

На правах рукописи

Фомин Дмитрий Владимирович

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И УДОБРЕНИЙ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Кинель – 2018

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении дополнительного профессионального образования
«Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса»

Научный руководитель: **Нафиков Макарим Махасимович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Жужукин Валерий Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кукурузы и трав, ФГНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

Хайбуллин Мухамет Минигалимович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой почвоведения, ботаники и селекции растений

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ульяновский научно - исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита состоится «__» сентября 2018 года в 14⁰⁰ ч. на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2. Тел/факс: 8 (846) 634-61-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Самарская ГСХА: <http://ssaa.ru>, с авторефератом – на сайтах ВАК Министерства образования и науки РФ: <http://vak3.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО Самарская ГСХА: <http://ssaa.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2018 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Зудилин Сергей Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В комплексе мероприятий по увеличению производства продукции животноводства решающее значение имеет создание прочной кормовой базы и обеспечение животных высококачественными сбалансированными кормами в условиях богарного земледелия.

В условиях кризиса и часто повторяющихся засух, одним из основных направлений реализации стратегии интенсификации полевого кормопроизводства является совершенствование структуры посевных площадей кормовых культур в сторону повышения удельного веса культур, экономно расходующих влагу и технологии их возделывания (Нафиков, 1992; Давлетшин, 1999; Гасанов, Магамедов, 2005, Шайтанов, Тагиров, Хуснуллин, Садриев, 2012; Система земледелия Республики Татарстан, ч. 1, 2014).

В условиях лесостепи Поволжья, где часто повторяются засухи, основной силосной культурой является кукуруза, однако, она в засушливые годы резко снижает урожайность (Кравцов В.А., Котова Н.М., 2004).

Решить эту проблему можно путем использования засухоустойчивых культур, адаптированных к экстремальным условиям возделывания, среди которых, важное место принадлежит сорговым культурам. Имея мощную, глубоко проникающую в почву корневую систему эти культуры успешно противостоят суховеям и летней жаре.

Солевыносливость, пластичность, более низкие трудозатраты на возделывание, экономное расходование влаги и многогранность использования ставят сорговые в ряд наиболее ценных кормовых культур (Малиновский, 1984, 1985 (резервы); Пономарев, 1987; Шепель, 1985; Хайбуллин, 2016).

По степени засухоустойчивости и жаростойкости они относятся к числу уникальных растений в связи с особым анатомическим и физиологическим строением (Жукова, Абалдов, 2004; Кадыров, Федотов, Большаков, Клепко, 2008).

Поэтому, в последнее время, в связи с глобальным потеплением климата и ужесточением засух на нашей планете, роль сорго в XXI в., значительно возрастает (Муслимов, 2005).

Однако, несмотря на это, сорго в Среднем Поволжье занимает не большие площади и, потенциал его продуктивности реализован далеко не полностью, поскольку недостаточно отработана технология его возделывания. В связи с чем, нами в 2013 г. были возобновлены исследования по данной культуре.

Степень разработанности темы. Приемы возделывания и элементы технологии возделывания сорго в разные годы изучались многими исследователями (Шорин, Мирошниченко, Малиновский, 1969; Олексенко 1979, 1986; Шорин, 1986; Шепель, 1994; Алабушев, 2000; Алабушев, Анипенко, Гурский и др., 2003; Кадралиев, Авдиев, 2003; Алабушев, 2007; Янкелевич, 2007; Кадралиев, Григоренкова, 2009; Нафиков, 2012; Кошеваров, Полищук, Лебедев, 2013; Дронов, Бельченко, Андрюшин, 2015; Коконов, 2016; Хай-

буллин и др., 2016). Однако, результаты этих исследований в различных почвенно-климатических зонах не совпадают, что и определило направление нашей работы.

Цель исследований – повышение продуктивности сахарного сорго при размещении по лучшим предшественникам и внесении расчетных норм минеральных удобрений в условиях Среднего Поволжья.

Для выполнения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

- изучить влияние приемов возделывания сорго на рост и развитие растений, засоренность посевов и гранулометрический состав почвы;
- установить параметры фотосинтетической деятельности растений в посевах, обеспечивающих получение зеленой массы сахарного сорго 50 и 60 т/га;
- дать оценку урожайности и кормовым достоинствам сахарного сорго;
- определить лучшие предшественники для сорго на выщелоченных черноземах;
- установить эффективность расчетных норм удобрений, коэффициенты водопотребления в зависимости от уровня минерального питания.
- рассчитать экономическую и энергетическую эффективность разработанных приемов возделывания.

Научная новизна исследований. Для условий Среднего Поволжья выявлены лучшие предшественники на расчетных фонах питания. Получены новые экспериментальные данные по пищевому и водному режимам почв, агрохимическим и физическим показателям, фотосинтетическим параметрам посевов, выносу элементов питания и питательности в зависимости от предшественника и фона питания.

Установлена тесная корреляционная зависимость урожайности от основных (ЧПФ, продуктивность 1 тыс. ед. ЛФП, среднесуточный прирост сухой биомассы) показателей фотосинтетической деятельности посевов ($r=0,978-0,998$). Получены высокие ($r=0,997-0,998$) коэффициенты частной и множественной корреляции между урожайностью и показателями (сбор кормовых единиц, переваримого протеина и сахара) питательности зеленой массы сахарного сорго.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что на основе полевых экспериментов установлены лучшие предшественники, обоснованы расчетные нормы удобрений применительно к выщелоченным черноземам, обеспечивающие получение 50 и 60 т/га зеленой массы сорго, при сравнительно низкой себестоимости. Проверка лучших вариантов в условиях производства проводилась в ООО «Хузангаевское» Алькеевского района Республики Татарстан на площади 227 га, где общий экономический эффект составил 287 тыс. руб.

