 % из которого приходится на птичий помёт. На фоне значительного удорожания минеральных удобрений в последнее время при рациональном использовании органические удобрения могут стать эффективной альтернативой.

Решение задачи расширения производства сои в Центральном Черноземье связана не столько с увеличением посевных площадей (доля культуры в структуре в настоящий момент значительна – часто достигает 30 %), сколько с повышением её продуктивности. Соя обладает высоким продукционным потенциалом, который в производственных условиях не реализуется и наполовину. Получение высоких и устойчивых урожаев семян сои основано на изучении сортовых особенностей её продукционного процесса, способов его регулирования, в том числе путём оптимизации питательного режима. В настоящее время задача, стоящая перед сельхозтоваропроизводителями сои, заключается в максимально полном удовлетворении потребностей культуры в элементах питания, усилении симбиотической фиксации азота, вовлечении этого дефицитного элемента питания растений в биологический круговорот. При этом важнейшим условием является повышение продуктивности культуры при обязательном сохранении плодородия почвы. Характерные особенности органических, минеральных и микроэлементных удобрений могли бы успешно дополнять друг друга, оптимизируя продукционный процесс.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в решение проблемы повышения продуктивности сои внесли В.Б. Енкен (1959), Ю.П. Мякушко, В.Ф. Баранов (1984), С.В. Кадыров, В.А. Федотов (1998, 2004), О.В. Столяров (2002), Н.С. Шевченко с соавт. (2008), А.В. Амелин с соавт. (2011), А.Ю. Некрасов (2020). Оценке характера (стимулирующего или ингибирующего) влияния видов и доз различных удобрений на симбиотическую активность и эффективность использования биологического азота посвящены работы М.Л. Таова (2001), А.А. Абаева (2011), В.Ю. Сыромятникова (2011), Х.А. Хамокова (2018), Р.Г. Гаджиумарова (2019), О.Г. Шабалдас и др. (2020). Вопросы влияния органических удобрений, в том числе и птичьего помёта, на урожайность сои и плодородие почв рассмотрены в работах L.C. Purcell et al. (1996), А.Ю. Трифонова (2001), В.И. Титовой и др. (2004, 2009), С.Т. Талыбова, А.Ф. Ахмедова (2018), С.Д. Лицукова с соавт. (2019). Предпочтение минеральным удобрениям при выращивании сои отдают Т.В. Мухортова (2001), С.С. Барсуков, А.С. Барсуков (2005), А.Р. Gaspar et al. (2017). Анализу эффективности микроэлементных удобрений посвящены исследования Н.М. Тишкова с соавт. (2007, 2014, 2017), В.А. Воронцова с соавт. (2013), А.В. Щеголькова (2015), М.Е. Бельшкиной (2021) и многих других. Однако опытов по сравнительному изучению эффективности органических и минеральных удобрений и их сочетаний на продуктивность сои и плодородие почв до сих пор не проводилось.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы заключается в повышении плодородия чернозёма типичного, продуктивности сои и экономической эффективности её производства на основе сравнительного анализа действия и взаимодействия органического, минерального и микроудобрения при выращивании сортов разных групп спелости в юго-западной части Центрального Черноземья.

Для достижения заявленной цели были поставлены следующие задачи:

- выявить эффективность действия и взаимодействия органического и минеральных удобрений на агрофизические, биологические и агрохимические свойства чернозёма типичного;

- оценить динамику формирования симбиотического аппарата сортов сои разных групп спелости в течение вегетации в зависимости от варианта использования удобрений;
- определить показатели фотосинтетической активности раннеспелого и среднеспелого сортов сои при применении удобрений;
- сравнить агрономическую, экономическую и биоэнергетическую эффективность выращивания сои в зависимости от применения предлагаемых элементов технологии её выращивания.

Научная новизна диссертационного исследования. В результате сравнительного изучения действия и взаимодействия соломопомётного компоста, аммиачной селитры и некорневой подкормки препаратом Азосол 36 Экстра при выращивании сортов сои разных групп спелости установлено положительное влияние повышения уровня удобренности на свойства чернозёма типичного и активизацию симбиотической и фотосинтетической деятельности растений сои, что обусловило планомерный рост её урожайности.

Удобрения способствовали повышению эффективности водопотребления посевами сои на 8–18 %, в большей степени при применении органического удобрения, особенно при максимальном уровне удобренности (750 м³/т). При этом отмечалось усиление интенсивности разложения клетчатки (51,5 %), увеличение содержания в почве подвижного фосфора (на 36–47 мг/кг), обменного калия (на 5,4–42,6 мг/кг), легкогидролизуемого азота (на 3,3–8,2 мг/кг) и органического вещества (на 0,52–0,68 %_{абс}). Происходило существенное увеличение количества клубеньков на корнях сои и их массы – соответственно в 1,8–4,2 и 1,7–3,4 раза, интенсивности накопления сухого вещества – на 30–41 %, площади ассимиляционного аппарата – на 38 % и фотосинтетического потенциала – на 44 %, что, как подтвердил корреляционный анализ ($r = 0,74–0,96^*$), обусловило получение максимальной урожайности.

При комплексном применении удобрений «компост + аммиачная селитра + Азосол» получена максимальная урожайность семян сои – 3,9–4,2 т/га (2015 г.) и в среднем за три года – 3,01–3,04 т/га (+18–22 %), отмечено повышение содержания

белка на 3,9–5,3 %_{абс} и его сбора до 1,2 т/га. По содержанию жира явные преимущества имел раннеспелый сорт Ланцетная – выше на 1,4 %_{абс.}, что способствовало увеличению сбора масла на 30 кг/га.

Теоретическая и практическая значимость работы. Анализ всей совокупности эффектов, полученных в результате действия и взаимодействия изучаемых факторов, показал, что фактор удобрения являлся определяющим в регулировании режимов почвы и биопродукционного процесса. Различия в скороспелости изучаемых сортов обусловили эффективность потребления влаги, засорённость посевов и особенности использования элементов питания на создание урожая.

Растения сои среднеспелого сорта Белгородская 48 более экономично расходовали влагу на производство единицы продукции, при этом посевы засорялись в большей степени. Сортовые различия также проявились в предпочтительном использовании для формирования урожая соей раннеспелого сорта Ланцетная азота минеральных удобрений, тогда как соя среднеспелого сорта Белгородская 48 была более отзывчивой на применение компоста. Тем не менее достоверных различий урожайности сортов в среднем за три года не выявлено. Характерная для района исследований нестабильность погодных условий, давая преимущество в отдельные годы то раннеспелому сорту Ланцетная (2014–2015 гг.), то среднеспелому сорту Белгородская 48 (2016 г.), определяет необходимость наличия в хозяйствах сортов сои разных сроков созревания. Это позволит независимо от погодных факторов стабилизировать производство семян сои, которая может обеспечить чистый доход 21–26 тыс. руб./га при уровне рентабельности 70–107 % и значительном коэффициенте энергетической эффективности – на уровне 1,6.

Практическая значимость рекомендаций подтверждается результатами производственной проверки в ООО «Агрохолдинг Корочанский» Корочанского района Белгородской области, где выращивание на площади 90 га сои раннеспелого сорта Ланцетная при применении соломопомётного компоста (20 т/га), аммиачной селитры (N₃₀) и препарата Азосол 36 Экстра обеспечило прибавку

0,53 т/га. Чистый доход с площади внедрения – 2,2 млн руб., уровень рентабельности – 84 %.

Полученные в результате исследования новые знания могут служить основой для совершенствования технологии выращивания ценной зернобобовой культуры в юго-западной части Центрального Черноземья.

Основные положения и результаты диссертационного исследования могут использоваться в учебном процессе агрономических факультетов вузов при изучении таких дисциплин, как «Земледелие», «Растениеводство» и др.

Методология и методы исследования. Методологической основой работы является системный подход к оценке действия и взаимодействия изучаемых факторов (удобрение, сорт) в течение трёх лет в условиях погодной нестабильности юго-запада ЦЧР. Наблюдения, анализы и учёты проводились согласно общепринятым методам полевых и лабораторных исследований по земледелию.

Положения, выносимые на защиту.

1. Применение в качестве основного удобрения соломопомётного компоста (20 т/га), аммиачной селитры (30 кг/га д. в.) под предпосевную культивацию и препарата Азосол 36 Экстра для некорневой подкормки, сбалансировано распределённых в пространстве и времени периода вегетации сои, способствует повышению плодородия чернозёма типичного и реализации продукционного потенциала культуры.

2. Сочетание в производстве сортов разных групп спелости (раннеспелого Ланцетная и среднеспелого Белгородская 48) обеспечивает стабилизацию высокопродуктивного и экономически эффективного производства сои в условиях негарантированных влаго- и теплообеспеченности критических периодов развития растений в юго-западной части Центрального Черноземья.

Степень достоверности результатов исследования подтверждается данными проведённого анализа значительного количества опубликованных источников информации, обобщением теоретических достижений российских и зарубежных исследователей, собственных экспериментальных данных, полученных в полевых и лабораторных условиях в соответствии с обоснованной схемой опыта,

использованием апробированных методик, необходимого количества наблюдений, учётов и анализов, статистической обработкой результатов исследований с помощью методов дисперсионного и корреляционного анализа и внедрением их в производство.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в периодических изданиях и доложены на заседаниях учёного совета агрономического факультета и кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (2014–2017 гг.), конференциях различного уровня, проходивших в ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (Белгород, 2016, 2021 гг.), ФГБОУ ВО Донской ГАУ (пос. Персиановский, 2021 г.), ФГБНУ «ВНИИСПК» (Орёл, 2021 г.), ФГБНУ «Курский ФАНЦ РАН» (Курск, 2021 г.).

Автор диссертационной работы по заявленной теме является получателем гранта на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2015 г.).

Личный вклад соискателя. Автор принимал личное участие в планировании и проведении экспериментов, обобщении данных, опубликованных в российских и зарубежных литературных источниках, анализе и обработке результатов собственных исследований, подготовке научных публикаций и оформлении диссертационной работы (доля участия автора 85 %).

Публикация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования нашли отражение в 15 опубликованных работах (общий объём – 11,74 п.л., из них подготовлено самостоятельно – 6,13 п.л.), при этом 9 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений производству, списка литературы и приложения. Диссертация изложена на 146 страницах компьютерного текста, содержит 25 таблиц, 12 рисунков и 1 приложение. Список литературы включает 217 источников, в том числе 17 – на иностранных языках.

1 ПРИЁМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СОИ (обзор литературы)

1.1 Агропроизводственное значение сои в мире и России

Соя, выращиваемая с древнейших времен в странах Азии (Китай, Кореи, Япония), в последние 50 лет переживает своего рода ренессанс, распространившись на больших площадях в Америке и Европе. В мире наблюдается ежегодный прирост её производства. В последние 5 лет соя по мировым объёмам производства зерна вышла на 4-е место после пшеницы, риса и кукурузы (Shea Z. et al., 2020).

Стремительный рост производства сои и в мире, и в России обусловлен тем, что культура является источником белка, гораздо более дешёвого, чем животный; большого спроса в странах исторического её потребления; высокой доходности и востребованности многочисленными отраслями промышленности (Дробин Г.В., 2012; Долгинова В.А., Рыбальский Н.Н., 2016; Ямкова В.А., 2019; Некрасов А.Ю., 2020). Производство сои в мире с 1987 г. возросло на 350 % и достигло почти 400 млн т (2018 г.) (Маркетинговое исследование ..., 2020). Соя занимает преобладающую долю общего объёма производства масличных культур – 61 % (Shea Z. et al., 2020).

Лидером на мировом рынке является Бразилия, в этой стране находится более трети посевов (38,6 млн га) с наибольшей урожайностью – 3,5 т/га (ТОП-10 производителей сои ..., 2020). Доля России составляет лишь 1,3 % от мирового производства – 4,4 млн т. К 2019–2020 гг. в стране площадь земель, на которых выращивается соя, составила в среднем 3,0 млн га (2,5 % от мировой площади) (Россия в цифрах, 2020, 2021). Иными словами, Российская Федерация представляет собой один из наиболее быстрорастущих рынков сои в мире. Посевные площади с 2000 г. увеличились в 7,4 раза. Во многом этому способствовало принятие Минсельхозом подготовленной Российским соевым союзом отраслевой программы «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на 2015–2020 годы» (2014). К 2020 г. урожай сои, согласно этой программе, должен был вырасти до 7,2 млн т. По прогнозу Министерства

сельского хозяйства РФ к 2024 г. производство сои может увеличиться на 75 % (Алексеев Е.Г., 2020). Предполагается, что рост производства произойдет за счёт расширения посевных площадей в основных регионах её выращивания – на Дальнем Востоке и в Центральном Черноземье, где в структуре посевных площадей соя занимает 30 % (Зубарева К.Ю., 2020). Одной из основных задач, стоящих перед сельхозтоваропроизводителями, является повышение урожайности культуры, поскольку в настоящее время в среднем по стране она составляет 1,6 т/га, тогда как среднемировая урожайность находится на уровне 2,8 т/га.

Соя не имеет себе равных по универсальности использования в народном хозяйстве. Заметный вклад в изучение сои внесли С.В. Кадыров, В.А. Федотов (1998, 2004) и О.В. Столяров (2005), которые способствовали широкому внедрению культуры в производство хозяйств Центрального Черноземья.

Соя имеет богатый химический состав зерна, тем самым подтверждает широкое использование в кормовых, пищевых и технических целях, в целом являясь уникальной и ценной сельскохозяйственной культурой. Высокое (до 45–48 %) содержание полноценного по аминокислотному составу, растворимости, усвояемости белка и высококачественного по жирно-кислотному составу масла (до 25 %) предопределяют её широкое распространение (Попова Н.П., 2015; Гатаулина Г.Г., Бельшклина М.Е., 2017).

В мировой практике замену животных белков и жиров на растительные можно сравнить с революцией в сельском хозяйстве (Бейч А.В., 2003). Значимость и востребованность сои в России постоянно возрастают из-за обострения дефицита белка в связи со снижением производства животноводческой продукции в последние 15 лет (Федотов В.А. и др., 2011). Для Белгородской области значение сои повышается в связи с интенсивным развитием животноводства.

Соя представляет хозяйственный интерес как зернофуражная культура, семена которой чрезвычайно богаты белком и жиром, а также как источник экологически безопасного биологического азота для повышения плодородия почв (Агафонов Е.В. и др., 2005; Некрасов А.Ю., 2020). По содержанию белка в зерне сои нет равных среди остальных зернобобовых (Аксенов И.В., Волошин А.Н.,

2005). Использование сои в производстве высокобелковых кормов является актуальной задачей, решение которой послужит успешному развитию животноводства в Центрально-Чернозёмном регионе в целом и в Белгородской области в частности.

По данным Росстата, Белгородская область лидирует в стране и по производству семян (2–3 место) и по урожайности сои – 24 ц/га. В течение последнего десятилетия площади посевов сои возросли в 5 раз, достигнув 267 тыс. га (Козлова Н., 2016; Производство соевых ..., 2016). Это в свою очередь благоприятно сказывается на накоплении в почве биологического азота: в течение последних лет его количество возросло с 10 до 20 кг/га, а в некоторых хозяйствах и до 40 кг/га (Мониторинг ..., 2017; Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., 2019) при увеличении доли хороших предшественников в структуре посевных площадей (Голенков П.И., Моисеенко И.Я., 2009; Чибис В.В. и др., 2014; Зайцев В.Н. и др., 2016).

Соя является одной из самых высокорентабельных культур полевых севооборотов (Зеленцов С.В., 2009; Светашова Л.А., Климкина Е.В., 2013). При этом затраты на её выращивание в 1,5–2,0 раза меньше, чем на сахарную свёклу и озимую пшеницу из-за больших расходов на пестициды, необходимых для этих культур (Баранов В.Ф. и др., 2006).

Соя является лучшим предшественником для зерновых, а также повышает плодородие почвы благодаря способности усваивать атмосферный азот посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами. Соя использует труднорастворимые питательные вещества из нижних слоев почвы. В среднем на 1 га после сои остаётся в почве 40–60 кг азота, 20–25 кг фосфора и 30–40 кг калия (Баранов В.Ф., 2005).

В вопросах увеличения производства сои важную роль играют фон питания растений и сорта, непосредственно влияющие на эффективность фотосинтетических процессов, являющихся одним из средств управления вещественно-энергетическими потоками солнечной энергии и другими природно-климатическими ресурсами, в том числе молекулярным азотом атмосферы и

трансформации его в доступные для растений формы. В настоящее время у учёных нет единого мнения по влиянию данных процессов на продуктивность сои. Диссертационное исследование направлено на выявление оптимального сочетания органических и минеральных удобрений и сортов сои для повышения эффективности её выращивания.

1.2 Значение сорта в повышении продуктивности агроценозов

Сорт в современной земледелии является одним из основных факторов получения стабильных и высоких урожаев любой сельскохозяйственной культуры. Мировая практика и результаты научно-исследовательских учреждений свидетельствуют о том, что в общем повышении урожайности зерновых и крупяных культур на долю сорта приходится от 25 до 30 % (Селекция ..., 2012).

Наиболее полная реализация потенциальных возможностей сорта может быть достигнута только при направленном его выращивании с учётом почвенно-климатических условий, его реакции на элементы агротехники.

В производственных условиях высокий потенциал современных сортов реализуется в лучшем случае на 50–60 %. Это обусловлено тем, что стандартная технология выращивания сои часто применяется без учёта особенностей сорта и почвенно-климатических условий региона. Высокие урожаи зерна необходимого качества можно получить при разработке сортовой агротехники с учётом местных условий произрастания культуры и высокой культуры земледелия (Вавилов П.П., 1985).

В.К. Лихачев (1984) считал, что одной из наиболее экономически эффективных мер является обоснованная сортосмена. Такой приём без дополнительных затрат может обеспечить прибавку урожая не менее 2–3 ц/га. В развитых странах замена сортов на новые, более продуктивные происходит раз в три года.

Белгородский учёный-селекционер Шевченко Н.С. с соавторами (2008) установили, что «... каждому сорту свойственны определённые проявления и взаимосвязь элементов структуры семенной продуктивности растений. Уровень

продуктивности зависит от количественного проявления всех элементов её структуры и связи их как между собой, так и с другими признаками растений».

Реакция сортов на различные агроприёмы неоднозначна. Отмечается их избирательность к различным типам почв, гербицидам, орошению и другим факторам (Шевченко Н.С., 2006).

Д.А. Алиев (1991) установил, что различные сорта сои содержат белок не равноценный по аминокислотному составу: имеются сорта как с высоким, так и низким содержанием, например, лизина, метионина и триптофана. Это определяет специфичность сортов в отношении качества продукции. В то же время, Ю.П. Мякушко и В.Ф. Баранов (1984) отмечали, что независимо от условий года некоторые сорта сои имеют стабильное содержание аминокислот в белке на высоком уровне. Поэтому одним из основных элементов интенсивной технологии выращивания сои должен быть выбор лучших районированных и перспективных сортов, наиболее продуктивных и адаптированных к конкретным условиям региона выращивания. В Государственный реестр сельскохозяйственных культур к 2022 г. по 5-му региону внесены более 100 сортов (<https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9002855/>). В Белгородской области особой популярностью пользуются, прежде всего, местные сорта, выведенные селекционерами Белгородского ГАУ: Белгородская 6, Белгородская 7, Белгородская 8, Белгородская 48, Ланцетная, Белор, также широко распространёнными являются сорта импортной селекции (украинской, канадской и австрийской).

По сравнению с такими основными зерновыми культурами региона, как кукуруза, озимая пшеница и ячмень, соя заметно уступает по урожайности не только им, но и своему потенциалу. Однако её отличает высокое содержание набора ценных питательных веществ, что и обусловило высокую востребованность сои в виде сырья различными отраслями промышленности. Установлено, что уровень урожайности основных сельскохозяйственных культур во многом определяется погодными условиями периода вегетации и агротехникой, в том числе выбором сорта.

В.Ф. Баранов и В.Л. Махонин (2013) подчеркивали значение сорта в

повышении продуктивности посевов сои и адаптации их к биотическим и абиотическим стрессорам как биологической основы эффективного производства. Сорт является генетическим базисом формирования стабильного биопродукционного процесса. Считается, что при продвижении сои в меридиальном направлении на 1° возникает необходимость в новых сортах (Соя: мировые урожаи ..., 2010). В.Б. Енкен (1959) утверждал, что уже на каждый градус северной широты необходимо создавать новый сорт.

В настоящее время наряду с продолжительностью периода вегетации культуры, биохимическим составом, морфофизиологическими признаками, адаптационным потенциалом, а также устойчивостью к патогенам и негативным природным воздействиям, среди хозяйственно ценных свойств большое значение приобретает технологичность сорта, то есть адаптированность к определённым способам выращивания и уборки современными машинами (Зайцев В.Н., Зайцева А.И., 2006; Соя в России ..., 2013; Хасбиуллина О.И. и др., 2012; Зайцев Р.И. и др., 2016). В этом отношении каждый сорт должен удовлетворять современным агротребованиям по следующим показателям:

- скорость начального роста, проективное покрытие вегетативной массы, обуславливающие конкурентные преимущества перед сорными растениями;
- характеристики, определяющие сохранность сформированного урожая: прочность стебля, высота прикрепления нижних бобов, дружность созревания бобов, высота растений, нерастрескиваемость створок бобов, прочность семенной оболочки, устойчивость к осыпанию семян при перестое;
- длительность цветения и бобообразования, определяющая продуктивность и характер использования влаги, в том числе адаптивность к периодическим летним засухам.

Все указанные признаки учитываются селекционерами при создании новых сортов. Однако вывести сорт, удовлетворяющий всем необходимым требованиям, до сих пор не удалось. Если по морфологической характеристике, а также дружности созревания, устойчивости к полеганию и растрескиванию бобов большинство возделываемых сортов довольно технологичны, то по темпам

первичного роста и устойчивости к неблагоприятным природным факторам ещё нет стабильных генотипов.

В.Б. Енкен (1959) утверждал, что поскольку соя весьма чувствительна к фотопериодизму, то её селекция должна быть приурочена к микроразнональным ареалам. В настоящее время усилиями селекционеров созданы сорта сои, пригодные для выращивания в различных регионах.

Что касается России, то селекционеры вынуждены, помимо отбора на увеличение продуктивности сои, вести работу на повышение адаптивности местных сортов к множеству таких природных неблагоприятных условий, как укороченный период вегетации, удлиненный или, наоборот, весьма короткий день, высокая изменчивость и непредсказуемость погодных условий в течение всего периода вегетации, неустойчивость температурного и водного режимов вплоть до самых экстремальных условий (Соя в Нечернозёмной ..., 2008; Тарчоков Х.Ш., Дзамихова З.М., 2011; Л.В. Омелянюк Л.В., Асанов А.М., 2013; Танакулов А.Х. и др., 2013; Алексеенкова Е.Г., 2020).

С этим связана низкая реализация потенциальной продуктивности сортов зарубежной и отечественной селекции, когда очень часто заявленные возможности сорта и фактическая урожайность отличаются в 2–10 раз (Дьяков А.Б. и др., 2009; Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., 2017; Алексеенкова Е.Г., 2020).

А.В. Амелин с соавторами (2011) утверждают, что вполне возможна реализация потенциальной продуктивности сортов сои на уровне 10–15 т/га, если повысить эффективность фотосинтеза и довести коэффициент использования ФАР до 4–5 %.

Некоторые исследователи пришли к выводу, что для стабилизации высокого уровня урожаев сои в хозяйствах необходимо иметь два-три сорта, отличающихся по продолжительности вегетации (Буряков Ю.П., 1988; Заверюхин В.И., Бардадименко А.С., 1989).

Наиболее полная реализация потенциальной продуктивности сорта возможна при применении научно обоснованной агротехники, которая базируется на всестороннем познании биологических его особенностей. Большое искусство

заключается в создании условий, наиболее полно удовлетворяющих требованиям сорта в тепле, свете, воде, элементах питания, благоприятной фитосанитарной обстановке (Заверюхин В.И., Бардадименко А.С., 1989; Губанов П.Е. и др., 2007).

Таким образом, значение сорта как одного из основных элементов технологии возделывания, определяющего уровень продуктивности и устойчивости посевов к неблагоприятным условиям природного и антропогенного характера, трудно переоценить.

Диссертационное исследование направлено в том числе на изучение отзывчивости сортов-стандартов двух групп спелости (раннеспелый сорт Ланцетная, среднеспелый сорт Белгородская 48) на изменение условий среды, в частности питательного режима чернозёма типичного путём разновариантного сочетания органических, минеральных и микроэлементных удобрений.

1.3 Продуктивность сортов сои разных групп спелости

Расширение производства сои во многом обусловлено появлением новых современных сортов, которые должны обладать набором вышеперечисленных характеристик: доходностью и устойчивой продуктивностью; высоким качеством зерна; максимальным сбором белка и масла с гектара; адаптивностью к биотическим и технологическим стрессорам.

Немаловажную роль в достижении поставленных требований играет длительность вегетационного периода. У сои это один из основных признаков, который явился определяющим для продвижения её посевов на север и другие новые районы соеяния. Это обусловило возросший интерес к получению скороспелых сортов. Преимущества раннего созревания создают возможности гарантированного получения вызревших семян, а также обеспечить качественную подготовку полей под посев озимых зерновых культур. Более того, короткий вегетационный период позволяет использовать сою в качестве страховой культуры.

В то же время следует отметить, что климатические условия многих регионов, в том числе и Центрально-Чернозёмного, вполне приемлемы для возделывания сортов сои с продолжительным вегетационным периодом. Кроме

того, существует мнение, что именно позднеспелые сорта наиболее продуктивны (Хасбиуллина О.И. и др., 2012).

Отношение того или иного сорта к определённой группе спелости вследствие биологических особенностей в большой степени зависит от региона произрастания и может в одних условиях выращивания быть скороспелым, в других – позднеспелым. Так, было отмечено в производственных посевах, что скороспелые сорта венгерского происхождения не вызревали в Белгородской области. Барсуков С.С. (2000) показал, что «... сорт селекции ВНИИМК позднего срока созревания Комсомолка в условиях Западной Грузии имел все признаки, присущие скороспелым формам. Напротив, скороспелые сорта Краснодарского края непригодны для выращивания в Поволжье и центральных районах России из-за их неспособности вызревать».

Считается, что невысокая урожайность скороспелых сортов обусловлена рядом причин: слабой экологической пластичностью, небольшой высотой растений, низким прикреплением бобов, их растрескиванием и опадением при перестое. В работе А.Ю. Некрасова (2020) при оценке продуктивности 51 образца сои различных групп спелости из двенадцати стран было установлено, что скороспелые образцы значительно уступали среднеспелому сорту-стандарту Комсомолка. Средняя урожайность изученных сортообразцов составила 99,1 г/м², тогда как урожайность стандарта достигает 246,2 г/м². Другие авторы делали обоснованный вывод, что скороспелые сорта не уступают по урожайности позднеспелым, т. е. продуктивность не зависит от скороспелости. Селекционеры предпринимают попытки выведения сортов, сочетающих в себе скороспелость и высокую продуктивность (Танакулов А.Х. и др., 2013).

В опытах Возиян В.И. с соавторами (Изучение мировой ..., 2013) при отборе из 420 сортообразцов разных групп спелости на продуктивность было выявлено 6 среднеранних и 8 среднеспелых как наиболее перспективных, причём продуктивность среднеранних образцов изменялась от 2,14 до 2,82 т/га, тогда как урожайность среднеспелых более стабильна – 2,41–2,67 т/га.

В.Ф. Баранов и В.Л. Махонин (2013) приводят результаты многочисленных

наблюдений по сравнительной оценке продуктивности скороспелых и среднеспелых сортов сои в южных регионах России. Отмечается преимущество скороспелых сортов вследствие возросшей частоты засух во второй половине летнего сезона. В то же время подчеркивается необходимость наличия в хозяйствах двух-трёх сортов, наиболее приспособленных к местным погодным условиям и различающихся длительностью вегетационного периода.

В.А. Федотов с соавторами (2011) считает, что «... повышение хозяйственной ценности семян в процессе селекции у многих культурных растений связано с изменением химического состава, а также соотношения между их частями. Создание зерновых сортов предусматривает прежде всего селекцию на высокую урожайность, раннеспелость, улучшение товарных и технологических качеств семян (крупность, выполненность бобов, желтосемянность, отсутствие пигментации оболочки, повышенное содержание белка, масла и фосфатидов, улучшенный фракционный и аминокислотный состав белка)».

Химический состав зерна сои – показатель нестабильный. Суммарное содержание таких наиболее ценных составляющих, как белок и масло достигает 60 % и более. Этот признак зависит от сорта, группы спелости, погодных условий (Химический состав ..., 1976; Антонов С.И., 2000; Васин В.Г. и др., 2009).

Отмечается взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка в семенах. Одним из основных направлений селекции сои должен стать поиск возможностей улучшения качества продукции, т. е. повышение содержания белка или масла в семенах. Считается, что скороспелые сорта сои несколько уступают по урожайности среднеспелым, однако их преимущество – раннее созревание, что позволяет получать высококачественные семена, не требующие дополнительной сушки, и использовать сою как предшественник для озимых культур.

Выбранные нами для исследований сорта-стандарты двух групп спелости (раннеспелый сорт Ланцетная, среднеспелый Белгородская 48) сочетают высокую продуктивность и высокое качество получаемой продукции по содержанию белка и жира в семенах.

1.4 Влияние органических удобрений на плодородие почвы и продуктивность сои

Большая роль в повышении эффективности земледелия принадлежит созданию оптимального питания растений. Одним из быстродействующих средств формирования высоких урожаев всех культур являются удобрения.

Ряд исследователей Т.И. Азова, Н.Е. Сеницына (2000), Г.Е. Гришин (2001), Lin Y. et al., 2016, А.Г. Ступаков (2017), А. Shakyа, Т. Agarwal (2017), М. Mierzwa-Hersztek и др. (2018) подтверждают, что внесение навоза изменяет пищевой режим и нитрификационную способность почвы, её биологическую активность, улучшает физические свойства, повышает в почве содержание магния, кальция и микроэлементов.

По данным В.Д. Соловиченко (2005), «... совместное внесение минеральных и органических удобрений в пропашных севооборотах способствует накоплению гумуса в почве, его содержание увеличивается на 0,11–0,25 %. Внесение навоза в дозах 8 и 16 т/га (двойная) в зернопропашном севообороте приводит к увеличению содержания гумуса на 0,07–0,13 и 0,07–0,09 % соответственно».

Белгородская область является одним из самых развитых аграрных регионов, где уровень применения удобрений всегда был значительно выше, чем в среднем по стране (Об утверждении ..., 2016). По данным Росстата, в 2020 г. уровень использования минеральных удобрений в Белгородской области составил 101 кг д.в./га, в России – 69 кг д.в./га. Органических удобрений в Белгородской области вносится 7,71 т/га посевной площади, в России – 1,6 т/га.

Наиболее актуальным для Белгородской области является эффективное использование местных органических удобрений, в том числе куриного помёта. Суммарный годовой объём отходов отрасли птицеводства составляет 5,3 млн т, и внесение его в оптимальных дозах в почву под различные культуры является важной задачей (Дудка И., 2019).

Применение сухого куриного помёта под сою в дозе 2 т/га способствовало не только увеличению урожайности культуры, но и повышению качества семян. Сбор переваримого протеина увеличивался на 0,05–0,2 т/га (Новак А.Г., 1964).

По данным А.Ю. Трифонова (2001), действие птичьего помета сравнимо по эффективности с минеральными удобрениями в эквивалентных количествах NPK и не оказывает негативного воздействия на выращиваемые культуры при увеличении дозы вплоть до 50 т/га. Эффективность его в последствии в виде прибавки урожая в первый год возрастает на 7 %, на третий-четвёртый годы – на 38 %, при этом показатели плодородия почв значительно улучшаются.

По мнению В.И. Титовой с соавторами (2009), «... применение птичьего помёта оказывает положительное влияние на плодородие почвы: значительно увеличивается содержание подвижных соединений фосфора и минеральных форм азота, стабилизируются физико-химические показатели почвы. Внесение помета увеличивает интенсивность выделения углекислого газа, нитрифицирующую способность и целлюлозолитическую активность почвы в большей степени, чем минеральные удобрения». Также В.И. Титовой с соавторами (2004) показано, что внесение птичьего помёта в дозе от 1 до 2 т/га способствовало существенному повышению урожайности сои. На всех вариантах опыта получена достоверная прибавка урожая по сравнению с контролем.

По данным исследований, выполняемых в отделе земледелия ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (Смуров С.И. с соавт., 2017), «... на делянках с соломопомётным компостом наиболее высокая прибавка зерна ячменя относительно контроля наблюдалась при норме внесения 5 и 10 т/га – соответственно 0,93 и 0,89 т/га. Увеличение нормы внесения биоудобрений до 15 т/га приводило к снижению урожайности. На сое при норме внесения 10 т/га наблюдалась достоверная прибавка урожая по отношению к контролю – 3,5 ц/га. При внесении 20 и 30 т/га компоста урожайность возрастала соответственно на 6,1 и 7,0 ц/га».

С.С. Барсуков и А.С. Барсуков (2005) на основании результатов собственных исследований на дерново-подзолистой почве показали, что наибольшую эффективность на сое проявила доза минеральных удобрений $N_{30}P_{40}K_{80}$ (дополнительно 4 ц/га). Менее результативным было внесение органических удобрений и их совместное применение с минеральными, особенно в засушливые годы.

«В 2007 г. китайские учёные Li Ming, Gu Jie, Gao Hua и Qin Qinjun изучали влияние биоудобрений и органоминеральных удобрений на основе соломы и птичьего помёта в сравнении с минеральными удобрениями на некоторые агрономические свойства сои при посеве весной и летом. При внесении органоминеральных удобрений вегетация сои была более продолжительной, улучшался рост растений, усиливалось ветвление, увеличивалось число плодов и семян на растении, масса 1000 семян, масса семян на растении, урожай, содержание белка и жира. Биоудобрения были достаточно эффективными, способствовали улучшению качества в сравнении с контролем» (цитата по Щеголькову А.В., 2017). Сделан вывод, что органоминеральные удобрения не только способствуют усилению роста растений сои, но и благоприятно влияют на урожай и качество зерна.

Об этом свидетельствуют результаты изучения компоста «Нахичевань», в составе которого навоз, торф, птичий помёт, отходы консервного завода, растительные остатки. Применение этого органического удобрения на серо-луговой почве Азербайджана привело к повышению и плодородия почвы, и урожайности сои (+30 %) и сахарной свеклы (50 %) (Талыбова С.Т., Ахмедова А.Ф., 2018).

Существенная прибавка урожая сои получена при использовании осадков сточных вод, богатых макро- и микроэлементами и способствующих усилению микробиологической активности. В зависимости от дозы ОСВ увеличение составило от 42 до 99 % (Иванченко Л.Е. и др., 2010).

О положительном воздействии органоминеральной системы удобрения с внесением навоза в севообороте с соей на показатели плодородия почв и продуктивность культуры свидетельствуют результаты исследований, проведённых в Приморском крае (Хасбиуллина Р. Г., Кушаева Е.Ж., 2008).

Однако следует отметить, что не все органические удобрения эффективны при выращивании сои. Например, в опытах С.Е. Низкого и Н.Д. Немыкиной (2013) влияния такого органического удобрения, как вермикомпост на продуктивность культуры не было выявлено.

На основании вышеизложенного можно отметить, что технология внесения птичьего помёта и его производных в качестве органического удобрения, а также его влияние на урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур и плодородие почвы изучены недостаточно полно. Кроме того, совместное применение органического удобрения (соломопомётного компоста) с минеральными удобрениями под сою в условиях Белгородской области с научной точки зрения не изучалось. Масштабное развитие птицеводства вызывает необходимость утилизации органического сырья птичьих комплексов, с одной стороны, и с другой стороны экономически более эффективное его использование по сравнению с минеральными удобрениями, стоимость которых непрерывно растёт.

