

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТАТАРСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ АГРОБИЗНЕСА»

На правах рукописи

Фомин Дмитрий Владимирович

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

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор М.М. Нафиков

КАЗАНЬ – 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	4
<b>Глава 1 РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ (Обзор литературы)....</b>	<b>8</b>
1.1 Биологические особенности сорго .....	11
1.2 Предшественники для сорго .....	16
1.3 Применение удобрений .....	19
<b>Глава 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ И ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗОВ.....</b>	<b>24</b>
2.1 Природно-климатические условия.....	24
2.2 Погодные условия в годы исследований .....	28
2.3 Почвы региона и почвенный покров опытного участка .....	34
2.4 Схема опыта и агротехника возделывания сорго	36
2.5 Методика наблюдений, учетов и анализов .....	37
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	
<b>Глава 3. ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО .....</b>	<b>40</b>
3.1. Физические свойства почвы .....	40
3.2. Динамика влажности почвы под посевами сорго .....	43
3.3. Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребле- ния .....	49
3.4. Засоренность посевов .....	53
3.5. Фенологические наблюдения и развитие растений .....	55
3.6. Динамика густоты стояния растений .....	63
3.7. Фотосинтетическая деятельность посевов .....	65
3.8. Урожайность зеленой и сухой биомассы сахарного сорго в зависимости от предшественника и уровня питания .....	81

3.9.	Выход кормовых единиц, протеина и обеспеченность кормовой единицы протеином .....	87
3.10.	Вынос элементов питания .....	95
Глава 4	<b>ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА .....</b>	<b>99</b>
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>103</b>
	<b>РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ .....</b>	<b>106</b>
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>107</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>128</b>
	Приложение А Расчет норм удобрений под сахарное сорго	129
	Приложение Б Результаты дисперсионного анализа данных по засоренности .....	131
	Приложение В Результаты математической обработки данных урожая .....	135
	Приложение Г Результаты корреляционно-регрессионного анализа .....	139

## ВВЕДЕНИЕ

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 связи с часто повторяющимися засухами в последнее время существующая структура посевных площадей кормовых культур требует пересмотра в сторону повышения удельного веса культур экономно расходующих влагу и имеющих критический период водопотребления, падающий на первую половину лета и технологии их возделывания [32,42,164,188].

В условиях Среднего Поволжья основной силосной культурой является кукуруза, однако она в годы с небольшим количеством осадков резко снижает урожайность [93].

Решить эту проблему можно путем использования засухоустойчивых культур, адаптированных к экстремальным условиям возделывания. Среди которых, важное место принадлежит сорговым. Так как они, благодаря мощной и глубоко проникающей в почву корневой системе и отличающихся от других типом фотосинтеза, способны лучше противостоять суховеям и летней жаре.

Солевыносливость, пластичность, более низкие трудозатраты на возделывание, экономное расходование влаги и многогранность использования ставят сорговые культуры в ряд наиболее ценных кормовых культур [103,105,155,184,196].

По степени засухоустойчивости и жаростойкости они относятся к числу уникальных растений в связи с особым анатомическим и физиологическим строением [58,74].

Поэтому в последнее время, в связи с всемирным потеплением климата на нашей планете и частыми засухами, роль сорго в XXI в. значительно возрастает [126].

Однако, не смотря на это, сорго в Среднем Поволжье занимает не большие площади, и потенциал его продуктивности реализован далеко не полностью, поскольку слабо налажено семеноводство и еще 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 [5,51,71,72,84,85,91,136,149,184,185,198,201,210]. 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 уровня 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 дозы 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 публикациями 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 в результате проведения четырехлетних полевых опытов, с использованием современных методов исследований, 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 Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации, и учебное пособие.

**Структура и объем диссертации.** Текст диссертации изложен на 143 страницах. Работа включает введение, четыре главы, выводы и предложения для внедрения в сельскохозяйственные предприятия. В работе представлены 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.