Методология и методы исследования. Методология научных исследований включала общенаучные и теоретические методы сравнения, обобщения, анализ, синтез, использованными при работе с научными публикаци-

ями и опытными данными, а также имперические методы, полевые и лабораторные эксперименты, наблюдения, описания, измерения.

Положения выносимые на защиту:

- параметры физических и агрохимических свойств почв при размещении сорго по различным предшественникам;
- наилучшие предшественники для сахарного сорго на выщелоченных черноземах Среднего Поволжья;
- показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах сорго;
- урожайность и кормовая оценка зеленой массы сахарного сорго в зависимости от предшественников и уровня питания;
- экономическая эффективность и энергетическая оценка применяемых агротехнических приемов при возделывании сорго.

Диссертация выполнена в соответствии с концепцией развития аграрной науки РФ на период до 2025 года и паспортом специальности 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается экспериментальными данными, полученными при проведении четырехлетних полевых опытов, с использованием современных методов, дисперсионного и корреляционного анализов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы апробировались на Международных научно-практических конференциях (Казань, 2015, 2017; Уфа, 2016), Всероссийских (Пермь, 2016), научных конференциях профессорско-преподавательского состава Татарского института переподготовки кадров агробизнеса (2015-2017 гг.).

Публикации. По результатам научных исследований опубликовано 10 работ, из которых четыре в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Российской Федерации и учебное пособие.

Структура и объем диссертации. Объем работы 143 страницы печатного текста, включает введение, четыре главы, выводы и предложения для внедрения в сельскохозяйственные предприятия; таблиц – 24, рисунков – 26 и 4 приложения. Список использованной литературы содержит 220 наименований, в том числе 10 литературных источников на иностранном языке.

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач исследований, выборе методик проведения учетов и анализов, закладке полевых опытов, обработке результатов экспериментов, подготовке диссертации, внедрении результатов в производство.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературы. В главе приводится обзор отечественных и иностранных источников, затрагивающих особенности роста, развития, биологии, предшественники и удобрения сорго.

Сделаны выводы о том, что в условиях Среднего Поволжья можно получать запланированные урожаи зеленой массы сахарного 50-60 т/га. Для этого надо правильно выбрать предшественник и рассчитать удобрения на

планируемую урожайность с учетом местных коэффициентов выноса и использования питательных элементов из почвы и удобрений.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проведены на опытном поле института, расположенном в Закамье Республики Татарстан в 2013-2016 гг.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с программой НИР ФГБОУ ДПО «ТИПКА» и методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами.

Опыты проводились на выщелоченном среднесуглинистом черноземе с содержанием фракций почвы менее 0,01 мм в слое 0-25 см – 52,76 % (по Качинскому). Почва в годы исследований содержала: гумуса 5,8-6,2 % (по Тюрину), азота щелочно-гидролизующего – 81-86 мг/кг, подвижных форм фосфора – 158-164 мг, обменного калия – 184-190 мг/кг почвы (по Чирикову); сумма поглощенных оснований 38-42 мг-экв. на 100 г почвы, гидrolитическая кислотность 3,61-3,68, рН солевой вытяжки 5,7-6,1.

Схема опыта. Предшественники (фактор А): 1. Рапс на маслосемена. 2. Однолетние травы. 3. Картофель. 4. Ячмень.

Удобрения (фактор Б): 1. Неудобренный, 2. NPK на 50 т зеленой массы с 1 га, 3. NPK на 60 т зеленой массы с 1 га.

После уборки рапса, однолетних трав и ячменя основная обработка состояла из лущения стерни на глубину 8-12 см и вспашки на 23-25 см, а после картофеля только вспашки на 23-25 см. Весенняя обработка почвы началась с закрытия влаги в два следа, после чего проводились культивации. Первая на 10-12 см и предпосевная – на 5-6 см агрегатом КБМ-10,5.

Минеральные удобрения рассчитывались на 50 и 60 т/га зеленой массы расчетно-балансовым методом. Повторность опыта – трехкратная. Общая площадь делянки – 263 м², учетная – 200 м². Расположение делянок систематическое. В опыте использовали районированный по 7 региону сорт Кинельское 4. Норма высева – 400 тыс. шт./га, глубина посева 4-5 см. Для инкрустации семян использовали препарат Доспех (0,4 л/т) + ЖУСС (3 л/т).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО

Физические свойства почвы. Верхний 0-10 сантиметровый слой почвы выщелоченных черноземов в годы проведения опытов характеризовался более рыхлым (1,06-1,08 г/см³) сложением. Более структурной была почва после картофеля и рапса на маслосемена, менее структурной – после ячменя.

К уборке во всех вариантах опыта почва уплотнялась, но в разрезе предшественников имела ту же динамику. В вариантах, где предшественником сорго был картофель, она находилась в пределах 1,15-1,17, рапса – 1,16 и

1,18 г/см³. После ячменя она была равна 1,21-1,24, однолетних трав – 1,17 и 1,19 г/см³, соответственно.

По всем вариантам опыта с увеличением глубины пахотного слоя отмечено увеличение плотности сложения почвы, начиная от посева до уборки сорго.

В прямой зависимости от плотности сложения почвы находилась и твердость. С увеличением глубины пахотного слоя твердость почвы возрастала по всем предшественникам.

При посеве сорго после рапса на не удобренном фоне питания в слое 0-10 см она составила перед посевом 5,6 кг/см², 10-20 см – 16,0 и 20-30 см – 26,6 кг/см².