Диссертационное исследование направлено на изучение влияния органического удобрения соломопомётного компоста под сою и совместное его применение с минеральными удобрениями с целью выявления наиболее приемлемого варианта для повышения продуктивности и экономической эффективности выращивания сои в условиях южной лесостепи Центрального Черноземья, а также улучшения свойств чернозёма типичного.

1.5 Влияние минеральных удобрений на урожайность сои

Соя довольная отзывчива к режиму минерального питания, поскольку нуждается в большом количестве питательных элементов для формирования урожая. Отмечается дифференциация поступления макроэлементов в зависимости от фаз роста и развития культуры: наибольшее количество азота и калия востребовано во время цветения и формирования бобов, тогда как фосфора – в момент закладки репродуктивных органов. Для формирования 1 т семян культуре требуется 77–100 кг азота, 17–40 кг фосфора и 32–40 кг калия. Следовательно, при урожае зерна 2 т/га соя выносит из почвы как минимум 154 кг азота, 34 кг фосфора и 64 кг калия (Мухортова Т.В., 2001; Мусаев Б.С., Асилова Д.С., 2000).

Большую долю элементов питания соя добывает самостоятельно благодаря своим биологическим особенностям. Культура рационально использует последнее действие минеральных и органических удобрений, молекулярный азот

воздуха вследствие симбиоза с азотфиксирующими бактериями, способна усваивать труднодоступные формы фосфора за счёт микоризообразующих грибов.

Очевидно, вследствие обозначенных причин во многих экспериментах не установлена высокая эффективность минеральных удобрений. По мнению Е.Н. Турина (2017), «... большинство сортов обладает хорошей азотфиксирующей способностью, и при урожае сои до 2,5 т/га применение азотных удобрений на большинстве типов почв экономически нецелесообразно. Внесение «стартовых» доз азота в количестве 20–30 кг/га задерживает образование клубеньков и снижает их нитрогеназную активность. Дозы азота 100–120 кг/га способствуют повышению урожая сои при отсутствии клубенькообразования».

При сравнительном изучении инокуляции семян нитрагином и внесении азотных удобрений выявлено значительное преимущество первого приёма: прибавка составила 0,32 т/га, тогда как аммиачная селитра способствовала получению дополнительно 0,07 т/га (Оразаева И.В., Муравьев А.А., 2018).

Положительное влияние, оказанное на продуктивность, рост и развитие растений сои минеральными удобрениями, достаточно полно отражено многими исследователями как за рубежом (Nitrogen uptake, 2008; Gaspar A.P. et al., 2017), так и в России (Бабич А.А., Петриченко В.Ф., 1992; Нагорный В.Д., 1993, Кобозева Т.П. и др., 2008).

Во многих экспериментах было установлено положительное влияние фосфорно-калийных удобрений на различные показатели продуктивности сои, её рост и развитие (Эсхаджиева Х.Х., Адиньяев Э.Д., 2009; Абаев А.А., 2011).

По мнению Кобозевой Т.П. с соавторами (2008), помимо правильного подбора симбионта и известкования почв для получения высокой урожайности 3–3,6 т/га необходимо применение фосфорно-калийных и микроудобрений.

По данным В.М. Пенчукова с соавторами (1984), «... одни фосфорные удобрения способны дать прибавку зерна сои сорта Комсомолка на 0,24 т/га больше, чем азотные, внесенные совместно с фосфорными удобрениями в дозе 30 кг/га д.в. на гектар».

По данным, приведённым З.А. Орловой и А.У. Каппушевым (1983), при

применении аммиачной селитры (N_{20}) совместно с суперфосфатом (P_{70}) прибавка зерна сои составила 0,1 т/га, тогда как внесение только суперфосфата, наоборот, привело к снижению урожая зерна на 0,1 т/га, также как и применение аммофоса ($N_{20}P_{70}$).

По результатам исследований учёные Воронежского государственного аграрного университета С.В. Кадыров и В.А. Федотов (2004) отмечают, что «... внесение извести и $N_{30}P_{90}K_{60}$ в отдельности и совместно на фоне инокуляции семян увеличило высоту растений сои на 16,6–27,4 %, площадь листьев на 23,8–32,1 %, число азотфиксирующих клубеньков на 75,5–98 % и их массу на 25,5–29,2 %. Азот в составе полного минерального удобрения несколько угнетал образование клубеньков в начале вегетации, однако его отрицательное влияние к фазе плодообразования уменьшилось или вовсе отсутствовало».

В опытах Н.А. Воронкова (1999) на чернозёме выщелоченном в учебно-производственном хозяйстве «Омское» изучалась эффективность макро- и микроудобрений и ризоторфина на посевах сои, предшественником которой была озимая рожь после пара. Было установлено, что при инокулировании урожайность возросла на 0,12–0,13 т/га. На фоне высокой обеспеченности почв фосфором были достигнуты самые высокие показатели урожайности без применения удобрений – 1,45–1,53 т/га. Отмечено, что при росте содержания подвижного фосфора с 10 до 20 мг/100 г почвы прибавка увеличивалась на 0,17–0,23 т/га. Причём прибавка как результат внесения фосфорных удобрений уменьшалась с увеличением показателя: 0,21–0,25, 0,14–0,17 и 0,13–0,16 т/га соответственно при низкой, средней и высокой обеспеченности элементов в почве.

В.В. Бородычев и М.Н. Лытов (2005) изучали влияние различных удобрений с целью получения планируемой урожайности семян сои 2 и 3 т/га. В экспериментах на вариантах «... без удобрений (контроль), $P_{40}K_{30}$, $N_{30}P_{40}K_{30}$, $N_{60}P_{40}K_{30}$, $N_{30}P_{100}K_{90}$, $N_{70}P_{100}K_{90}$, $N_{110}P_{100}K_{90}$, $N_{45}P_{160}K_{150}$, $N_{95}P_{160}K_{150}$ и $N_{145}P_{160}K_{150}$ урожай зерна сои составил соответственно 1,30 т/га, 2,17; 2,17; 2,27; 2,57; 3,00; 2,87; 3,43; 4,03 и 3,63 т/га, доля минерального N от общей потребности растений в N – 23,3; 44,9; 20,1; 40,2; 61,9; 21,8; 38,4 и 55,2 %. Соответственно при повышении

дозы NPK увеличивалась урожайность».

Н.М. Соляником (2001) установлено, что при внесении азота (N_{30}) на орошаемых светло-каштановых почвах происходил рост урожая зерна на 0,57 т/га, а при повышении дозы до (N_{90}) урожайность увеличивалась на 0,89 т/га по сравнению с контролем. Применение азота в дозе N_{30} , отдельно и совместно с $P_{60}K_{60}$ способствовало повышению содержания белка в зерне на 1,1 %, тогда как содержание жира снижалось на 0,6 %.

В исследованиях Т.В. Мухортовой (2001) выявлено, что в Астраханской области продуктивность сои без удобрений составила 1,5 т/га в среднем за пятилетний период исследований. При применении удобрений в дозе $P_{90}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ прибавка возросла до 1,7 т/га, а с увеличением дозы до $N_{120}P_{90}K_{90}$ – до 2,0 т/га.

А.А. Небыков (1989) отмечал, что «... на каштановых почвах Волгоградской области при орошении в среднем за три года самый большой сбор зерна был при внесении $N_{30}P_{60}$ – 1,8 т/га. Увеличение дозы до $N_{60}P_{90}$ и $N_{90}P_{120}$ кг д.в. на гектар давало прибавку 0,19 т/га в сравнении с контролем, урожайность на котором составила 1,6 т/га».

В длительном стационарном опыте сотрудников Кубанского ГАУ установлено, что наибольшая урожайность (+31,2%) и содержание белка (+3,8%) получены при удвоении одинарной дозы ($N_{20}P_{40}K_{20}$) – $N_{40}P_{80}K_{40}$, однако при увеличении дозы в три раза показатели продуктивности снижались (Шеуджен А.Х. и др., 2013). Кроме того, что немаловажно, отмечено ухудшение физико-химических свойств при длительном применении минеральных удобрений на фоне обогащения макроэлементами.

На основании результатов исследований, проведённых С.А. Гужвиным с соавторами (Применение минеральных ..., 2012) в Ростовской области, выявлено, что при совместном применении с бактериальными удобрениями наибольшая урожайность сои была получена при увеличении дозы азота до 90 кг/га ($N_{90}P_{45}K_{60}$). Прирост урожая составил от 0,69 до 0,90 т/га.

В Приморском НИИ сельского хозяйства также установлено, что при

повышении дозы применяемого удобрения в два раза – до $N_{60}P_{120}K_{120}$ урожайность возрастала на 19–41 % (Влияние фона ..., 2012).

В условиях Нечернозёмной зоны на дерново-подзолистой супесчаной почве большой эффект обеспечили калийные удобрения и микроэлементы (В и Мо), тогда как азотные удобрения эффективны только при повышении дозы до 60 кг/га (Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К., 20212). На такую дозу соя отзывалась повышением урожайности и на светло-серой лесной почве Нижегородской области (Богомолова Ю.А. и др., 2018).

Такая же доза 60 кг/га азота была более эффективной и в условиях Закамья Республики Татарстан (Смирнов С.Г. и др., 2014), причём увеличение дозы азота до 90 кг/га способствовало повышению содержания белка в зерне на 1,6 %.

На дерново-подзолистой почве Белоруссии наибольшая урожайность сои получена при применении азота в дозе 45 кг/га (Кочурко В.И., Абарова Е.Э., 2013), которая несколько снижала долю фиксированного азота по сравнению с дозой 30 кг/га. Применение 60 кг/га азота под сою приводило к значительному уменьшению доли азотфиксации, которая не компенсировалась прибавкой урожая.

Для оптимизации расхода влаги из почвы, симбиотической и фотосинтетической активности сои и, как следствие, повышения урожайности В.Ю. Сыромятников (2011) предлагает применять минеральные удобрения под основную обработку почвы в дозе $(NPK)_{40}$.

Доза азота 40 кг/га была оптимальной и в условиях северной лесостепи Южного Урала (Ваулин А.Ю., 2009). Уменьшение и увеличение этой дозы на 20 кг/га не оказывали влияния на урожайность, однако пониженная доза способствовала усилению симбиотической активности. Для возделывания сои в условиях южной лесостепи того же региона рекомендуется аналогичная доза $(NPK)_{40}$ (Ренёва О.Ю., Петрова Г.В., 2012).

В результате исследований, проведённых сотрудниками Кубанского ГАУ, показано, что большая прибавка урожая сои получена при двойной дозе удобрений $(N_{40}P_{80}K_{40})$ – 0,44 т/га, причём применение некорневой подкормки Нутривант плюс на этом фоне обеспечило больший, чем одинарная и тройная дозы, прирост – 0,53

т/га (Исупова Ю.А., 2013).

В 1999–2001 гг. в исследованиях С.С. Барсукова, проведённых на базе Могилевского государственного университета, по выявлению влияния разных норм органического и минерального удобрений и их комбинаций было установлено, что самая большая урожайность зерна сои (1,76 т/га) получена при использовании полного минерального удобрения в дозе $N_{30}P_{40}K_{80}$.

В полевых опытах, проведённых И.С. Фоминым в 2000–2002 гг. на темно-серых лесных почвах Курской области, по изучению эффективности N_{30} в подкормку сои в фазе образования тройчатых листьев, использовали сорт сои Белгородская 48, предшественником которой была озимая пшеница. Установлено, что без применения основного минерального удобрения использование в подкормку N_{30} урожай зерна составил 2,27 т/га, без подкормки – 1,89 т/га. На фоне основного минерального удобрения $N_{90}P_{90}K_{90}$ урожай зерна сои был соответственно 2,44 и 2,48 т/га. Сделан вывод, что некорневая подкормка эффективна на неудобренном фоне.

На чернозёмных почвах лесостепи Украины оптимальной признана доза минеральных удобрений под сою $N_{30}P_{45}K_{45}$ с предпосевной обработкой семян ризобифитом (Осипчук А.Н., 2018).

Ю.П. Мякушко и В.Ф. Баранов (1984) на основе данных собственных исследований рекомендуют при посеве сои вносить небольшие дозы азота – до 30 кг/га д.в. Это необходимо для того, чтобы в первые 25 дней после посева, когда на корнях растений сои ещё не развились клубеньковые бактерии, она бы имела источник азотного питания.

В полевых опытах, ежегодно проводимых в производственных отделениях РусАгро, установлено положительное влияние обработки по вегетации различными микроудобрениями на урожайность сои. Так, средняя прибавка к контролю без обработки в 2016–2017 гг. варьировала от 0,5 ц/га (5,5 %) до 2,0 ц/га (19,0 %) в зависимости от микроудобрений.

Почвенная или листовая подкормка сои азотом во время репродуктивной фазы остаётся предметом обсуждения, поскольку одни исследователи

подтверждают её пользу, а другие отрицают.

Особый интерес представляют исследования по сравнительному изучению отдельного применения минеральных удобрений и совместно с органическими удобрениями, проведённые в лесостепной зоне РСО-Алания (Влияние уровней ..., 2011). Наибольшая урожайность получена при внесении навоза 20 т/га и (NPK)₃₀. Причём даже двух- и трёхкратное повышение дозы минерального удобрения не дало такого эффекта. Очевидно, что органические удобрения создают условия для более рационального использования элементов питания.

Отдельным блоком научных исследований являются опыты по выявлению влияния на рост и развитие растений сои, её урожайность и показатели качества, а также эффективность симбиотического аппарата и фотосинтетической активности различных биологических стимуляторов, в том числе микроэлементных удобрений (Дзамихова З.М., 2012; Васильчиков А.Г., 2013).

Высокая эффективность микроэлементных удобрений обусловлена низкой обеспеченностью мезо- и микроэлементами большинства почв в сосеюющих регионах, в том числе и в Центрально-Чернозёмном (Голов В.И., Бурдуковский М.Л., 2012; Тишков Н.М., Дряхлов А.А., 2014; Кокорина А.Л. и др., 2015). Почвы Белгородской области бедны в отношении практически всего набора жизненно важных микроэлементов (Лукин С.В., 2008).

Обеспечение растений сои необходимыми микроэлементами позволит не только оптимизировать биохимические и, в конечном итоге, продукционные процессы, но и улучшит качество потребляемой продукции человеком и, как следствие, положительно скажется на его здоровье и работоспособности (Голов В.И., 2012).

На положительное воздействие кремнийорганического биостимулятора роста Мивал-Агро указывали Е.В. Демьяненко и З.С. Фёдорова (2009). Данный препарат способствовал повышению урожайности сои в 2 раза в результате активизации фотосинтеза и симбиотического усвоения азота.

Положительная реакция растений соя была получена и на применение таких регуляторов роста и микроудобрений, как Экост, Циркон, Гумат, Авибиор,

Интермаг, Аквадон микро, Флоравит (Соя на северо-востоке ..., 2013; Бельшкіна М.Е., 2021).

В условиях Западного Предкавказья микроудобрения Солюбор ДФ, Келик бор, молибденовокислый аммоний, Келик молибден, Аквамикс, Келик микс обеспечивали прибавку урожая 0,12–0,23 т/га, сбора белка – 0,06–0,11 т/га, сбор масла – 0,02–0,04 т/га (Тишков Н.М., Дряхлов А.А., 2014; Тишков Н.М. и др., 2017).

Из набора трёх микроэлементных удобрений Нутривант Плюс масляный, Реаком-Р-Соя, Басфолиар 6-12-6 наибольшую урожайность получили при применении Басфолиар 6-12-6 в условиях западной лесостепи Украины (Трач И.В., 2014).

В Северо-западном регионе России эффективность таких удобрений довольно высокая. Например, в результате применения Эпин-экстра, Циркона, селената натрия и Аквамикс-Т урожайность сортов сои увеличилась от 0,2 до 0,7 т/га (Демьянова-Рой Г.Б., Борцова Е.Б., 2014). Применение Аквамикс, Биоплант-Флора и сульфат магния также позволило получить дополнительный урожай семян сои (Кокорина А.Л. и др., 2015).

При применении органоминерального удобрения Квантум Бор-Молибден прирост урожайности составил 16,4 %, при этом содержание белка и жира также возросло до 41,8 и 23,7 % соответственно (Чернышева Н.В. и др., 2018).

В Орловской области изучались такие препараты, как Сиавиннер 818, Сиавид Бор, Агростим Б, Альбит, Лариксин, Карвитол, которые продемонстрировали высокую эффективность в повышении урожайности сои: прибавка составила от 0,16 до 0,33 т/га (Экзогенная регуляция ..., 2012).

Интерес представляют исследования, проведённые в лесостепной зоне Северной Осетии-Алании, по определению влияния микроэлементов (Mo, Co, Zn) совместно с минеральными удобрениями ($N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$) в посевах сои. Прибавка урожая от действия микроэлементов на более насыщенном минеральном фоне оказалась выше (Отзывчивость растений ..., 2013), что может свидетельствовать о синергетическом эффекте сочетаний микро- и макроудобрений.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что среди исследователей нет

единого мнения по направленности влияния минеральных удобрений на продуктивность сои, а также совместного их действия на рост и развитие сои. Такое положение также послужило основанием для проведения собственного исследования в этом направлении с целью определения оптимальных форм минерального питания сои в условиях юго-запада ЦЧР.

1.6 Уровень азотфиксации в зависимости от условий питания растений сои

О значительной роли азотфиксирующей способности сои, позволяющей в определённой мере удовлетворять повышенные потребности в азоте, свидетельствуют данные, которые приводят многие исследователи.

В.М. Пенчуков с соавторами (Культура больших ..., 1983), В.Ф. Патыка (1991), М.В. Кашукоев (1997), В.М. Пенчуков с соавторами (2004), П.Е. Губанов с соавторами (2007) и многие другие исследователи отмечают, что соя способна фиксировать из воздуха благодаря симбиозу с азотфиксаторами от 50 до 77 % необходимого азота, при этом накапливая его от 30–50 до 126,7 кг/га в почве.

D. Nash, H. Schulman (1976) отмечают, что появление на корнях сои клубеньков происходит через 12 дней после посева. Весь период до цветения идёт нарастание и массы, и количества клубеньков, затем в течение последующих 5–6 недель эти параметры практически не меняются. После 10 недель активного симбиоза, вследствие старения растений и клубеньков, их число и масса снижаются. Такую динамику развития симбиотического аппарата подтвердили исследования учёных Алтайского НИИ сельского хозяйства (Гамзиков Г.П. и др. 2007).

Мировой опыт производства зерна сои показывает, что при хорошо функционирующем симбиозе без применения азотных удобрений формируется урожайность 3,0 т/га (Weiss E.A., 2000; Salvagiotti F. et al., 2008). Тем не менее имеется ряд работ, где отмечена высокая эффективность вносимых под сою азотных удобрений (Purcell L.C., 1996; Абдыкаримова А.П., Султангазиева Г.С., 2015; Сыромятников В.Ю., 2011).

Вопрос влияния минеральных удобрений на процесс симбиотической азотфиксации сои является открытым. По данным ряда исследований, азотные удобрения угнетают, а фосфорные и калийные – стимулируют процессы образования и жизнедеятельности клубеньков (Смолин В.Ю., 1996; Котлярова О.Г., Лактионов П.А., 2010; Зверев Е.А., 2004).

Стимулирующее влияние фосфорных и калийных удобрений на развитие симбиотического аппарата отмечают В.М. Лекарев (1989), А.Г. Глушак (1984), Х.Х. Эсхаджиева, Э.Д. Адиньяев (2009), А.А. Абаев (2011).

В то же время отмечается, что фосфор не оказывал заметного влияния на формирование клубеньков. Однако внесение фосфора в фазе налива бобов увеличивало азотфиксацию на 31 %.

Считают, что недостаток фосфора и калия в почве понижает активность клубеньковых бактерий, повышенные дозы фосфора не усиливают и не снижают азотфиксацию, а повышенные дозы калия – стимулируют (Перспективная ресурсосберегающая..., 2008).

В исследованиях М.А. Таова (2001) было установлено, что «коэффициент азотфиксации у сои зависел от условий питания: без инокуляции он наименьший – 0,39, применение фосфорных удобрений и ризоторфина повышает его до 0,51, от микроэлементов коэффициент азотфиксации возрастает до 0,54–0,61. Азотные удобрения резко его снижали».

В литературе имеются сообщения, о том, что азотные удобрения оказывают существенное влияние на симбиотическую активность. Некоторые исследователи считают, что даже высокие дозы минеральных удобрений оказывают благоприятное действие на симбиоз бобовых растений и клубеньковых бактерий. Другие же пришли к выводу, что азотные удобрения уменьшают как инфицирование корней клубеньковыми бактериями, так и развитие клубеньков (Wiersma J.V., Orf J.H., 1992).

В опытах П.М. Писцова (1929) было отмечено отрицательное влияние азотных удобрений на образование клубеньков. На корнях инокулированной сои на чернозёме без удобрений было 884 клубенька с суммарной сухой массой 1,25 г,

а при внесении азотного удобрения их число и масса уменьшались до 147 шт. и 0,2 г.

Отрицательное влияние даже небольших доз азота (30 кг/га) на формирование клубеньков отмечали П.П. Вавилов и Г.С. Посыпанов (1983). При высоком содержании минерального азота образование клубеньков и нитрогеназная активность оказались ниже.

В опытах О.Г. Котляровой и П.А. Лактионова (2009) было отмечено, что внесение минеральных удобрений (NPK)₂₀ снижало образование клубеньков на корнях растений сои в 1,5 раза, а применение (NPK)₄₀ – более чем в три раза.

Н.З. Толкачев (1997) и В.М. Заверюхин (1983) также утверждали, что с увеличением доз азотные удобрения усиливали негативное влияние на формирование симбиотического аппарата, тогда как умеренные дозы азота не угнетали клубеньковые бактерии. По данным И.П. Проскуро и Г.П. Квитко (1980), угнетающее действие минерального азота сильно проявилось только в первый период развития растений сои.

Интерес представляют исследования (Мякушко Ю.П., Баранов В.Ф., 1984; Неунылов Б.А., Слабко, Ю.И., 2008), которые показали, что дробное внесение минеральных удобрений в виде подкормки не вызывает заметного угнетения клубеньковых бактерий. Глубокое (20 см) внесение азотного удобрения (гранулированной мочевины) в отличие от обычного поверхностного не снижает азотфиксацию.

В условиях северо-востока Беларуси на дерново-подзолистых почвах показано, что питательный режим определял эффективность азотфиксации. Доза 40 кг/га азота совместно с фосфорно-калийными удобрениями способствовала накоплению азота в 1,5 раза до 31,2 кг/га (Барсуков С.С., Барсуков А.С., 2005). При этом коэффициент азотфиксации составил 0,56 в среднем. Повышение дозы вносимого азота до 60 кг/га приводило к снижению коэффициента азотфиксации до 0,46. Влияние сорта выявлено не было.

С учётом анализа результатов исследований о влиянии уровня удобренности на симбиотическую активность сои можно сделать вывод, что внесение

минерального азота в дозе, не превышающей 30–40 кг/га, имеет скорее положительное влияние на азотфиксирующую способность культуры (Персикова Т.Ф., 2000; Донченко П.А. и др., 1990; Кругова Е.Д., 1995; Старченков Е.П., 1996).

В результате мнение большинства учёных сводится к рекомендации применять в виде стартовой дозы 15–30 кг/га азота до посева (Гадимов А.Г., 2010; Iminov A.A., 2020) для улучшения роста сои в начальный период.

Отмечается также сопряжённость симбиотической и фотосинтетической активности и положительного влияния на них невысоких доз азота при совместном внесении с фосфором ($N_{17}P_{60}$) (Тильба В.А., Синеговская В.Т., 2012) и инокуляции семян (Тошкина Е.А., Городнева Н.В., 2009). Поэтому, как указывают А.А. Бабич и В.Ф. Петриченко (1992), «... правильная система удобрения сои усиливает симбиотическую фиксацию азота, являясь одним из важнейших способов вовлечения этого дефицитного элемента питания растений в биологический круговорот».

Все исследователи указывают на большую потребность растений сои в азоте, что объясняется, прежде всего, высоким содержанием белка. Удовлетворить такую потребность за счёт азота из минеральных удобрений во все фазы развития невозможно, очевидно необходимо вносить органические удобрения, которые обладают пролонгированным действием.

Крайне мало сведений о влиянии сорта на симбиотическую активность. Подчеркивается определяющая роль агроэкологических условий, в особенности увлажнения, и отмечается весьма незначительная роль сорта сои (Захарова Е.Б., Никульчев К.А., 2013; Озякова Е.Н., Поползухина Н.А., 2014).

Однако в литературных источниках отсутствуют сведения о сравнительном изучении влияния органических и минеральных удобрений на формирование симбиотического аппарата сои при отдельном и совместном их применении. Вследствие этого исследование реакций сортов сои разных групп спелости на изменение фона органического и минерального питания с учётом их адаптивности, пластичности, стабильности имеет важное значение для повышения симбиотической активности и продуктивности семян, что и входило в задачи

диссертационного исследования.

Очевидно, что соя – культура, позволяющая наиболее эффективно решать проблему белка. В Белгородской области востребованность сои обусловлена масштабным развитием животноводства. Здесь производится около 1,7 млн т мяса скота и птицы (11 % мяса КРС, около 14 % свинины и 18 % мяса птицы от общероссийского производства), что позволило региону стать лидером отрасли (Евгений Савченко, 2019). Растущие объёмы производства обостряют и без того сложную проблему экологически безопасной утилизации значительного количества органического сырья животноводческих и птицеводческих комплексов. Ежегодно вырабатывается 15 млн т органического сырья, 30 % из которого приходится на птичий помёт (Дудка И., 2019).

В настоящее время Белгородская область лидирует в стране по количеству вносимых органических удобрений – 14 % от общего объёма (Маркетинговое исследование..., 2017). Доля элементов питания органических удобрений составляет 65 % от вносимых, что соответствует уровню ведущих стран мира.

На фоне значительного удорожания минеральных удобрений в последнее время органические удобрения при рациональном использовании могут стать эффективной им альтернативой.

Решение задачи расширения производства сои в Центрально-Чернозёмном регионе и в частности в Белгородской области связана не столько с увеличением посевных площадей (поскольку доля культуры в структуре посевов в настоящий момент довольно значительна, так как достигает 30 %), сколько с повышением её продуктивности.

Получение высоких и устойчивых урожаев семян сои основано на изучении сортовых особенностей продукционного процесса, способов его регулирования, в том числе путём оптимизации питательного режима. Система удобрения является одним из наиболее эффективных регуляторов продукционного процесса, поскольку определяет уровень обеспеченности растений элементами питания, в том числе азотом, количество которого в почве в большинстве случаев определяется крайне низкими показателями. Несмотря на то что, благодаря

фиксации клубеньковыми бактериями почвенного и атмосферного азота, соя имеет преимущество в обеспеченности этим жизненно важным элементом питания, в круг задач современного земледелия и направлений совершенствования технологии возделывания сои, как и любой другой сельскохозяйственной культуры, входят необходимость повышения доступности азота растениям, а также создание условий его рационального использования.

Исследования по изучению применения на сое органических, минеральных, микроэлементных удобрений, регуляторов роста в основном направлены на оценку характера (стимулирующего или ингибирующего) влияния различных удобрений и их доз на симбиотическую активность и эффективность использования биологического азота. Это вполне оправдано, поскольку симбиотическая и фотосинтетическая деятельность растений сои взаимосвязаны и определяют уровень урожайности культуры. Мнения авторов достаточно противоречивы. Одни считают, что удобрения, и в особенности азотные, сдерживают активность азотфиксирующих бактерий (Таов, М.Л., 2001; Хамоков Х.А., 2018; Гаджиумаров Р.Г., 2019), другие, наоборот, приводят аргументы в подтверждение их положительного влияния (Сыромятников В.Ю., 2011; Эффективность выращивания..., 2020).

Несмотря на установленное во многих исследованиях положительное влияние органических удобрений, в том числе и птичьего помёта, на урожайность различных сельскохозяйственных культур, подобные исследования в отношении сои немногочисленны, а их результаты весьма противоречивы (Талыбова С.Т., Ахмедова А.Ф., 2018; Agrochemical Substantiation..., 2019), особенно при сравнении их эффективности с минеральными удобрениями. Одни авторы отдают предпочтение минеральным удобрениям (Воронцов В.А. и др., 2013), другие – их сочетанию с органическими (Formation of the Simbiotic..., 2017).

Изученные микро- и комплексные минеральные удобрения оказывали положительное влияние на урожайность семян, содержание в них белка, сбор белка и масла (Тишков Н.М. и др., 2007; Щегольков А.В., 2015; Воронцов В.А. и др., 2013). Принято считать, что для сои наиболее важными микроэлементами являются

молибден, бор, кобальт, цинк, медь, марганец (Шеуджен А.Х. и др., 2006). В настоящее время в нашей стране и за рубежом созданы удобрения для внекорневой подкормки сельскохозяйственных культур. Одним из них является Азосол 36 Экстра (АДОБ, Польша). Помимо азота (36,6 %) данный комплекс содержит хелатные формы микроэлементов (Mg, Mn, Cu, Fe, B, Zn, Mo), имеющие высокую эффективность усвоения и позволяющие наиболее полно реализовать генетический потенциал урожайности культур.

Однако в опубликованных литературных источниках мы не обнаружили сведений о проведении экспериментов и опытов по сравнительному изучению органических, минеральных и микроэлементных удобрений и применения их различных сочетаний в посевах сои. Характерные особенности таких удобрений могли бы успешно дополнять друг друга и, как следствие, оптимизировать производственный процесс.

Разработка современных систем удобрений предполагает максимально полное удовлетворение потребностей сои в элементах питания, усиления симбиотической фиксации азота, вовлечения этого дефицитного элемента питания растений в биологический круговорот. При этом важнейшей теоретической и прикладной задачей является повышение продуктивности культуры при обязательном сохранении плодородия почвы.

В Белгородском государственном аграрном университете имени В.Я. Горина созданы сорта высокой потенциальной продуктивности – 3,6 т/га (Шевченко Н.С. и др., 2008; Зеленская Т.И., 2014), для реализации которой важную роль играет создание условий, удовлетворяющих требованиям культуры в земных факторах жизни, в том числе воде и элементах питания. Получение высоких и устойчивых урожаев семян сои основано на изучении сортовых особенностей её производственного процесса, способов его регулирования, в том числе путём оптимизации питательного режима (Котлярова Е.Г. и др., 2012; Головков В.С., 2012; Титовская А.И., 2016).

В диссертационном исследовании используются два сорта сои разных групп спелости:

- раннеспелый сорт Ланцетная;
- среднеспелый сорт Белгородская 48.

Большинство исследователей считают позднеспелые сорта более продуктивными. В то же время раннеспелые и среднеранние сорта сои за счёт раннего созревания позволяют получить высококачественные семена, не требующие дополнительной сушки, и использовать сою как предшественник для озимых культур.

Цель исследования – выявление наиболее оптимального сочетания удобрений и сортов сои для повышения эффективности её возделывания в условиях юго-запада Центрально-Чернозёмной зоны. Сравнительная оценка действия органических, минеральных и микроудобрений на продуктивность сои и показатели плодородия почвы будет способствовать совершенствованию системы удобрения этой ценной зернобобовой культуры.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Схема и методика проведения исследования

Для решения поставленных задач был заложен полевой опыт и выполнены лабораторные исследования. Полевые исследования проводили в 2014–2016 гг. на базе УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ в зерновом севообороте: соя – озимая пшеница – гречиха – просо.

Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным тяжелосуглинистым с содержанием гумуса – 5,1 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 125–167 и 128–133 мг/кг почвы, $pH_{\text{сол}} = 6,0$.

Двухфакторный опыт включал:

- две градации фактора А (сорт) – раннеспелый сорт Ланцетная (оригинаторы – ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур», г. Орёл) и среднеспелый сорт Белгородская 48 (оригинатор – ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ);

- восемь градаций фактора В (удобрение):

- 1) контроль – без применения удобрений;
- 2) соломопомётный компост (далее компост);
- 3) компост + аммиачная селитра;
- 4) компост + аммиачная селитра + Азосол 36 Экстра;
- 5) компост + Азосол 36 Экстра;
- 6) Азосол 36 Экстра;
- 7) аммиачная селитра + Азосол 36 Экстра;
- 8) аммиачная селитра.

Компост (20 т/га) (Таблица 1) вносили осенью под основную обработку почвы, которую выполняли дисковой бороной БДТ-5,4 на глубину 10–12 см. Аммиачную селитру в дозе 30 кг д.в./га вносили весной под предпосевную культивацию. Обработку микроудобрением Азосол 36 Экстра (Таблица 2) в дозе 2 л/га проводили 2 раза по вегетации в фазы третьего тройчатого листа и бутонизации.

Общая площадь делянок составляла 37 м², учётная площадь – 25 м², повторность – трёхкратная, размещение делянок систематическое методом организованных повторений.

Сев проводился сеялкой СЗ-3,6 на глубину 4–5 см с нормой высева 0,6 млн шт./га.

Уход за посевами включал первую химическую обработку в фазе формирования первого тройчатого листа препаратами Квикстеп 0,8 л/га + Хармони 6 г/га + Тренд 90 + Вантекс 60 мл/га; вторую химическую обработку проводили в фазе 3–4 тройчатого листа препаратом Фюзилад Форте, норма – 1 л/га.

Урожай убирали комбайном Сампо-1250 поделяночно однофазным способом в период полного созревания семян сои.

Таблица 1 – Агрохимический состав соломопомётного компоста

Показатели	ГОСТ	На исходную влажность	На сухое вещество
Массовая доля влаги, %	26713-85	8,17	
Массовая доля сухого вещества, %	26713-85	91,83	
Массовая доля органического вещества, %	26980-88	32,61	35,45
Массовая доля золы, %	26714-85	26,77	29,10
Массовая доля общего азота, %	26715-85	3,87	4,21
Массовая доля общего калия, %	26718-85	1,81	1,97
Массовая доля общего фосфора, %	26717-85	2,66	2,89
pH (ед. pH)	27979-88	7,25	

Таблица 2 – Химический состав микроудобрения Азосол 36 Экстра (Польша)

Элемент	Состав в объёмных %	Состав в весовых %
N – азот	36,3	27,0
MgO – магний	4,3	3,2
Mn – марганец	1,35	1,0
Cu – медь	0,27	0,2
Fe – железо	0,027	0,02
B – бор	0,027	0,02
Zn – цинк	0,013	0,01
Mo – молибден	0,0067	0,005

Сорт сои Ланцетная. По данным оригинатора, растения этого сорта детерминантного типа, высотой 61–80 см. Листья тройчатые, листочки узкие, ланцетовидные, зелёные. Цветки мелкие, фиолетовые. Бобы слабоизогнутые, бурые с сероватым густым опушением. Семена мелкие, округлые, жёлто-зелёные, рубчик коричневый с белым глазком. Масса 1000 семян – в среднем 115 г. Содержание белка в семенах – 34,0–39,7 %, жира – 19,3–26,8 %. Раннеспелый, продолжительность вегетационного периода 91–105 суток. Урожайность семян в конкурсном сортоиспытании составила 1,97 т/га. Максимальная урожайность получена в 2003 г. – 2,9 т/га. В 2002 г. на Кобринской сортоиспытательной станции (Брестская обл., республика Беларусь) урожайность сорта Ланцетная составила 2,96 т/га, а в 2004 г. на Ливенском сортоучастке – 3,0 т/га. Достоинства: сорт отличается скороспелостью, дружным созреванием семян, пригоден к уборке прямым комбайнированием, устойчив к антракнозу и бактериозу, а также характеризуется нерастрескивающимися бобами, имеет детерминантный тип роста стебля. Включён в Государственный реестр селекционных достижений с 2005 г., допущен к выращиванию в Центральном, Центрально-Чернозёмном регионах России.