## Глава 1. РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ (Обзор литературы)

Важным направлением развития современного кормопроизводства на перспективу должно стать более полное использование биологических и технологических факторов для увеличения доходности растениеводства. Так как, из-за недостатка растительных кормов и низкого их качества нельзя сбалансировать рационы для животных по протеину и энергии, в результате перерасход кормов доходит до 20-35 % [168].

Одним из главных направлений развития полевого кормопроизводства в настоящее время становится использование новых кормовых культур, более продуктивных, по сравнению с традиционно возделываемыми. К таким культурам принадлежит сорго, суданская трава и сорго-суданковые гибриды. Благодаря таким достоинствам, как высокая засухоустойчивость и повышенная продуктивность, а так же способность формировать, в годы с неблагоприятным температурным и водным режимами, устойчивый урожай зеленой массы. Они отличаются интенсивностью кущения, высокопродуктивностью, что позволяет обеспечить непрерывность зеленого конвейера [69,71,72,73,173,174,180,186].

Перспективной, но не заслуженно забытой в последние годы культурой является сахарное сорго. Его выращивают в 85 странах мира, а за последние 30 лет площади в мире под сорго увеличились на 50 %, а урожайность возросла в два раза. По мнению многих авторов это самая засухоустойчивая, жаро-и солевыносливая, не требовательная к почвам и высокоурожайная культура, способная в любой год давать гарантированные урожаи [4,22,26,62].

Неслучайно академик Н.И. Вавилов назвал сорго «верблюдом растительного царства» [67].

В 80-х годах XXI века сорговые культуры достаточно пристально изучались учеными ТатНИИСХ, однако сорта тех времен не могли конкурировать

вать с кукурузой [188]. В настоящее время ситуация изменилась: с одной стороны – появились новые, гораздо более продуктивные сорта и гибриды [21,56,74], с другой – засушливость климата стала проявляться с такой силой, что ведущие кормовые культуры нашей зоны – многолетние бобовые травы и кукуруза – стали вести себя не стабильно [188].

Зерно сорго является полноценным кормом для жвачных животных, всех половозрастных групп сельскохозяйственной птицы. В центре зерна сорговых культур, убранного в фазе восковой спелости, накапливается от 118 до 135 корм.ед., переваримость которого достигает 86 % [112].

По урожайности зеленой массы, среди кормовых культур, сахарное сорго превосходит подсолнечник и кукурузу [18,27,29,40,77,106,112,114,117,166,179].

В соке стеблей сахарного сорго, убранного в период от молочной до восковой спелости зерна, содержится до 14-20 % сахаров. По сравнению с кукурузой, стебли остаются сочными до глубокой осени. В 100 кг его силосной массы содержится 22-28 к.ед.

Сорго в отличие от кукурузы имеет следующие преимущества: высокая урожайность, невысокие нормы высева, низкие затраты на закупку семян, высокая способность отрастать после скашивания, экологическая пластичность и возможность посева и уборки в более поздние сроки [20,71,72].

В годы с низкой перезимовкой озимых культур и засушливой погоде в первой половине лета, его можно использовать как страховую культуру. Поэтому в последние годы площади посева сорго значительно возросли [8,10,39,108,199].

Сахарное сорго часто используется и в качестве многоукосной культуры. Благодаря высокой отавности сорго, можно получать в течении вегетации по два полноценных урожая зеленой массы, с большим выходом кормовых единиц и переваримого протеина [10].

Сорговые культуры имеют широкий диапазон использования (на корм, продовольствие и технические цели). Из растений сахарного сорго можно получить: силосную массу, сок, гранулы, патоку, сироп и этанол [105].

По химическому составу и кормовым характеристикам сорго приближается к кукурузе и ячменю. При его скармливании крупнорогатому скоту повышаются среднесуточные надой молока и привесы. После первого укуса сорго быстро отрастает и образует нежную зеленую массу.