В вариантах, где сорго было размещено после картофеля, она была несколько ниже и составила, соответственно, 5,4 кг/см², 15,8 и 26,4 кг/см². Наибольшей твердость почвы перед посевом на аналогичном варианте была при размещении сорго после ячменя и составила, соответственно, 6,0 кг/см², 16,8 и 27,8 кг/см². Фоны питания большого влияния на твердость почвы не оказали.

К уборке твердость почвы во всех слоях почвы увеличивалась. В слое почвы 0-10 см, при размещении сорго после рапса на контроле, она доходила до 10,4 кг/см², на глубине 10-20 см – 21,7 и 20-30 см – 36,1 кг/см². Максимальной твердость почвы была при размещении сорго после ячменя и составила, соответственно, 11,9 кг/см², 23,2 и 37,6 кг/см², а минимальной (10,3 кг/см², 21,9 и 35,8 кг/см²) – после картофеля.

Суммарное водопотребление. В ходе проведенных исследований установлено, что на общий расход влаги с гектара оказали влияние изучаемые агротехнические приемы, продолжительность от посева до уборки и погодные условия в годы проведения опытов. Минимальное суммарное водопотребление с гектара наблюдалось в 2016 г. в вариантах, где сорго было размещено после ячменя и составило на неудобренном фоне 1060 т/га, на фоне питания 50 т/га зеленой массы – 1080 и на 60 т/га – 1100 т/га. С увеличением уровня питания, оно возрастало. Наибольшим расход влаги на 1 га был при размещении сахарного сорго после однолетних трав и составил, соответственно, 1110 т/га, 1130 и 1170 т/га. Несколько ниже он был в вариантах, где сорго было размещено после рапса на маслосемена и картофеля.

Результаты четырехлетних исследований показали, что наибольшим расход влаги был в 2014 году, где предшественником сорго были однолетние травы, и составил на не удобренном фоне – 2900 т/га, а на 50 и 60 т/га – 3230 т/га.

В среднем за четыре года исследований, наибольший расход влаги с 1 га был в вариантах, где предшественником сахарного сорго были однолетние травы. На неудобренном фоне он составил 1733 т/га, при расчете удобрений на 50 т/га зеленой массы – 1835 т/га и на фоне 60 т/га – 1868 т/га.

В опытах установлено, чем выше уровень питания, тем ниже коэффициент водопотребления, и тем экономнее, растения используют влагу.

Засоренность посевов. Результаты исследований показали, что фон питания и предшественник оказывают не равнозначное влияние на засоренность посевов сахарного сорго (таблица 1).

Таблица 1 – Засоренность сорго в зависимости от предшественника и удобрений, шт./м² (средняя за 2013-2016 гг.)

Предшест- венник (А)	Фон питания (Б)	Годы				В среднем за четыре года
		2013	2014	2015	2016	
Рапс на маслосемена	Неудобренный	9	11	7	8	9
	НPK на 50 т/га	13	15	14	13	14
	НPK на 60 т/га	18	16	15	16	16
Однолетние травы	Неудобренный	7	5	9	7	7
	НPK на 50 т/га	13	16	12	13	14
	НPK на 60 т/га	16	18	15	15	16
Картофель	Неудобренный	8	6	12	10	9
	НPK на 50 т/га	19	16	18	11	16
	НPK на 60 т/га	21	18	20	13	18
Ячмень	Неудобренный	13	10	15	12	13
	НPK на 50 т/га	16	19	17	15	17
	НPK на 60 т/га	19	17	21	18	19
НСР ₀₅ А		2,48	2,93	2,53	2,28	
НСР ₀₅ В		1,32	1,75	1,69	0,85	
НСР ₀₅ АВ		2,94	3,28	1,80	1,57	

В среднем за 4 года, наименьшая засоренность отмечена в вариантах, где предшественниками были однолетние травы и рапс на маслосемена. Общее количество сорных растений в вариантах исследований варьировало от 7 до 20 шт./м².

Из сорняков в посевах сорго преобладали овсюг (*Avena fatua*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), марь белая (*Chenopodium album*), пастушья сумка (*Capsella bursa*) и осот полевой (*Sonchus arvensis*).

Внесение минеральных удобрений приводило к увеличению, как количества сорняков на 1 м² площади, так и их массы в посевах сахарного сорго.

Между урожайностью и засоренностью установлена обратная корреляционная связь, чем больше засоренность посевов, тем ниже урожайность. Коэффициент корреляции по годам исследований находился на уровне 0,815-0,989.

Фотосинтетическая деятельность посевов. Увеличить урожай растений – это значит, прежде всего, повысить фотосинтетическую продуктивность и коэффициент использования ФАР для создания хозяйственной части урожая (Зиганшин, 2001; Зиганшин, Шарифуллин, 1981).

Большое влияние на фотосинтетическую деятельность посевов по данным наших наблюдений оказали минеральные удобрения и метеорологические условия, меньшее – предшественники.

Максимальная листовая поверхность в среднем за четыре года у сахарного сорго формировалась на фоне питания, рассчитанном на получение 60 т зеленой массы, после однолетних трав и равнялась в фазе кущения – 30,2 тыс. м²/га, в фазе выхода в трубку – 47,2 и в фазе выметывания – 65,7 тыс. м²/га. На контроле на аналогичных вариантах она составила, соответственно, 17,8, 23,5 и 37, 2 тыс. м²/га (т.е. снизилась в 1,7, 2,0 и 1,8 раза).