Сорт сои Белгородская 48. Из характеристики сорта следует, что сорт северного экотипа. Высота растений 56–70 см, высота прикрепления нижних бобов 10–18 см. Тип роста растений полудетерминантный. Опушение светлое (белое), цветки фиолетовые, бобы светлые. Семена овальные жёлтые, рубчик светло-коричневый, масса 1000 семян – 136–180 г. Содержание белка в зерне – 36,8–42,0 %, жира – 18,6–19,8 %. Сорт среднеспелый. Продолжительность вегетационного периода 98–119 дней. В условиях Белгорода чаще всего созревает в первой декаде сентября. Урожай зерна в опытах Белгородского ГАУ средний – 2,4 т/га, максимальный – 3,4 т/га, на госсортоучастках – 1,8–3,0 т/га, в хозяйствах области – 1,3–3,0 т/га. Урожай зелёной массы в фазе полного плодообразования – 18–32 т/га. Отличается высокой способностью в разреженных посевах за счёт увеличения индивидуальной продуктивности растений компенсировать недостающий стеблестой. Устойчив к полеганию и растрескиванию бобов.

Пригоден к механизированному выращиванию. С 1992 г. сорт сои Белгородская 48 включён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по пятому региону РФ, и является стандартом в своей группе спелости.

В опыте проводились следующие учёт, наблюдения и анализы.

1. Фенологические наблюдения – определение фенофаз роста и развития растений устанавливали глазомерно в двух несмежных повторениях. За начало фазы принимался день, когда в неё вступило 10–15 % растений, полная – 75 %. Отмечались следующие фазы развития: всходы, образование первого тройчатого листа, образование третьего тройчатого листа, ветвление, бутонизация, цветение, формирование бобов, налив семян и созревание (Методика Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1971).

2. Определение влажности почвы проводили термостатно-весовым методом. Отбор почвенных образцов производился в период посева и уборки буром до глубины 100 см по слоям 0–10, 10–20, 20–30, 30–50, 50–70, 70–100 см (Доспехов Б.А. и др., 1987).

3. Плотность почвы определяли методом режущего кольца в слоях 0–10, 10–20, 20–30 см в двух несмежных повторениях при посеве и при уборке культуры (Доспехов и др., 1987).

4. Агрохимический анализ почвы. Отбирались почвенные образцы по слоям 0–10, 10–20, 20–40 см по вариантам в двух несмежных повторениях. Сроки отбора – перед внесением органических удобрений и в период уборки. Средний образец отбирался из трёх индивидуальных проб, расположенных посередине деланки на равном удалении друг от друга.

В почвенных образцах определяли:

- легкогидролизуемый азот – по ГОСТ 26488-85;
- подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову ГОСТ 26204-91;
- органическое вещество почвы – методом испытаний по ГОСТ 26213-91.

5. Биологическую активность почвы определяли визуально по интенсивности разложения льняного полотна в слоях почвы 0–10, 10–20, 20–30 см через 30 и 60 дней

после помещения полотна в почву (Методика почвенной микробиологии ..., 1991).

6. Учёт засорённости проводился количественно-весовым методом на постоянных учётных площадках размером 0,25 м² перед обработкой посевов гербицидами и перед уборкой (Доспехов Б.А., 1987).

7. Биометрические показатели – высота растений и накопление массы сухого вещества на 5 растениях – определяли с каждой деланки вариантов опыта по фазам развития в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов (1997); площадь листовой поверхности растений – измерением параметров листовых пластинок (длина, ширина, поправочный коэффициент) по методике Н.С. Купцова, А.И. Синкевич, М.А. Мечковской (1984).

8. Фотосинтетический потенциал определяли по методике Кидда, Веста, Бриг (Ничипорович А.А., 1961).

9. Количество клубеньков и их массу через 30 суток после всходов, в период полного цветения и образования бобов на 10 растениях определяли по методике Г.С. Посыпанова (1991).

10. Содержание в зерне сырого белка определяли расчётным путём (содержание общего азота, умноженного на коэффициент 6,25), содержание жира – по Сокслету (ГОСТ 13469.15-85).

11. Структуру урожая перед уборкой на всех вариантах опыта определяли методом разбора снопового материала по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985).

12. Урожайность зерна определяли путём обмолота и взвешивания зерна со всей деланки, влажность и засорённость зерна – для дальнейшего пересчёта урожайности на 100 % чистоту и 12 % влажность.

13. Расчёт экономической и энергетической эффективности выполняли в соответствии с технологическими картами выращивания сои по методике В.А. Захаренко (1983).

14. Достоверность результатов исследований была подтверждена при помощи метода дисперсионного и корреляционного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

2.2 Почвенно-климатические условия района проведения исследования

Белгородская область входит в состав Центрально-Чернозёмного региона России, Центрального федерального округа Российской Федерации и является важным аграрным районом страны с интенсивно развивающимся земледелием и животноводством.

В структуре пахотных почв Белгородской области преобладают типичные чернозёмы (39,2 %), доля серых и тёмно-серых лесных почв вместе с чернозёмами оподзоленными и выщелоченными составляет 33,9 %. Чернозёмы типичные карбонатные, а также чернозёмы обыкновенные, обыкновенные карбонатные и остаточные карбонатные занимают 19,4 % пашни. Доля других типов почв – 7,5 % площади пашни. Эродированные почвы занимают 53,6 % общей площади, в том числе слабосмытые – 34,6 %, среднесмытые – 13,3 %, сильносмытые – 5,7 % (Соловиченко В.Д., 2005).

Белгородская область расположена на Среднерусской возвышенности и представляет собой повышенную равнину, приподнятую в северной части и имеющую слабо выраженные уклоны на запад – юго-запад и восток – юго-восток. Площадь области составляет 27,1 тыс. км², протяжённость с севера на юг – около 190 км, с запада на восток – около 270 км. Территория изрезана балками (логами), оврагами, по которым разбросаны дубравы. По характеру рельефа на территории области выделяется пять типов местности: плакорный, склоновый, надпойменно-террасовый, пойменный и зандровый.

На разных элементах рельефа в связи с неодинаковым распределением тепла и влаги формируются различные почвы: на плато, выровненных участках водоразделов, залегают незэродированные почвы; на склонах по мере увеличения крутизны – слабо-, средне- и сильносмытые, как правило, карбонатные почвы; в понижениях сформировались выщелоченные, осолоделые и переувлажнённые почвы.

Территория области характеризуется умеренно континентальным климатом с тёплым летом и сравнительно холодной зимой. Континентальность климата растёт в направлении с северо-запада на юго-восток. На территории области две

природные зоны – лесостепная (большая часть) и степная. Средняя годовая температура воздуха колеблется от 5,6 °С на северо-западе до 6,6 °С на юго-востоке. Средняя температура января на западе области – минус 8,2 °С, на юго-востоке – минус 8,7 °С и на севере – минус 9,3 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет 36–38 °С. Средняя температура июля на западе области составляет 19,2 °С, в центральных районах – 20,2 °С, юго-восточных – 21,1 °С. Летний абсолютный максимум температуры воздуха достигает 40–43 °С.

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 градусов составляет 225–237 дней, а с температурой выше 5 °С – 186–197 дней. Белгородская область обладает богатыми термическими ресурсами. Продолжительность периода с температурами выше 10 °С колеблется от 148–153 дней в северо-западных до 153–159 дней в юго-восточных районах области, а сумма температур выше 10 °С составляет соответственно от 2750–2900 °С до 2900–3050 °С.

Осадки по территории области распределяются неравномерно, и их среднегодовое количество колеблется в пределах от 460 до 540 мм. Наибольшее количество осадков (500–540 мм) выпадает в северо-западных районах, среднее (480–500 мм) – в центральных и наименьшее (465–490 мм) – в юго-восточных. Осадки по временам года распределяются следующим образом: зимой выпадает 19 %, весной – 22, летом – 36 и осенью – 23 % общего их количества. Летние осадки выпадают главным образом в виде ливней, порой очень высокой интенсивности, что способствует развитию водной эрозии. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) за вегетационный период убывает с севера на юг от 1,2 до 0,9.

Климат оказывает непосредственное влияние на формирование почвенного профиля, определяя все протекающие в почве биохимические и физико-химические процессы. Наличие сухих периодов времени, промерзание почвы, умеренное увлажнение способствуют частичной консервации органического вещества, гумификации и, как результат, образованию плодородных чернозёмов (Соловиченко В.Д., 2005).

2.3 Метеорологические условия района проведения испытаний

Тепло и влага являются одними из важнейших факторов, необходимых для роста и развития сельскохозяйственных культур. Метеорологические условия вегетационных периодов 2014–2016 гг., имевшие место на территории проведения полевых опытов – УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Метеорологические условия вегетационных периодов 2014–2016 гг.

Месяц	Декады	Среднесуточная температура воздуха, °С					Сумма осадков, мм				
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	Средняя	Средняя многолетняя	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Средняя	Средняя многолетняя
Апрель	1	3,5	3,9	11,0	6,1	5,1	22,7	31,3	12,1	22,0	13
	2	9,5	8,6	13,6	10,6	7,5	7,6	5,8	5,5	6,3	14
	3	12,9	12,1	11,2	12,1	10,0	1,0	4,7	38,2	14,6	14
	Ср	8,7	8,2	11,9	9,6	7,5	31,3	41,8	55,8	43,0	41
Май	1	12,2	13,3	14,4	13,3	13,3	14,9	14,1	6,4	11,8	15
	2	20,1	14,7	14,5	16,4	14,9	10,0	5,3	32,0	15,8	16
	3	21,0	20,6	17,8	19,8	15,6	14,6	8,4	36,2	19,7	17
	Ср	17,9	16,4	15,6	16,6	14,6	39,5	27,8	74,6	47,3	48
Июнь	1	21,0	21,6	15,1	19,2	17,3	23,1	–	17,0	20,1	19
	2	15,7	21,5	20,9	19,4	17,6	2,5	22,5	18,4	14,5	21
	3	15,7	20,9	24,3	20,3	18,9	101,0	27,0	2,0	43,3	23
	Ср	17,4	21,3	20,1	19,6	17,9	126,6	49,5	37,4	71,2	63
Июль	1	20,2	23,2	21,4	21,6	19,1	6,1	3,7	–	4,9	24
	2	23,0	18,4	25,7	22,4	20,5	13,4	19,2	15,3	16,0	23
	3	22,4	23,2	21,2	22,3	20,0	4,6	44,2	58,2	35,7	22
	Ср	21,9	21,6	22,8	22,1	19,9	24,1	67,1	73,5	54,9	69
Август	1	24,5	22,8	22,9	23,4	19,6	1,4	–	48,5	25,0	20
	2	23,5	21,3	20,3	21,7	18,9	2,5	0,4	100,5	34,5	19
	3	17,5	20,0	22,1	19,9	17,5	21,1	–	9,1	15,1	17
	Ср	21,7	21,4	21,8	21,6	18,7	25,0	0,4	158,1	61,2	56
Сентябрь	1	17,5	19,6	18,2	18,4	15,5	–	2,3	–	2,3	16
	2	14,2	16,2	13,4	14,6	12,8	–	6,2	–	6,2	13
	3	11,6	18,6	9,8	13,3	10,5	23,9	0,4	7,9	10,7	11
	Ср	14,4	18,1	13,8	15,4	12,9	23,9	8,9	7,9	13,6	40
Среднее		17,4	17,8	17,6	17,6	15,3	270,4	195,5	407,3	291,1	317,0

Проанализировав температурный режим и количество осадков, можно отметить, что период проведения исследования охватывал различные по погодным условиям годы. Такие условия характерны для территории, на которой проводятся полевые опыты, и позволили дать объективную оценку влияния изучаемых в опыте факторов.

В 2014 г. сев сои был проведён 6 мая. Средняя температура вегетационного периода данного года составила 17,4 °С, что на 2,1 °С выше среднееголетних показателей. Температурный режим вегетационного периода был близким к среднееголетнему показателю, за исключением второй и третьей декад мая и первой декады июня, когда среднесуточная температура превышала многолетние показатели на 3,7–5,2 °С.

Количество выпавших осадков за этот период незначительно отличалось от среднееголетнего значения (на 20,7 мм) и составило 270,4 мм (Таблица 3), при этом следует отметить, что распределение осадков было неравномерным. В течение большинства декад вегетационного периода сои наблюдался недостаток осадков, кроме третьей декады июня, когда выпало четыре декадные нормы.

Летние месяцы характеризовались в основном теплой погодой – как жаркой, так и прохладной в отдельные дни. Количество осадков в июне благодаря ливневым дождям в начале и конце месяца превысило норму в два раза, что оказало благоприятное влияние на темпы роста и развития растений сои. В июле и августе количество осадков было ниже многолетних показателей и составило в среднем за два месяца 51 % от нормы.

Сентябрь выделился полным отсутствием осадков в первых двух декадах и обильными дождями 23 и 24 числа. Температура воздуха в первой и в начале второй декад сентября была необычно высокой для данного времени года с суховейными проявлениями.

Сев сои в 2015 г. был проведён 6 мая. В среднем за период вегетации сои в 2015 г. среднесуточная температура воздуха была чуть выше среднееголетней – 17,8 °С. Сумма осадков была меньше на 38 % среднееголетних показателей и составила 196 мм.

В целом май отличался умеренно-теплой погодой. Средняя температура воздуха была 16,4 °С, превысив среднемноголетние значения на 1,8 °С. Осадков выпало 27,8 мм, что составило 58 % месячной нормы.

Июнь был отмечен жаркой и исключительно сухой погодой в первой декаде месяца, на которую приходится фаза первого тройчатого листа сои. Осадки наблюдались лишь во второй и третьей десятидневках и носили ливневый характер. Среднемесячная температура составила 21,3 °С, т.е. на 3,4 °С превысила среднемноголетние показатели. Осадков выпало 49,5 мм, или 79 % месячной нормы.

Июль месяц в целом по температурному режиму оказался теплее обычного на 1,7 °С. Осадков выпало 97 % месячной нормы.

Среднемесячная температура воздуха в августе составила 21,4 °С, превысив средние многолетние показатели на 2,7 °С. Осадков в августе выпало 0,4 мм, или 0,7 % месячной нормы

В сентябре среднемесячная температура воздуха составила 18,1 °С, что на 5,2 °С было выше средних многолетних показателей. Количество осадков в сентябре составило 8,9 мм, или 22 % месячной нормы, что способствовало равномерному созреванию семян сои.

В 2016 г. сев сои был проведён 13 мая. Значительное количество осадков, выпавших в апреле и мае (соответственно 55,8 и 74,6 мм), которых по сравнению со среднемноголетними показателями было больше на 36 и 55 %, оказало существенное влияние на интенсивный рост растений сои в первоначальные фазы развития культуры. В целом май отличался умеренно-теплой погодой. Средняя температура воздуха составила 15,6 °С, что было близко к среднемноголетним данным.

Июнь был отмечен благоприятным температурным режимом, близким к среднемноголетним показателям в первой декаде месяца; во второй и третьей декадах месяца, то есть в тот период, на который приходится раскрытие первого тройчатого листа сои, благоприятный температурный режим сменился жаркой и сухой погодой с температурой соответственно 20,9 и 24,3 °С. Среднемесячная

температура этого месяца в целом на 2,2 °С превысила среднемноголетние температурные показатели. Осадков выпало 37,4 мм, они были отмечены лишь в первой и второй декадах этого месяца и носили ливневой характер, составив 59 % месячной нормы.

Июль в целом по температурному режиму характеризовался жаркой погодой с температурой на 2,9 °С выше среднемноголетних данных. В этот период растения сои находились в фазе цветения. Раннеспелый сорт сои Ланцетная по сравнению со среднеспелым начал цвести раньше на три дня, что выпало на крайне высокие дневные температуры, и под действием данного неблагоприятного фактора первые образовавшиеся цветки сои выгорели, это, видимо, в дальнейшем и повлияло на разницу в урожайности между сортами. Стоит отметить, что обильными осадками характеризовалась третья декада июля, в то время как в первой половине месяца осадки практически отсутствовали, что также отразилось на формировании семян сои.

Среднемесячная температура воздуха в августе отмечена на 3,1 °С выше среднемноголетних показателей, по количеству выпавших осадков август месяц превысил среднемноголетние показатели в 2,8 раза, что отчасти затянуло созревание бобов сои.

Стоит отметить, что в целом климатические условия вегетационного периода сои в 2016 г. были довольно сложными в отношении продукционного процесса исследуемой культуры. С одной стороны, количества выпавших осадков, которые были выше среднемноголетних показателей на 90 мм (+28 %), было бы достаточно для формирования высокого урожая. Однако температура в критические фазы развития сои была выше среднемноголетних показателей, что, в конечном итоге, отрицательно повлияло на формирование урожая исследуемых сортов сои.

Таким образом, годы исследований характеризовались различием вегетационных периодов по тепло- и влагообеспеченности, что позволило в полной мере изучить влияние факторов на урожайность и качество семян сои как раннеспелого сорта, так среднеспелого.

2.4 Фенологические наблюдения

Развитие растений сои в годы проведения опытов проходило неодинаково (Таблица 4).

Таблица 4 – Фенологические наблюдения в опыте за 2014–2016 гг.

Фазы развития	Сорт							
	Л		Б		Л		Б	
	2014 г.		2015 г.		2016 г.			
Посев	06.05		06.05		13.05			
Всходы	20.05	20.05	18.05	18.05	24.05	24.05		
Образование первого тройчатого листа	27.05	27.05	26.05	26.05	30.05	30.05		
Образование третьего тройчатого листа	02.06	02.06	02.06	02.06	06.06	06.06		
Ветвление (два разветвления)	13.06	15.06	13.06	13.06	16.06	18.06		
Бутонизация	25.06	29.06	25.06	25.06	27.06	29.06		
Цветение	13.07	17.07	13.07	13.07	12.07	15.07		
Формирование бобов	24.07	29.07	24.07	24.07	23.07	27.07		
Налив семян	9.08	15.08	08.08	08.08	09.08	13.08		
Созревание	20.08	26.08	18.08	25.08	22.08	27.08		
Техническая спелость	07.09		05.09		30.09			
Период вегетации, дней	105	112	103	110	100	106		

Примечание: Л – раннеспелый сорт Ланцетная; Б – среднеспелый сорт Белгородская 48.

В наших опытах сроки наступления фаз развития растений сои заметно варьировались по годам в зависимости от температурного режима вегетационного периода и сортовых особенностей. Следует отметить, что в 2014 г. всходы растений сои появились через 2 недели после посева, такая задержка, видимо, была связана с низким уровнем запаса продуктивной влаги в почве.

Наблюдения за фазами развития растений сои на протяжении периода вегетации 2015 г. выявили равномерность наступления фенофаз по сортам вплоть до фазы созревания и затягивание фазы созревание у сорта Белгородская 48. В 2014 и 2016 гг. у сорта Белгородская 48, начиная с фазы ветвления, фенофазы наступали позже на 2–5 дней, чем у сорта Ланцетная, что характерно для данного сорта. Можно отметить, что минеральные удобрения способствовали увеличению периодов наступления фенофаз на 2–3 дня относительно остальных вариантов, всё это удлиняло вегетационный период, что в дальнейшем способствовало повышению урожайности на данных вариантах.

3 АГРОФИЗИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО В ПОСЕВАХ СОИ

3.1 Показатели водного режима в посевах сои в зависимости от сочетания органического и минеральных удобрений

Юго-западная часть Центрально-Чернозёмного региона России расположена в зоне неустойчивого увлажнения, поэтому наличие влаги в почве здесь является одним из основных лимитирующих факторов формирования урожая. В связи с этим ценность как технологии выращивания, так и любого применяемого агроприёма должна определяться с учётом их влияния на накопление влаги в почве из выпадающих осадков и талых вод, а также на дальнейшее рациональное использование влаги.

По оценкам Г.С. Куста с соавторами (2010), почвенные условия, оказывая неблагоприятное воздействие на рост и развитие растений, приводят к недобору урожая сои на 53,7 %. Потери вследствие совокупного влияния недостатка влаги и доступных элементов питания составляют от 13 до 39 %. Такая взаимозависимость доказана, поскольку растения потребляют питательные вещества из почвенного раствора.

В регионах неустойчивого увлажнения важнейшей задачей земледелия является накопление и сохранение влаги в почве. Это также актуально и при выращивании сои, которая культурную форму сформировала в районах муссонного климата с обильными осадками в течение вегетационного периода, что определило довольно высокую требовательность к условиям увлажнения (Щелко Л.Г., Кожушко Н.Н., 1985). В опубликованных литературных источниках приводятся результаты исследований, которые свидетельствуют о том, что наиболее благоприятные условия для реализации продукционного потенциала сои создаются, когда в течение трёх летних месяцев выпадает не менее 300 мм осадков (Лещенко А.К. и др., 1985; Куст Г.С. и др., 2010). Однако во многих исследованиях указывалось на повышение засушливости климата в основных соесеющих регионах России (Куст Г.С. и др., 2010; Омелянюк Л.В., Асанов А.М., 2013; Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., 2017).

Установлено, что одним из главных лимитирующих факторов при формировании урожая сои является недостаток влаги в почве вследствие негарантированных осадков в критические для роста и развития сои периоды, с одной стороны, и снижения плодородия почвы, её гумусированности, структурности, а, значит, влагоёмкости и влагообеспеченности посевов, с другой стороны.

На американском континенте, в частности в США, где по сравнению с Россией более благоприятные климатические условия, считается, что направление селекции сои на засухоустойчивость сортов предпочтительнее, чем повышение их продукционного потенциала, который из-за недостатка влаги реализуется в незначительной степени (Boyer J.S., 1982). Это подтверждают исследования, проведённые в условиях Центрального Черноземья И.И. Кузнецовым и А.В. Амелиным (2012), которые установили, что генетический потенциал сортов сои белгородской селекции, в том числе изучаемых в нашем опыте, достигает 8,8 т/га. Однако даже при благоприятных погодных условиях продукционный потенциал едва ли реализуется наполовину.

Расширение ареала выращивания сои в южные регионы Российской Федерации с неустойчивой, а часто и недостаточной обеспеченностью влагой, с одной стороны, требует выведения засухоустойчивых и скороспелых сортов, а с другой стороны, разработки агроприёмов, способствующих улучшению водного режима в посевах этой культуры.

Многие исследователи в качестве преимуществ скороспелых сортов сои отмечают такие их особенности, как меньшая чувствительность к фотопериодизму, экономное использование воды и удобрений, кроме того, они являются хорошими предшественниками, в том числе и для озимой пшеницы (Лещенко А.К. и др., 1985).

Период уборки позднеспелых сортов часто характеризуется пасмурной дождливой погодой, что приводит к снижению качества и количества урожая, ухудшению условий подготовки почвы под посевы следующей культуры (Кузнецов И.И., Амелин А.В., 2012). В то же время многими исследователями

отмечается более высокая продуктивность позднеспелых сортов (Баранов В.Ф., Махонин В.Л., 2013; Бельшкина М.Е., 2020). По наблюдениям других авторов в последние годы скороспелые сорта не только не уступают, но и превосходят среднеспелые сорта по урожайности (Баранов В.Ф., Махонин В.Л., 2013).

Система удобрения является одним из наиболее эффективных регуляторов продукционного процесса, поскольку определяет уровень обеспеченности растений элементами питания и воспроизводство потенциального плодородия, в том числе агрофизических свойств, во многом обуславливающих уровень влагообеспеченности растений.

В среднем разница по запасам продуктивной влаги в период посева не зависела от сортовой принадлежности сои и была в пределах ошибки опыта, тогда как фактор удобрения оказал влияние на данный показатель. Минимальными запасы продуктивной влаги в почве были на контрольном варианте (без удобрений) и на вариантах применения минеральных удобрений и изменялись в пределах от 132,7 до 135,3 мм/га (Таблица 5).

Таблица 5 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы под посевами сортов сои в зависимости от уровня удобрённости, мм/га (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)				Среднее по фактору В	
	Ланцетная		Белгородская 48			
	Посев	Уборка	Посев	Уборка	Посев	Уборка
Контроль (без удобрений)	132,7	46,7	134,5	50,1	133,6	48,4
Компост	143,4	58,1	142,4	51,7	142,9	54,9
Компост + Naa	140,3	44,1	136,6	45,3	138,5	44,7
Компост + Naa + Азосол	140,3	45,4	136,9	37,9	138,6	41,7
Компост + Азосол	141,2	53,9	135,8	49,6	138,5	51,8
Naa + Азосол	135,0	51,3	135,5	40,1	135,3	45,7
Naa	132,1	54,0	133,3	45,7	132,7	49,9
Азосол	136,4	50,3	133,7	46,4	135,1	48,4
Среднее по фактору А	137,7	50,5	136,1	45,9	–	–
НСР ₀₅ А	$F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$	3,92			–	–
НСР ₀₅ В	–	–			5,58	7,84
НСР ₀₅ АВ	$F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$	$F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$	–	–	–	–
НСР для частн. различий	7,73	10,87			–	–

Внесение соломопомётного компоста приводило к увеличению содержания влаги в почве – выше 138,5 мм/га. Однако статистически значимым превышение отмечалось только при самостоятельном внесении компоста (без минеральных удобрений) – на 9,3 мм/га по сравнению с контролем (Котлярова Е.Г., Грицина В.Г., 2021а).

Следует отметить, что влияние удобрений, а именно внесение соломопомётного компоста на запасы продуктивной влаги в весенний период сравнимо с влиянием погодных условий, доля которых составила соответственно 29,3 и 31,5 % (Рисунок 1). Это подчеркивает положительное значение органических удобрений в накоплении и сохранении влаги осенне-зимнего периода.

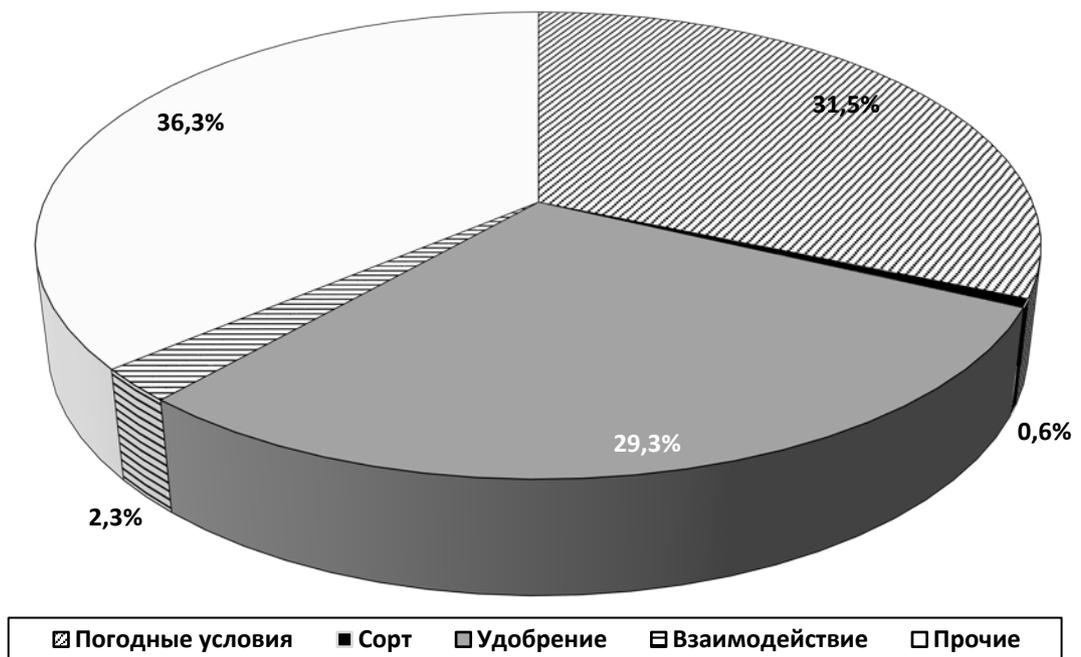


Рисунок 1 – Доля участия факторов в изменчивости запасов продуктивной влаги в период посева сои, % (в среднем за 2014–2016 гг.)

К уборке культуры произошло заметное снижение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы – в среднем на 89 мм/га. Достоверно ниже на 4,60 мм/га ($НСР_{05} = 3,92$ мм/га) они были в среднем по сорту Белгородская 48. Доля влияния сортовых различий на изменчивость содержания влаги в почве в данный период составила 9,1 % (Рисунок 2). Существенным на 5 % уровне значимости в этот период было и влияние удобрений: к уборке оно сохранилось на высоком уровне – 26,1 %.

Наибольшее содержание продуктивной влаги, также как и в период посева культуры, отмечалось на варианте применения соломопомётного компоста – 54,9 мм/га, несколько ниже – 51,8 мм/га – на варианте совместного применения компоста и некорневой подкормки Азосол. По сравнению с этими вариантами достоверно меньше на 10,1–13,2 мм/га продуктивной влаги содержалось в почве при применении трёхкомпонентного удобрения. Значимая разница наблюдается также между вариантами внесения компоста и применения аммиачной селитры в сочетании с компостом или препаратом Азосол – 9,2–10,2 мм/га.

В целом при применении аммиачной селитры в двух- и трёхкомпонентных удобрениях уменьшение запасов продуктивной влаги в период роста и развития культуры было наибольшим – от 90 до 97 мм/га. Можно предположить, что при применении аммиачной селитры в сочетании с органическим удобрением и подкормкой на формирование урожая сои требуется большее количество влаги.

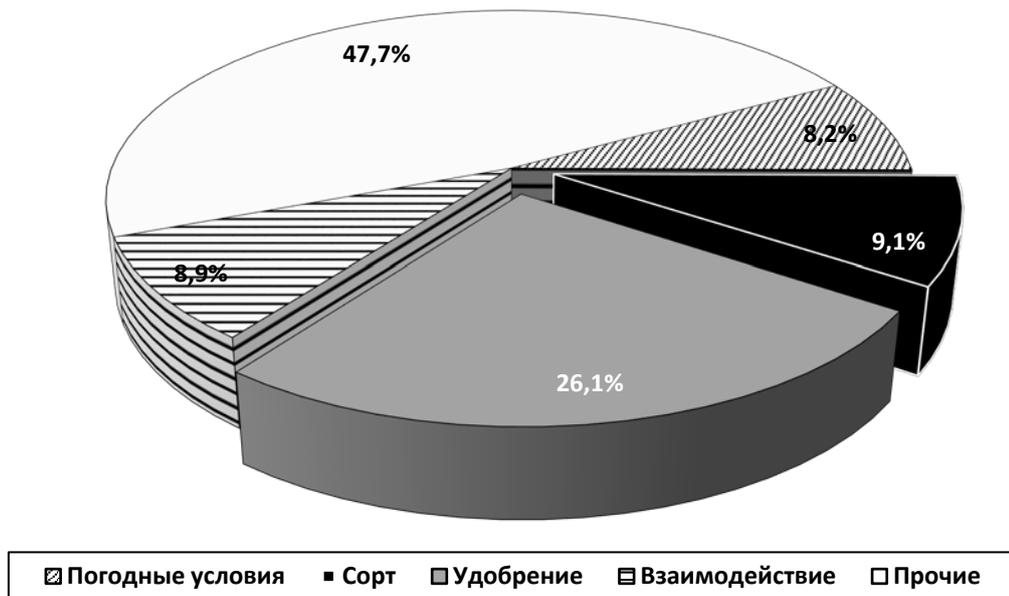


Рисунок 2 – Доля участия факторов в изменчивости запасов продуктивной влаги в период уборки, % (в среднем за 2014–2016 гг.)

Влияние удобрений на запасы влаги в почве в этот период в посевах сои было неодинаковым и зависело от сортовой принадлежности культуры. В посевах сои раннеспелого сорта Ланцетная положительное влияние компоста на запасы влаги сохранялось и к началу уборки. По сравнению с контрольным вариантом разница была существенной и составила 11,4 мм/га. На всех остальных вариантах разница

находилась в пределах ошибки опыта. Как тенденцию можно отметить, что на вариантах совместного использования соломопомётного компоста и аммиачной селитры запасы влаги незначительно снижались по сравнению с контрольным вариантом, а в случае использования минеральных удобрений были выше.

В посевах сои сорта Белгородская 48 применение удобрений, как правило, приводило к снижению запасов влаги в почве. На варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» количество влаги было минимальным в целом по опыту и находилось на уровне 37,9 мм/га.

Водопотреблением сельскохозяйственных культур называется расход воды на конкретной территории в течение всего периода вегетации растений. Водопотребление представляет собой показатель, отражающий расход воды на транспирацию растений и испарение с поверхности почвы, а также является показателем потребности растений в воде и эффективности её использования. Последнее зависит как от биологических особенностей выращиваемых культур, так и от условий внешней среды, в том числе в значительной степени от применяемых агроприёмов.

На рисунке 3 представлены данные по влиянию различных вариантов использования удобрений на суммарное водопотребление посевами сои сортов двух групп спелости. В целом по опыту отмечались довольно выровненные показатели: максимальная разница составила 21 м³/га, или 1 % между вариантами применения аммиачной селитры под раннеспелый сорт Ланцетная и полного трёхкомпонентного удобрения под среднеспелый сорт Белгородская 48.

Анализ изменчивости показателя суммарного водопотребления посевами свидетельствует, что влияние удобрений зависело от сорта посевов сои, под которые их вносили. Применение органических и минеральных удобрений отдельно и в различных сочетаниях приводило к повышению суммарного водопотребления посевами сои среднеспелого сорта Белгородская 48 – от 2 до 15 м³/га. Наибольший расход влаги по сравнению с контрольным вариантом отмечался при применении минеральных удобрений отдельно и при их совместном внесении с соломопомётным компостом. Несколько меньше суммарное

водопотребление было отмечено на варианте внесения соломопомётного компоста отдельно, а также на варианте его совместного использования с аммиачной селитрой.

Совместное применение соломопомётного компоста с аммиачной селитрой в двух- и трёхкомпонентном удобрении в посевах сои сорта Ланцетная приводило к увеличению расхода посевами воды – на 9–10 м³/га, тогда как применение только аммиачной селитры – к его снижению на 8 м³/га. По остальным вариантам применения удобрений отклонения от контроля незначительны (Рисунок 3).

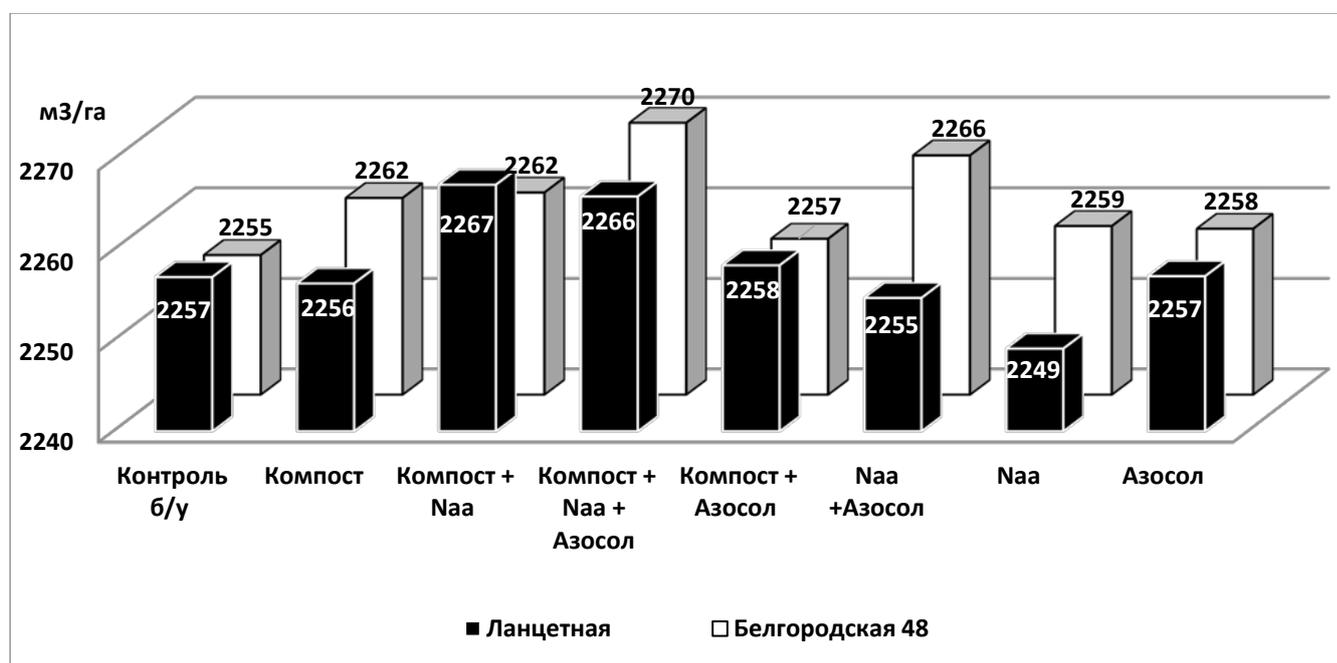


Рисунок 3 – Суммарное водопотребление посевами сои сортов двух групп спелости, м³/га (в среднем за 2014–2016 гг.)