В его зеленой массе содержится 8...10 % сырого протеина, 23...25 % клетчатки, в соке стеблей сахарного сорго – 15...20 % сахаров. В силосе из сахарного сорго содержится 1,12...2,76 % протеина, 0,43...0,86 % жира. В 1 кг силоса содержится 0,16...0,25 корм. ед., 2,5...10,5 мг каротина, 4,8...7,9 % сахаров (на абсолютно сухое вещество). Зерно сорго, в отличие от кукурузного зерна скармливается птице в цельном виде, и хорошо поедается всеми видами птиц и животных [147].

Зеленую массу сорго хорошо едят все животные, зерно – птицы. Оно сбалансировано по питательным элементам и содержит большое количество каротина, витаминов, фосфорсодержащих веществ, минеральных солей, фосфора, калия и магния. Зеленая масса сахарного сорго широко используется и для приготовления гранул.

В период созревания стебли сахарного сорго содержат 70-80 % сока, с содержанием сахара до 18 %. Хотя для протекания молочно-кислотного брожения в силосной массе достаточно 6-7 % сахара. Этого можно достичь путем отжима стеблей, а полученный сахар использовать для получения кормовой патоки [117].

Для создания прочной кормовой базы оно широко используется в смеси и с другими культурами [17,50,88,106].

Сахарное сорго используется как сырье для пищевой промышленности из-за высокого (18-20%) содержания сахара, превосходящего по качеству тростниковый и свекловичный. Широко применяется и для изготовления конди-

терских изделий. Из сока вырабатывают сироп 75 %-ной концентрации, патоку с повышенным содержанием глюкозы [13,165].

В настоящее время, районированные сорта и гибриды сорго накапливают сахара до 28-30 ц/га.

По данным В.В. Метлина, предлагаемые сорта сорго в среднем Поволжье могут накопить от 250 до 280 кг сахаров на 1 гектаре без полива, а на поливных землях от 400 до 430 кг/га. Получаемая продукция по себестоимости обходится значительно дешевле кристаллического сахара из сортов и гибридов сахарной свеклы возделываемой в Лесостепной зоне [117].

Культура является второй в мире после сахарного тростника сырьем для получения биотоплива [197]. В соответствии с прогнозом к 2020 году потребление этанола в мире достигнет 120 млн. т в год.

### **1.1. Биологические особенности сорго**

По истории своего развития сорго – теплолюбивое, засухо- и солестойкое растение, хотя может произрастать в различных почвенно-климатических условиях [6,29,34,41,42,43,52,68,76,93,94,128, 134,162,197].

Относительно других культур сорго отличается низкими темпами роста в начальный период развития, способностью притормозить свой рост в период неблагоприятных условий вегетации и оставаться в анабиозном состоянии до наступления более благоприятных условий произрастания.

*Требование к свету.* Сорго – светолюбивое растение короткого дня, что связано с большой требовательностью к напряженности коротковолновой радиации. При длинном (свыше 15 часов) дне вегетационный период увеличивается, а при коротком – сокращается. Оптимальная продолжительность солнечного освещения в сутки составляет 10-11 часов. При слабом освещении многие разновидности сорго отрицательно реагируют на затенение или вообще не зацветают [11].

В процессе вегетации сорго отмечаются следующие межфазные периоды: всходы-кущение; кущение-выход в трубку; выход в трубку-выметывание; выметывание-цветение; цветение-созревание. Всходы появляются на 10-15 день, фаза кущения наступает через 25-30 дней. У современных сортов фаза выхода в трубку наблюдается на 40-50 день, а выметывание – спустя 55-65 дней после начала вегетации. Фаза цветения растений наблюдается спустя 5-6 дней после фазы выметывания. В межфазный период «всходы-кущение», как у и всех культур второй группы, в связи с первоначальным медленным ростом, поля сорго сильно заглушаются сорняками.