Сравнительно низкая листовая поверхность сахарного сорго получена при его размещении после ячменя на неудобренном фоне, где она составила: в фазе кущения 13,6 тыс. м²/га, в фазе выхода в трубку – 19,3, в фазе выметывания – 30,1 и в фазе молочной спелости – 20,8 тыс. м²/га.

Более комплексным показателем деятельности ассимилирующего аппарата растений является листовая фотосинтетический потенциал (ЛФП), который зависит от размера листьев и продолжительности их работы.

На неудобренном фоне он составил 2053,9 тыс. м²/га x дней, что ниже чем на удобренных вариантах в 1,78-1,95 раза. Среди предшественников на первом месте были однолетние травы, втором – рапс на маслосемена, третьем – картофель и четвертом – ячмень.

Наименьший (1466,7 тыс. м²/га x дней) листовой фотосинтетический потенциал в опыте, в среднем за четыре года, был сформирован на контроле, где предшественником сорго был ячмень. Удобрения независимо от предшественника увеличивали ЛФП.

На листовой фотосинтетический потенциал оказали влияние и метеорологические условия. Наибольших значений он достиг в более благоприятном 2013 году, наименьших – в 2016 г.

Ниже приведены основные показатели фотосинтетической деятельности посевов (рисунок 1).

Из данных рисунка 1 видно, что на показатели фотосинтетической деятельности посевов большее влияние оказывали удобрения, меньшее – предшественники.

С внесением минеральных удобрений показатели фотосинтетической деятельности посевов возрастали. Наименьшими они были на контроле независимо от предшественника.

Так, при размещении сорго после однолетних трав на не удобренном фоне ЧПФ составила 1,71г/м² в сутки, продуктивность 1 тыс. ед. ЛФП – 6,47 кг, среднесуточный прирост сухой биомассы – 43,6 кг. На фоне питания 50 т/га зеленой массы эти показатели составили, соответственно, 3,53 г/м² в сутки, ЛФП – 13,21 кг и 151,3 кг, а на 60 т/га – 3,94г/м² в сутки, 14,65 кг и 181,7 кг.

Относительно низким среднесуточный прирост сухой биомассы был при размещении сахарного сорго после ячменя. И составил на контроле – 31,3 кг, а на удобренных фонах 50 и 60 т/га, соответственно, 95,1 и 141,7 кг/га.

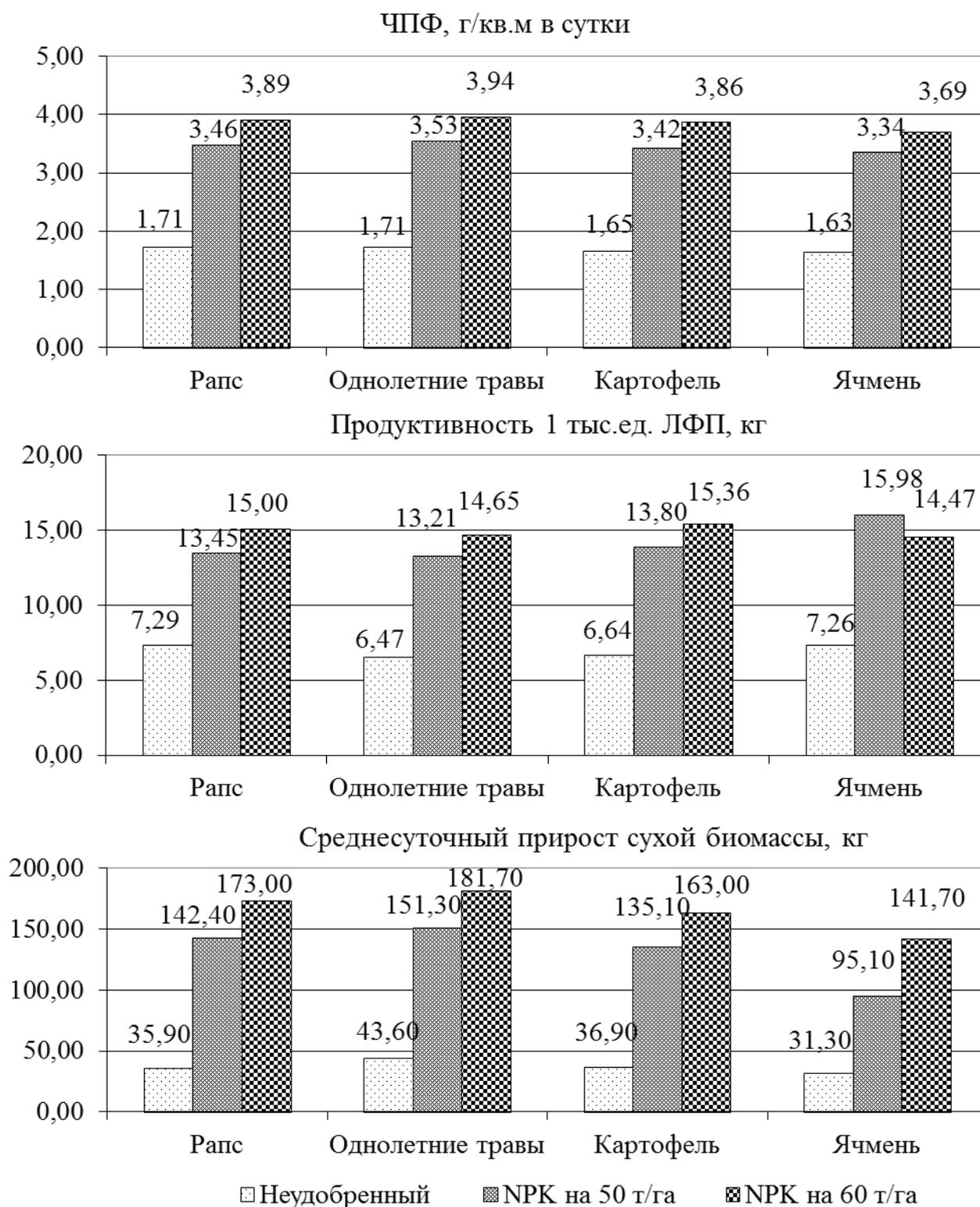


Рисунок 1 – Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов (2013-2016 гг.)