Как уже отмечалось выше, показателем эффективности использования продуктивной влаги является коэффициент водопотребления. Установлено, что посевам сои среднеспелого сорта Белгородская 48 использовали влагу экономнее – в среднем на 24 м³/т (Рисунок 4). На контрольном варианте, где отмечалась наибольшая величина коэффициента водопотребления, разница между сортами составила 43 м³/т. Однако максимальные различия по данному показателю выявлены на варианте применения соломопомётного компоста с препаратом Азосол, где они составили 59 м³/га.

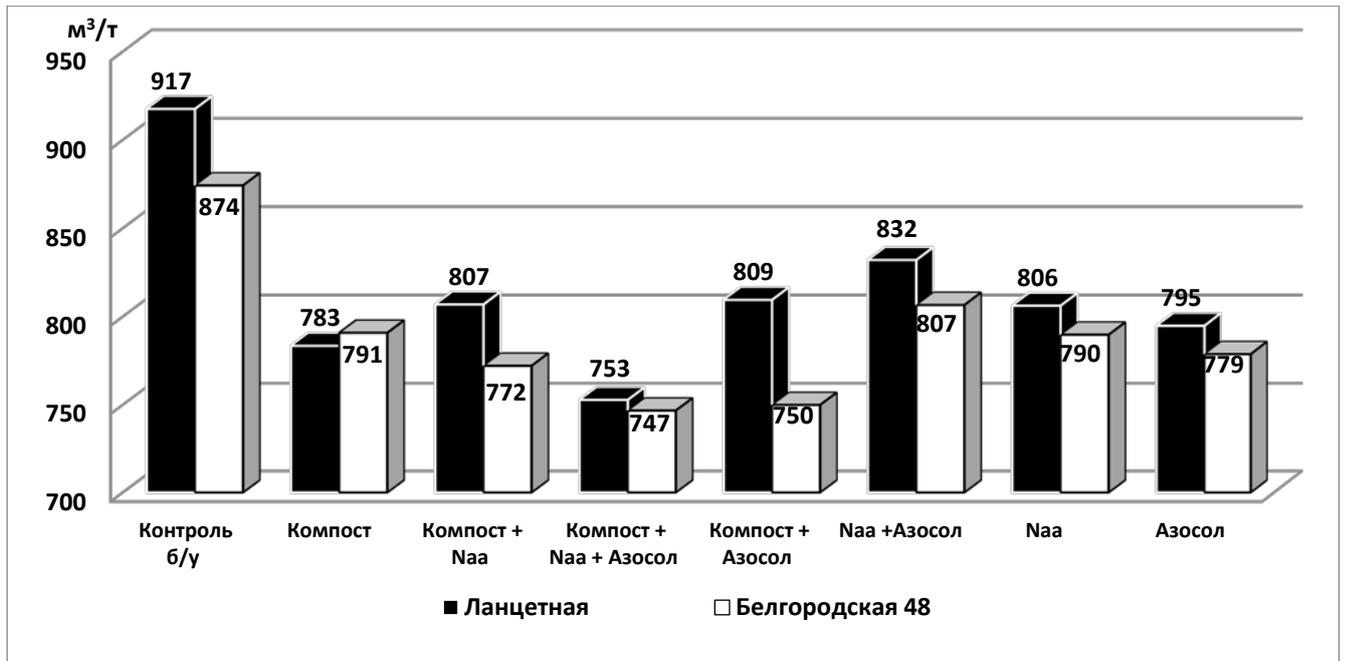


Рисунок 4 – Коэффициент водопотребления посевами сои сортов двух групп спелости, м³/т (в среднем за 2014–2016 гг.)

В целом удобрения оказали положительное влияние на эффективность водопотребления посевами сои. При их применении коэффициент водопотребления снижался на 8–18 %. Причём удобрения способствовали более экономному расходу влаги посевами сои раннеспелого сорта, в которых коэффициент водопотребления снижался в среднем до значения 120 м³/га, тогда как в посевах сои среднеспелого сорта находился на уровне 98 м³/га. Максимальное снижение затрат влаги на единицу урожая отмечалось при применении трёхкомпонентного удобрения: в посевах сои сорта Ланцетная и сорта Белгородская 48 коэффициент водопотребления составлял соответственно 165 и 124 м³/га. В целом применение органического удобрения благоприятно сказывалось на эффективности использования влаги, особенно при более высоком уровне насыщенности посевов удобрениями.

3.2 Плотность почвы в зависимости от удобрений

Плотность почвы представляет собой важный фактор, определяющий все физические свойства почвы. Она, оказывая существенное влияние на водный, воздушный и тепловой режимы в почве, является фактором почвенного плодородия. При сильном уплотнении поверхности почвы снижается запас

доступной растениям влаги, ухудшается газообмен между почвой и атмосферой, что отрицательно влияет на рост и развитие растений.

Плотность почвы во многом зависит от её гранулометрического и минерального состава, структуры и содержания органического вещества. Считается, что для большинства сельскохозяйственных культур оптимальный показатель плотности пахотного слоя составляет 1,0–1,2 г/см³ (Федоров С.Е., Бычков М.В., 2019). При таких значениях показателя плотности почвы создаются лучшие условия для развития корневой системы культурных растений.

Об изменчивости данного показателя можно судить по результатам изучения плотности почвы в зависимости от уровня удобренности (Таблица 6).

Таблица 6 – Изменение плотности почвы в период вегетации сои в зависимости от фона удобренности, г/см³ (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Слой почвы, см		
	0–20	20–40	0–40
В период сева			
Контроль (без удобрений)	0,99	1,15	1,07
Компост	1,12	1,17	1,14
Компост + аммиачная селитра	0,96	1,16	1,06
Компост + аммиачная селитра + Азосол	1,09	1,17	1,13
Компост + Азосол	1,05	1,22	1,14
Аммиачная селитра + Азосол	1,12	1,24	1,18
Аммиачная селитра	1,04	1,23	1,14
Азосол	1,05	1,17	1,10
В среднем	1,05	1,19	1,12
НСР ₀₅	F _{факт} < F _{теор}	F _{факт} < F _{теор}	–
В период уборки			
Контроль (без удобрений)	1,09	1,20	1,09
Компост	1,10	1,19	1,11
Компост + аммиачная селитра	1,11	1,19	1,13
Компост + аммиачная селитра + Азосол	1,08	1,24	1,14
Компост + Азосол	1,07	1,22	1,17
Аммиачная селитра + Азосол	1,17	1,24	1,21
Аммиачная селитра	1,13	1,24	1,17
Азосол	1,07	1,25	1,17
В среднем	1,10	1,22	1,15
НСР ₀₅	F _{факт} < F _{теор}	F _{факт} < F _{теор}	–

Несмотря на то что в многочисленных опубликованных литературных источниках приводятся данные, свидетельствующие о положительном влиянии на плотность почвы (её разрыхление) органических удобрений, в том числе на основе помёта, в проведённом диссертационном исследовании не установлено статистически значимых отличий между вариантами удобренности в период сева сои: ни в слое 0–20 см, куда непосредственно вносился соломопомётный компост, ни в слое 20–40 см.

Плотность верхнего слоя в среднем составила $1,05 \text{ г/см}^3$, что на $0,14 \text{ г/см}^3$ меньше показателя нижнего слоя почвы (20–40 см). Это может быть связано с изначально более существенной трансформацией органических компонентов соломопомётного компоста. С увеличением глубины почвы её плотность возрастает независимо от уровня удобренности.

Такие различия между изучаемыми слоями почвы сохраняются и к началу уборки посевов сои: плотность верхнего слоя почвы (0–20 см) в среднем отмечена на уровне $1,10 \text{ г/см}^3$, то есть на $0,12 \text{ г/см}^3$ меньше показателя нижнего слоя почвы (20–40 см) – $1,22 \text{ г/см}^3$. В этот период плотность почвы в среднем несколько увеличилась и в слое 0–20 см, и в слое 20–40 см соответственно на $0,05$ и $0,03 \text{ г/см}^3$.

В верхнем слое почвы (0–20 см) статистически значимое повышение показателя плотности почвы по сравнению с контролем (без внесения удобрений) установлено только на варианте совместного применения минеральных удобрений «аммиачная селитра + Азосол» – до $1,17 \text{ г/см}^3$. Это могло быть следствием максимального количества проходов техники по полю в данном варианте. При совместном применении минеральных удобрений с предварительным внесением компоста повышения показателя плотности почвы не наблюдалось, скорее всего, вследствие компенсаторного влияния вносимого органического удобрения.

В целом, и в период сева сои, и в период её уборки, плотность почвы была благоприятной для роста и развития культуры. Небольшое превышение над оптимальной величиной отмечалось в нижнем слое 20–40 см.

3.3 Микробиологическая активность чернозёма типичного

Микробиологическая активность почвы определяет направленность биохимических процессов, накопление элементов питания и перевод их в доступные для растений формы, степень сопряжённости этих процессов с фазами развития растения и максимальное удовлетворение его потребности в элементах питания, интенсивность гумусообразования, то есть во многом обуславливает потенциальное и действительное плодородие, сохранение экологического равновесия, повышение эффективности производства (Турьянский А.В. с соавт., 2012; Ступаков А.Г., 2014; Мониторинг и прогнозирование ..., 2017; Титовская Л.С., Котлярова Е.Г., 2018; Research of development ..., 2018; Stupakov A.G. et al., 2019).

В свою очередь для активизации почвенной биоты необходимы различные источники органического вещества и азота – растительные остатки, удобрения и др. (Минеев В.Г. с соавт., 2004; Байбеков, Р.Ф. с соавт., 2012; Титовская А.И., 2016; Титовская А.И., Ширяев А.В., 2017; Кузнецова Л.Н с соавт., 2017; Ступаков А.Г. с соавт., 2017; Линков С.А. с соавт., 2017).

В почве обитает огромное количество микроорганизмов. «По данным М.С. Гилярова, в каждом грамме чернозёма насчитывается 2,0–2,5 миллиарда бактерий. Микроорганизмы не только разлагают органические остатки на более простые минеральные и органические соединения, но и активно участвуют в синтезе высокомолекулярных соединений – перегнойных кислот, которые образуют запас питательных веществ в почве» (Цитирование по Хрусталевой Г.А., Аллахвердиеву С.Р., 2016). Поэтому, заботясь о повышении почвенного плодородия и, как следствие, о повышении урожайности, необходимо заботиться о питании микроорганизмов, создании условий для активного развития микробиологических процессов, увеличении популяции микроорганизмов в почве.

На уровень биологической активности почвы влияет довольно много факторов. Прежде всего, это наличие свежего и неразложившегося органического вещества, которое является своего рода «кормовой базой». Активность микрофлоры также зависит и от степени трансформации органического вещества

почвы. Более того, количество органики в почве влияет на такие агрофизические свойства, как структурность, влажность, воздушный и тепловой режимы, которые во многом определяют, насколько благоприятными являются условия для деятельности микроорганизмов.

Наличие и доступность в почве элементов питания, связанных с применением минеральных удобрений, также являются фактором активизации почвообитающей биоты.

Весь этот набор и сочетание факторов обуславливает интенсивность и направленность почвенных процессов минерализации и гумификации, уровень биологической активности почвы, а значит, уровень накопления элементов питания в доступной для растений форме, что в конечном итоге определяет характер продукционного процесса.

В современной агрономии биологическую активность почвы принято определять по деятельности почвенных микроорганизмов. Общую биогенность устанавливают по их общему количеству, а также по качественному анализу микрофлоры. Методов определения биологической активности почвы достаточно много, так как спектр задач, стоящих перед учёными и практиками, также обширный. Однако многие методы дают информацию на данный момент определения и не раскрывают специфику функционирования микробиоты в пространстве и во времени.

Определение целлюлозолитической способности почв методом аппликации даёт ценную информацию о превращении лабильной фракции органического вещества, круговороте углерода, активности целлюлозолитического комплекса (Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. (2005), Федорец Н.Г., Медведева М.В. (2009).

Показателем общей биологической активности непосредственно в природе является деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, определяемая степенью распада и убыли сухой массы льняной ткани, выдержанной в почве в течение заданного периода времени. В диссертационном исследовании мы использовали именно этот метод для оценки влияния применения органических и минеральных удобрений на активность почвенных микроорганизмов.

Влияние одно-, двух- и трёхкомпонентных удобрений на интенсивность разложения льняного полотна определяли через 30 и 60 дней после начала опыта. Проведённый сравнительный анализ показал определённую закономерность. Прежде всего, минимальная биологическая активность почвы отмечалась на контрольном варианте (без использования удобрений) и составляла в слое 0–30 см в среднем за три года 17,3 % (слабая интенсивность) в первый срок определения (через 30 дней) и 42,2 % (средняя интенсивность) – через 60 дней (Рисунок 5) (Грицина В.Г., Котлярова Е.Г., 2021).

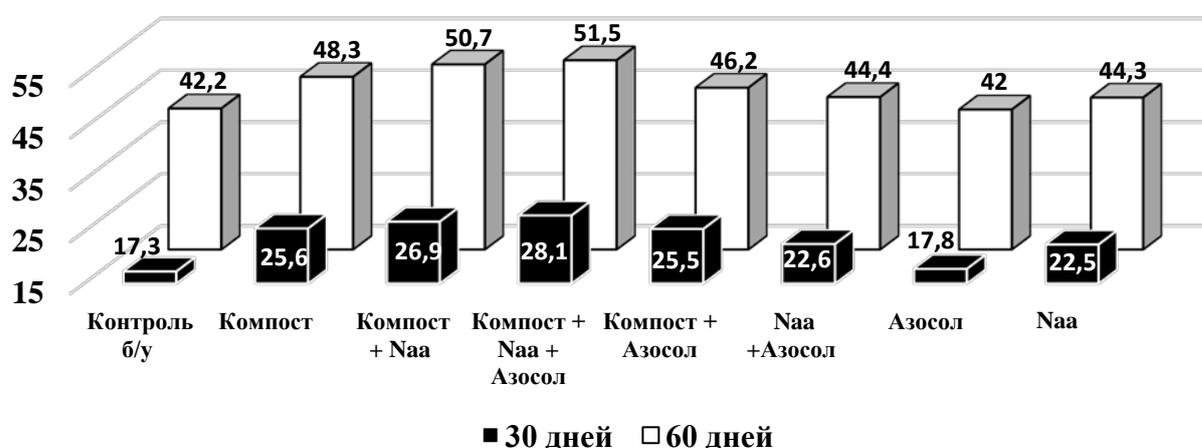


Рисунок 5 – Интенсивность разложения клетчатки в слое 0–30 см в зависимости от фона удобренности, % (в среднем за 2014–2016 гг.)

Такой же уровень активности почвенной биоты наблюдался на варианте применения препарата Азосол, что связано с некорневым характером подкормки и отсутствием непосредственного влияния на почву. Использование аммиачной селитры самостоятельно и совместно с препаратом Азосол повышало интенсивность разложения клетчатки до достоверной разницы в слое 0–30 см в среднем на 5,2–5,3 % через 30 дней и несущественно – на 2,1–2,2 % через 60 дней.

Наращение степени разложения льняного полотна, существенное на 5 % уровне значимости, отмечено в следующей последовательности по вариантам: «компост + Азосол», «компост», «компост + аммиачная селитра», «компост + аммиачная селитра + Азосол» (Рисунок 5). Последний вариант (полное трёхкомпонентное удобрение) характеризуется максимальными показателями

биологической активности почвы: через 30 дней отмечено увеличение по сравнению с контрольным вариантом в слое почвы 0–30 см на 10,8 % в среднем за 3 года, через 60 дней – на 9,3 % и достигло 51,5 % (сильная интенсивность разложения клетчатки). Следует отметить, что установленная последовательность вариантов применения удобрений, усиливающая микробиологическую активность почвы, аналогичным образом работает во всех изучаемых слоях, несмотря на закономерное снижение абсолютных показателей интенсивности разложения целлюлозы с нарастанием глубины (Таблица 7).

Таблица 7 – Интенсивность разложения клетчатки в зависимости от уровня удобрения, % (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Время выемки льняного полотна из почвы					
	через 30 дней			через 60 дней		
	Слой почвы, см			Слой почвы, см		
	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Контроль (без удобрений)	24,9	16,0	11,0	51,9	43,7	31,1
Компост	36,1	25,2	15,6	64,1	47,7	33,2
Компост + аммиачная селитра	38,3	26,7	15,6	66,2	50,2	35,8
Компост + аммиачная селитра + Азосол	38,9	26,7	18,5	66,2	51,7	36,5
Компост + Азосол	36,0	25,3	15,1	61,2	46,4	31,0
Аммиачная селитра + Азосол	31,6	21,2	15,0	57,4	45,0	30,9
Аммиачная селитра	31,8	20,8	14,9	57,8	44,5	30,7
Азосол	26,4	16,3	10,8	51,9	42,8	31,1
Среднее	33,0	22,3	14,6	59,6	46,5	32,5
НСР ₀₅	4,8	2,6	2,5	4,6	3,3	2,9

Максимальная биологическая активность почвы за период исследований отмечена в верхнем слое почвы 0–10 см, очевидно вследствие глубины заделки органического удобрения – 10–12 см. Самая высокая степень разложения полотна – 66,2 % была отмечена на варианте применения компоста с аммиачной селитрой, а также на варианте их совместного использования с препаратом Азосол. В слое 10–20 см сохранялось достоверное преимущество вариантов использования компоста (47,7–51,7 %), кроме его совместного применения с препаратом Азосол. И, наконец, в слое 20–30 см значимое превышение показателя контрольного

варианта прослеживалось только на варианте применения компоста с аммиачной селитрой и на варианте применения полного трёхкомпонентного удобрения.

Очевидно, что положительное влияние компоста и аммиачной селитры на данный показатель связано с характером действия этих удобрений в почве: первого как источника органического вещества и биофильных элементов, второго как источника азота. Данные удобрения способствуют созданию благоприятных условий для активности микрофлоры и интенсификации биохимических процессов. Причём компост в качестве самостоятельного удобрения имеет более сильное влияние по сравнению с аммиачной селитрой, которая, в свою очередь, усиливает его действие.

3.4 Влияние удобрений на засорённость посевов сои

Хорошо известно, что удобрения стимулируют рост не только культурных растений, но и сорных (Котлярова Е.Г. и др., 2013; Засорённость посевов ..., 2015). Более того, очень часто вспышки засорённости посевов культурных растений связывают с применением органических удобрений, в которых много семян сорняков (Котлярова Е.Г., 2004; Теоретические и практические ..., 2004).

Борьба с сорными растениями является одной из сложных задач современного земледелия. Даже применение современных химических и агротехнических методов борьбы с сорной растительностью не уменьшает конкуренцию сорняков с сельскохозяйственными растениями в борьбе за влагу, питательные элементы и другие факторы жизни. Это связано с тем, что специализация земледелия приводит часто к массовому размножению «специализированных» сорняков. Хорошо приспособленные к биологии и условиям выращивания культурных растений специализированные сорняки при повторном возделывании или частом возвращении на прежнее поле одной и той же культуры быстро размножаются и могут нанести ощутимый ущерб. В современном земледелии до 40 % материально-энергетических затрат идёт на борьбу с сорняками (Фисюнов А.В., 1984; Казначеев М.Н., 2001).

Установлено, что соя весьма чувствительна к наличию сорняков в посевах:

несвоевременное их уничтожение может привести к потере 20–50 % урожая культуры (Захаренко В.А., 2004; Бочкарев Д.В., 2015).

В посевах сои на территории проведения исследования малолетняя сорная растительность перед обработкой гербицидами была представлена следующими видами:

- марь белая (*Chenopodium album* L.);
- просо куриное (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv);
- щирица обыкновенная (*Amaranthus vulgaris* L.);
- подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.);
- портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.);
- горец почечуйный (*Polygonum convolvulus* L.);
- горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.);
- ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.).

При выполнении диссертационного исследования определение засорённости посевов сои проводилось подсчётом количества сорняков перед химической прополкой посевов в фазу образования первого тройчатого листа и перед уборкой урожая (Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М., 1987).

Результаты учёта малолетних сорняков показали, что их количество перед обработкой гербицидами на контрольном варианте без внесения удобрений было минимальным – 43,9–46,2 шт./м² (Таблица 8).

Использование удобрений приводило к существенному увеличению этой группы сорной растительности: на 24–36 % в посевах сои раннеспелого сорта Ланцетная и на 14–33 % – в посевах сои среднеспелого сорта Белгородская 48 (Котлярова Е.Г., Грицина В.Г., Кузнецова Л.Н., 2016). Особенно сильной засорённость была на вариантах применения двух- и трёхкомпонентных удобрений.

Влияния сорта на засорённость посевов малолетними сорняками в этот период выявлено не было. Лишь в отдельных вариантах применения удобрений разница между сортами была достоверной. При использовании компоста и полного удобрения больше засорялись малолетними сорняками посеvy сои сорта

Белгородская 48, а при использовании некорневой подкормки, наоборот, – посевы сои сорта Ланцетная.

Таблица 8 – Засорённость посевов сои малолетними сорняками, шт./м² (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)				Среднее по фактору А	
	Ланцетная		Белгородская 48			
	Фаза учёта засорённости посевов					
	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры
Контроль (без удобрений)	43,9	4,5	46,2	6,6	45,0	5,6
Компост	54,6	5,5	57,2	6,2	55,9	5,9
Компост + Наа	58,1	6,9	59,1	6,2	58,6	6,5
Компост + Наа + Азосол	55,7	6,9	61,3	7,0	58,5	6,9
Компост + Азосол	59,9	6,2	58,4	6,1	59,2	6,1
Наа + Азосол	58,9	5,3	59,7	7,7	59,3	6,5
Наа	54,8	5,3	55,2	5,4	55,0	5,3
Азосол	58,3	5,9	52,6	5,3	55,5	5,6
Среднее по фактору В	55,5	5,8	56,2	6,3		
НСР ₀₅ А	1,98	0,35	–	–	–	–
НСР ₀₅ В и АВ	–	–	–	–	3,96	0,71

К уборке сои общее количество малолетних сорняков в посевах снижалось в 9–10 раз. Однако в целом независимо от варианта удобрения значимо больше засорены были посеы сои сорта Белгородская 48. В то же время, анализ отдельных вариантов применения удобрений установил неоднозначную реакцию сортов. Данный показатель был достоверно выше в посевах сои сорта Белгородская 48 на контрольном варианте, при внесении компоста и при совместном использовании минеральных удобрений. Тогда как в посевах сои сорта Ланцетная отрицательную роль сыграли совместное использование компоста и аммиачной селитры и отдельно некорневой подкормки препаратом Азосол.

Влияние удобрений в этот период сокращалось. Достоверно большей

засорённость была только при использовании аммиачной селитры на вариантах применения двух- и трёхкомпонентных удобрений.

Многолетние сорняки представляют для культурных растений большую опасность по причине высокой конкурентоспособности, глубокого проникновения разветвлённой корневой системы, а также способности к быстрому отрастанию при их механическом истреблении.

В посевах сои на территории проведения исследования многолетние сорные растения были представлены в основном следующими видами:

- осот полевой (*Sonchus arvensis* L.);
- бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.);
- пырей ползучий (*Elitrigia repens* L. Nevski).

Данные по засорённости посевов сои многолетними сорняками представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Засорённость посевов сои многолетними сорняками, шт./м² (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)				Среднее по фактору А	
	Ланцетная		Белгородская 48			
	Фаза учёта засорённости посевов					
	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры
Контроль (без удобрений)	4,7	2,5	3,7	1,9	4,2	2,2
Компост	5,6	2,5	5,5	2,7	5,6	2,6
Компост + Наа	7,0	2,9	7,3	3,1	7,2	3,0
Компост + Наа + Азосол	8,3	2,5	9,0	3,6	8,7	3,1
Компост + Азосол	5,5	3,0	6,1	2,5	5,8	2,7
Наа + Азосол	5,6	2,6	5,4	2,0	5,5	2,3
Наа	7,2	2,9	6,1	2,3	6,7	2,6
Азосол	5,8	2,1	5,1	2,3	5,4	2,3
Среднее по фактору В	6,2	2,6	6,0	2,5	6,1	2,6
НСР ₀₅ А	0,33	0,30	–	–	–	–
НСР ₀₅ В и АВ	–	–	–	–	0,66	0,61

Количество многолетних сорняков перед обработкой гербицидами в среднем за три года изменялось от 4,7 до 8,3 шт./м² в посевах сои Ланцетной и от 3,7 до 9,0 шт./м² в посевах сои Белгородская 48 в зависимости от вариантов удобренности (Таблица 9). Минимальной засорённость была на контрольных вариантах, максимальной – на варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» вне зависимости от сорта.

Использование органических и минеральных удобрений достоверно увеличивало засорённость многолетними сорняками посевов сои обоих сортов перед обработкой гербицидами: в 1,2–1,8 раза – в посевах сои раннеспелого сорта и в 1,4–2,4 раза – в посевах сои среднеспелого сорта. Влияние сорта в этот период выявлено не было, хотя на отдельных удобренных вариантах сортовые отличия были отмечены. Например, существенно большей засорённость посевов сои сорта Белгородская 48 была при использовании двух- и трёхкомпонентных удобрений на основе компоста, засорённость посевов сои сорта Ланцетная была выше на контрольном варианте и при самостоятельном использовании минеральных удобрений.

Ко времени уборки засорённость посевов многолетними сорняками в среднем сократилась в 2,4 раза. Следует отметить, что в этот период влияние удобрений на уровень засорённости отмечалось только в посевах сои сорта Белгородская 48. Существенно она возростала при использовании удобрений на основе компоста, за исключением варианта его совместного использования с препаратом Азосол.

Влияние сорта было неоднозначным. Засорённость посевов сои сорта Ланцетная была достоверно выше на следующих вариантах применения удобрений: «аммиачная селитра», «аммиачная селитра + Азосол», «компост + Азосол», а также «контроль (без удобрений)». Существенно выше засорённость посевов сои сорта Белгородская 48 была на варианте совместного применения компоста, аммиачной селитры и препарата Азосол.

Таким образом, результаты учёта многолетних сорняков в первый период свидетельствуют, что применение удобрений отрицательно влияло на засорённость

посевов обоих изучаемых сортов. Наибольшее влияние оказывало совместное использование компоста и аммиачной селитры. Именно эти варианты, а также применение только компоста сохранили своё достоверное влияние к началу уборки культуры, но только в посевах сои сорта Белгородская 48.

В характеристике вредоносности сорняков важным показателем является накопление ими сухой массы. Учёт воздушно-сухой массы сорняков перед обработкой гербицидами показал, что на контрольном варианте без применения удобрений она была наименьшей вне зависимости от сорта – 13,2–13,8 г/м² (Таблица 10). Применение удобрений достоверно увеличивало данный показатель на 15–37 %. В среднем максимальная масса сорняков отмечалась при использовании полного трёхкомпонентного удобрения. Такой же характер влияния полного трёхкомпонентного удобрения сохранялся на данном варианте и ко времени уборки сои. Существенно выше масса сорняков в этот период была и в случае использования компоста с аммиачной селитрой (23–32 %).

Таблица 10 – Воздушно-сухая масса сорняков в посевах сои, г/м² (2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)				Среднее по фактору А	
	Ланцетная		Белгородская 48			
	Фаза учета засоренности посевов				до гербицидной обработки	перед уборкой культуры
	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры	до гербицидной обработки	перед уборкой культуры		
Контроль (без удобрений)	13,8	2,0	13,2	2,4	13,5	2,2
Компост	15,9	2,3	16,1	2,6	16,0	2,4
Компост + Наа	16,0	2,8	17,1	2,7	16,6	2,7
Компост + Наа + Азосол	18,6	2,7	18,0	3,0	18,3	2,9
Компост + Азосол	14,8	2,6	16,6	2,4	15,7	2,5
Наа + Азосол	16,1	2,3	18,1	2,8	17,1	2,5
Наа	16,3	2,3	16,8	2,2	16,6	2,3
Азосол	17,2	2,2	16,0	2,1	16,6	2,1
Среднее по фактору В	16,1	2,4	16,5	2,5	16,3	2,5
НСР ₀₅ А	0,60	0,18	–	–	–	–
НСР ₀₅ В и АВ	–	–	–	–	1,20	0,36

Разница величины засорённости посевов на всех остальных удобренных вариантах по сравнению с контролем находилась в пределах ошибки опыта. Влияния сортовых отличий на данный показатель выявлено не было. Лишь на отдельных вариантах применения удобрений он был больше преимущественно в посевах сои сорта Белгородская 48. Таким образом, засорённость посевов сои зависела в основном от удобренности посевов, особенно перед гербицидной обработкой. Влияние сорта проявлялось лишь в отдельных случаях.

Количество малолетних сорняков в посевах сои значительно увеличивалось (на 14–36 %) при использовании удобрений и по мере повышения уровня насыщенности посевов сои обоих сортов удобрениями, достоверных различий между которыми в начальный период учёта не было. К уборке, несмотря на общее снижение количества сорняков этой группы в 9–10 раз, отмеченная направленность влияния удобрений сохранялась, однако в этот период достоверно больше засорялись посева сои сорта Белгородская 48.

Применение органических и минеральных удобрений также существенно увеличивало засорённость посевов многолетними сорняками, максимально больше при совместном использовании компоста и аммиачной селитры – в 1,2–2,4 раза по сравнению с контролем. Именно эти варианты сохраняли своё отрицательное влияние к уборке. Влияния сорта на данный показатель выявлено не было.

Установленные тенденции в основном характерны в отношении сухой массы сорняков: ярко выраженное отрицательное влияние удобрений, ухудшающих по мере повышения их доз фитосанитарное состояние посевов в период перед обработкой гербицидами, и его нивелирование к уборке, за исключением двух вариантов: при совместном использовании компоста и аммиачной селитры. Очевидно, удобрения повышали конкурентоспособность сорняков, особенно в начальные фазы развития сои. Влияние сорта проявлялось лишь на отдельных удобренных вариантах с общей тенденцией большей засорённости посевов сои среднеспелого сорта Белгородская 48. Очевидно, принадлежность сорта Ланцетная к раннеспелой группе обеспечивало его лучшими конкурентными возможностями.

3.5 Динамика органического вещества и элементов питания в почве в зависимости от уровня удобрения посевов сои

В настоящее время соя входит в группу культур, отличающихся наибольшей доходностью, вследствие чего сельхозтоваропроизводители постоянно стремятся к получению высоких урожаев этой культуры.

Продукционный потенциал сои значителен – 4–6 т/га семян (Алексеевкова Е.Г., 2020; Кузнецов И.И., Амелин А.В., 2011). Однако для его достижения требуется большое количество элементов питания. Как уже упоминалось, несмотря на высокую обеспеченность сои азотом (благодаря азотфиксации – до 50–70 % от потребности), этого недостаточно для реализации биопродукционного потенциала культуры (Патыка В.Ф. с соавт., 1992; Кашукоев М.В., 1997; Пенчуков В.М. с соавт., 2004; Губанов П.Е. с соавт., 2007).

Задача рационального управления питательным режимом почвы при выращивании сои заключается в подборе и оптимальном применении различных видов удобрений с учётом следующих факторов:

- увеличение урожайности и получение экологически и экономически обоснованного объёма продукции;
- усиление роли симбиотического аппарата;
- повышение плодородия почвы.

Учитывая сроки внесения изучаемых удобрений: осень (соломопомётный компост), весна (аммиачная селитра) и лето (Азосол 36 Экстра), когда в период посева невозможно установить влияние каждого в отдельности, было принято решение оценить действие и взаимовлияние органических и минеральных удобрений на плодородие почвы по динамике его показателей с момента внесения компоста до уборки сои.

Содержание в почве органического вещества и его качественный состав во многом определяют плодородие почвы, состояние его агрофизических, агрохимических и биологических показателей, продукционные возможности, санитарные функции, буферность и способность к дезактивации негативных воздействий. Благодаря органическому веществу оптимизируются процессы

накопления и мобилизации элементов питания и их сопряжённость с требованиями растений и почвенной биоты.

Пополнение почвы органическим веществом является основой воспроизводства плодородия и рационального использования минеральных удобрений. Органические удобрения, будь они животного или растительного происхождения, – это всегда удобрения комплексные, имеющие в своём составе весь набор макро- и микроэлементов в соотношении, очевидно, изначально благоприятном для растений, учитывая их родственную природу.

Вследствие присущей органическому веществу почвы инерции, наиболее информативный результат его динамики возможен после длительного периода, кратного ротации севооборота, в котором присутствуют культуры, имеющие разнонаправленное влияние на уровень воспроизводства данного показателя. Ценность сельскохозяйственных культур возрастает с увеличением их почвовосстанавливающей способности, которая зависит в том числе от выбора агротехнических приёмов.

Учитывая значение органического вещества для плодородия почвы, крайне важно оценить динамику его содержания при применении органических и минеральных удобрений и их совместного использования в посевах сои.

Результаты трёхлетних исследований свидетельствуют о том, что отрицательный баланс органического вещества отмечался на контрольном варианте без удобрений ($-0,94\%$) и при применении только некорневой подкормки Азосолом ($-0,22\%$) (Рисунок 6) (The balance..., 2021). Это вполне объяснимо, поскольку как в первом, так и во втором случае в почву не привносились удобрения, и для формирования урожая использовалось потенциальное плодородие чернозёма типичного, что приводило к минерализации органического вещества.

При внесении в почву удобрений отмечался положительный баланс, величина которого значительно изменялась по вариантам опыта. Наибольшая величина прироста органического вещества была на вариантах совместного применения компоста и аммиачной селитры – $0,52-0,68\%$.

Применение препарата Азосол приводило к небольшому снижению баланса органического вещества, очевидно, вследствие большей урожайности сои при применении трёхкомпонентного удобрения. Такое же влияние Азосол оказывал и при совместном его применении в двухкомпонентных вариантах с компостом и аммиачной селитрой. По сравнению с обособленным применением компоста значение баланса уменьшалось на 0,04 %, аммиачной селитры – на 0,1 %. Можно предположить, что микроэлементное удобрение способствовало дополнительной мобилизации элементов питания из органического вещества почвы. Это могло быть следствием и возросшей урожайности сои, и усилением активности симбиотического аппарата, которое отмечалось на вариантах применения Азосола (раздел 4.1).