Продолжительность вегетационного периода у скороспелых сортов составляет 90-105 дней, среднеспелых – 106-120 позднеспелых – 120-130 дней.

*Требования к температуре.* Сорго – это теплолюбивая культура [88,137]. Поэтому на нее первоначально внимание обратили ученые и практики юга России. К его интенсивному изучению в нашей стране приступили лишь в начале XX века. На основе проведенных исследований и опытов в Ростове-на-Дону областной сельскохозяйственной станции Л.А. Жданов [54] сделал вывод, что культура сорго перспективна для засушливых областей Юго-Востока. Она в засушливые и особенно в острозасушливые годы, способна обеспечивать более стабильные и сравнительно высокие урожаи по сравнению с кукурузой.

Высокая засухоустойчивость данной культуры объясняется особенностями развития корневой системы, так как она в начальные периоды вегетации интенсивно развивает корневую систему и слабо формирует надземную массу. Сахарное сорго имеет три типа корней: зародышевые, узловые и воздушные. В отличие от других культур у сорго узловые корни проникают на глубину до 2 м и ниже. Кремниевая оболочка, образующаяся на корневой системе при наступлении засушливой погоды, предохраняет их и спасает от увядания.

Отличительной способностью сорго является наличие на стеблях и листьях в период засухи воскового налета, который также предохраняет ее от воздушной засухи.

Поэтому сорго, на образование единицы сухого вещества расходует воды на 15-20 % меньше, чем кукуруза. При наличии в почве небольшого количества доступной влаги, культура продолжает вегетировать, несмотря на недостаточную атмосферную влажность, а так же сильную жару. При полном пересыхании почвы сорго прекращает ростовые процессы, а после возобновления дождей продолжает рост и развитие.

Семена сорго начинают поглощать влагу и прорасти при температуре 8-10<sup>0</sup>С. Однако, если такой температурный режим длительный, семена могут загнивать в почве, вследствие чего всходы появляются на двадцатый день и позже. В таких условиях всходы появляются неровные и изреженные. Когда почва на глубине заделки семян устойчиво прогревается до 13-15 <sup>0</sup>С, то обычно на 8-10 день после посева появятся дружные всходы. Оптимальная температура для прорастания семян сорго 20-30 <sup>0</sup>С. При температуре 35-40 <sup>0</sup>С прорастание замедляется и даже приостанавливается.

На межфазный период «посев-всходы» влияют температура, глубина заделки семян, влажность и плотность почвы [11,65,83].

У растений сорго затормаживаются ростовые процессы, если температура воздуха опускается ниже 14-15 <sup>0</sup>С в любые фазы развития. Всходы сорго погибают даже, если на незначительное время температура воздуха понижается до – 2 <sup>0</sup>С. Начиная с фазы цветения опасны заморозки до – 1 <sup>0</sup>С [60,75].

Минимальная температура для цветения 14-15 <sup>0</sup>С и для созревания 10-12 <sup>0</sup>С. После выметывания высокие (40-45 <sup>0</sup>С) температуры сорго переносит без отрицательных последствий. Благодаря таким биологическим особенностям его считают засухоустойчивой и жаровыносливой культурой.

В межфазный период «всходы-выметывание» растения сорго испытывают самую высокую (1400-2100 <sup>0</sup>С) потребность в тепле. В первоначальный (посев-всходы) период развития потребность в тепле колеблется от 240 до

297 °С. С повышением суммы эффективных температур, в течение вегетационного периода, уменьшается период от посева до созревания.

Сумма эффективных температур для новых сортов и гибридов сорго районированных по Приволжскому федеральному округу составляет 2000-2500 °С. В РФ имеются сорта сорго, которые полностью могут вызревать, например, в Центральной России, где сумма активных температур не превышает 2500 °С. С увеличением суммы температур на 100 °С урожайность возрастает до 1,0 т/га.