По результатам наших исследований (2013-2016 гг.) был проведен корреляционно-регрессионный анализ данных между урожайностью и показателями фотосинтетической деятельности посевов.

На основе которого, установлена тесная взаимосвязь урожая с чистой продуктивностью фотосинтеза, продуктивностью 1 тыс. ед. ЛФП и среднесу-

точным приростом сухой биомассы. Получены коэффициенты частной и множественной корреляции, которые оказались достаточно высокими, на уровне 0,970-0,997.

Урожайность зеленой и сухой массы сахарного сорго в зависимости от предшественника и уровня питания. Результаты исследований показали, что фон питания и предшественник оказывают значительное влияние на урожайность зеленой массы (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы сорго в зависимости от предшественника и удобрений, т/га

Предшественник	Фон питания	Годы				В среднем за четыре года
		2013	2014	2015	2016	
Рапс на маслосемена	Неудобренный	12,80	12,20	12,34	11,20	12,14
	НРК на 50 т/га	48,80	47,10	48,29	41,30	46,37
	НРК на 60 т/га	59,00	57,33	58,27	51,97	56,64
Однолетние травы	Неудобренный	14,10	13,70	13,54	11,82	13,29
	НРК на 50 т/га	50,67	49,63	50,75	42,13	48,30
	НРК на 60 т/га	60,80	60,57	60,99	52,34	58,68
Картофель	Неудобренный	12,97	11,73	12,34	10,82	11,97
	НРК на 50 т/га	48,23	46,33	48,01	40,34	45,73
	НРК на 60 т/га	59,50	58,37	61,30	46,03	56,30
Ячмень	Неудобренный	11,30	10,83	10,46	10,14	10,68
	НРК на 50 т/га	41,07	34,63	36,90	32,71	36,33
	НРК на 60 т/га	48,63	44,43	44,87	43,14	45,27
НСР ₀₅ А		1,10	1,47	0,25	0,36	
НСР ₀₅ В		0,76	0,81	0,30	0,24	
НСР ₀₅ АВ		3,57	5,32	5,31	3,64	

В течение четырех лет исследований, максимальная урожайность зеленой массы получена на расчетных (50 и 60 т/га) фонах питания при размещении сахарного сорго после однолетних трав и составила, соответственно, 48,30 и 58,68 т/га. Картофель и рапс были равноценными предшественниками для сорго. После рапса на фоне питания 50 т/га собрано 46,37 т/га (или 92,7 % от расчетной) и картофеля – 45,73 т/га (или 91,46 %).

При внесении удобрений на 60 т/га зеленой массы с 1 га собрано после рапса – 56,64 т/га и картофеля – 56,30 т/га.

Среди изучаемых предшественников худшим для сахарного сорго был ячмень. На неудобренном фоне после него получено 10,68 т/га зеленой массы, при внесении НРК на 50 т/га собрано – 36,33 и на 60 т/га – 45,27 т/га (или 75,45 % от расчетной).

Урожайность сахарного сорго в годы исследований изменялась и в зависимости от погодных условий. Наибольшая урожайность зеленой массы сорго получена в благоприятные 2013 г., 2014 г. и 2015 г., меньшая – в неблагоприятные 2016 г.

гоприятном 2016 г. В зависимости от предшественников и удобрений закономерность осталась та же. В вариантах, где сорго размещали после ячменя на неудобренном фоне в 2015 г. с 1 га собрано 10,46 т/га, при внесении удобрений на 50 т зеленой массы получено 36,90 и на 60 т – 44,87 т/га.

Выход кормовых единиц, протеина, обеспеченность кормовой единицы протеином и содержание нитратов. Изучаемые приемы оказали влияние и на питательную ценность зеленой массы сорго.

Наибольший (12539 кг/га) сбор кормовых единиц с одного гектара получен после однолетних трав на фоне НРК, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы. Несколько ниже (10320 кг/га) он был на фоне питания 50 т/га. Наименьший (2841 кг/га) сбор кормовых единиц был на неудобренном фоне.

В вариантах, где предшественником сорго был рапс, на аналогичных делянках он составил – 12105 кг/га, 9910 и 2524 кг/га, соответственно.

Минимальный (2129 кг/га) сбор кормовых единиц получен на не удобренном фоне, где сахарное сорго размещалось после ячменя. При уровне урожайности 50 т/га зеленой массы он был равен – 7229 кг/га, а на 60 т/га – 9021 кг/га. Внесение расчетных норм минеральных удобрений способствовало увеличению сбора кормовых единиц по всем предшественникам.

Сбор протеина с одного гектара имел ту же самую динамику. Внесение расчетных норм минеральных удобрений повышало содержание протеина в полученной продукции. Максимальным (1292 кг/га) он был на фоне НРК, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы, после однолетних трав. При расчете НРК на 50 т/га сбор протеина с гектара составил 1022, а на контроле – 222 кг/га.

Минимальный (145 кг/га) он получен на неудобренном фоне, при размещении сорго после ячменя (рисунок 2).