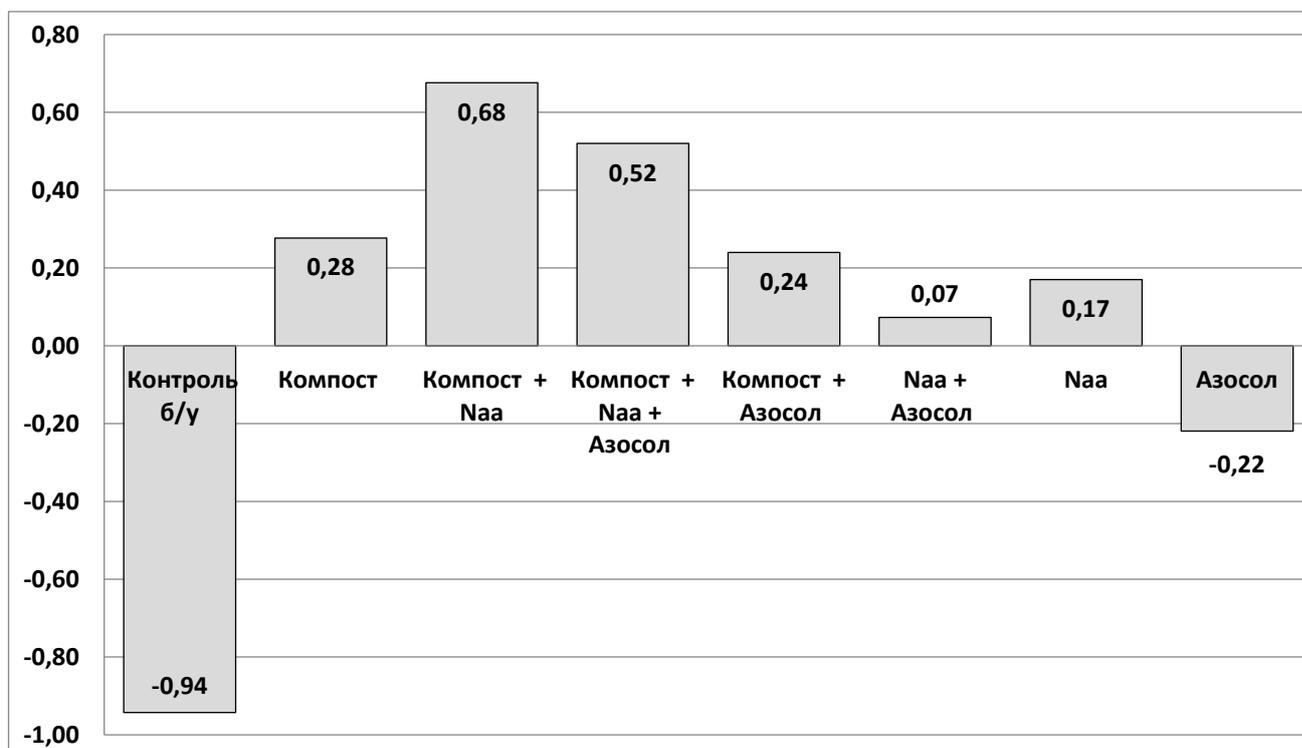


Рисунок 6 – Баланс органического вещества в почве в зависимости от уровня удобрения, % (в среднем за 2014–2016 гг.)

Сортовая специфичность в отношении баланса органического вещества почвы проявлялась в том, что его положительная величина при выращивании сои среднеспелого сорта Белгородская 48 сохранялась только на вариантах применения компоста и совместного использования компоста с аммиачной селитрой в двух- и трёхкомпонентном удобрении – 0,25–0,82 % (Таблица 11).

Таблица 11 – Баланс органического вещества почвы в зависимости от сорта сои и удобрений, % (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	перед внесением компоста	в период уборки	баланс	перед внесением компоста	в период уборки	баланс
Контроль (без удобрений)	5,31	4,23	-1,08	5,51	4,70	-0,80
Компост	5,38	5,68	0,30	5,53	5,79	0,25
Компост + Наа	5,31	5,84	0,53	5,43	6,25	0,82
Компост + Наа + Азосол	5,34	5,73	0,39	5,37	6,01	0,65
Компост + Азосол	5,35	5,96	0,60	5,42	5,30	-0,12
Наа + Азосол	5,07	5,53	0,46	5,56	5,25	-0,31
Наа	5,17	5,67	0,50	5,61	5,43	-0,17
Азосол	5,33	5,16	-0,17	5,26	4,99	-0,27

Как уже отмечалось выше, применение препарата Азосол снижает эффективность соломопомётного компоста, в данном случае – до отрицательного баланса (-0,12 %). Отрицательный баланс также отмечался при применении минеральных удобрений. Очевидно, что прирост коревой системы и микробиологического пула не компенсирует недостаток органических удобрений.

Раннеспелый сорт Ланцетная способствует поддержанию положительного баланса органического вещества на всех вариантах внесения удобрений в почву. Можно предположить, что формирование урожая у сои сорта с более коротким периодом вегетации идёт в большей степени за счёт минерального азота удобрений и почвы.

Этот вывод подтверждают данные, представленные в таблице 2. Баланс по содержанию легкогидролизуемого азота в почве посевов сои раннеспелого сорта Ланцетная отрицательный, кроме двух вариантов совместного применения соломопомётного компоста и аммиачной селитры. На этих вариантах внесение удобрений способствовало переводу почвы в другой класс обеспеченности – из

низкого в средний – и сохранению такого статуса до конца вегетации – на уровне 155,0–159,4 мг/кг почвы, что обусловлено максимальным поступлением азота в почву за счёт внесения данных удобрений (Таблица 12).

Таблица 12 – Динамика содержания легкогидролизуемого азота в почве при выращивании сои в зависимости от уровня удобренности, мг/кг почвы (2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	перед внесением компоста	в период уборки	баланс	перед внесением компоста	в период уборки	баланс
Контроль (без удобрений)	146,2	142,0	–4,3	154,2	146,9	–7,3
Компост	154,2	145,8	–8,4	152,7	147,4	–5,3
Компост + Наа	148,9	155,0	6,1	162,2	162,7	0,6
Компост + Наа + Азосол	150,2	159,4	9,2	156,6	163,8	7,2
Компост + Азосол	158,8	143,5	–15,4	145,5	159,6	14,1
Наа + Азосол	146,2	144,1	–2,2	148,3	157,4	9,1
Наа	148,7	141,3	–7,4	153,4	147,0	–6,4
Азосол	145,7	138,0	–7,7	140,3	138,3	–2,0

Сопоставление данных по балансам органического вещества и азота в почве посевов сои среднеспелого сорта Белгородская 48, особенно на вариантах «компост + Азосол» и «аммиачная селитра + Азосол», подтверждает предположение, что для формирования фитомассы и урожая семян данный сорт преимущественно использует азот органического вещества почвы. При применении этих удобрений динамика данного элемента положительная – 9,1–14,1 мг/кг почвы, а органического вещества – отрицательная.

В целом можно предположить, что при формировании урожая сои применение органического и минеральных удобрений по отдельности не компенсировало потребность культуры в азоте. На этих вариантах так же, как и на контроле наблюдалась отрицательная динамика содержания легкогидролизуемого азота – минус 4,9–6,9 мг/кг почвы (Рисунок 7).

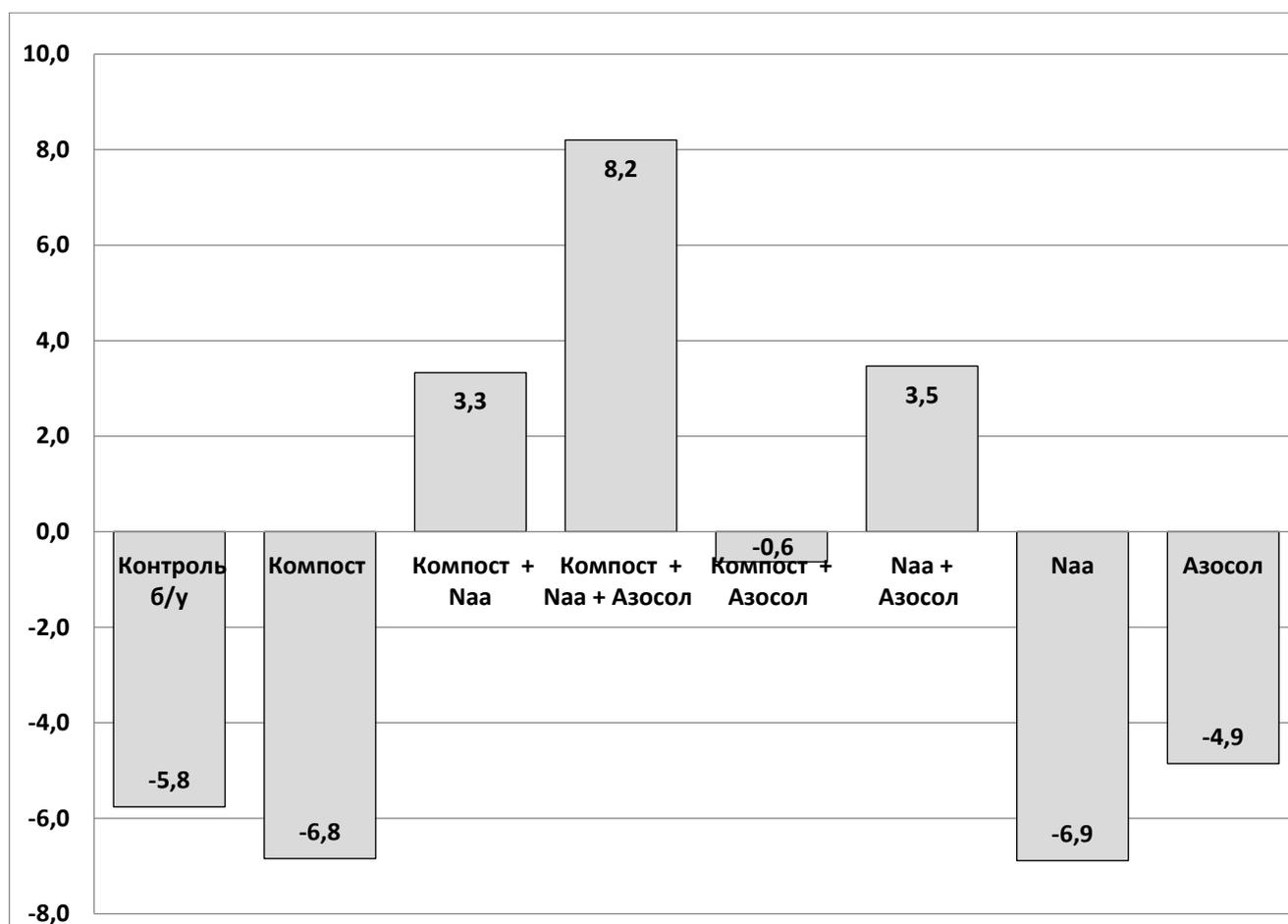


Рисунок 7 – Баланс содержания легкогидролизуемого азота в зависимости от уровня удобренности, мг/кг почвы (в среднем за 2014–2016 гг.)

Совместное внесение в почву соломопомётного компоста и аммиачной селитры, а также комплексное применение минеральных удобрений способствовало поддержанию положительного баланса легкогидролизуемого азота в почве, содержание которого в двухкомпонентных удобрениях с аммиачной селитрой составляло 3,3–3,5 мг/кг, при применении всех удобрений – 8,2 мг/кг.

Положительная динамика содержания легкогидролизуемого азота в почве может свидетельствовать о достаточном уровне обеспеченности (об отсутствии недостатка) растений сои этим элементом питания, определяющим в значительной степени накопление белка в семенах. Косвенным подтверждением этому может служить наибольшее содержание белка в семенах сои и раннеспелого, и среднеспелого сортов на вариантах применения компоста и аммиачной селитры (раздел 5.2).

Очевидно, что именно органический компонент удобрений обеспечил

оптимальный режим продуцирования и запасаания белков, поскольку при совместном применении аммиачной селитры и препарата Азосол, несмотря на положительную динамику содержания легкогидролизуемого азота, содержание белка в семенах обоих сортов было минимальным, превосходя только контрольный вариант.

Оптимальная обеспеченность азотом растений сои зависит не только от количества доступных для растений форм легкогидролизуемого азота в почве, но и от сбалансированного поступления подвижного фосфора и обменного калия.

Значение фосфора в жизни растений трудно переоценить. Это незаменимый элемент, играющий важную роль в обменных процессах, процессах фотосинтеза, дыхания, способствующий симбиотической фиксации азота. Вследствие чего во многих исследованиях была установлена высокая отзывчивость сои на фосфорные удобрения (Phosphorus and Potassium..., 2017). Анализ содержания подвижного фосфора в чернозёме типичном при выращивании сои показал, что почва опытного участка относится к классу повышенного содержания элемента – от 111,2 до 132,5 мг/кг (перед внесением компоста) (Таблица 13).

Таблица 13 – Динамика подвижного фосфора в чернозёме типичном при выращивании сои, мг/кг почвы (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	перед внесением компоста	в период уборки	баланс	перед внесением компоста	в период уборки	баланс
Контроль (без удобрений)	122,6	113,3	–9,3	132,5	118,9	–13,6
Компост	121,6	170,7	49,1	131,2	169,1	37,9
Компост + Наа	132,3	195,5	63,3	132,0	163,0	30,9
Компост + Наа + Азосол	124,6	163,2	38,6	131,0	181,0	50,0
Компост + Азосол	111,2	143,4	32,3	127,0	167,1	40,2
Наа + Азосол	121,8	87,1	–34,7	116,7	76,9	–39,8
Наа	115,8	82,4	–33,4	114,8	83,4	–31,5
Азосол	119,0	120,7	1,7	114,9	99,9	–15,0

При внесении компоста отдельно или вместе с минеральными удобрениями к уборке культуры произошло увеличение содержания подвижного фосфора в почве и перевод её по группировке на градацию выше – в высокий класс обеспеченности (163–196 мг/кг), кроме варианта «компост + Азосол» в посевах сои раннеспелого сорта Ланцетная.

Следует отметить, что динамика содержания подвижного фосфора в почве в посевах изучаемых сортов в основном имела сходные черты и не зависела от сортовой принадлежности. Отмечался отрицательный баланс на контрольном варианте без удобрений и при применении минеральных удобрений, что вполне справедливо, поскольку на данных вариантах фосфор не вносился в почву, а рост и развитие растений происходило за счёт потенциального плодородия чернозёма типичного. В результате при применении аммиачной селитры отдельно и вместе с препаратом Азосол к уборке по обеспеченности подвижным фосфором (77–87 мг/кг) почва относится к более низкому классу – среднему, так же как и в случае применения некорневой подкормки посевов сои среднеспелого сорта Ланцетная (100 мг/кг).

Таким образом, на динамику содержания подвижного фосфора в почве оказали влияние в основном удобрения. Прирост этого элемента в почве связан с внесением компоста и составил от 36 до 47 мг/кг, очевидно, всецело обеспечив биопродукционный процесс этим элементом питания (Рисунок 8).

Величина отрицательного баланса содержания подвижного фосфора в чернозёме типичном при применении минеральных удобрений (от –7 до –37 мг/кг), вероятно, обусловлена уровнем азотного питания и, в конечном итоге, продуктивностью культуры.

Для растений калий так же необходим, как и азот, и фосфор. Калий участвует в фотосинтезе и переносе его продуктов, регулировании водного режима выращиваемых растений, способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды и симбиотической активности, урожайности семян сои и содержания в них белка.

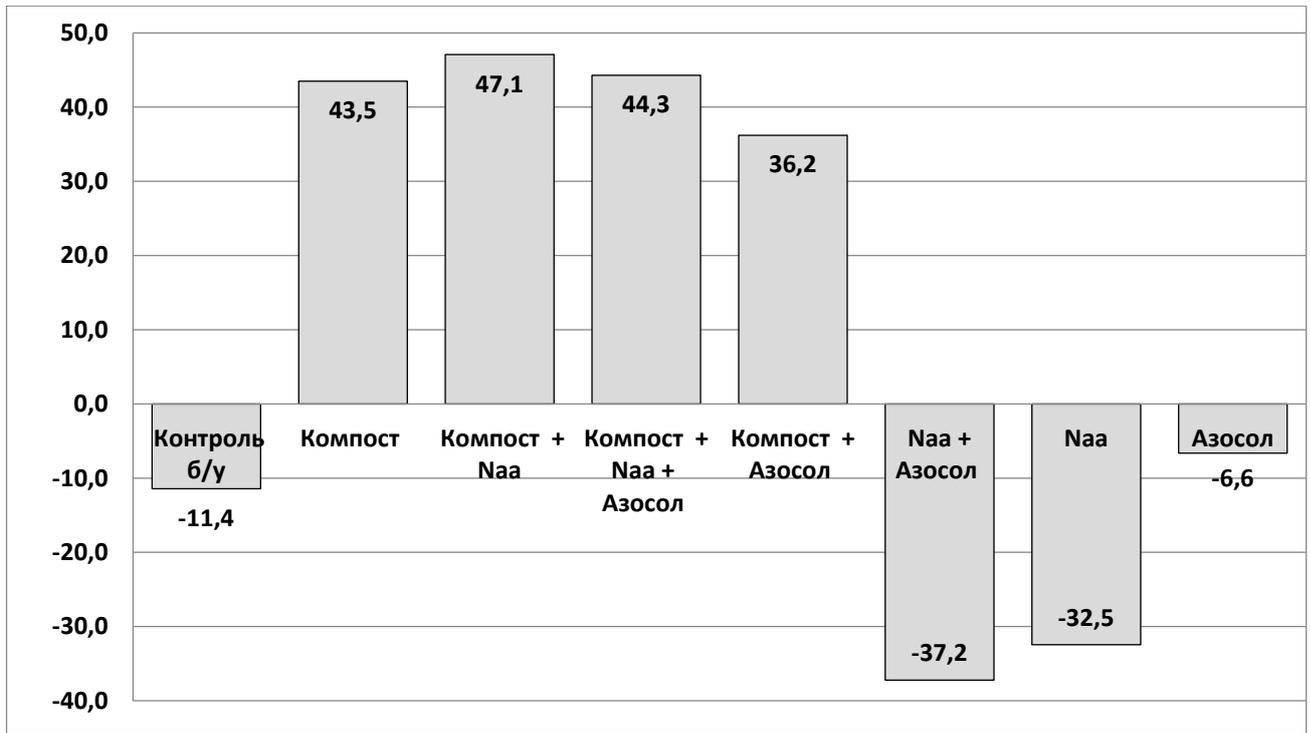


Рисунок 8 – Баланс содержания подвижного фосфора в чернозёме типичном при применении минеральных удобрений, мг/кг (в среднем за 2014–2016 гг.)

Анализ динамики содержания в почве обменного калия указывает на принципиальное сходство его с балансом подвижного фосфора, очевидно, вследствие сопряженности их потребления растениями сои в зависимости от вносимых удобрений. Положительный баланс содержания обменного калия также отмечался на всех вариантах с внесением соломопомётного компоста: от 5,4 мг/кг в случае однокомпонентного удобрения до 21–43 мг/кг – при совместном применении компоста с минеральными удобрениями (Рисунок 9). Без дополнительного внесения калийсодержащих удобрений, динамика содержания обменного калия в почве была отрицательной от –7 до –22 мг/кг, кроме варианта применения препарата Азосол в посевах сои раннеспелого сорта Ланцетная (6,2 мг/кг) (Таблица 14). Не считая количественных значений, это единственное отличие между сортами по данному показателю.

До внесения удобрений почва участка характеризовалась пограничным состоянием по обеспеченности обменным калием между повышенным и высоким: содержание этого элемента изменялось от 112 до 125 мг/кг. На вариантах применения компоста содержание обменного калия повысилось до 125–168 мг/кг и относилось к высокому классу обеспеченности.

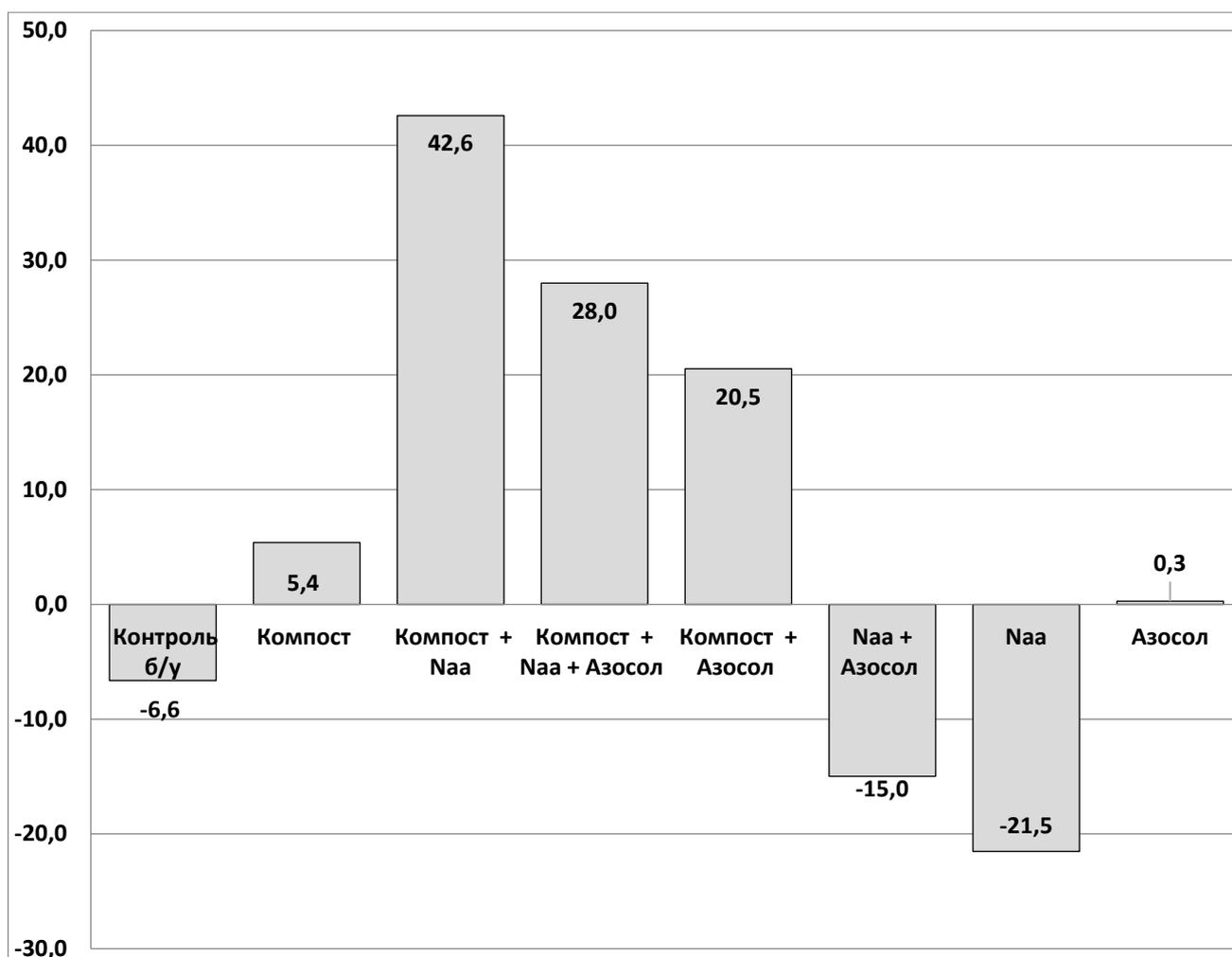


Рисунок 9 – Баланс содержания обменного калия в почве в зависимости от уровня удобрения, мг/кг (в среднем за 2014–2016 гг.)

Таблица 14 – Содержание обменного калия в зависимости от сорта сои и удобрений, мг/кг почвы (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	перед внесением компоста	в период уборки	баланс	перед внесением компоста	в период уборки	баланс
Контроль (без удобрений)	117,1	114,6	-2,5	124,8	114,0	-10,8
Компост	120,6	125,4	4,8	120,1	126,0	6,0
Компост + Наа	123,3	168,4	45,1	116,1	156,1	40,1
Компост + Наа + Азосол	117,5	147,3	29,8	124,5	150,8	26,3
Компост + Азосол	114,8	126,5	11,8	124,0	153,3	29,3
Наа + Азосол	124,4	108,6	-15,8	117,2	103,0	-14,2
Наа	123,3	104,6	-18,6	112,4	88,0	-24,4
Азосол	112,7	118,9	6,2	119,4	113,8	-5,7

Таким образом, в результате трехлетних исследований установлено, что без внесения удобрений в почву на контрольном варианте и при применении некорневой подкормки отмечался отрицательный баланс органического вещества – соответственно $-0,94\%$ и $-0,22\%$. Наибольшая величина прироста органического вещества в почве была на вариантах совместного применения компоста и аммиачной селитры – $0,52-0,68\%$. Сочетание компоста и аммиачной селитры, а также комплексное применение минеральных удобрений способствовало поддержанию положительного баланса легкогидролизуемого азота в почве от 3,3 до 8,2 мг/кг.

Анализ динамики органического вещества и азота позволил предположить, что для формирования урожая растения сои раннеспелого сорта Ланцетная преимущественно использовали элементы питания минеральных удобрений, тогда как растения сои среднеспелого сорта Белгородская 48 более отзывчивы на применение компоста.

Увеличение содержания подвижного фосфора в почве на 36–47 мг/кг связано с внесением компоста. Это способствовало переводу по группировке на градацию выше – в высокий класс обеспеченности (163–196 мг/кг). Величина отрицательного баланса при применении минеральных удобрений (от -7 до -32 мг/кг), вероятно, обусловлена уровнем азотного питания и, в конечном итоге, продуктивностью культуры. Внесение компоста также способствовало положительному балансу содержания обменного калия: от 5,4 до 43 мг/кг, содержание элемента в почве повысилось до 125–168 мг/кг и относилось к высокому классу обеспеченности.

В результате исследования влияния органических и минеральных удобрений, применяемых при выращивании сои сортов разных групп спелости, на свойства чернозёма типичного установлено, что фактор удобрения являлся определяющим в регулировании питательных режимов почвы, её агрофизических, агрохимических и биологических свойств. Различия в скороспелости изучаемых сортов обусловили эффективность потребления влаги, засорённость посевов и особенности использования элементов питания на создание урожая.

Применение соломопомётного компоста приводило к достоверному

увеличению запасов влаги на 9,3 мм/га в период сева. К уборке отмечена существенная разница между вариантом применения компоста, где содержание влаги в почве было наибольшим – 54,9 мм/га, и вариантами применения аммиачной селитры в двух- и трёхкомпонентных удобрениях, где запасы продуктивной влаги в период роста и развития культуры снижались на 90–97 мм/га. В целом удобрения повышали эффективность водопотребления посевами сои на 8–18 %.

В большей степени коэффициент водопотребления снижался при применении органического удобрения, особенно при повышении уровня насыщенности посевов удобрениями, минимальное значение отмечено на варианте применения трёхкомпонентного удобрения – 750 м³/т в среднем. Растения среднеспелого сорта Белгородская 48 более экономично расходовали влагу на производство единицы продукции.

В течение вегетационного периода сои не отмечено существенных различий в плотности почвы в зависимости от изучаемых факторов. В целом показатель был благоприятным для роста и развития культуры. Небольшое превышение над оптимальной величиной отмечено в нижнем (20–40 см) слое почвы.

Повышение биологической активности чернозёма типичного происходило при внесении соломопомётного компоста и аммиачной селитры. Эффективность подкормки препаратом Азосол 36 Экстра определялась только на варианте применения полного трёхкомпонентного удобрения, на фоне которого отмечена сильная интенсивность разложения клетчатки – 51,5 %.

По мере повышения уровня насыщенности почвы удобрениями в период посева культуры значительно увеличивалось количество и малолетних (на 14–36 %), и многолетних (в 1,2–2,4 раза) сорняков в посевах сои, в наибольшей степени при совместном использовании компоста и аммиачной селитры. К уборке, несмотря на общее снижение количества сорняков, отмеченная направленность влияния удобрений сохранялась, при этом достоверно больше засорились посевы сои сорта Белгородская 48.

Повышение уровня удобренности посевов сои на основе использования соломопомётного компоста способствовало положительной динамике

органического вещества и элементов питания (NPK) в чернозёме типичном. Внесение компоста обусловило увеличение содержания подвижного фосфора в почве на 36–47 мг/кг и обменного калия на 5,4–43 мг/кг. Наибольшая величина прироста органического вещества в почве была отмечена на вариантах совместного применения компоста и аммиачной селитры – 0,52–0,68 %. Сочетание компоста и аммиачной селитры, а также комплексное применение минеральных удобрений способствовало поддержанию положительного баланса легкогидролизуемого азота в почве – от 3,3 до 8,2 мг/кг.

Сортовые различия проявились в преимущественном использовании для формирования урожая растениями сои раннеспелого сорта Ланцетная азота минеральных удобрений, тогда как растения сои среднеспелого сорта Белгородская 48 были более отзывчивыми на применение соломопомётного компоста.

4 СИМБИОТИЧЕСКАЯ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ УДОБРЕННОСТИ ПОСЕВОВ

4.1 Динамика формирования основных показателей симбиотического аппарата растений сои

Высокое содержание белка в вегетативной массе и в зерне сои определяет большую потребность культуры в азоте, которая в немалой степени удовлетворяется за счёт его азотфиксации из атмосферы.

Связывается молекулярный азот воздуха в результате симбиоза растений со специфической группой клубеньковых бактерий – *Rhizobium japonicum*. Заражение ими корневой системы сои происходит через корневые волоски или поврежденные клетки эпидермиса. Инфицированные клубеньковыми бактериями, а также соседние, незараженные клетки коры корня начинают активно делиться, что приводит к образованию вздутия – клубенька. Число клубеньков на одном растении сои может варьировать в значительных пределах – от единичных до нескольких сотен.

Высокой эффективностью для повышения симбиотической активности сои обладает такой приём, как инокуляция семян клубеньковыми бактериями, но только тогда, когда их почвенные популяции малочисленны или полностью отсутствуют (Васильчиков А.Г., 2013). В противном случае при длительном выращивании сои и наличии в почве спонтанной расы клубеньковых бактерий предпосевная инокуляция не эффективна. Это подтверждается сравнительным анализом показателей симбиотического аппарата сои в двух опытах, проведённых в одно время на одном ландшафтном массиве – нами без инокуляции и С.И. Смуровым с соавторами (2017) с использованием инокулянта.

О размерах симбиотического аппарата бобовых растений можно судить, прежде всего, по количеству и массе клубеньков. При этом наибольший интерес представляют активные клубеньки, то есть содержащие леглоббин, регулирующий кислородный режим внутри клубеньков, от массы и количества которых зависит активный симбиотический потенциал и, в конечном счёте, масштабы азотфиксации.

Анализ количества активных клубеньков на корнях растений в различные фазы развития сои выявил, что этот показатель не зависел от сортовой принадлежности растений, а всецело определялся вариантом удобрения посевов. Без внесения удобрений отмечалось незначительное их количество: в фазе ветвления – 1,2 шт./раст., цветения – 2,4 и налива бобов – 3,1 шт./раст. (Рисунок 10). Увеличение числа клубеньков при внесении только компоста было недостоверным, тогда как все остальные варианты существенно повышали данный показатель – в 1,8–4,2 раза (Formation of the Simbiotic ..., 2017).

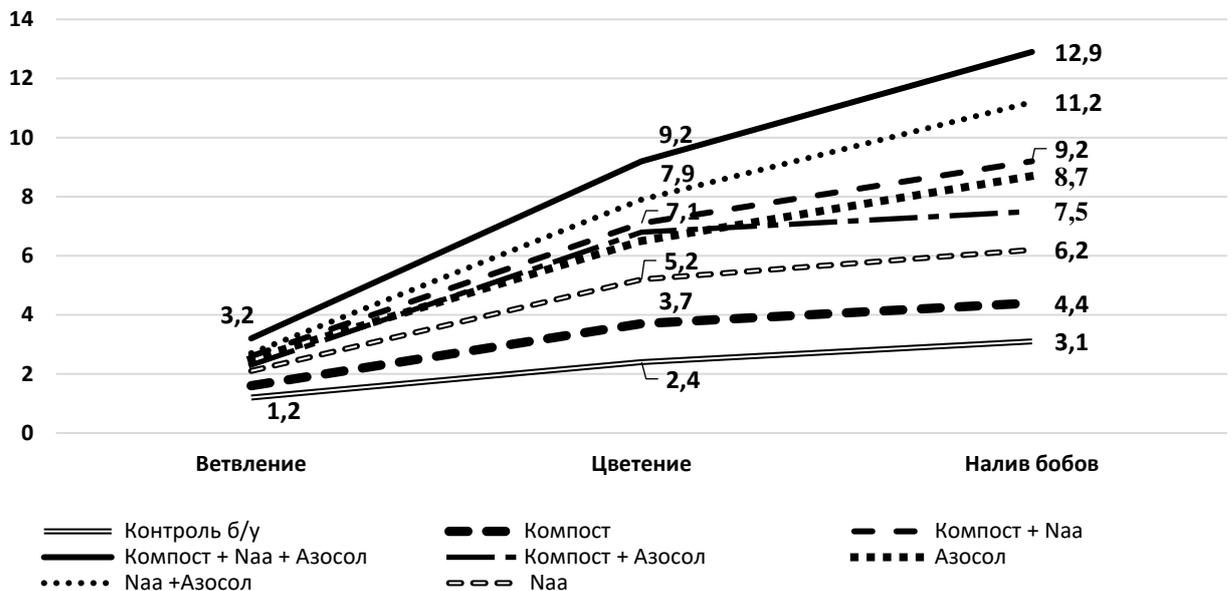


Рисунок 10 – Число активных клубеньков на корнях растений сои, шт./раст. (в среднем за 2015–2016 гг.)

Из трёх удобрений при их отдельном применении наибольший эффект оказывала некорневая подкормка препаратом Азосол, которая обеспечивала в фазе налива бобов 8,7 шт./раст. Эффективность этого препарата возросла при его совместном использовании с аммиачной селитрой – 11,2 шт./раст., и максимальный эффект достигался при применении минеральных удобрений на фоне компоста – 12,9 шт./раст. Следует отметить, что компост и аммиачная селитра при их совместном применении значительно усиливали действие друг друга – в 1,5–2,1 раза, причём на данных вариантах отмечали и более высокие показатели увеличения числа клубеньков в процессе вегетации культуры – на 40–60 % по сравнению с контролем.

Масса активных клубеньков находилась в прямой зависимости от их количества. Во все фазы вегетации отмечено положительное влияние различных видов удобрений и их сочетаний на данный показатель, кроме отдельного внесения компоста. Распределение влияния применяемых удобрений на массу клубеньков было аналогичным распределению влияния вариантов на количество клубеньков на единице площади (Рисунок 11). Усиление влияния происходит в следующей последовательности: «аммиачная селитра», «компост + Азосол», «Азосол», «компост + аммиачная селитра», «аммиачная селитра + Азосол», «компост + аммиачная селитра + Азосол», то есть по мере повышения уровня насыщенности посевов удобрениями масса клубеньков возрастала в 1,7–3,4 раза. Следует отметить, что темпы увеличения данного показателя на вариантах использования некорневой подкормки выше по сравнению с остальными вариантами в 1,5 раза.