*Требования к влаге.* В отличие от яровой пшеницы, сахарное сорго на образование сухого вещества, расходует влаги в 2 раза меньше. По данным П.А. Мангуш в одинаковых условиях озимая пшеница потребляет 100 мм влаги из почвы, формируя 1 т/га зерна, кукуруза – 1,75 и сорго – 2,45 т/га [112].

Подсолнечник расходует на 1 ед. сухого вещества 895 частей воды, кукуруза – 388, пшеница – 515, а сорго всего лишь 300 [11,67,198].

Поэтому в условиях засухи данная культура формирует высокие урожаи в годы, когда остальные практически резко снижают продуктивность или полностью погибают [35,123].

При прорастании семена сорго требуют воды до 40 % от воздушно-сухой массы [31]. Растения сорго обладают способностью выделять восковой налет в период наступления воздушной засухи, которая часто совпадает с фазой выметывания и предохраняет растения от перегрева, уменьшая испарение влаги [67,178].

С ранних фаз развития сорго экономно расходует влагу. Во время набухания семян сорго нужно 35 % влаги от своего веса, в то время как кукурузе – 40 % и пшенице – 60 % [11,67,198].

Критический период (10 дней до начала выметывания и 10 дней после цветения) потребления влаги составляет 25-30 дней, или 20-25 % от всего вегетационного периода, хотя расход влаги в этот период достигает 45-50 % от общего водопотребления.

Растения сорго, формируя хорошо развитую корневую систему в первой половине вегетации, лучше переносят высокие температуры во второй.

*Требования к почвам.* Сорго может произрастать на различных по плотности почвах, но чистых от сорняков [2,6,16,19,57].

Однако сорго не переносит холодных, заболоченных и сильнокислых почв. Лучше других культур оно переносит засоление почвы, выдерживая концентрацию солей до 0,6-0,8 %. На засоленных землях оно оказывает фитомелиорирующее воздействие на почву, так как с урожаем биомассы выносятся натрий, хлор и магний [33] и хорошо приживается на засоленных почвах [25,33,45,66,102,116,125,127,129,206]. При произрастании на засоленных почвах сорговые культуры способны давать высокие урожаи зеленой массы, вынося при этом из почвы 31-75 т/га солей.

Выращивать данную культуру можно как на песчаных, так и на глинистых почвах [9,77]. Но более высокие урожаи сорго получают при повышенном агрофоне и применении минеральных удобрений.

*Отношение к элементам питания.* Сорго положительно отзывается на внесение минеральных удобрений, особенно на бедных почвах. Среди зерновых культур вынос питательных веществ из почвы у сорго выше, по сравнению с другими зерновыми культурами, уступая по количеству усвояемого азота пшенице и просу [172].

Улучшение питания растений при внесении удобрений оптимизирует потребление воды в посевах сорго [198].

Самым дефицитным элементом питания для сорго является азот. Наибольшее его потребление происходит в конце фазы выхода в трубку, спустя две недели после окончания фазы цветения

Фосфор интенсивно поглощается с первых дней вегетации и уже к фазе выметывания растений оно усваивает более 50 % фосфора от общей потребности. Поглощение калия происходит равномерно в течении вегетационного периода. Однако при высоких дозах внесения азота вегетационный период сорго удлиняется, и засухоустойчивость снижается [1,2,67,151].

На формирование 1 т зерна сорго расходуется: N – от 35 до 40 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – от 17 до 20 кг и K<sub>2</sub>O – 40-45 кг.

В отличие от других культур для сорго характерен растянутый период потребления питательных веществ. Хотя более 50 % их она использует во второй половине вегетации, когда происходит интенсивный рост надземной массы. Сорго хорошо отзывается на последствие органических удобрений. При внесении расчетных доз минеральных удобрений повышается не только урожайность зерна и зеленой массы, но и выход протеина.