По результатам исследований был проведен корреляционно-регрессионный анализ данных между урожайностью и показателями питательности зеленой массы сорго. На основе анализа установлена тесная взаимосвязь урожая со сбором кормовых единиц, сбором протеина и сбором сахара и получены высокие коэффициенты частной и множественной корреляции, величины которых в опыте находились на уровне 0,997-0,999.

Содержание нитратов в зеленой массе больше зависело от удобрений, чем предшественника. С увеличением уровня питания содержание нитратов возрастало. При размещении сахарного сорго после рапса на контроле содержание нитратов составило 322 мг/кг, то при расчете НРК на 50 т/га оно достигло 364, а на 60 т/га возросло до 421 мг/кг. В целом, содержание нитратов в зеленой массе перед уборкой находилось в пределах (310-433 мг/кг) ПДК.

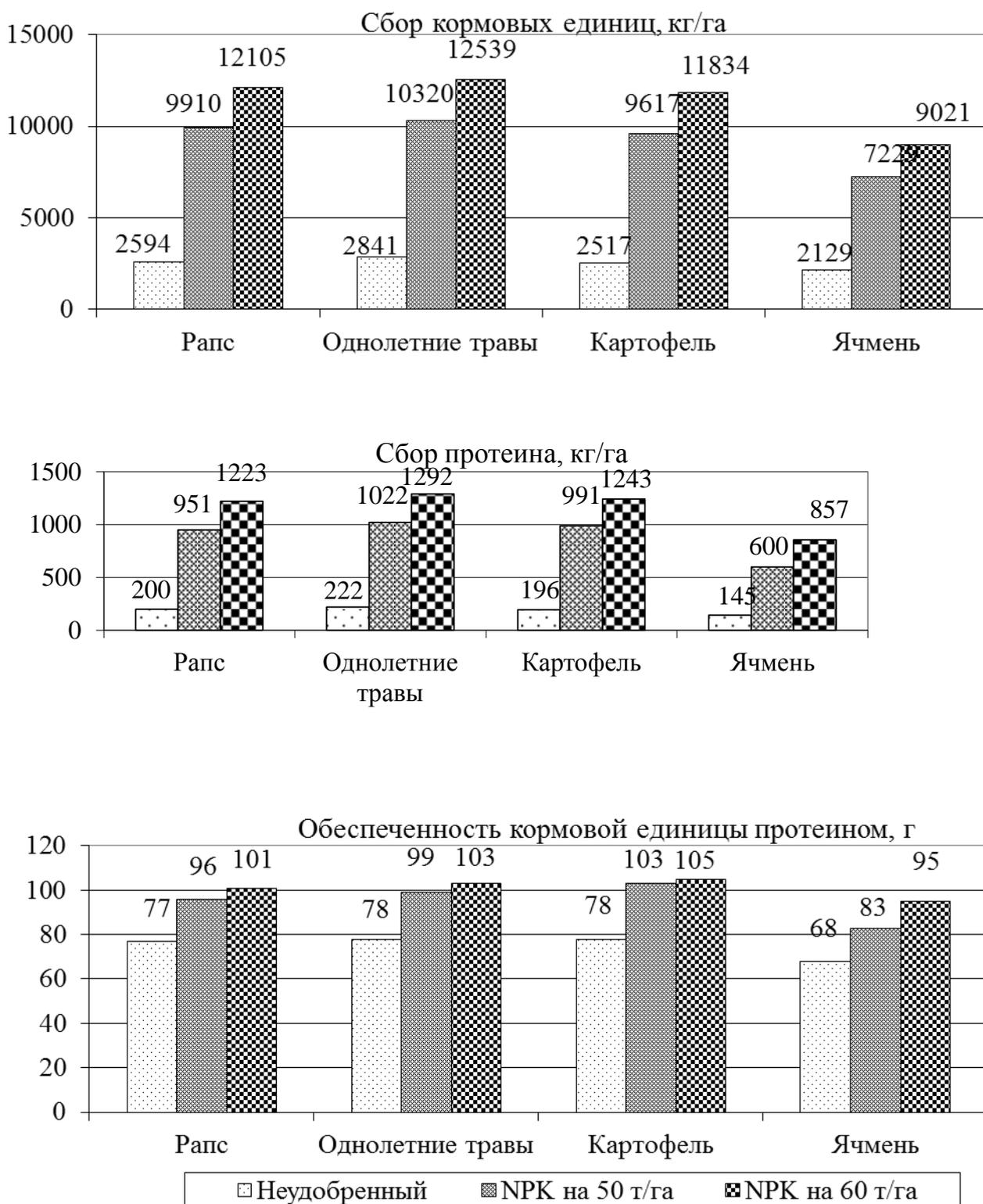


Рисунок 2 – Сборы кормовых единиц, протеина и обеспеченность кормовой единицы протеином, средние за 2013-2016 гг.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Наибольший (112,4 %) уровень рентабельности в опыте, в среднем за четыре года, получен на фоне питания, рассчитанном на 50 т/га зеленой массы, при размещении сорго после однолетних трав. На аналогичном варианте, где предшественником сорго был рапс, уровень рентабельности составил 107,2 %. Несколько ниже (105,9 %) он был при размещении сорго после картофеля. Наименьший (76,6 %) уровень рентабельности получен на не удобренном фоне в варианте, где предшественником сорго был ячмень. При внесении NPK на 60 т/га зеленой массы, он был несколько ниже и составил при размещении сорго по рапсу – 103,3 %, однолетним травам – 106,0, картофелю – 101,7 и ячменю – 84,5 %.