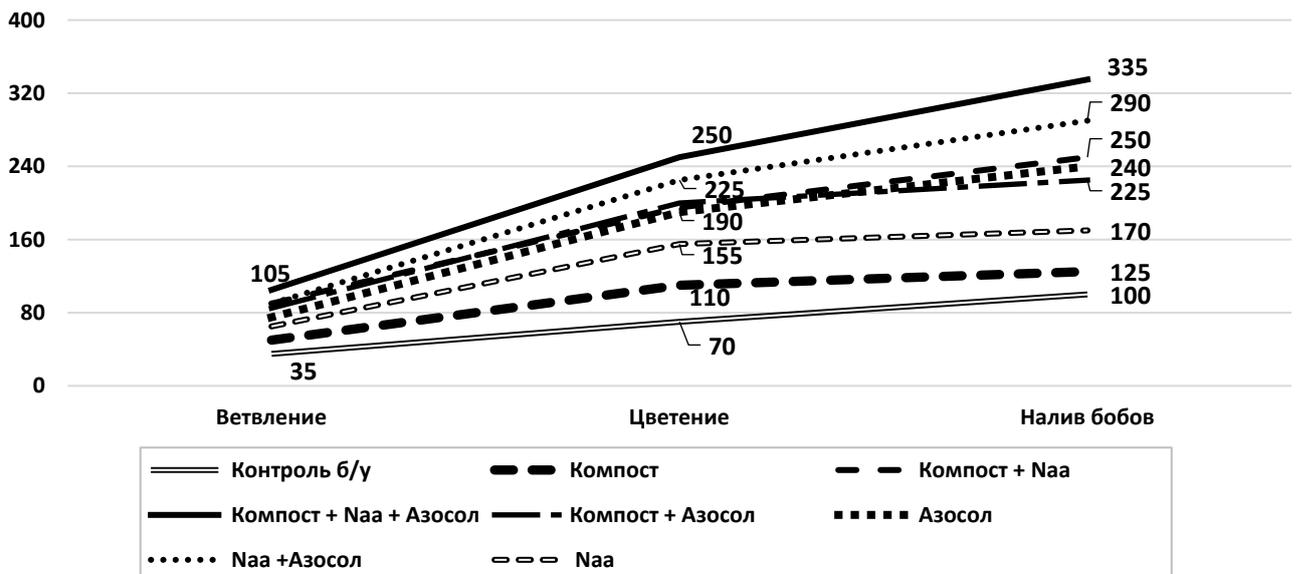


Рисунок 11 – Масса активных клубеньков на корнях растений сои, мг/раст. (в среднем за 2015–2016 гг.)

Общее количество клубеньков на единице площади зависит как от их числа на одном растении, так и от густоты стояния растений сои. Учитывая отсутствие влияния сорта на плотность посевов и аналогичное влияние удобрений на этот показатель, варианты удобрения влияют на общее количество клубеньков в той же мере, как и на их количество на одном растении. Наибольшее положительное влияние оказывало применение полного трёхкомпонентного удобрения – 6,2–6,5 млн шт./га, несколько меньшее – совместное применение аммиачной селитры и

препарата Азосол и совместное применение аммиачной селитры с компостом – соответственно 5,2–5,0 и 4,1–4,3 млн шт./га (Рисунок 12).

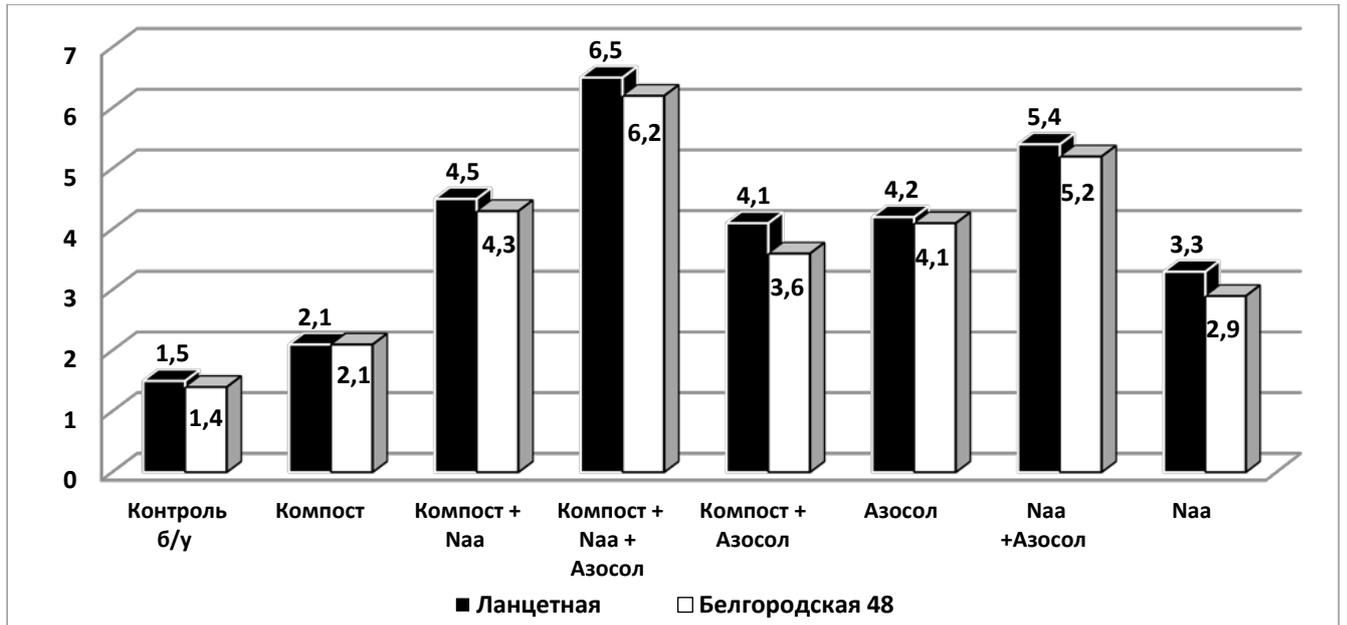


Рисунок 12 – Общее количество клубеньков на единице площади, млн шт./га (в среднем за 2014–2016 гг.)

Таким образом, преобладающее мнение, что удобрения ингибируют симбиотическую активность наши исследования не подтвердили. Более того, учитывая, что в год, когда клубеньки с азотфиксирующими бактериями на корнях растений сои не формировались (2014 г.), уровень урожайности был достаточно высоким (раздел 5.1), а порой превосходил показатели года, когда урожай формировался при их участии, из чего следует, что соя – культура-альтруист, то есть заботится о состоянии других посевов, которые будут произрастать на данной территории позже, о плодородии почвы и о будущем урожае.

Применяемые удобрения в значительной степени способствуют повышению симбиотической активности сои. Учитывая, что формирование клубеньков идёт за счет оттока углеводов от надземной части к корням, энергетических затрат сои, возникает необходимость «запуска генератора» в начальный период роста растений, с чем, по-видимому, связано положительное влияние комплексного применения всех удобрений, сбалансировано распределённых в пространстве и времени вегетационного периода культуры. Чем лучшие условия созданы для развития растений сои, тем эффективнее формируется симбиотический аппарат.

Интенсивность накопления воздушно-сухого вещества в значительной степени зависела от сорта и применяемых удобрений. Накопление массы сухого вещества растениями сои сорта Белгородская 48 в среднем происходило более интенсивно во все фазы развития по сравнению с растениями сои сорта Ланцетная. В фазы бутонизации и цветения различия между сортами были достоверными на 5 % уровне значимости. Лишь в фазу налива бобов при применении препарата Азосол была отмечена значительная прибавка у растений сорта Ланцетная. Максимальное накопление массы воздушно-сухого вещества отмечалось у растений сои сорта Белгородская 48 при комплексном применении органического и минеральных удобрений и составило 200,77 г/м², что превысило показатель контрольного варианта на 45 %.

На варианте комплексного применения всех удобрений отмечено последовательное повышение интенсивности накопления массы воздушно-сухого вещества растениями сои в процессе вегетации – от 6,41 до 56,72 г/м². Прирост по сравнению с контрольным вариантом к концу вегетации составил 41 %. Вторым по влиянию был вариант применения подкормки с аммиачной селитрой, на котором отмечено повышение интенсивности накопления массы воздушно-сухого вещества на 38 %; чуть ниже были показатели варианта применения удобрений вместе с компостом – интенсивность возросла на 34 %.

Таким образом, высота растений во многом определялась уровнем удобренности и достоверно возрастала с его повышением, достигая максимума на варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» – 106,5 см в среднем независимо от сортовой принадлежности растений. В целом в полевых опытах растения сои сорта Белгородская 48 были выше, хотя существенной разница была только в фазе ветвления. Накопление массы воздушно-сухого вещества зависело как от удобрений, так и от сорта. Значимым преимуществом по данному показателю обладал среднеспелый сорт Белгородская 48 в фазах бутонизации и цветения; в среднем преимущество перед скороспелым сортом составило 4 %. Удобрения увеличивали интенсивность накопления массы сухого вещества на 30–41 %.

4.3 Влияние питательного режима на особенности фотосинтетической деятельности растений сои

Урожай сельскохозяйственных культур формируется в процессе фотосинтеза. Для повышения коэффициента использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) необходимо создание оптимальной структуры посевов, наиболее полно поглощающих и использующих солнечную радиацию. Основными органами поглощения солнечной энергии являются листья, поэтому необходимо создание посевов с оптимальной площадью листовой поверхности.

К.А. Тимирязев (1949) писал, что «... лист растения является фокусом, точкой в мировом пространстве, в которую с одного конца притекает энергия солнца, а с другого – берут начало все проявления жизни на Земле». Количество листьев, а также размеры ассимилирующей поверхности определяют интенсивность роста растений, накопление пластических веществ и, в конечном итоге, продуктивность. По данным А.А. Ничипоровича (1969), фотосинтетическая деятельность растений непосредственно связана с размерами листовой поверхности.

Листообразование у сои во время вегетации проходит неравномерно и совпадает с периодами роста растений.

Как считают В.Ф. Мальцев с соавторами (2002), «формирование оптимальной площади листовой поверхности – сложная проблема. При недостаточной площади солнечная радиация поглощается далеко не полностью; при излишне развитой листовой поверхности отмечается то же явление, но вследствие взаимного затенения листьев».

В исследованиях А.А. Ничипоровича показано, что «процент поглощаемой радиации сильно повышается по мере того, как площадь листьев в посевах возрастает до 30–40 тыс. м²/га. Дальнейшее увеличение площади листьев значительного роста поглощения радиации не даёт».

По мнению А.А. Ничипоровича, посевами, обладающими оптимальной структурой, являются такие, в которых:

- площадь листьев быстро возрастает до размеров 40 тыс. м²/га;

- ассимиляционная площадь листьев на этом уровне сохраняется как можно дольше;

- в конце вегетации площадь листьев резко уменьшается вследствие их отмирания, при этом происходит отток накопленных пластических веществ в репродуктивную часть урожая».

По мнению И.С. Шатилова и Г.С. Голубева (1969), «фотосинтетическая деятельность растений является главным физиологическим процессом, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур, так как за счёт него образуется до 90–95 % сухого вещества растений». Результаты многих исследований дают основание считать, что урожайность сельскохозяйственных культур в решающей степени зависит от величины листовой поверхности. Так, А.А. Ничипорович (1969), И.С. Шатилов, Г.С. Голубева (1969) отмечают, что урожай чаще всего бывает низким вследствие низкой скорости прироста ассимиляционного аппарата в начальные фазы вегетации и его недостаточного размера. Следовательно, приёмы, ускоряющие развитие площади листьев, являются главным средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Анализ результатов собственных трёхлетних исследований позволяет сделать вывод, что на величину площади листьев оказали влияние и сортовые особенности растений сои, и применение удобрений. Площадь листового аппарата растений сои среднеспелого сорта Белгородская 48 во все фазы развития была достоверно выше по сравнению с растениями сои раннеспелого сорта Ланцетная – на 0,98 тыс. м²/га, 2,25; 3,41 и 4,58 тыс. м²/га соответственно в фазы ветвления, бутонизации, цветения и налива бобов (Таблица 17). По нашему мнению, это могло быть обусловлено как большей пластичностью среднеспелого сорта Белгородская 48, так и морфологическими особенностями листовой пластины растений этого сорта. Соя раннеспелого сорта Ланцетная имеет узкие ланцетовидные листочки. Максимальная разница в площади листьев между сортами была в начальный период развития и составляла 22 %, к концу вегетации различия сокращались до 13–14 %.

Таблица 17 – Динамика площади листьев растений сортов сои по фазам вегетации в зависимости от удобрений, тыс. м²/га (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)								Среднее по фактору В			
	Ланцетная				Белгородская 48							
	Фазы вегетации											
	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Налив бобов	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Налив бобов	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Налив бобов
Контроль без удобрений	3,47	12,85	21,53	26,80	4,37	13,73	23,32	29,38	3,92	13,29	22,42	28,09
Компост	4,11	15,18	25,49	32,50	5,16	16,93	27,29	34,91	4,63	16,06	26,39	33,71
Компост + Наа	4,67	15,74	25,91	32,13	5,42	18,83	31,12	40,06	5,04	17,28	28,52	36,10
Компост + Наа + Азосол	4,93	16,86	27,84	35,16	6,31	20,02	32,46	42,21	5,62	18,44	30,15	38,69
Компост + Азосол	4,64	15,56	25,53	32,04	5,96	18,47	29,69	40,31	5,30	17,01	27,61	36,17
Наа + Азосол	5,04	16,79	27,52	35,47	6,08	19,40	31,52	39,25	5,56	18,10	29,52	37,36
Наа	4,80	15,73	25,72	33,90	5,57	18,44	30,25	36,43	5,19	17,08	27,98	35,16
Азосол	4,10	14,90	24,77	32,13	4,75	15,81	25,92	34,25	4,43	15,35	25,35	33,19
Среднее по фактору А	4,47	15,45	25,54	32,52	5,45	17,70	28,95	37,10	НСР ₀₅ В			
НСР ₀₅ А	0,37	0,98	1,40	1,53	–	–	–	–	0,74	1,96	2,80	3,06
НСР ₀₅ АВ	1,03	2,77	3,94	4,32	–	–	–	–	–	–	–	–

Применение минеральных и органических удобрений способствовало увеличению площади ассимиляционного аппарата. Влияние удобрений значимо уже в начальный период развития растений. В фазу ветвления недостоверный прирост листовой поверхности отмечен при применении только компоста и препарат Азосол.

В дальнейшем значимость положительного действия этих удобрений подтверждена математической обработкой. К фазе налива бобов прирост ассимиляционной поверхности на этих вариантах по сравнению с контролем составил 18–20 %. По-видимому, положительное влияние компоста и микроэлементного удобрения имело несколько отложенное действие, связанное с инерцией процессов мобилизации элементов питания органических удобрений и

почвы, потенциальное плодородие которой было задействовано при применении препарата Азосол.

Наибольшая площадь листьев отмечена у растений сои на варианте применения полного трёхкомпонентного удобрения («компост + аммиачная селитра + Азосол»). К фазе налива бобов приращение листовой поверхности по сравнению с контрольным вариантом составило 10,6 тыс. м²/га, или 38 % в среднем по сортам.

На посевах сорта Белгородская 48 данный вариант применения удобрений был более эффективен, чем сорта Ланцетная: прибавки соответственно составили 44 и 31 %. Более того, на среднеспелом сорте Белгородская 48 равнозначное влияние имели все варианты двухкомпонентного сочетания удобрений. Следует отметить, что в отличие от среднеспелого сорта, максимальный прирост листовой поверхности растений сои сорта Ланцетная обеспечило совместное применение аммиачной селитры и препарата Азосол – 32 %. Не существенным было отличие и при применении только аммиачной селитры – 26 %.

Фотосинтетическая деятельность агроценоза сои зависит не только от размера ассимиляционного аппарата, но и от продолжительности его работы в течение вегетационного периода. Характер динамики фотосинтетического потенциала (ФП) подобен изменениям площади листовой поверхности вследствие превосходящего её размера у растений сои среднеспелого сорта, у которого вегетационный период был более продолжительным. Во все межфазные периоды посева сои сорта Белгородская 48 имели большой фотосинтетический потенциал. За вегетацию ФП раннеспелого сорта Ланцетная был ниже на 255 тыс. м² · сут./га, или в 1,2 раза (Таблица 18). Наибольшее влияние на фотосинтетический потенциал растений сои сортов Ланцетная и Белгородская 48 оказало внесение полного органоминерального удобрения, способствуя его приращению соответственно на 31 и 42 %. Существенных отличий двухкомпонентных сочетаний удобрений от трёхкомпонентного варианта по степени влияния на рост ФП среднеспелого сорта Белгородская 48 не отмечено, а по отношению к повышению показателя ФП наиболее эффективными были все варианты применения аммиачной селитры.

Таблица 18 – Фотосинтетический потенциал посевов сои по фазам вегетации, тыс. м²·сут./га (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)								Среднее по фактору В			
	Ланцетная				Белгородская 48							
	Фазы вегетации											
	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – налив бобов	Период вегетации	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – налив бобов	Период вегетации	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – налив бобов	Период вегетации
Контроль без удобрений	96,0	297,3	647,4	1040,8	110,7	323,2	719,8	1153,7	103,4	310,35	683,6	1097,2
Компост	113,0	348,8	778,9	1240,7	135,0	384,6	856,2	1375,7	124,0	366,7	817,5	1308,2
Компост + Наа	120,1	360,9	777,3	1258,3	150,1	435,7	978,7	1564,5	135,1	398,3	878,0	1411,4
Компост + Наа + Азосол	128,2	386,7	843,6	1358,6	161,5	456,9	1024,5	16432,0	144,9	421,8	934,1	1500,8
Компост + Азосол	118,7	354,1	772,0	1244,8	149,2	419,3	957,9	1526,3	134,0	386,7	864,9	1385,5
Наа + Азосол	128,3	381,6	844,8	1354,7	157,1	444,7	970,4	1572,2	142,7	413,2	907,6	1463,4
Наа	120,6	356,4	800,0	1277,0	148,2	425,9	912,7	1486,8	134,4	391,1	856,4	1381,9
Азосол	111,9	343,9	760,2	1216,0	125,6	364,4	817,8	1307,7	118,7	354,1	789,0	1261,8
Среднее по фактору А	117,1	353,7	778,0	1248,9	142,2	406,8	904,7	1453,7	НСР ₀₅ В			
НСР ₀₅ А	8,2	23,5	33,4	62,6	–	–	–	–	16,4	47,1	66,7	125,1
НСР ₀₅ АВ	23,2	66,6	94,3	177,0	–	–	–	–	–	–	–	–

Обращает на себя внимание тот факт, что высказанное ранее предположение, что в процессе роста и развития растения сои раннеспелого сорта в отличие от среднеспелого предпочитают азот минеральных удобрений, подтверждается результатами проведенного анализа динамики показателей фотосинтетической деятельности (площадь ассимиляционного аппарата и фотосинтетический потенциал посевов сои), когда повышение интенсивности (эффективности) фотосинтеза у растений сои раннеспелого сорта Ланцетная было обусловлено применением минеральных удобрений на основе аммиачной селитры.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяется валовой продуктивностью фотосинтеза за вычетом затрат органического вещества на дыхание и всевозможные потери. Данные, представленные в таблице 19, свидетельствуют, что величина ЧПФ изменяется на протяжении всего вегетационного периода в зависимости от площади листовой поверхности,

скорости её формирования, уровня минерального питания, сортовых особенностей.

Таблица 19 – Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои по фазам вегетации, г/м² · сут. (в среднем за 2014–2016 гг.)

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)								Среднее по фактору В			
	Ланцетная				Белгородская 48							
	Фазы вегетации											
	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – налив бобов	Период вегетации	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – налив бобов	Период вегетации	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – налив бобов	Период вегетации
Контроль без удобрений	15,79	5,14	3,13	5,40	14,77	5,07	2,30	4,88	15,28	5,10	2,71	5,14
Компост	16,35	5,33	4,28	6,31	13,68	4,76	3,11	5,19	15,02	5,05	3,69	5,75
Компост + Наа	14,68	4,96	3,35	5,51	13,66	4,52	3,13	4,94	14,17	4,74	3,24	5,22
Компост + Наа + Азосол	14,75	4,95	3,72	5,72	12,93	4,50	3,01	4,92	13,84	4,72	3,36	5,32
Компост + Азосол	15,48	5,16	3,62	5,83	13,41	4,69	3,31	5,20	14,45	4,93	3,46	5,52
Наа + Азосол	13,74	4,60	3,55	5,41	11,76	4,11	2,71	4,52	12,75	4,35	3,13	4,97
Наа	15,22	5,14	4,14	6,10	13,14	4,53	2,86	4,87	14,18	4,84	3,50	5,48
Азосол	18,73	6,12	4,97	7,10	16,10	5,53	3,41	5,77	17,41	5,82	4,19	6,44
Среднее по фактору А	15,59	5,18	3,84	5,92	13,68	4,71	2,98	5,04	НСР ₀₅ В			
НСР ₀₅ А	0,49	0,14	0,3	0,26	–	–	–	–	0,97	0,28	0,6	0,53
НСР ₀₅ АВ	1,37	0,40	0,85	0,75	–	–	–	–	–	–	–	–

Наиболее продуктивно процесс фотосинтеза проходил в первой половине вегетации сои – в межфазный период «ветвление – бутонизация». Причём ЧПФ раннеспелого сорта Ланцетная в этот период и в последующие межфазные периоды был соответственно на 14 %, 10 и 29 % выше, чем у сорта Белгородская 48. В среднем за вегетацию различия составили 17 %.

В следующий период «бутонизация – цветение» ЧПФ снижался значительно (в 3 раза) с 14,6 до 4,9 г/м² · сут. в среднем, тогда как в период «цветение – налив бобов» – только в 1,4 раза – до 3,5 г/м² · сут. Стоит отметить, что в среднем за вегетацию максимальное преимущество было у сорта Ланцетная при применении препарата Азосол – 1,33 г/м² · сут. В целом по опыту на данном варианте продуктивность фотосинтеза была максимальной в посевах обоих сортов в течение всего

вегетационного периода. Достоверное повышение ЧПФ составило соответственно 25 и 30 % по сравнению с контролем и с худшим по этому показателю вариантом «аммиачная селитра + Азосол».

Помимо азота (36,6 %) Азосол 36 Экстра содержит хелатные формы таких микроэлементов, как Mg, Mn, Cu, Fe, B, Zn, Mo, которые имеют высокую эффективность усвоения. Очевидно, что характер воздействия микроэлементного удобрения на листовую пластину имеет меньше «посредников» и эффективнее стимулирует процесс фотосинтеза. Вторым и третьим по эффективности протекающего в листьях фотосинтеза были варианты применения компоста отдельно и в комплексе с препаратом Азосол. Все варианты удобрений, насыщенные минеральным азотом (с участием аммиачной селитры), снижали интенсивность процесса фотосинтеза.

Обращает на себя внимание тот факт, что повышение уровня удобренности, при котором возрастают площадь ассимиляционного аппарата и фотосинтетический потенциал растений сои, приводит к снижению чистой продуктивности фотосинтеза агроценозов. Можно предположить, что это происходит вследствие взаимного затенения за счёт более развитых листьев и, как результат, ухудшения светового, температурного и других режимов. Кроме того, при накоплении ассимилятов процесс фотосинтеза замедляется.

Большое значение для интенсивности фотосинтеза имеет скорость оттока ассимилятов из листа в другие органы растения, так называемая аттрагирующая (притягивающая) способность потребления органами растения, в том числе семян. Скорость оттока продуктов фотосинтеза зависит от темпов роста и развития. Это подчеркивает тот факт, что в начальные фазы развития весьма высокий темп фотосинтеза демонстрировали посеы без внесения удобрений. Однако к концу вегетации чистая продуктивность фотосинтеза на данном варианте была самой низкой. Можно предположить, что более слабое развитие растений на этом варианте не позволяло эффективно усваивать ассимиляты. В полевых опытах установлена достоверная на 5 % уровне значимости прямая сильная связь между накоплением сухого вещества посевами сои и площадью листовой поверхности ($r = 0,84$), и с

фотосинтетическим потенциалом ($r = 0,79$).

Целевым результатом фотосинтетической деятельности в первую очередь является урожайность культуры. На основании попарного корреляционного анализа выявлено, что между урожайностью сортов сои и такими показателями, как площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и масса сухого вещества существует достоверная сильная положительная связь. Это особенно ярко выражено ($r = 0,92-0,96$) у растений сои среднеспелого сорта Белгородская 48 (Таблица 20).

Таблица 20 – Показатели фотосинтетической продуктивности и урожайность сортов сои в зависимости от уровня удобрения

Удобрение (фактор В)	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП за вегетацию, тыс. м ² · сут./га	Максимальное накопление абсолютного сухого вещества, кг/га	ЦПФ за вегетацию, г/м ² · сут.	Урожайность семян, т/га
Раннеспелый сорт Ланцетная					
Контроль (без удобрений)	26,8	1041	5379	5,40	2,46
Компост	32,5	1241	7194	6,31	2,88
Компост + Naa	32,1	1258	6685	5,51	2,81
Компост + Naa + Азосол	35,2	1359	7419	5,72	3,01
Компост + Азосол	32,0	1245	6845	5,83	2,79
Naa + Азосол	35,5	1355	7038	5,41	2,71
Naa	33,9	1277	7355	6,10	2,79
Азосол	32,1	1216	7739	7,10	2,84
r	0,74*	0,75*	0,84*	0,40	Среднее 2,79
Среднеспелый сорт Белгородская 48					
Контроль (без удобрений)	29,4	1154	5533	4,88	2,58
Компост	34,9	1376	7023	5,19	2,86
Компост + Naa	40,1	1565	7713	4,94	2,93
Компост + Naa + Азосол	42,2	1643	8031	4,92	3,04
Компост + Азосол	40,3	1526	7822	5,20	3,01
Naa + Азосол	39,2	1572	7114	4,52	2,81
Naa	36,4	1487	7161	4,87	2,86
Азосол	34,3	1308	7281	5,77	2,90
r	0,96*	0,92*	0,96*	-0,05	Среднее 2,88
НСР ₀₅ А					0,16
НСР ₀₅ В и АВ					0,33

Примечание: r – коэффициент корреляции между урожайностью и показателями фотосинтетической деятельности; * – достоверный на 5 % уровне значимости.

Связь уровня урожайности сорта Ланцетная с чистой продуктивностью фотосинтеза средняя ($r = 0,40$), но не достоверная, у сорта Белгородская 48 – очень слабая отрицательная. Таким образом, установленные корреляционные зависимости позволяют выявить наиболее благоприятный режим питания, при котором создаются условия для эффективной фотосинтетической деятельности сортов сои.

Таким образом, установлено, что симбиотическая и фотосинтетическая активность посевов сои во многом обусловлена действием и взаимодействием изучаемых органических и минеральных удобрений. Сорта сои разных групп спелости не проявили заметных особенностей формирования симбиотического аппарата, тогда как определенная специфика в отношении процесса фотосинтеза в течение вегетационного периода у скороспелого и среднеспелого сортов была выявлена.

Увеличение количества клубеньков при внесении только компоста было недостоверным, тогда как все остальные варианты применения удобрений существенно повышали данный показатель – в 1,8–4,2 раза. Максимальный эффект достигался при применении полного трёхкомпонентного удобрения – 12,9 шт./раст.

Следует отметить, что компост и аммиачная селитра при их совместном применении значительно усиливали действие друг друга – в 1,5–2,1 раза, причём данные варианты имели и более высокие темпы увеличения числа клубеньков – на 40–60 % по сравнению с контролем. Масса активных клубеньков была в прямой зависимости от их количества и по мере повышения уровня насыщенности посевов удобрениями возрастала в 1,7–3,4 раза. При этом темпы увеличения данного показателя на вариантах применения некорневой подкормки были в 1,5 раза выше по сравнению с остальными вариантами.

Высота растений во многом обуславливалась уровнем удобренности и достоверно возрастала с его повышением, достигая максимума – 106,5 см на варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол». Растения сои сорта Белгородская 48 были выше, хотя значимой разница была только в фазе ветвления.

Накопление массы сухого вещества растениями сои сорта Белгородская 48 в среднем происходило более интенсивно во все фазы развития по сравнению с сортом Ланцетная. В фазы бутонизации и цветения преимущество среднеспелого сорта было достоверным на 5 % уровне значимости. Удобрения увеличивали интенсивность накопления массы сухого вещества на 30–41 %.

При увеличении уровня удобренности повышалась фотосинтетическая активность посевов сои, достигая максимума при применении полного трёхкомпонентного комплекса, состоящего из компоста, аммиачной селитры и микроэлементного удобрения Азосол 36 Экстра. Это создавало благоприятные условия для роста и развития растений, интенсивности фотосинтеза и оттока синтезируемых веществ в семена.

Применение органоминерального удобрения способствовало увеличению площади ассимиляционного аппарата на 38 % и фотосинтетического потенциала на 44 % (по сравнению с контрольным вариантом), что, как подтвердил корреляционный анализ ($r = 0,74-0,96^*$), обусловило получение наибольшей урожайности – 3 т/га.

Сортовая специфичность проявлялась в том, что растения сои среднеспелого сорта Белгородская 48 эффективнее использовали пролонгированное действие компоста, тогда как на растения сои раннеспелого сорта Ланцетная самое заметное положительное влияние оказывали удобрения на основе аммиачной селитры.

5 АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ СОИ

5.1 Влияние уровня удобренности на урожайность сои

Урожайность сельскохозяйственных культур – это качественный, интегральный показатель, который зависит от комплекса факторов. Большое влияние на уровень урожайности оказывают не только природно-климатические условия, но и культура земледелия, агротехника и технология выращивания, в том числе система питания растений.

Результаты проведённого диссертационного исследования показали, что урожайность сортов сои зависела и от условий года, и от применяемых удобрений (Таблица 21).

Таблица 21 – Урожайность семян сои, т/га

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)								В среднем по фактору В
	Ланцетная				Белгородская 48				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	В среднем за три года	2014 г.	2015 г.	2016 г.	В среднем за три года	
Контроль (без удобрений)	2,43	3,56	1,40	2,46	2,41	3,50	1,84	2,58	2,52
Компост	2,90	3,68	2,06	2,88	2,64	3,54	2,41	2,86	2,87
Компост + Наа	3,00	3,84	1,60	2,81	2,61	3,64	2,53	2,93	2,87
Компост + Наа + Азосол	3,04	4,19	1,80	3,01	2,47	3,90	2,76	3,04	3,03
Компост + Азосол	2,65	3,85	1,86	2,79	2,62	3,88	2,53	3,01	2,90
Наа + Азосол	2,54	4,01	1,98	2,84	2,50	3,77	2,43	2,90	2,87
Наа	2,62	3,84	1,92	2,79	2,58	3,82	2,19	2,86	2,83
Азосол	2,65	3,96	1,52	2,71	2,54	3,87	2,01	2,81	2,76
Среднее по фактору А	2,73	3,87	1,77	2,79	2,55	3,74	2,34	2,88	–
НСР ₀₅ А	0,18	0,11	0,21	–	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ В и АВ	0,37	0,22	0,42	–	–	–	–	–	–

В 2014 и 2015 гг. вне зависимости от применяемых удобрений показатели урожайности семян сои раннеспелого сорта Ланцетная достоверно превышали показатели сои среднеспелого сорта Белгородская 48 – в среднем на 3–7 %.

В 2016 г. вследствие описанных выше погодных условий ситуация изменилась на противоположную. Разница показателей урожайности составила 0,57 т/га, или 32 % в пользу сои сорта Белгородская 48.

Следует отметить, что потенциальную продуктивность сорта реализовали в 2015 г., когда средняя урожайность составила 3,74–3,87 т/га. Максимальная урожайность была достигнута при комплексном применении компоста, аммиачной селитры и некорневой подкормки – 4,19 т/га у сорта Ланцетная и 3,90 т/га у сорта Белгородская 48. Сорт Ланцетная оказался более отзывчивым: прибавка по сравнению с контролем составила 18 %, тогда как у сорта Белгородская 48 – только 11 %.

Сходная ситуация наблюдалась и в 2014 г. Прибавка по сравнению с контролем у раннеспелого сорта составила 0,61 т/га, или 25 %. Кроме того, существенное превышение урожайности сорта Ланцетная по сравнению с сортом Белгородская 48 в первые два года исследований отмечалось на вариантах использования компоста и компоста вместе с аммиачной селитрой, а в 2015 г. ещё и при использовании некорневой подкормки препаратом Азосол.

В 2016 году на всех вариантах фактора В (удобрение) Белгородская 48 имела значимое преимущество в урожайности по сравнению с Ланцетной, в том числе и в контроле.

Влияние удобрений на урожайность также определялось условиями года. В 2014 г. урожайность сои сорта Белгородская 48 не зависела от уровня удобренности, тогда как урожайность сорта Ланцетная существенно повышалась при использовании удобрений на основе компоста, кроме его совместного использования с препаратом Азосол.

В 2015 г. отмечалось сходное влияние вносимых удобрений. Разница в уровне урожайности при использовании компоста, а в посевах сои сорта Белгородская 48 ещё и совместно с аммиачной селитрой, находилась в пределах ошибки опыта, тогда как на всех остальных вариантах отмечено существенное повышение этого показателя с тенденцией роста при применении подкормки в посевах сои сорта Ланцетная.

В 2016 г. на всех вариантах применения удобрений, кроме отдельного использования минеральных, отмечено значительное повышение урожайности сои сорта Белгородская 48. Урожайность сои сорта Ланцетная достоверно увеличивалась только на вариантах самостоятельного использования компоста и аммиачной селитры, а также на варианте их совместного применения с препаратом Азосол.

Таким образом, в результате проведённого исследования установлено, что поведение сортов, принадлежащих к разным группам спелости, во многом определяется метеоусловиями года. Период исследований включал в себя благоприятные по погодным условиям годы (2014–2015 гг.), в которые значимая прибавка урожайности отмечена у сои раннеспелого сорта Ланцетная. Более жёсткие гидротермические условия 2016 г. выявили преимущества пластичного среднеспелого сорта Белгородская 48. Однако следует отметить отсутствие достоверной разницы между этими сортами в среднем за три года.

Характерная для региона проведения исследования (юго-западная часть ЦЧР) нестабильность погодных условий по годам, от которых в значительной степени зависит поведение сортов разных групп спелости, давая преимущество то раннеспелым, то среднеспелым сортотипам, определяет необходимость наличия в хозяйствах сортов сои разных сроков созревания, что позволит стабилизировать производство семян сои независимо от погодных факторов.

Погодные условия также оказывали влияние и на эффективность вносимых удобрений. В среднем за три года можно говорить о достоверном повышении урожайности семян сои сорта Белгородская 48 на 0,35–0,46 т/га на вариантах применения двух- и трёхкомпонентных удобрений на основе компоста; урожайность сои сорта Ланцетная была выше на всех вариантах с удобрениями, кроме отдельного использования некорневой подкормки препаратом Азосол – на 0,33–0,55 т/га. Независимо от сорта максимальная урожайность семян сои была на варианте использования полного удобрения «компост + аммиачная селитра + Азосол» – 3,01–3,04 т/га, что на 18–22 % выше показателя контрольного варианта без удобрений.

5.2 Содержание белка и жира в семенах сои

Многогранность использования сои определяется химическим составом её семян и зелёной массы. Исключительной особенностью сои, выделяющей её среди других полевых культур, является одновременно высокое содержание белка и масла. Содержание белка в семенах сои колеблется от 27 до 68 %. Мирская практика признала, что соевый белок является самым высококачественным, самым распространённым и дешёвым источником белка растительного происхождения. Белки сои, в отличие от многих растительных белков, являются полноценными и являются источником аминокислот, необходимых и человеку, и животным. Вот почему помимо важности для производителей уровня урожайности семян сои имеют значение показатели их качества – содержание белка и жира, что во многом определяет экономическую эффективность отраслей перерабатывающей промышленности.

В среднем за три года исследований изучаемые сорта сои не имели достоверных отличий по содержанию белка в семенах, уровень которого составлял 36,5–37,5 %. Лишь на контроле и на двух вариантах применения удобрений (с некорневой подкормкой отдельно и совместно с аммиачной селитрой) содержание белка в семенах сои сорта Ланцетная превышало показатели сои сорта Белгородская 48 на 1,4–1,8 %_{абс} (Таблица 22). Это свидетельствует, во-первых, о том, что применение компоста на сое среднеспелого сорта способствовало выравниванию сортовых отличий по сравнению с соей более «белкового» раннеспелого сорта, а также ещё раз подчеркивает отзывчивость раннеспелого сорта на внесение минеральных азотных удобрений и в отношении накопления белка.