Фосфорные и калийные удобрения под сорго лучше вносить осенью после уборки предшествующей культуры с заделкой в почву, а азотные – весной под первую культивацию. Хорошо отзывается сорго на внесение сложных удобрений (по 10-15 кг д.в./га.) в рядки при посеве. При достаточном увлажнении очень эффективны подкормки при междурядных обработках. Сорго хорошо отзывается на некорневую подкормку в дозе N<sub>30</sub> до налива зерна.

Наряду с макроэлементами большое влияние на урожайность сорго оказывают также микроэлементы, среди которых важная роль принадлежит молибдену, кобальту, меди и йоду. Их сорго поглощает из почвы больше, чем кукуруза [70].

## **1.2. Предшественники для сорго**

В системе агротехнических мероприятий сорговых культур важная роль отводится предшественникам, так как от них зависит водный и питательный запас, и уровень плодородия почвы.

При выборе предшественников под сорго предпочтение необходимо отдавать тем, которые после себя в корнеобитаемом слое почвы оставляют больше влаги и доступных элементов питания. Главное условие, чтобы предшествующие культуры оставляли после себя поля чистыми от запасов семян сорных растений [71,72,86,87,161].

Не желательным предшественником для сорго является поздно убираемая кукуруза, которая оставляет после себя большое количество корневых и пожнивных остатков. Наиболее пригодными предшественниками являются озимая рожь и пшеница, яровые зерновые и пропашные культуры.

Не следует размещать сорго после поздно убираемых предшественников, так как после них почва сильно иссушается и засоряется семенами таких сорняков, как щетинник сизый и зеленый, куриное просо, амброзия полыннолистная, лебеда, щирица и др. [59].

При орошении сорговые культуры можно размещать после корнеплодов, бахчевых, кукурузы на зерно. Запрещается высевать зерновое сорго после подсолнечника, суданской травы и семенников трав [12].

Аналогичные результаты получены В.М. Шориным [12] на Северном Кавказе. Посевы сорго в течение пяти лет размещенные после озимой пшеницы, озимого рапса, кукурузы на зерно и в монокультуре мало отличались по урожайности зеленой массы, которая в опытах варьировала от 444,9 до 479,7 ц/га [12]

Положительным свойством культуры является способность рассоления почвы. При этом труднодоступные соединения минеральных веществ переходят в легко усвояемые формы и снижается количество токсичных элементов [147].

Научно-обоснованное размещение сорго, по мнению П.А Мангуш [113], должно предусматривать специализацию районов по возделыванию этой культуры на зеленый корм, сено, сенаж, зерно, семена.

По запасам продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы для сорго более предпочтительны озимая пшеница, озимая рожь и кукуруза на силос. Озимая пшеница и сахарная свекла по чистоте полей от сорняков считаются хорошими предшественниками, а по количеству оставляемых корневых и пожнивных остатков – турнепс, полба и тритикале.

При оценке выше приведенных предшественников по этим показателям их можно расположить в следующем порядке: 1.Озимая пшеница;

2. Яровой ячмень; 3. Кукуруза на зерно; 4. Кормовая свекла; 5. Овес; 6. Подсолнечник на маслосемена [141,198].

В связи с тем, что сорго имеет сходство с кукурузой, его можно размещать в севообороте вместе с ней. Если же сорта и гибриды районированных сорговых культур убирают с многократным скашиванием (2-3 укоса) на зеленый корм, сенаж и сено до глубокой осени, его целесообразно размещать в кормовом севообороте. Само сорго является хорошим предшественником, как и кукуруза [74]. После него, дают высокие урожаи почти все яровые культуры (яровая пшеница, ячмень, овес). Так как его мощно развитая корневая система, разрыхляя почву на большую глубину, делает ее более проницаемой для воздуха, влаги и тепла

Кукуруза, возделываемая на силос и зерно, как предшественник оставляет после уборки достаточное количество усвояемой влаги, а так же элементов питания, что в дальнейшем положительно сказывается на вегетативной массе растений. Недостатком кукурузы и подсолнечника как предшественников для сорго является оставление на поле после уборки большого количества пожнивных остатков [197].