Себестоимость 1 т зеленой массы с увеличением уровня питания до 50 т/га снижалась при размещении сорго после всех предшественников. При дальнейшем повышении уровня питания она возрастала.

Если, в варианте, где предшественником сорго были однолетние травы на неудобренном фоне она составила 293 руб./т, то при внесении NPK на 50 т/га зеленой массы – 265 и на 60 т/га – 276 руб./т. После рапса на маслосемена она была несколько выше, и составила – 299 руб./т, 275 и 280 руб./т. Максимальной она была при размещении сорго после ячменя и составила на аналогичных вариантах 323 руб./т, 290 и 297 руб./т.

Наибольший (111,3 ГДж/га) чистый энергетический доход в опыте, в среднем за 4 года, получен на фоне NPK, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы при размещении сорго после однолетних трав. Несколько ниже (107,25 ГДж/га) он был при размещении сорго после рапса. Наименьшим (84,70 ГДж/га) на аналогичном варианте он был при размещении сорго после ячменя.

Энергетический коэффициент эффективности на удобренных фонах был выше, чем на контроле. Однако, закономерность в зависимости от предшественников сохранилась. Максимальным (7,80) он был на фоне питания, рассчитанным на 50 т/га зеленой массы, и предшественнику – однолетним травам. Наименьшим (6,83) после ячменя на фоне NPK, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы.

ВЫВОДЫ

1. В условиях Среднего Поволжья можно получить запланированные урожаи зеленой массы сорго в 50-60 т/га, для чего необходимо рассчитать минеральные удобрения расчетным методом и правильно выбрать предшественник.

2. Установлена прямая зависимость суммарного водопотребления от количества выпавших осадков в период вегетации и уровнем питания. Чем больше осадков выпадает в период вегетации и выше уровень питания, тем выше расход влаги с 1 га. Внесение минеральных удобрений способствует

экономному расходованию влаги и снижению коэффициента водопотребления.

3. Физические свойства почвы в большей степени зависели от предшественника, в меньшей – от удобрений. По всем вариантам опыта с увеличением глубины взятия проб, начиная от посева до уборки сорго прослеживалось увеличение плотности сложения почвы. При размещении сорго после зернового предшественника – ячменя на не удобренном (естественном) фоне плотность почвы перед посевом в слое 0-10 см составила 1,09 г/см³, 10-20 см – 1,14, и 20-30 см – 1,24 г/см³. К концу вегетации почва становилась более плотной, однако закономерность осталась та же и составила – 1,21 г/см³, 1,28 и 1,38 г/см³. Более рыхлой почва была после картофеля и рапса, менее рыхлой – после ячменя. Твердость почвы находилась в прямой зависимости от ее плотности. С увеличением глубины пахотного слоя твердость почвы возрастала по всем предшественникам.

4. Внесение минеральных удобрений способствует увеличению фотометрических параметров посевов сорго. Наименьшими они были на контроле независимо от предшественника. Так, при размещении сорго после однолетних трав на не удобренном фоне ЧПФ составила 1,71 г/м² в сутки, продуктивность 1 тыс. ед. ЛФП – 6,47 кг, среднесуточный прирост сухой биомассы – 43,6 кг, то при внесении NPK на 60 т/га зеленой массы эти показатели составили, соответственно, 3,94 г/м² в сутки, 14,65 кг и 181,7 кг.

5. Самая низкая засоренность посевов сахарного сорго отмечена в вариантах, где его предшественниками были однолетние травы и рапс на семена, наибольшая – после ячменя. Внесение удобрений повышало численность и массу сорных растений.

6. Максимальная урожайность зеленой массы сорго в среднем за четыре года получена на расчетных (50 и 60 т/га) фонах питания при его размещении после однолетних трав и составила, соответственно, 48,30 и 58,68 т/га. Картофель и рапс были равноценными предшественниками для сорго. После рапса урожайность зеленой массы сорго при внесении NPK на 50 т/га составила 46,37 т/га (или 92,7 % от расчетной), а картофеля – 45,73 т/га (или 91,46 %). На фоне, рассчитанном на 60 т/га, на аналогичных вариантах собрано 56,64 и 56,30 т/га.

7. Среди предшественников наибольший сбор кормовых единиц, переваримого протеина обеспечили посеvy сорго после однолетних трав, на втором месте был рапс на семена, третьем – картофель и четвертом – ячмень.

Наибольший (12539 кг/га) сбор кормовых единиц с одного гектара получен после однолетних трав на фоне питания, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы. Несколько ниже (10320 кг/га) он был на фоне питания, рассчитанном на 50 т/га. Самый низкий (2841 кг/га) сбор кормовых единиц получен на неудобренном фоне.

По сбору протеина с одного гектара динамика не изменилась. Увеличение уровня минерального питания способствовало обогащению зеленой массы сорго протеином. Максимальный (1292 кг/га) он был на фоне, рассчитан-

ном на 60 т/га зеленой массы, после однолетних трав. При расчете NPK на 50 т/га он составил 1022 кг/га, при сборе на контроле – 222 кг/га.

Наименьший (145 кг/га) сбор протеина получен на неудобренном фоне при размещении сорго после ячменя.

Внесение расчетных норм минеральных удобрений хоть и увеличивало количество нитратов в зеленой массе сорго, однако оно находилось в пределах (310-433 мг/кг) ПДК.