Причём на этих же вариантах (на основе компоста) в семенах сои сорта Белгородская 48 отмечено существенное повышение содержания белка, этот показатель возрастал до 39 % с увеличением уровня удобренности. Содержание белка и в семенах сои сорта Ланцетная существенно повышалось при совместном использовании компоста и аммиачной селитры в двух- и трёхкомпонентных удобрениях, а также при отдельном применении препарата Азосол.

Таблица 22 – Влияние удобрений на показатели качества семян сои в среднем за 2014–2016 гг.

Удобрение	Содержание, %		Сбор, т/га	
	белок	жир	белок	жир
Сорт Ланцетная				
Контроль (без удобрений)	35,3	23,3	0,89	0,57
Компост	37,6	22,3	1,09	0,63
Компост + Наа	39,1	21,1	1,12	0,58
Компост + Наа + Азосол	39,2	21,2	1,20	0,62
Компост + Азосол	37,6	21,9	1,06	0,60
Наа + Азосол	36,0	23,1	1,04	0,65
Наа	36,7	22,6	1,04	0,62
Азосол	38,1	21,7	1,05	0,58
В среднем	37,5	22,2	1,06	0,61
Сорт Белгородская 48				
Контроль (без удобрений)	33,7	22,1	0,90	0,55
Компост	36,9	20,4	1,07	0,57
Компост + Наа	38,8	19,4	1,14	0,56
Компост + Наа + Азосол	39,0	19,4	1,19	0,58
Компост + Азосол	36,8	20,6	1,13	0,61
Наа + Азосол	34,6	21,7	1,03	0,61
Наа	36,1	22,1	1,06	0,63
Азосол	36,3	20,7	1,05	0,56
В среднем	36,5	20,8	1,07	0,58
НСР ₀₅ А	1,21	0,84		
НСР ₀₅ В (АВ)	2,42	1,68		

Что касается второго качественного показателя семян сои – содержания жира, то ситуация была более определённой, указывающей на явные преимущества сои раннеспелого сорта Ланцетная. На всех вариантах с удобрениями, за исключением отдельного применения аммиачной селитры, семена сои данного сорта существенно превосходили среднеспелый сорт Белгородская 48. Разница в содержании жира в семенах в среднем за три года составила 1,4 %_{абс.}

Данные, представленные в таблице 22, свидетельствуют о том, что

содержание жира в семенах сои практически не зависело от применяемых удобрений. Только при совместном применении компоста и аммиачной селитры содержание жира было достоверно ниже в семенах обоих сортов – на 2,2–2,7 %_{абс.} Следует отметить, что именно эти варианты удобрений способствовали накоплению в семенах сои наибольшего количества белка и обеспечивали максимальный и один из наибольших уровней урожайности по изучаемым сортам.

Наиболее консервативным (объективным) показателем является суммарное количество белка и масла в семенах сои. В наших исследованиях данный показатель был максимальным на вариантах совместного использования компоста и аммиачной селитры в двух- и трёхкомпонентном удобрении. В семенах сои сорта Белгородская 48 этот показатель составлял 58,2–58,4 %, сорта Ланцетная – 60,2–60,4 %.

По сбору белка сорта практически не различались между собой. В среднем за три года этот показатель составил 1,1 т/га. Максимальное его количество было на варианте полного трёхкомпонентного использования удобрений – 1,2 т/га, что на 0,3 т/га превышало контроль. Имеющиеся преимущества сорта Ланцетная по содержанию в семенах жира отразились и на таком показателе, как сбор с единицы площади, который был несколько больше – на 30 кг/га, чем в семенах сои сорта Белгородская 48.

Таким образом, применение удобрений на основе компоста сглаживало отличия сортов разных групп спелости по содержанию в семенах сои белка, которое возрастало с насыщением фона удобренности на 3,9–5,3 %_{абс.}, подтверждая мнение, что лучшие для формирования высоких урожаев условия способствуют и увеличению данного показателя. По содержанию жира явные преимущества имел раннеспелый сорт Ланцетная – выше на 1,4 %_{абс.} в среднем за три года, что способствовало получению большего сбора масла – на 30 кг/га.

5.3 Анализ элементов структуры урожая сои сортов разных групп спелости

Основными элементами структуры урожая сои являются число растений на гектаре (густота всходов), количество ветвей на одном растении, количество бобов и семян на одном растении, количество семян в бобе, масса 1000 семян и др.

Изучаемые в полевых опытах факторы оказали неодинаковое влияние на элементы структуры урожая сои. Число растений на единице площади является одним из главных показателей структуры урожая. Было установлено влияние удобрений на густоту стояния растений. Все варианты удобрений кроме аммиачной селитры на посевах сои сорта Ланцетная существенно увеличивали количество растений. Наибольшее превышение (6 %) относительно контроля было на варианте применения трёхкомпонентного удобрения – 481 тыс. шт./га, на этом же варианте отмечено увеличение количества растений сои сорта Белгородская 48 (5 %) (Таблица 23). Сортовые отличия влияния на данный показатель не имели, лишь при использовании аммиачной селитры соя сорта Белгородская 48 отзывалась достоверной прибавкой.

Количество ветвей на одном растении не зависело ни от удобрений, ни от сортовых особенностей. Лишь отдельные варианты с удобрениями давали преимущества то одному, то другому сорту: например, компост – сорту Ланцетная, а препарат Азосол отдельно и вместе с компостом – сорту Белгородская 48. Что касается числа бобов на одном растении, то оба изучаемых фактора оказывали влияние на этот показатель. У растений сои раннеспелого сорта число бобов было достоверно выше по сравнению с растениями сои среднеспелого сорта – в среднем на 4 шт. Удобрения, как правило, способствовали увеличению данного показателя. Исключения составляли варианты применения аммиачной селитры в посевах сои сорта Ланцетная и препарата Азосол на сое сорта Белгородская 48.

Очевидно, что вследствие положительного влияния на количество бобов применение удобрений также приводило к увеличению числа семян на одном растении. Наибольшие значения отмечались на варианте применения полного трехкомпонентного удобрения, которые большую прибавку по сравнению с

контролем обеспечивали в посевах сорта Ланцетная – 26,7 шт. (36%), чем в посевах сорта белгородская 48 – 15,3 шт. (22%). В целом отмечено, что показатели сорта Ланцетная существенно превышали показатели сорта Белгородская 48 – на 6,7 шт.

Таблица 23 – Элементы структуры урожая сои в среднем за 2014–2016 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Густота всходов, тыс./га	Количество ветвей на одном растении, шт.	Число бобов на одном растении, шт.	Число семян на одном растении, шт.	Масса 1000 семян
Ланцетная	Контроль (без удобрений)	453,3	2,4	38,5	74,3	137,6
	Компост	476,7	3,0	47,9	86,1	142,2
	Компост + Наа	475,0	2,9	47,7	88,8	142,5
	Компост + Наа + Азосол	481,0	2,9	51,2	101,0	141,2
	Компост + Азосол	469,0	2,5	43,3	81,1	141,6
	Наа + Азосол	474,3	2,6	45,3	87,5	143,8
	Наа	460,0	2,6	42,3	87,6	136,9
	Азосол	472,0	2,6	43,9	84,9	146,2
Белгородская 48	Контроль (без удобрений)	459,3	2,5	35,5	69,5	130,8
	Компост	477,7	2,6	42,6	80,1	145,3
	Компост + Наа	472,7	2,9	41,1	81,5	149,6
	Компост + Наа + Азосол	480,7	2,9	43,1	84,8	155,3
	Компост + Азосол	475,7	3,0	42,7	82,6	138,1
	Наа + Азосол	471,3	2,8	40,7	81,9	132,5
	Наа	475,0	2,8	41,6	80,0	138,5
	Азосол	467,3	3,0	40,1	77,5	136,5
В среднем по фактору В		471,3	2,7	43,0	83,1	141,2
НСР ₀₅ А		6,74	0,28	2,59	4,88	8,17
НСР ₀₅ В (АВ)		13,49	0,57	5,19	9,76	16,35

Анализ данных по массе 1000 семян не выявил влияния сорта. Лишь отдельные варианты применения удобрений, например «Азосол», «аммиачная селитра + Азосол» давали преимущество сорту Ланцетная, тогда как вариант «компост + аммиачная селитра + Азосол», наоборот, – сорту Белгородская 48. Этот вариант удобрений, а также «компост + аммиачная селитра» существенно повышали массу 1000 семян у растений сои среднеспелого сорта.

Таким образом, элементы структуры урожая по-разному отзывались на изучаемые в опыте факторы. Если количество ветвей на одном растении не зависело от удобрений и сорта, то на число бобов и число семян на одном растении влияли оба фактора. В данном случае преимущество имел раннеспелый сорт и усиление фона питания. Густоту растений достоверно повышали удобрения, а масса 1000 семян зависела от сочетания сорта и варианта удобрения. В целом значения показателей структуры урожая в зависимости от сорта улучшались по мере повышения уровня насыщенности посевов удобрениями, что и определило продуктивность сои в опыте.

5.4 Экономическая эффективность выращивания сои

Расчёт экономической эффективности выращивания сои показал, что эта культура – одна из высокорентабельных и экономически привлекательных. Чистый доход в среднем за 2014–2016 гг. изменялся от 20,7 до 26,1 тыс. руб./га (Таблица 24).

В среднем за три года более доходным (на 1,6 тыс. руб./га, или 6 %) было выращивание сои сорта Белгородская 48. Анализ влияния органических и минеральных удобрений показал, что их применение способствовало увеличению чистого дохода. Наибольший доход был на варианте применения минеральных удобрений – 24,3–26,1 тыс. руб./га. Максимальная его величина отмечалась на варианте использования Азосола на сорте Белгородская 48. Менее доходными были удобрения на основе компоста, что во многом обусловлено значительными затратами на его внесение. Тем не менее варианты применения удобрения совместно с компостом за счёт положительного влияния на урожайность ненамного уступали по доходности варианту применения аммиачной селитры, достигая 23,5 тыс. руб./га при применении полного трёхкомпонентного удобрения на сорте Ланцетная и 25,5 тыс. руб./га на сорте Белгородская 48 на варианте «компост + Азосол», что позволило обеспечить рентабельность на уровне соответственно 77–89 %.

Таблица 24 – Показатели экономической эффективности применения удобрений в среднем за 2014–2016 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Урожайность, т/га	Выручка от реализации, руб./ га	Общие затраты, руб./ га	Себестоимость продукции, руб./т	Чистый доход, руб./ га	Уровень рентабельности, %
Ланцетная	Контроль (без удобрений)	2,46	44 280	23 583	9 586	20 697	88
	Компост	2,88	51 840	27 783	9 646	24 057	87
	Компост + Наа	2,81	50 580	29 783	10 598	20 797	70
	Компост + Наа + Азосол	3,01	54 180	30 633	10 177	23 547	77
	Компост + Азосол	2,79	50 220	28 633	10 262	21 587	75
	Наа + Азосол	2,84	51 120	26 433	9 307	24 687	93
	Наа	2,79	50 220	25 583	9 169	24 637	96
	Азосол	2,71	48 780	24 433	9 015	24 347	100
Белгородская 48	Контроль (без удобрений)	2,58	46 440	23 583	9 140	22 857	97
	Компост	2,86	51 480	27 783	9 714	23 697	85
	Компост + Наа	2,93	52 740	29 783	10 164	22 957	77
	Компост + Наа + Азосол	3,04	54 720	30 633	10 076	24 087	79
	Компост + Азосол	3,01	54 180	28 633	9 512	25 547	89
	Наа	2,90	52 200	26 433	9 114	25 767	97
	Наа + Азосол	2,86	51 480	25 583	8 945	25 897	101
	Азосол	2,81	50 580	24 433	8 695	26 147	107

Уровень рентабельности всецело определялся доходностью, которую обеспечивали применяемые удобрения. Удобрения на основе компоста гарантировали значительный уровень рентабельности – 70–89 %. Внесение аммиачной селитры отдельно и совместно с некорневой подкормкой обеспечило повышение уровня рентабельности до 93–101 %.

Лучшим в полевых опытах был вариант применения одного препарата Азосол, рентабельность которого составила 100–107%. И даже на контрольном варианте была получена рентабельность на уровне 88–97 %. Однако, учитывая то, что обязательным условием современного сельскохозяйственного производства является сохранение плодородия почв, необходим системный подход к оценке

экономической эффективности различных вариантов применения удобрений с учётом последующих затрат на его восстановление вследствие декомпенсированного выноса элементов питания растениями при использовании минеральных удобрений, особенно препарата Азосол.

Таким образом, полученные показатели экономической эффективности характеризуют сою как высокодоходную культуру, выращивание которой может значительно повысить рентабельность отрасли растениеводства. В современных экономических условиях выращивание сои может обеспечить получение чистого дохода на уровне 21–26 тыс. руб./га при уровне рентабельности 70–107 %.

Лучшим сочетанием изучаемых факторов было применение некорневой подкормки препаратом Азосол Экстра 36 на посевах сои сорта Белгородская 48. Несмотря на значительную разницу в затратах, органические удобрения на основе компоста ненамного уступали минеральным, с возможностью получения чистого дохода 23,5–25,5 тыс. руб./га.

5.5 Биоэнергетическая оценка вариантов применения удобрений посевов сои

В земледелии экономия затрат совокупной энергии на единицу продукции достигается за счёт внедрения ресурсосберегающих технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Для анализа эффективности применяемых агроприёмов используют их биоэнергетическую оценку, главная цель которой – рациональное использование энергетических и других ресурсов.

Основные положения метода биоэнергетической оценки эффективности производства различных продуктов земледелия представлены в работах Ю.Ф. Новикова, В.И. Сотникова, Е.И. Базарова (1982), Г.А. Булаткина, В.И. Ватолина (1981), А.В. Каверина (1983), Б.И. Яковлева (1989), В.М. Володина (1999) и др.

Для выполнения энергетической оценки технологии выращивания необходимо:

- провести расчёт совокупных затрат энергии на производство продукции;
- определить количество энергии, которая аккумулирована в урожае;
- рассчитать основные показатели энергетической эффективности технологии

выращивания одной из культур звена севооборота.

Затраты совокупной энергии рассчитывают по следующим основным статьям расхода:

- основные средства производства;
- оборотные средства производства;
- трудовые ресурсы.

За основу расчётов затрат энергии при выращивании сои была взята технологическая карта, в которой отражаются конкретные затраты на производство продукции: затраты совокупной энергии на основные средства, на оборотные средства и трудовые ресурсы. Распределив затраты энергии по основным статьям расходов, рассчитывают структуру затрат энергии на производство урожая и определяют рациональный вариант технологии.

К основным показателям энергетической оценки технологий выращивания полевых культур относятся следующие:

- чистый энергетический доход – определяют как разницу между содержанием энергии в урожае и общими затратами энергии на выращивание культуры, ГДж/га;
- коэффициент энергетической эффективности – отношение чистого энергетического дохода к энергозатратам;
- биоэнергетический коэффициент (КПД) посева – отношение полученной с урожаем энергии к затраченной;
- энергетическая себестоимость продукции – затраты энергии на единицу урожайности, ГДж/т.

Энергетическая эффективность выращивания сои в зависимости от фонов удобрённости представлена в таблице 25.

Расчёты энергоёмкости выращивания сои показали, что основное количество затрат приходится на обработку почвы (27–29 %), уборку (2–31 %) и удобрения (35–48 %). Затраты на семена незначительны и составляют 1,5–2,2 %. Затраты на внесение удобрений резко увеличились на варианте применения полного трёхкомпонентного удобрения «компост + аммиачная селитра + Азосол» и достигли 24 638 МДж/га, что на 32,6 % превысило затраты контрольного варианта

в среднем по сортам. При внесении компоста этот показатель увеличился на 23 050 МДж/га (+31,2 % к контролю), при внесении аммиачной селитры – на 1058 МДж/га. Применение некорневой подкормки препаратом Азосол незначительно увеличило затраты энергии, на этом варианте они возросли на 530 МДж/га.

Таблица 25 – Биоэнергетическая эффективность вариантов выращивания сои в среднем за 2014–2016 гг.

Сорта (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Энергозатрата, МДж/га	Технологическая энергоёмкость, МДж/га		Чистый энергетический доход, МДж/га	Биоэнергетический КПД посева	Коэффициент энергетической эффективности
			всего на 1 га	на 1 т зерна			
Ланцетная	Контроль (без удобрений)	117 502	50 868	137,9	66 634	2,3	1,31
	Компост	137 563	73 918	171,1	63 645	1,9	0,86
	Компост + Naa	134 220	74 976	177,9	59 244	1,8	0,79
	Компост + Naa + Азосол	143 773	75 506	167,2	68 267	1,9	0,90
	Компост + Азосол	133 264	74 448	177,9	58 816	1,8	0,79
	Naa + Азосол	135 653	52 456	123,1	83 197	2,6	1,59
	Naa	133 264	51 926	124,1	81 339	2,6	1,57
	Азосол	129 443	51 398	126,4	78 045	2,5	1,52
Белгородская 48	Контроль (без удобрений)	123 234	50 868	131,4	72 366	2,4	1,42
	Компост	136 608	73 918	172,3	62 690	1,8	0,85
	Компост + Naa	139 952	74 976	170,6	64 976	1,9	0,87
	Компост + Naa + Азосол	145 206	75 506	165,6	69 700	1,9	0,92
	Компост + Азосол	143 773	74 448	164,9	69 324	1,9	0,93
	Naa + Азосол	138 519	52 456	120,6	86 063	2,6	1,64
	Naa	136 608	51 926	121,0	84 682	2,6	1,63
	Азосол	134 220	51 398	121,9	82 822	2,6	1,61

С учётом данных, представленных в таблице 25, самая высокая технологическая энергоёмкость произведённой продукции была на всех вариантах с удобрениями на основе соломопомётного компоста, который обусловил преобладающую долю энергозатрат. При этом комплексное применение органического, минерального и микроудобрения было более экономичным по этой

группе – 166,4 Мдж/га в среднем. Промежуточное положение занимал контрольный вариант (без внесения удобрений). Менее энергоёмкой была продукция, произведённая на вариантах применения минеральных удобрений, где затраты составляли от 121 до 126 Мдж/га. Эти же варианты обеспечили получение максимального чистого энергетического дохода (ЧЭД): от 78 до 86 ГДЖ/га, который на 19–33 % превосходил доход, полученный при выращивании сои скороспелого сорта Ланцетная на варианте применения двухкомпонентных удобрений на основе компоста и при выращивании сои среднеспелого сорта Белгородская 48 на варианте внесения только компоста.

Представленное распределение показателей технологической энергоёмкости производства единицы площади, продукции и ЧЭД обусловили величину биоэнергетического КПД посевов от 1,8–1,9 до 2,6 и коэффициента энергетической эффективности от 0,8–0,9 до 1,6.

Наивысший показатель коэффициента энергетической эффективности отмечен на вариантах, где в качестве удобрений использовали аммиачную селитру и препарат Азосол. Это обусловлено тем, что затраты на внесение и транспортировку применяемых на этих вариантах удобрений были значительно ниже, чем на вариантах применения компоста.

Можно предположить, что в свою очередь внесение компоста будет способствовать получению дополнительного дохода при выращивании ряда культур, которые будут посеяны после сои (в данной таблице мы не учитываем последствие удобрений в севообороте). Поэтому вариант с применением компоста, аммиачной селитрой и препаратом Азосол, очевидно, имеет определённые преимущества как в ближайшей, так и отдалённой перспективе.

Установлено положительное влияние на продуктивность сои применения соломопомётного компоста (20 т/га) осенью под основную обработку почвы, аммиачной селитры (30 кг д.в./га) весной под предпосевную культивацию и некорневой подкормки Азосол 36 Экстра (по 2 л/га) в фазы третьего тройчатого листа и бутонизации.

С повышением уровня удобренности урожайность сои возрастала, достигая

максимума при совместном применении удобрений на варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» – 3,01–3,04 т/га, что больше показателя контрольного варианта на 18–22 % в среднем за три года. С повышением уровня насыщенности посевов удобрениями содержание в семенах сои белка возрастало на 3,9–5,3%_{абс.} Причём применение удобрений на основе компоста сглаживало отличия сортов разных групп спелости по белковости, что свидетельствует о создании более сбалансированных условий питания. По содержанию жира явные преимущества отмечены у сои раннеспелого сорта Ланцетная – выше на 1,4%_{абс.} в среднем за три года, что способствовало получению большего сбора масла – на 30 кг/га. Достоверных различий показателей урожайности между сортами не установлено.

Характерная для района проведения диссертационного исследования нестабильность погодных условий, давая преимущество в отдельные годы то раннеспелому сорту Ланцетная (2014–2015 гг.), то среднеспелому сорту Белгородская 48 (2016 г.), определяет необходимость наличия в хозяйствах сортов сои разных сроков созревания. Это позволит независимо от погодных факторов стабилизировать производство семян сои, которая может обеспечить чистый доход на уровне 21–26 тыс. руб./га при уровне рентабельности 70–107% и коэффициенте энергетической эффективности до 1,6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения влияния соломопомётного компоста, аммиачной селитры и некорневой подкормки препаратом Азосол 36 Экстра при выращивании сортов сои разных групп спелости установлено, что фактор удобрения являлся определяющим в регулировании режимов почвы, её агрофизических, агрохимических и биологических свойств, симбиотической и фотосинтетической активности посевов сои. Различия в скороспелости изучаемых сортов обусловили эффективность потребления влаги, засорённость посевов и особенности использования элементов питания на создание урожая семян.

1. Применение компоста приводило к достоверному увеличению запасов влаги на 9,3 мм/га в период сева культуры. К уборке его преимущество сохранялось, обеспечив наибольшее содержание влаги в почве 54,9 мм/га. В целом удобрения способствовали повышению эффективности водопотребления посевами сои на 8–18%. В большей степени коэффициент водопотребления снижался при применении органического удобрения, особенно при повышении уровня насыщенности посевов удобрениями, достигая минимального значения на варианте трёхкомпонентного удобрения – 750 м³/т. Растения сои среднеспелого сорта Белгородская 48 более экономично расходовали влагу на производство единицы продукции.

2. Не отмечено существенных различий в плотности почвы в зависимости от изучаемых факторов. В целом показатель был благоприятным для роста и развития культуры – 1,12–1,15 г/см³.

3. Повышение биологической активности чернозёма типичного происходило при внесении компоста и аммиачной селитры. Эффективность подкормки препаратом Азосол 36 Экстра установлена только на варианте применения полного трёхкомпонентного удобрения, на фоне которого отмечена сильная интенсивность разложения клетчатки – 51,5%.

4. По мере повышения уровня насыщенности посевов удобрениями значимо увеличивалось количество и малолетних (на 14–36%), и многолетних (в 1,2–2,4 раза) сорняков в посевах сои, в большей степени при совместном использовании

компоста и аммиачной селитры. К уборке, несмотря на общее снижение количества сорняков, отмеченная тенденция сохранялась, при этом достоверно сильнее были засорены посевы сои сорта Белгородская 48.

5. Внесение соломопомётного компоста обусловило увеличение содержания в почве подвижного фосфора на 36–47 мг/кг и обменного калия на 5,4–42,6 мг/кг. Наибольшая величина прироста органического вещества в почве была отмечена на вариантах совместного применения компоста и аммиачной селитры – 0,52–0,68 %. Сочетание соломопомётного компоста и аммиачной селитры, а также комплексное применение минеральных удобрений способствовали поддержанию положительного баланса легкогидролизуемого азота в почве – от 3,3 до 8,2 мг/кг. Сортные различия проявились в предпочтительном использовании для формирования урожая раннеспелым сортом Ланцетная азота минеральных удобрений, тогда как среднеспелый сорт Белгородская 48 был более отзывчив на применение компоста.

6. Применение удобрений (кроме варианта отдельного внесения соломопомётного компоста) способствовало существенному увеличению количества клубеньков на корнях сои – в 1,8–4,2 раза. Максимальный эффект достигался при применении полного трёхкомпонентного удобрения – 12,9 шт. на одном растении. Компост и аммиачная селитра при их совместном применении значительно усиливали действие друг друга – в 1,5–2,1 раза. Масса активных клубеньков по мере повышения уровня насыщенности посевов сои удобрениями увеличивалась в 1,7–3,4 раза.

7. Высота растений достоверно возрастала с повышением уровня удобрённости, достигая максимума на варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» – 106,5 см. Растения сои сорта Белгородская 48 были выше, хотя значимыми различия были только в фазе ветвления. Накопление массы сухого вещества растениями сои сорта Белгородская 48 происходило более интенсивно во все фазы развития, в фазах бутонизации и цветения преимущество было достоверным. Удобрения способствовали увеличению интенсивности накопления сухого вещества на 30–41 %.

8. При увеличении уровня удобренности повышалась фотосинтетическая активность посевов сои, в наибольшей степени при применении полного трёхкомпонентного комплекса. Это способствовало увеличению площади ассимиляционного аппарата на 38 % и фотосинтетического потенциала – на 44 %, что, как подтвердил корреляционный анализ ($r = 0,74-0,96^*$), обеспечило получение максимальной урожайности семян.

9. Положительное влияние повышения уровня удобренности на свойства чернозёма типичного и активизацию симбиотической и фотосинтетической деятельности сортов сои обусловило планомерный рост урожайности, максимальная величина которой достигалась при комплексном применении удобрений на варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» – 3,01–3,04 т/га (+18–22 % к контролю), и содержания в семенах сои белка на 3,9–5,3 %_{абс.} По содержанию жира явные преимущества показал раннеспелый сорт Ланцетная – выше на 1,4%_{абс.}, что способствовало увеличению сбора масла на 30 кг/га. Достоверных различий урожайности между сортами в среднем за три года не установлено.

10. Наличие в хозяйствах сортов сои разных сроков созревания позволит независимо от погодных условий стабилизировать производство семян этой культуры, которая может обеспечить чистый доход на уровне 21–26 тыс. руб./га при уровне рентабельности 70–107 % и высоком коэффициенте энергетической эффективности – до 1,6.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения плодородия чернозёма типичного, стабилизации выращивания сои в условиях негарантированных влаго- и теплообеспеченности критических периодов вегетации сои в юго-западной части Центрального Черноземья рекомендуется сочетать сорта разных групп спелости (скороспелый сорт Ланцетная и среднеспелый сорт Белгородская 48), практиковать комплексное применение соломопомётного компоста (20 т/га) осенью под основную обработку почвы, аммиачной селитры (30 кг д.в./га) весной под предпосевную культивацию и некорневой подкормки Азосол 36 Экстра (по 2 л/га) в фазы третьего тройчатого листа и бутонизации.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования

В дальнейшем развитие темы предполагается за счёт привлечения новых сортов сои, сочетающих высокую продуктивность и адаптивность, других местных органических удобрений и способов их заделки в почву, а также инновационных продуктов – перспективных удобрений и биопрепаратов с учётом предшественника, обработки почвы и элементов технологии возделывания. Результаты экспериментальных исследований имеют принципиальное значение для совершенствования элементов технологии выращивания сои, направленной на максимально полное удовлетворение потребностей культуры в элементах питания, усиление симбиотической фиксации азота, вовлечение этого дефицитного элемента питания растений в биологический круговорот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев, А.А. Симбиотическая активность и продуктивность перспективных сортов сои в системе полевых севооборотов в предгорной зоне Северного Кавказа / А.А. Абаев // Известия Горского ГАУ. – 2011. – Т. 48, № 1. – С. 21–25.
2. Абдыкаримова, А.П. Зависимости продуктивности сои от внесения минеральных удобрений в условиях орошаемой лугово-каштановой почвы юго-востока Казахстана / А.П. Абдыкаримова, Г.С. Султангазиева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 5 (27) – С. 166–171.
3. Агафонов, Е.В. Применение минеральных и бактериальных удобрений под сою / Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, С.А. Гужвин // Агротехнический вестник. – 2005. – № 5. – С. 18–20.
4. Азова, Т.И. Роль удобрений в воспроизводстве почвенного плодородия каштановых почв Заволжья в зернопаровом севообороте / Т.И. Азова // Материалы 39-й научной конференции молодых ученых, посвященной 100-летию со дня рождения проф. К.А. Кузнецова. – Пенза: ВЦ Пензенской ГСХА, 2000. – С. 63–64.
5. Аксенов, И.В. Агротехника и урожайность сои / И.В. Аксенов, А.Н. Волошин // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 37.
6. Алексеенкова, Е.Г. Соя: от количества к качеству / Е.Г. Алексеенкова // Агрофорум. – 2020. – № 5. – С. 37–40.
7. Алиев, Д.А. Аминокислотный состав белков зерна и возможность его использования в селекции на повышение качества урожая сои / Д.А. Алиев // Растениеводство. – 1991. – № 10. – С. 17.
8. Амелин, А.В. Особенности фотосинтеза в онтогенезе различных по эколого–географическому происхождению сортов сои / А.В. Амелин, И.И. Кузнецов, Е.И. Чекалин // Вестник Орловского ГАУ. – 2011. – № 3. – С. 2–4.
9. Антонов, С.И. Соя – универсальная культура / С.И. Антонов // Земледелие. – 2000. – №1. – С. 15.
10. Бабич, А.А. Факторы повышения продуктивности сои в условиях

Центральной лесостепи Украины / А.А. Бабич, В.Ф. Петриченко // Доклады ВАСХНИЛ. – 1992. – № 5. – С. 2–4.

11. Байбеков, Р.Ф. Биологическая активность почвы в агроценозах многолетних трав / Р.Ф. Байбеков, Г.Е. Мерзлая, Э.Н. Аканов // Природообустройство. – 2012. – № 1. – С. 13–18.

12. Баранов, В.Ф. Влияние регуляторов роста растений на продуктивность сои / В.Ф. Баранов, Уго Того Корреа, О.М. Ширинян // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2006. – № 4. – С. 18–22.

13. Баранов, В.Ф. Соя. Биология и технология возделывания: монография / В.Ф. Баранов и др.; под ред. В.Ф. Баранова. – Краснодар: ФГУП Советская Кубань, 2005. – 433 с.

14. Баранов, В.Ф. Экологическая роль сорта в агроценозах сои / В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2013. – Вып. 2. – С. 155–156.

15. Барсуков, С.С. Продуктивность сои в зависимости от действия доз органических и минеральных удобрений в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв / С.С. Барсуков, А.С. Барсуков // Веснік Магіл'єўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.А. Куляшова. – 2005. – № 1. – С. 101–106.

16. Барсуков, С.С. Продуктивность сои в зависимости от сорта и густоты стояния растений в посевах / С.С. Барсуков // Аграрная наука. – 2000. – № 6. – С. 25–27.

17. Барсуков, С.С. Соя – важнейший источник белка и масла / С.С. Барсуков, А.С. Барсуков // Аграрная наука. – 2005. – № 3. – С. 10–11.

18. Барсуков, С.С. Урожайность сои в зависимости от доз органических и минеральных удобрений / С.С. Барсуков // Аграрная наука. – 2002. – № 3. – С. 26–27.

19. Бейч, А.В. Перспектива производства сои в Западной Сибири / А.В. Бейч // Земледелие. – 2003. – № 3. – С. 24.

20. Бельшкіна, М.Е. Влияние агрометеорологических условий на продукционный процесс сортов сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2020. – № 2 (50) – С. 15–21.

21. Бельшикина, М.Е. Эффективность применения биологически активных препаратов на посевах сои в условиях Нечернозёмной зоны Российской Федерации / М.Е. Бельшикина // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2021. – Вып. 1(53). – С. 19–24.
22. Богомолова, Ю.А. Влияние обработки почвы и удобрений на изменения ее агрофизических свойств и урожайность сои в звене зернового севооборота / Ю.А. Богомолова, А.П. Саков, А.В. Ивенин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 64, № 3. – С. 62–69.
23. Бородычев, В.В. Минеральное питание сои / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Агрехимический вестник. – 2005. – № 5. – С. 20–21.
24. Бочкарев, Д.В. Теоретическое обоснование и эффективность защиты сельскохозяйственных культур от сорных растений в земледелии юга Нечернозёмной зоны: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / Д.В. Бочкарев. – Саранск, 2015. – 45 с.
25. Буряков, Ю.П. Соя – интенсивная технология / Ю.П. Буряков, А.Д. Сорокин. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 164 с.
26. Вавилов, П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – Москва: Россельхозиздат, 1983. – 225 с.
27. Вавилов, П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов. – Москва: Колос, 1985. – 587 с.
28. Васильчиков, А.Г. Влияние биологически активных веществ на продуктивность и азотфиксирующий потенциал сои / А.Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 116–119.
29. Васин, В.Г. Влияние способов посева и норм высева на химический состав и урожайность сои / В.Г. Васин, А.В. Васин, А.А. Васина, Н.В. Савин // Полевое кормопроизводство. – 2009. – № 4. – С. 13–15.
30. Ваулин, А.Ю. Внесение удобрений при выращивании сои в условиях Южного Урала / А.Ю. Ваулин // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 9(63). – С. 48–50.
31. Володин, В.М. Методика оценки эффективности систем земледелия на биоэнергетической основе / В.М. Володин и др. – Москва: ВАСХНИЛ, 1999. – 48 с.
32. Вопросы современного земледелия в Центральном Черноземье: матер.

науч.-практ. конф., г. Курск, 2002 г.; под ред. Муха В.Д. – Курск : Изд-во Курской ГСХА, 2003. – 151 с.

33. Воронкова, Н.А. Оптимизация минерального питания сои на черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н.А. Воронкова. – Омск, 1999. – 16 с.

34. Воронцов, В.А. Влияние отдельных элементов технологии возделывания на урожайность сои / В.А. Воронцов, Н.Н. Бабич, А.А. Джабраилов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 112–116.

35. Гаджиумаров, Р.Г. Фотосинтетическая деятельность посевов сои в зависимости от технологии возделывания / Р.Г. Гаджиумаров // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3(12). – С. 419–423.

36. Гадимов, А.Г. Стартовые дозы азота и симбиоз сои с клубеньковыми бактериями / А.Г. Гадимов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2010. – № 4. – С. 44–47.

37. Гамзиков, Г.П. Продуктивность сои в зависимости от источников азотного питания / Г.П. Гамзиков, П.Р. Шотт, П.А. Литвинцев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 7. – С. 21–28.

38. Гатаулина, Г.Г. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? / Г.Г. Гатаулина, М.Е. Бельшкينا // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 5–11.

39. Глушак, А.Г. Разработка элементов технологии возделывания сои для районов среднего Преднепровья Украины: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / А.Г. Глушак. – Каменец-Подольский, 1989. – 24 с.

40. Голенков, П.И. Продуктивность зерновых севооборотов при различном насыщении их посевами сои / П.И. Голенков, И.Я. Моисеенко // Агрехимический вестник. – 2009. – № 3. – С. 28–30.

41. Голов, В.И. Антагонизм серы и молибдена в растениях сои и возможности их совместного применения в качестве удобрений / В.И. Голов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2012. – Вып. 2. – С. 132–137.

42. Голов, В.И. Баланс азота, цинка и олова в посевах сои на почвах

Амурской области / В.И. Голов, М.Л. Бурдуковский // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2012. – Вып. 2. – С. 138–145.

43. Головков В.С. Продуктивность сортов сои в агроцентре BASF / В.С. Головков // Материалы международной студенческой научной конференции. – Т. 1. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2012. – С. 11.

44. Грицина, В.Г. Микробиологическая активность чернозёма типичного в зависимости от уровня удобренности / В.Г. Грицина, Е.Г. Котлярова // Современные наукоемкие технологии – основа модернизации агропромышленного комплекса: материалы Международной науч.-практ. конф. – Пос. Персиановский: Изд-во ФГБОУ ВПО Донской ГАУ, 2021. – С. 50–54.

45. Грицина, В.Г. Урожайность, качество семян и доходность сортов сои в зависимости от уровня удобренности / В.Г. Грицина, Е.Г. Котлярова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 4(16). – С. 52–63.