Более высокие урожаи дает сорго при его размещении на полях с южной экспозицией, так как увеличение южного уклона на 1 °С повышает сумму температур на 100 °С.

Однако, как показывает практика, урожайность сорго значительно ниже потенциала, который в нем заложен. Это связано с тем, что оно размещается по засоренным и худшим предшественникам [197].

Сорго предпочитает чистые от сорняков плодородные поля. Лучшие предшественники сорго в севообороте – зернобобовые, озимые и яровые зерновые культуры. Не рекомендуется высевать сорго, в частности зерновое, после подсолнечника, суданской травы, семенников трав [197].

Сорговые культуры на зеленый корм, сено, выпас размещают обычно в прифермских севооборотах. Бессменное выращивание сорго на постоянных участках, возможно при строгом соблюдении принятой технологии, внесении

удобрений и применении высокоэффективных средств защиты растений [74].

Само же сорго является удовлетворительным предшественником, так как, формируя высокий урожай, использует большое количество питательных веществ [163].

Однако, максимальную отдачу, как считает Н.А. Шепель [197], от него можно получить только тогда, когда оно будет введено в систему севооборотов.

### **1.3. Применение удобрений**

Важнейшим условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур является внесение NPK с учетом уровня плодородия и агротехники, видов применяемых удобрений и почвенно-климатических условий хозяйств [49,189,192,209].

В разработке оптимальных доз минеральных удобрений существуют несколько направлений [78,124].

Первое направление по разработке оптимальных доз удобрений было освещено в работах видных агрохимиков [98,99,157,158,159,169,170,171] и крупных полеводов [49,95,132,133,207]. Для того, чтобы правильно установить дозы вносимых минеральных удобрений выше указанные авторы брали за основу результаты проведенных исследований, проводимых НИИСХ в различных почвенно-климатических условиях.

В дальнейшем учение Климента Аркадьевича Тимирязева дало новый толчок другому направлению развития науки о почвенном питании, которое гласит, что при расчете норм удобрений надо «спрашивать мнение» самого растения [176].

В настоящее время в России существует более 40 методов определения норм удобрений под различные культуры [14,78,80,81,191,208].

Большое количество полевых опытов проведенных в России, позволили оптимизировать внесение минеральных удобрений, что сказалось на уро-

жае и качестве сельскохозяйственных культур, в зависимости от зональных почвенно-климатических особенностей. При длительном применении удобрений, установлены основные закономерности их действия на свойства почв с разными агрохимическими показателями [19,61,96,101,124,130,131,160,172,202].

На основе, проведенных исследований в полевых условиях установлены средние дозы удобрений под многие сельскохозяйственные растения для разных почв с учетом предшественников и сортовых особенностей [3,143].

В литературе, относительно сорго, сформировалось неправильное мнение о низкой его отзывчивости на повышение уровня минерального питания.

Поэтому поводу М.П. Елсуков в свое время писал, что «[...] внесение удобрений имеет для этой культуры весьма большое значение» [148].

По сравнению с кукурузой, потребность в элементах питания на образование одного центнера зерна сорго меньше: 75% азота, 60% фосфора и 90% калия.

По итогам своих исследований А.И. Заварзин и А.П. Царев [60] пришли к выводу, что оптимальными дозами для сахарного сорго в условиях Саратовской области считать азота – 70-80 кг д.в./га, фосфора – 60 и калия – 30 кг д.в./га.