8. На сбор сахара с 1 га большее влияние оказали удобрения, меньше – предшественники. Наибольший (2601 кг/га) сбор сахара с 1 га посевов сорго в среднем за четыре года получен при размещении сорго после однолетних трав на фоне питания, рассчитанном на 60 т/га. Несколько ниже (2313 кг/га) он был на фоне 50 т/га, при сборе сахара на не удобренном фоне – 595 кг/га

9. Наибольший (111,3 ГДж/га) чистый энергетический доход получен при расчете NPK на 60 т/га зеленой массы и размещении сорго после однолетних трав. Несколько уступал (107,25 ГДж/га) вариант, где в качестве предшественника сорго был рапс. Наименьшим (84,7 ГДж/га) на аналогичном варианте он был при размещении сорго после ячменя. Максимальный (7,80) энергетический коэффициент эффективности получен на фоне питания, рассчитанным на 50 т/га, после однолетних трав. Наименьшим (6,83) – после ячменя на фоне NPK, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы.

Максимальный (112,4 %) уровень рентабельности в опыте, в среднем за четыре года получен на расчетном фоне питания, рассчитанном на 50 т/га зеленой массы. Наименьший (76,6 %) – на неудобренном фоне при размещении сахарного сорго после ячменя.

Себестоимость 1 т зеленой массы с увеличением уровня питания до 50 т/га снижалась при размещении сорго после всех предшественников, затем возрастала. Если, после однолетних трав на не удобренном фоне, она была равна 293 руб./т, то при расчете на 50 т/га – 265 и на 60 т/га – 276 руб./т. После рапса на маслосемена она была несколько выше, и составила, соответственно, 299 руб./т, 275 и 280 руб./т. Наибольшей, она была в вариантах, где предшественником сорго был ячмень и составила, на аналогичных вариантах, 323, 290 и 297 руб./т.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях Среднего Поволжья сахарное сорго следует размещать после однолетних трав, рапса и картофеля.

2. На черноземах выщелоченных для получения планируемых урожаев зеленой массы сахарного сорго в 50 и 60 т/га минеральные удобрения следует рассчитывать балансовым методом с учетом коэффициентов выноса NPK.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях ведущих рецензируемых научных журналах,

1. **Фомин, Д. В.** Влияние предшественников и уровня питания на засоренность, агрофизические свойства почвы и продуктивность сахарного сорго / **Д. В. Фомин**, А. Р. Нигматзянов, П. А. Чекмарев, М. М. Нафиков // Земледелие. – № 5. – 2016. – С. 26-28.
2. **Фомин, Д. В.** Продуктивность сахарного сорго в зависимости от предшественников и удобрений / **Д. В. Фомин** // Вестник Казанского ГАУ. – № 2 (40). – 2016. – С. 51-54.
3. **Нафиков, М. М.** Сорты и технологические приемы возделывания сахарного сорго (*Sorghum Bicolor (L/) Moench*) в условиях Татарстана / **М. М. Нафиков**, **Д. В. Фомин**, А. Р. Нигматзянов // Кормопроизводство. – № 7. – 2016. – С. 29-32.
4. **Фомин, Д. В.** Влияние предшественников и удобрений на физические свойства, водный режим почвы и урожайность сахарного сорго / **Д. В. Фомин** // Вестник Казанского ГАУ. – № 1 (43). – 2017. – С. 50-55.

Статьи в журналах, тематических сборниках и материалах конференций

5. **Фомин, Д. В.** Влияние предшественников и удобрений на урожайность и качество сахарного сорго в условиях лесостепи Поволжья / **Д. В. Фомин**, **М. М. Нафиков** // Проблемы развития аграрного сектора в условиях экономических санкций, импортозамещения: вопросы стратегии и тактики. Сборник статей. – Вып. 9. – Казань: «знакС», 2015. – 293-297 с.
6. **Фомин, Д. В.** Урожайность и питательность сахарного сорго в зависимости от предшественника и удобрений / **Д. В. Фомин** // Продовольственная самодостаточность региона в условиях импортозамещения: вопросы теории и практики. Сборник статей. – Вып.10. – Казань: Изд-во Бриг, 2016. – С. 230-237.
7. **Нафиков, М. М.** Урожайность сахарного сорго в зависимости от предшественников и удобрений, молодежная наука 2016: технологии, инновации / **М. М. Нафиков**, **Д. В. Фомин** // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова. – 2016. – С. 103-105.
8. **Фомин, Д. В.** Формирование урожайности сорго в зависимости от фона питания и предшественников / **Фомин Д. В.** // Аграрная наука в инновационном развитии АПК. – Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс – 2016» Ч. 1. – С. 211-215
9. **Фомин, Д. В.** Фотосинтетическая деятельность посевов сорго в зависимости от предшественников и удобрений / **Д. В. Фомин**, **О. В. Феофанова**

// Проблемы инновационного развития АПК: кадры, технологии, эффективность. Сборник статей. – Вып.11. – Казань: Изд-во Бриг, 2017. – С. 253-262 с.

10. **Нафиков М.М.** Сахарное сорго: технологические и экономические аспекты возделывания в Республике Татарстан: учебное пособие / М. М.Нафиков, Н. М. Якушкин, В. Н. Фомин, Н. Ф. Кашапов, **Д. В. Фомин**, А. Р. Нигматзянов. – Казань: Издательство «ЗнакС». – 2016. – 40 с.

ЛР №020444 от 10.03.98 г.

Подписано в печать _17.07.2018 г.

Формат 60x84 1/16. Печ.л.1 Заказ № ____.

Тираж 100 экз.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА.

446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский,
ул. Учебная 2.

Тел.: 8-(846-63) 46-2-44, 46-2-47. Факс: 46-2-44. E-mail: ssaariz@mail.ru