46. Гришин, Г.Е. Агробиологические основы систем удобрения и известкования выщелоченных чернозёмов лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Г.Е. Гришин. – Москва, 2001. – 48 с.

47. Губанов, П.Е. Особенности получения высоких урожаев сои в Поволжье / П.Е. Губанов // Технические культуры. – 1989. – № 4. – С. 10–12.

48. Губанов, П.Е. Соя на орошаемых землях Поволжья / П.Е. Губанов, К.П. Калиберда, В.Ф. Кормилицын. – Москва: Россельхозиздат, 2007. – 34 с.

49. Демьяненко, Е.В. Влияние биологически активных веществ на продуктивность сои северного экотипа сорта Касатка в условиях Калужской области / Е.В. Демьяненко, З.С. Фёдорова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: матер. VIII Международного симпозиума. – Москва: ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур, 2009. – Т. 2. – С. 109–112.

50. Демьянова-Рой, Г.Б. Влияние росторегулирующих веществ на урожайность сортов сои и элементы ее структуры в условиях Северо-Западного региона / Г.Б. Демьянова-Рой, Е.Б. Борцова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 2. – С. 36–38.

51. Дзамихова, З.М. Использование регуляторов роста на посевах сои в

КБР / З.М. Дзамихова // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 7 (99). – С. 4–5.

52. Донченко, П.А. Роль биологического и минерального азота в интенсивной технологии выращивания / П.А. Донченко, Е.Д. Кругова, О.Н. Крымская // Проблема азота в интенсивном земледелии: тезисы докладов Всесоюзного совещания; гл. редактор В.И. Кирюшин. – Новосибирск: Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, 1990. – С. 212–214.

53. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

54. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 383 с.

55. Дудка, И. Белгородские сельхозпроизводители переходят с минеральных удобрений на органические. – 2019 [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fwww.belpressa.ru%2Fekonomics%2Fselskoe-hozyajstvo%2F25895.html> (дата обращения: 15.02.2020).

56. Дьяков, А.Б. Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои / А.Б. Дьяков, М.В. Трунова, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2(141). – С. 78–86.

57. Евгений Савченко: каждый гектар пашни принёс в текущем году 176 тысяч рублей дохода. SM News 19 декабря 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://finance.rambler.ru/other/43381110/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (дата обращения: 15.02.2020).

58. Емцев, В.Т. Микробиология: учебник для бакалавров / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – 8-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2014. – 445 с.

59. Енкен, В.Б. Соя / В.Б. Енкен. – Москва: Сельхозгиз, 1959. – 622 с.

60. Заверюхин, В.И. Производство и использование сои / В.И. Заверюхин, И.Л. Левандовский. – Киев: Урожай, 1988. – 111 с.

61. Заверюхин, В.И. Условия выращивания и урожай сои / В.И. Заверюхин,

А.С. Бардадименко // Технические культуры. – 1989. – № 1. – С. 14–16.

62. Зайцев, В.Н. Соя как предшественник озимых культур / В.Н. Зайцев, А.И. Зайцева, В.И. Мазалов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2(18). – С. 116–120.

63. Зайцев, В.Н. Перспективы селекции сои на севере Центрально-Чернозёмного региона / В.Н. Зайцев, А.И. Зайцева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 2. – С. 51–53.

64. Зайцев, Р.И. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях национальной стратегии импортозамещения / Р.И. Зайцев, Н.И. Бочкарев, С.В. Зеленцов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2016. – № 2(166). – С. 3–11.

65. Засоренность посевов гороха в зависимости от способа обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов / В.М. Гармашов и др. // Защита и карантин растений. – 2015. – № 10. – С. 22–24.

66. Захаренко, В.А. Фитосанитарное состояние агроэкосистем и потенциальные потери в условиях многоукладной экономики России // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН). – 2004. – № 3. – С. 11–15.

67. Захарова, Е.Б. Фотосинтетическая деятельность и развитие симбиотического аппарата сои в зависимости от сроков и способов основной обработки почвы / Е.Б. Захарова, К.А. Никульчев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (101). – С. 24–27.

68. Зверев, Е.А. Использование растениями подвижного фосфора и калия из темно-каштановой почвы и предкавказского карбонатного чернозёма при орошении // Агрехимия. – 2004. – № 6. – С. 14–21.

69. Зеленская, Т.И. Результаты работы по импортозамещению сои / Т.И. Зеленская // Ключевая роль сои в обеспечении продовольственной безопасности России и импортозамещении продуктов питания в соответствии с Указом Президента РФ от 6 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации»,

Государственной Программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, Доктриной продовольственной безопасности России», действующая с 20 марта 2015 по 25 марта 2016 года: Третья Всероссийская научно-практическая интернет-конференция [Электронный ресурс]. URL: http://www.infotechno.ru/ros-soya2014/dok_zelenskaya.php (дата обращения: 10.08.2020).

70. Зеленцов, С.В. Некоторые итоги VIII Всемирной научной конференции по сое в Пекине / С.В. Зеленцов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2(141). – С. 99–104.

71. Иванченко, Л.Е. Изменение морфологических и биохимических показателей сои при использовании осадков сточных вод в качестве удобрения / Л.Е. Иванченко, В.А. Кашина, Н.Н. Ковалев // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2010. – № 4. – С. 338–348.

72. Изучение мировой коллекции сои и её роль в создании новых сортов в НИИПК «Селекция» / В.И. Возиян и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 3(7). – С. 54–57.

73. Исупова, Ю.А. Минеральные удобрения на посевах сои / Ю.А. Исупова // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 92(08). – С. 734–746.

74. Кадыров, С.В. Соя в Центральном Черноземье / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж: Изд-во Воронежского ГАУ, 1998. – 151 с.

75. Кадыров, С.В. Технология возделывания сои в ЦЧР / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж: Истоки, 2004. – 51 с.

76. Казначеев, М.Н. Сое нужна надежная защита / М.Н. Казначеев // Земледелие. – 2002. – № 1. – С. 12–13.

77. Кашукоев, М.В. Азотное питание и продуктивность зернобобовых в Предгорной зоне Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / М.В. Кашукоев. – Москва, 1998. – 32 с.

78. Козлова, Н. Белгородская область – лидер по производству сои в стране. 22 декабря 2016 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.belpressa.ru/news/news/belgorodskaya-oblast-lider-po-proizvodstvu-soi-v-strane15683/> (дата обращения:

10.08.2020).

79. Кокорина, А.Л. Влияние микроэлементов на параметры формирования урожайности сои сорта Касатка в условиях Северо-Западного региона России / А.Л. Кокорина, Г.Б. Демьянова-Рой, Н.А. Петрова // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. – 2015. – № 39. – С. 49–54.

80. Коломейченко, В.В. Растениеводство / В.В. Коломейченко, В.А. Федотов и др. – Воронеж: Изд-во Воронежского ГАУ, 1996. – 392 с.

81. Котлярова, Е.Г. Влияние способа обработки почвы и фона питания на засоренность посевов гороха / Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов, С.А. Линков // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 23–25.

82. Котлярова, Е.Г. Засоренность посевов сои разной сортовой принадлежности в зависимости от удобрений / Е.Г. Котлярова, В.Г. Грицина, Л.Н. Кузнецова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3 – С. 74–78.

83. Котлярова, Е.Г. Показатели водного режима в посевах сои в зависимости от сочетания органических и минеральных удобрений / Е.Г. Котлярова, В.Г. Грицина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021а. – № 1(29). – С. 108–116.

84. Котлярова, Е.Г. Утилизация органических отходов сельскохозяйственного производства методом биоконверсии / Е.Г. Котлярова // Белгородский агромир. – 2004. – № 3(15). – С. 18–21.

85. Котлярова, Е.Г. Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от уровня удобренности / Е.Г. Котлярова, В.Г. Грицина // Аграрный научный журнал. – 2021б. – № 2. – С. 25–32.

86. Котлярова, О.Г. Продуктивность гороха в зависимости от основной обработки почвы и минеральных удобрений / О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов // Кормопроизводство. – 2012. – № 10. – С. 18–19.

87. Котлярова, О.Г. Урожайность и симбиотическая активность сои в зависимости от способов посева, норм высева и уровня минерального питания / О.Г. Котлярова, П.А. Лактионов // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 5. – С. 44–45.

88. Кочурко, В.И. Урожайность сои в зависимости от фонов азотного питания / В.И. Кочурко, Е.Э. Абарова // Известия Смоленского государственного университета. – 2013. – № 2(22). – С. 205–212.
89. Кругова, Е.Д. Влияние связанного азота и активности штамма ризобий на метаболизм азота у гороха / Е.Д. Кругова // Физиология и биохимия культур растений. – 1995. – Т. 27, № 3. – С. 174–180.
90. Кузнецова, Л.Н. Влияние внесения удобрений на биологические свойства почвы / Л.Н. Кузнецова и др. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 2(14). – С. 71–76.
91. Кузнецов, И.И. Потенциальные возможности продукционного процесса растений у сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Чернозёмного региона России / И.И. Кузнецов, А.В. Амелин // Вестник Орловского ГАУ. – 2012. – № 2(35). – С. 11–13.
92. Куст, Г.С. Агрогенная деградация чернозёмов как причина развития почвенной засухи, снижающей продуктивность сельскохозяйственных культур / Г.С. Куст, С.Ю. Розов, Н.Д. Кутузова // Аридные экосистемы. – 2010. – Т. 16, № 1(41). – С. 16–27.
93. Лекарев, В.М. Продуктивность сортов сои и приемы их возделывания на южных чернозёмах Саратовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / В.М. Лекарев. – Москва, 1984. – 24 с.
94. Лещенко, А.К. Селекция, семеноведение и семеноводство сои / А.К. Лещенко, В.Г. Михайлов, В.И. Сичкарь. – Киев: Урожай, 1985. – 179 с.
95. Линков, С.А. Изменение токсичности и микробиологической активности почвы под влиянием сидеральных культур и способов их заделки / С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 3(15). – С. 108–115.
96. Лихачев, В.С. Влияние ризоторфина на урожайность сои в Курской области / В.С. Лихачев // Растениеводство. – 1984. – № 3. – С. 12–14.
97. Лукин, С.В. Агроэкологическое состояние почв Белгородской области: монография / С.В. Лукин. – Белгород: Константа, 2008. – 176 с.

98. Мальцев, В.Ф. Система биологизации земледелия Нечернозёмной зоны России. Ч. 2 / Мальцев В.Ф. и др. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех». – 2002. – 573 с.
99. Малыш, Л.К. Устойчивость Амурских сортов сои к низким положительным температурам в период прорастания / Л.К. Малыш, К.С. Малышев // Научно-технический бюллетень ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – 1988. – Вып. 4. – С. 3–9.
100. Маркетинговое исследование: Рынок сои за 2015–2019 гг. // ОГАУ «Инновационно-консультационный центр АПК». – Белгород, 2020. – 19 с.
101. Минеев, В.Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // Агрехимия. – 2004. – № 7. – С. 5–7.
102. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в сфере мелиорации и восстановления земельных ресурсов, эффективного и безопасного использования удобрений и агрохимикатов: монография / Е.Г. Котлярова, С.Д. Лицуков, А.И. Титовская др. – Белгород: Константа, 2017. – 204 с.
103. Мусаев, Б.С. Потребление и вынос элементов питания соей в зависимости от фона питания / Б.С. Мусаев, Д.С. Асилова // Агрехимия. – 2000. – № 4. – С. 20–21.
104. Мухортова, Т.В. Влияние агротехнических приёмов и сортовых особенностей сои на эффективность ее возделывания в условиях северо-запада Прикаспийской низменности: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.1.09 / Т.В. Мухортова. – Волгоград, 2001. – 22 с.
105. Мякушко, Ю.П. Соя / Ю.П. Мякушко, Т.А. Перестова, И.И. Чалый и др.; под ред. Ю.П. Мякушко, В.Ф. Баранова. – Москва: Колос, 1984. – 332 с.
106. Нагорный, В.Д. Соя: особенности минерального питания и удобрения: монография / В.Д. Нагорный. – Москва: РУДН, 1993. – 149 с.
107. Небыков, А.А. Технология возделывания сои в условиях орошения на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.А. Небыков. – Волгоград, 1989. – 24 с.

108. Некрасов, А.Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР / А.Ю. Некрасов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – № 181(1). – С. 48–52.
109. Неунылов, Б.А. Использование соей азота из удобрений при разных сроках его внесения / Б.А. Неунылов, Ю.И. Слабко // Агротехника. – 2008. – № 12. – С. 3–9.
110. Низкий, С.Е. Изучение влияния вермикомпоста на рост и продуктивность сои / С.Е. Низкий, Н.Д. Немыкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2(100). – С. 46–48.
111. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и урожай / А.А. Ничипорович. – Москва: АН СССР, 1969. – 84 с.
112. Новак, А.Г. Возделывание сои / А.Г. Новак. – Москва: Россельхозиздат, 1964. – 64 с.
113. Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на территории белгородской области. Постановление правительства Белгородской области от 26 сентября 2016 г. № 350-пп [Электронный ресурс]. URL: <http://belg-gov.ru/doc/35846> (дата обращения: 15.02.2020).
114. Озякова, Е.Н. Влияние агроэкологических условий и генотипа сорта на формирование и функционирование симбиотического аппарата сои / Е.Н. Озякова, Н.А. Поползухина // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (128). – С. 160–164.
115. Омелянюк, Л.В. Продуктивность образцов зернобобовых культур, созданных в ГНУ СИБНИИСХ, в зависимости от погодных условий вегетационного периода / Л.В. Омелянюк, А.М. Асанов // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 17–20.
116. Оразаева, И.В. Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от инокуляции семян и азотного удобрения / И.В. Оразаева, А.А. Муравьев // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 4. – С. 34–37.
117. Орлова, З.А. Применение нитрагина для инокуляции зернобобовых культур / З.А. Орлова, А.У. Каптушев // Однолетние кормовые культуры на

Северном Кавказе: труды ВАСХНИЛ, Всерос. отд-ние, Ставроп. НИИ сел. хоз-ва; гл. ред. В.М. Пенчуков и др. – Ставрополь: СНИИСХ, 1983. – С. 124–137.

118. Осипчук А.Н. Соя – лучший выбор для развития животноводства / А.Н. Осипчук // Научное обеспечение животноводства Сибири: матер. II Международной науч.-практ. конф. КрасНИИЖ ФИЦ КНЦ СО РАН. – Красноярск, 2018. – С. 24–28.

119. Отзывчивость растений сои на подкормку микроэлементами / С.Х. Дзанагов и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50, № 4. – С. 22–26.

120. Отраслевая Программа «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на 2015–2020 годы», утверждена Минсельхозом РФ. Протокол № 47 от 12.11.2014 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rossoya.su/public.aspx?n3> (дата обращения: 22.07.2020).

121. Патыка, В.Ф. Индустриальная технология возделывания сои / В.Ф. Патыка // Технические культуры. – 1991. – № 4. – С. 14–19.

122. Пенчуков, В.М. Зерновые бобовые культуры помогут решить проблему белка / В.М. Пенчуков, Г.А. Дебелый, А.Д. Задорин // Аграрная наука. – 1993. – № 4. – С. 4–7.

123. Пенчуков, В.М. Культура больших возможностей / В.М. Пенчуков, К.П. Калиберда, А.И. Каппушев. – Ставрополь: Ставр. кн. изд-во, 2004. – 287 с.

124. Персикова, Т.Ф. Эффективность агротехнических приемов при выращивании сои / Т.Ф. Персикова // Аграрная наука. – 2000. – № 4. – С. 10–12.

125. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сои: метод. рекомендации / Лукомец В.М. и др. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 56 с.

126. Писцов, П.М. Клубеньковые бактерии в новых районах культуры соевых бобов / П.М. Писцов. – Воронеж, 1929. – 95 с.

127. Попова, Н.П. Соя северного экотипа – перспективная высокоэнергетическая культура для Нечерноземья / Н.П. Попова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 23. – С. 127–130.

128. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под полевые культуры на чернозёмах Ростовской области / Гужвин С.А. и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 82(08) [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/53.pdf> (дата обращения: 01.10.2020).

129. Производство соевых бобов в России по регионам, рейтинг 2016 года. 07.11.2016. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр» [Электронный ресурс]. URL: <http://ab-centre.ru/news/proizvodstvo-soevyh-bobov-v-rossii-po-regionam-reyting-2016> (дата обращения: 01.08.2020).

130. Проскуро, И.П. Эффективность применения минерального азота под горох и сою / И.П. Проскуро, Г.П. Квитко // Доклады ВАСХНИЛ. – 1980. – Вып. 180, № 1. – С. 240–245.

131. Ренёва, О.Ю. Влияние минеральных удобрений и способа посева на урожайность сои / О.Ю. Ренёва, Г.В. Петрова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(34). – С. 13–15.

132. Россия в цифрах. 2020: Краткий стат. сб. / Росстат. – Москва, 2020. – 550 с.

133. Россия в цифрах. 2021: Краткий. стат. сб. / Росстат. – Москва, 2021. – 275 с.

134. Светашова, Л.А. Роль сои и соепродуктов в решении продовольственной проблемы и показатели эффективности производства в ЦЧР / Л.А. Светашова, Е.В. Климкина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2(37). – С. 211–216.

135. Селекция как инновация в сельскохозяйственном производстве / Шпилев Н.С. и др. // Вестник Орловского ГАУ. – 2012. – № 3. – С. 8–9.

136. Сихарулидзе, Т.Д. Структура урожая и урожайность сои в зависимости от уровней минерального питания в условиях Центрального Нечерноземья / Т.Д. Сихарулидзе, В.К. Храмой // Плодородие. – 2012. – № 3. – С. 9–10.

137. Смирнов, С.Г. Влияние способа основной обработки почвы и удобрений на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество зерна сои / С.Г. Смирнов, М.М. Нафиков, В.Н. Фомин // Современные проблемы науки и

образования. – 2014. – № 1. – С. 384–392.

138. Смолин, В.Ю. Симбиотическая азотфиксация при инокуляции сои смешанными культурами микроорганизмов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.Ю. Смолин. – Москва, 1996. – 20 с.

139. Соловиченко, В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области : монография / В.Д. Соловиченко. – Белгород: Отчий край, 2005. – 291 с.

140. Соляник, Н.М. Соя при орошении / Н.М. Соляник // Земледелие. – 2001. – № 1. – С. 20–25.

141. Соя в Нечернозёмной зоне России / Т.П. Кобозева и др. // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2008. – № 4. – С. 52–53.

142. Соя в России – действительность и возможность / В.М. Лукомец и др. – Краснодар: Изд-во ВНИИМК, 2013. – 99 с.

143. Соя на северо-востоке Центрального Черноземья / М.К. Драчева и др. // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 5. – С. 21–24.

144. Соя: мировые урожаи – уже реальность / О. Давыденко и др. // Наука и инновации. – 2010. – № 7(89). – С. 22–23.

145. Старченков, Е.П. Проблема симбиотической азотфиксации: народнохозяйственное значение, достижения и перспективы исследований / Е.П. Старченков // Физиология и биохимия культурных растений. – 1996. – Т. 28, № 1–2. – С. 36–52.

146. Столяров, О.В. Структура, величина и качество урожая сои в лесостепи ЦЧР / О.В. Столяров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 6. – С. 25–27.

147. Столяров, О.В. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность зернобобовых культур в Центральном Черноземье / О.В. Столяров // Аграрная наука. – 2005. – № 5. – С. 20–21.

148. Ступаков, А.Г. Влияние систем обработки почвы на дыхание

почвенной биоты чернозёма типичного / А.Г. Ступаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 7. – С. 56–58.

149. Ступаков, А.Г. Влияние удобрений на биологическую активность почвы и продуктивность озимой пшеницы / А.Г. Ступаков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев и др. // Агрэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докладов международной научно-практической конференции. – Курск: ООО «ТОП», 2017. – С. 290–295.

150. Сыромятников, В.Ю. Продуктивность сои в зависимости от удобрений и приёмов ухода / В.Ю. Сыромятников // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 4(83). – С. 9–11.

151. Талыбова, С.Т. Влияние компостов на динамику питательных элементов в почве под культурами сахарная свекла и соя / С.Т. Талыбова, А.Ф. Ахмедова // Почвы в биосфере: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. 10–14 сентября 2018 г., г. Новосибирск; отв. ред. А.И. Сысо. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2018. – Ч. II. – 468 с.

152. Танакулов, А.Х. Исходный материал для селекции сои в южной лесостепи Омской области / А.Х. Танакулов, Л.В. Омелянюк, А.М. Асанов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2013. – № 2(100). – С. 25–28.

153. Таов, М.Л. Действие условий минерального питания на продуктивность и качество зерна сои / М.Л. Таов // Бюллетень ВИУА. – 2001. – № 115. – С. 162–163.

154. Тарчоков, Х.Ш. Соя в предгорьях Кабардино-Балкарии / Х.Ш. Тарчоков, З.М. Дзамихова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2011. – Вып. 2. – С. 148–149.

155. Теоретические и практические аспекты биоконверсии органических отходов / Г.Ю. Рабинович и др. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2004. – 80 с.

156. Тильба, В.А. Роль симбиотической азотфиксации в повышении

фотосинтетической продуктивности сои / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 5. – С. 16–18.

157. Тимирязев, К.А. Жизнь растения: Десять общедоступных чтений / К.А. Тимирязев. – 10-е изд. – Москва ; Петроград : Гос. изд-во, 1949. – 360 с.

158. Титова, В.И. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве: учеб. пособие / В.И. Титова, М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2009. – 178 с.

159. Титова, В.И. Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды / В.И. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов. – Н. Новгород: НГСХА, 2004. – 68 с.

160. Титовская, А.И. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы / А.И. Титовская // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 4 (12). – С. 119–123.

161. Титовская, А.И. Изменение биологических показателей плодородия в зависимости от сорта ярового ячменя, обработки почвы и дозы минерального питания / А.И. Титовская, А.В. Ширяев // Ландшафтное земледелие – основа высокоэффективного производства: матер. Всероссийской научно-производственной конференции, посвященной 80-летию академика Россельхозакадемии, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного деятеля науки РФ Ольги Геннадиевны Котляровой. – Белгород: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. – С. 260–268.

162. Титовская, Л.С. Биологические свойства чернозёма типичного в зависимости от способа основной обработки под подсолнечник / Л.С. Титовская, Е.Г. Котлярова // Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях: матер. международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 239–243.

163. Тишков, Н.М. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья / Н.М.

Тишков, А.А. Дряхлов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2014. – Вып. 1. – С. 157–158.

164. Тишков, Н.М. Эффективность некорневой подкормки сои микроэлементами на чернозёме выщелоченном Краснодарского края при учете динамики изменения температурного режима и условий увлажнения / Н.М. Тишков, В.А. Тильба, А.А. Дряхлов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2017. – Вып. 7(170). – С. 37–54.

165. Толкачев, Н.З. Потенциальные возможности симбиотической азотфиксации при выращивании сои на юге Украины / Н.З. Толкачев // Микробиологический журнал – 1997. – Т. 59, № 4. – С. 34–41.

166. ТОП-10 производителей сои в 2020/21 МГ [Электронный ресурс]. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-proizvoditelej-soi-v-202021-mg> (дата обращения: 10.08.2020).

167. Тошкина, Е.А. Зависимость урожая сои от симбиоза и фотосинтеза в условиях Новгородской области / Е.А. Тошкина, Н.В. Городнева // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 7(61). – С. 69–70.

168. Трач, И.В. Влияние внекорневых подкормок на урожайность сортов сои в условиях западной лесостепи Украины / И.В. Трач // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №2(10). – С. 39–44.

169. Трифонов, А.Ю. Сравнительная эффективность применения птичьего помета и минеральных удобрений при возделывании кормовых культур на серых лесных и дерново-подзолистых почвах: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.Ю. Трифонов. – Нижний Новгород, 2001. – 129 с.

170. Турин, Е.Н. Значение процесса симбиотической азотфиксации в земледелии России / Е.Н. Турин // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: матер. II международной научно-практической интернет-конференции. – с. Солёное Займище: Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2017. – С. 897–902.

171. Турьянский, А.В. Оптимизация агроландшафтов Белгородской области

– путь к биологизации земледелия / А.В. Турьянский, Е.Г. Котлярова, С.Д. Лицуков // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 48–50.

172. Турьянский, А.В. Сводный отчёт о научно-исследовательской работе лаборатории по изучению систем земледелия ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, выполненной на базе многолетних стационаров за 2000–2007 годы: монография / А.В. Турьянский, Н.Р. Асыка, С.И. Смуров и др. – Белгород : Политерра, 2017. – 562 с.

173. Тютюнов, С.И. Биологизация земледелия как фактор роста плодородия почв, продуктивности культур и сохранения окружающей среды / С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: коллективная монография. – Иваново: ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2019. – С. 13–17.

174. Фадеева, М.Ф. Влияние засухи на биометрические показатели раннеспелых сортообразцов сои / М.Ф. Фадеева, Л.В. Воробьева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – № 6(37). – С. 26–29.

175. Фадеева, М.Ф. Соя стратегическая культура в экономической политике / М.Ф. Фадеева, Л.В. Воробьева // Владимирский земледелец. – 2017. – № 1(79). – С. 27–28.

176. Федоров, С.Е. Мониторинг физико-механических свойств почвы / С.Е. Федоров, М.В. Бычков // Современные проблемы территориального развития. – 2019. – № 3. ID 92 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-fiziko-mehnicheskikh-svoystv-pochvy/viewer> (дата обращения: 28.06.2020).

177. Федорец, Н.Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий: учебно-методическое пособие / Н.Г. Федорец, М.В. Медведева. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 82 с.

178. Федотов, В.А. Агротехнологии полевых культур в Центральном Черноземье / В.А. Федотов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина. – Воронеж: Истоки, 2011. – 260 с.

179. Фисюнов, А.В. Сорные растения / А.В. Фисюнов. – Москва: Колос, 1984. – 320 с.

180. Хади́ков, А.Ю. Влияние уровней питания на урожайность и качество зерна сои на выщелоченных чернозёмах / А.Ю. Хади́ков и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 48–50.

181. Хайрулина, Т.П. Изменение продуктивности сои под действием температурного стрессора / Т.П. Хайрулина, П.В. Тихончук // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – С. 48–49.

182. Хамо́ков, Х.А. Влияние минеральных удобрений на показатели фотосинтетической и симбиотической деятельности посевов сои, гороха и вики / Х.А. Хамо́ков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (159). – С. 30–34.

183. Хасбиуллина, О.И. Сравнительная оценка высокопродуктивных сортов сои в условиях юга Дальнего Востока / О.И. Хасбиуллина, Н.В. Мудрик, Е.С. Бутовец // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 1. – С. 17–19.

184. Хасбиуллина, Р.Г. Продуктивность сои в зависимости от уровня питания в Приморье / Р.Г. Хасбиуллина, Е.Ж. Кушаева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2008. – Вып. 2 (139). – С. 62–64.

185. Химический состав семян некоторых сортов и его изменение под влиянием погодных и почвенно-климатических условий / В.Э. Альберт, В.Н. Красильников, Э.П. Кюз и др. // Прикладная биохимия и микробиология. – 1976. – Т. 12, № 2. – С. 186–191.

186. Хрусталева, Г.А. Способ ингибирования активности бактерий *Salmonella enteritidis* в почве / Г.А. Хрусталева, С.Р. Аллахвердиев // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24848> (дата обращения: 11.04.2021).

187. Чайка, А.К. Влияние фона минеральных удобрений на урожайность и выход семян новых сортов сои в Приморском крае / А.К. Чайка и др. // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 4. – С. 32–37.

188. Чернышева, Н.В. Биологическая эффективность применения органоминерального удобрения Квантум Бор-Молибден на сое / Н.В. Чернышева, Я.К. Тосунов, А.Я. Барчукова // Рисоводство. – 2018. – № 4(41) – С. 46–50.

189. Чибис, В.В. Эффективность возделывания масличных культур (рапс, соя) в полевых севооборотах лесостепной зоны Западной Сибири / В.В. Чибис, Е.А. Иванов, С.П. Чибис // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 100(06). – С. 854–867.
190. Шатилов, И.С. Фотосинтетическая деятельность некоторых полевых культур при разных сроках и способах посева / И.С. Шатилов, Г.С. Голубева // Известия ТСХА – 1967. – Вып. 3. – С. 57–63.
191. Шевченко, В. Соя в Черноземье. «Новое стратегическое оружие» / В. Шевченко // Коммуна. – 03.08.2004. – С. 12.
192. Шевченко, Н.С. Сорты и технология возделывания сои / Н.С. Шевченко, С.И. Смуров, Т.И. Зеленская // Белгородский агромир. – 2008. – № 1. – С. 18–23.
193. Шеуджен, А.Х. Агрехимия: учеб. пособие/ А.Х. Шеуджен, В.Т. куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп: Афиша, 2006. – 1075 с.
194. Шеуджен, А.Х. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические и агрохимические свойства почвы, урожайность и качество сои / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Ю.А. Исупова // Плодородие. – 2013. – № 1. – С. 26–28.
195. Щегольков, А.В. Продуктивность сои в зависимости от применения некорневых подкормок серным, борным и молибденовым удобрениями на чернозёме выщелоченном / А.В. Щегольков // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 106(02). – С. 212–224.
196. Щегольков, А.В. Эффективность некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.В. Щегольков. – Ставрополь, 2017. – 129 с.
197. Щелко, Л.Г. Засухоустойчивость коллекционных образцов сои китайского генцентра и Дальнего Востока / Л.Г. Щелко, Н.Н. Кожушко // Сб. науч. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Ленинград, 1985. – С. 27–37.
198. Экзогенная регуляция роста и развития растений сои сорта Ланцетная в условиях Орловской области / Кирсанова Е.В. и др. // Вестник Орловского

ГАУ. – 2012. – № 2. – С. 14–18.

199. Эсхаджиева, Х.Х. Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность посевов сои в степной зоне ЧР / Х.Х. Эсхаджиева, Э.Д. Адиньяев // Известия Чеченского государственного педагогического института. – 2009. – № 2. – С. 269–277.

200. Эффективность выращивания сои с применением удобрений и биопрепарата на чернозёме обыкновенном в условиях орошения / О.Г. Шабалдас и др. // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 48–53.

201. Agrochemical Substantiation of the Inclusion of Bird Droppings under Grain Maize at Different Tillage In Terms of the South-Western Part of the Central Black Earth Region / S.D. Litsukov et al. // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2019. – Special Issue. Vol. 12 (5). – Pp. 152–160.

202. Boyer, J.S. Plant productivity and environment / J.S. Boyer // Science. – 1982. – Vol. 218. – No. 4571. – Pp. 443–448.

203. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods / A.G. Stupakov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – Pp. 52027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.

204. Formation of the Simbiotic Apparatus and Yield of Soy Varieties Depending On the Level of Fertilization / E.G. Kotlyarova et al. // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2017. – Vol. 8 (4). – Pp. 1156–1164.

205. Iminov A.A. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation of Soy nodule bacteria after preservation / A.A. Iminov // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. – 2020. – Vol. 21 (61&62). – Pp. 72–79.

206. Lin, Ya. The effect of poultry litter application on agricultural production: A meta-analysis of crop yield, nutrient uptake and soil fertility / Ya. Lin, E. van Santen, D. Watts // In Proceedings of the Conference: Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture at Kansas. – Gainesville, FL, USA: New Prairie Press, 2016. – Pp. 162–175.

207. Mierzwa-Hersztek, M. Influence of Poultry Litter and Poultry Litter Biochar on Soil Microbial Respiration and Nitrifying Bacteria Activity / M. Mierzwa-Hersztek, A. Klimkowicz-Pawlas, K. Gondek // *Waste Biomass Valor.* – 2018. – Vol. 9. – Pp. 379–389.

208. Nash, T. Leghemoglobins and nitrogenase activity during soybean root nodule development / T. Nash, H.M. Schulman // *Botany.* – 1976. – Vol. 54. – Pp. 2790–2797.

209. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review / F. Salvagiotti, K. Cassman, J.E. Specht et al. // *Field Crops Research.* – 2008. – Vol. 108. – Issue 1. – Pp. 1–13. DOI:10.1016/j.fcr.2008.03.001.

210. Phosphorus and Potassium Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels / A.P. Gaspar, C.A.M. Laboski, S.L. Naeve et al. // *Crop Science.* – 2017. – Vol. 57. – Pp. 2193–2204. DOI: 10.2135/cropsci2016.05.0378.

211. Purcell, L.C. Drought and Nitrogen Source Effects on Nitrogen Nutrition, Seed Growth, and Yield in Soybean / L.C. Purcell, C.A. King // *Journal of Plant Nutrition.* – 1996. – Vol. 19. – Pp. 969–993.

212. Research of development trends in the field of soil fertility restoration / A.V. Turyansky et al. // *Ecology, Environment and Conservation Paper.* – 2018. – Vol. 24 (3). – Pp. 1048–1052.

213. Shakya, A. Poultry litter biochar: An approach towards poultry litter management / A. Shakya, T. Agarwal // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.* – 2017. – Vol. 6. – Pp. 2657–2668.

214. Shea, Z. Soybean Production, Versatility, and Improvement / Z. Shea, W.M. Singer, B. Zhang // In Book: *Legume Crops*, 2020. – Pp. 1–22 (2020). DOI: 10.5772/intechopen.91778.

215. The balance of organic matter and soil nutrients, depending on fertilization level of soybean varieties / E.G. Kotlyarova, V.G. Gritsina, S. Litsukov, A. Stupakov // *E3S WEB OF CONFERENCES.* «International Scientific and Practical Conference «Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture, Current Issues,

Achievements and Innovations», FABRA 2021». – Orel: EDP Sciences, 2021. – No. 5006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125405006.

216. Weiss E.A. Oilseed Crops / E.A. Weiss. 2nd ed. – Oxford: Blackwell Science, 1999. – 364 pp.

217. Wiersma J.V. Early maturing soybean nodulation and performance with selected *Bradyrhizobium japonicum* strains / J.V. Wiersma, J.H. Orf // Agronomy Journal. – 1992. – Vol. 84, Issue 3. – Pp. 449–458. DOI: 10.2134/AGRONJ1992.00021962008400030019X.

ПРИЛОЖЕНИЕ

АКТ

внедрения результатов научно-технических разработок и передового опыта

1. **Наименование внедрённого мероприятия** «Продуктивность сортов сои и плодородие чернозёма типичного в зависимости от органического и минеральных удобрений»
2. **Авторы законченной НИР:** В.Г. Грицина, Е.Г. Котлярова
3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению:** ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».
4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес:** ООО «Агрохолдинг Корочанский» 309218, Белгородская область, Корочанский р-н, с Бехтеевка, ул. Дорошенко, д.2 б
5. **Календарные сроки внедрения (начало-окончание)** 3 апреля 2017 г. – 30 сентября 2017 г.
6. **Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически)** 90 га
7. **Экономический эффект от внедрения на единицу (га.) и на весь объем внедрения в рублях**
 Производственные затраты на 1 га 29178 рублей
 Стоимость продукции с 1 га 53640 рублей
 Чистый доход с 1 га 24462 рубля
 Чистый доход с площади внедрения 2201580 рублей
8. **Долевое участие учреждения в полученном экономическом эффекте составляет** _____
9. **Фамилия, И.О. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от учреждения и хозяйства**

доктор с.-х. наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии и экологии
 Е. Г. Котлярова, соискатель В. Г. Грицина, генеральный директор
 ООО «Агрохолдинг Корочанский» С. И. Закотенко.

Председатель комиссии:

Генеральный директор

ООО «Агрохолдинг Корочанский»

Главный бухгалтер

Ответственный за внедрение



С.И. Закотенко

И.М. Свиженко

Е.Г. Котлярова

В.Г. Грицина

Акт составлен 30 сентября 2017 г.