Северо-Кавказский НИИСХ на основании проведенных исследований установил, что достаточными нормами внесения удобрений под сахарное сорго для степной зоны следует считать –  $N_{30-60}P_{90}K_{40}$ , в расчете на получение урожайности зерна 55-60 ц/га и силосной массы 270-280 ц/га, а в лесостепной зоне –  $N_{60-90}P_{90}K_{40}$  для получения 40-50 ц/га и 450-500 ц/га зеленой массы. На основе проведенных исследований удалось установить порог максимальных норм удобрений. Внесение более высоких норм минеральных удобрений не увеличивает урожайность зеленой и сухой массы.

Более высокая (835,5 ц/га) урожайность биомассы и абсолютно-сухого вещества (221,1 ц/га) сформировалась на фоне внесения азота – 150 кг д.в./га, фосфора – 200 и калия – 100 кг д.в./га. Внесение более высоких норм приво-

дило к снижению урожайности и к падению оплаты 1 кг д.в. удобрений с 72 кг до 15 кг зеленой массы с 1 га посевов.

Многолетние полевые опыты и лабораторные исследования с однолетними кормовыми культурами, в т.ч. и сорговыми и многокомпонентными смесями на различных фонах питания и типах почв заложены и проведены Почвенным институтом им. Докучаева [36].

Биологические особенности сахарного сорго показывают, что оно особо отзывается на дозы элементов минерального питания [172].

«Узнать потребность растения – вот область теории; прибыльно для себя удовлетворить эти потребности – вот главная задача практики» – писал К.А. Тимирязев [176].

Внесение расчетных доз минеральных удобрений позволяет получить запланированные урожаи данной культуры.

Так, по данным исследований Б.Н. Малиновского [103], в засушливых условиях Ростовской области (Зерноградский район) урожай биологической массы на черноземных почвах гибрида Придонский 1, при внесении  $N_{80}P_{120}$  составлял 668 ц/га, что на 125 ц/га выше, чем на не удобренном фоне. На Астраханской сельскохозяйственной опытной станции получено 575 ц/га зеленой массы сахарного сорго, а при внесении  $N_{430}P_{60}K_{430}$  – 790 ц/га [67].

По результатам трехлетних исследований, проведенных на опытных полях Волгоградской ГСХА (светло-каштановые суглинистые почвы), сорго-суданковый гибрид Сочностебельный сформировал урожайность на контроле 54,1 т/га, а с нормами  $N_{90}P_{60}K_{50}$  – 64,7,  $N_{110}P_{80}K_{60}$  – 72,4,  $N_{130}P_{90}K_{70}$  – 77,6 и  $N_{150}P_{105}K_{80}$  – 78,3 т на гектар [37].

Удобрения, внесенные в дозах  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , проведенных в Тульской области, позволили получить 28,7 т/га биомассы, 8,8 – сухого вещества и 6,6 т кормовых единиц с 1 га.

На дерново-подзолистой супесчаной почве республики Беларусь в опытах В.А. Кравцова [93], проведенных в 2001-2003 гг. на фоне питания

$N_{100}P_{90}K_{90}$  в фазе выметывания получено 828 ц/га. При этом урожайность на не удобренном фоне составила – 637 ц/га.

В Дагестане при изучении влияния удобрений на разных фонах питания и на почвах с различным гранулометрическим составом при плане в 30, 40 и 50 т/га собрано 37,4 т/га, 46,6 и 55,1 т/га (или 124,7 %, 116,5 и 110,2 % от расчетной), при урожае на контроле – 31,1 т/га [97].

На высокую отдачу от внесения минеральных удобрений под сорго указывают и другие авторы [18,44,89,127,142].

Кроме того, как считает Я.И. Исакова [67], эффективность внесения удобрений под сорговые культуры, зависит от потенциальных возможностей гибрида и сорта, уровня плодородия и предшественника.

В условиях орошения Астраханской области, для получения высоких и стабильных урожаев сорго, Д.С. Кадралиев [72] рекомендует вносить минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{60}K_{60}$  и органические (навоз перепревший) – 10-15 тонн на гектар.

Наряду с внесением макроудобрений, сорго хорошо отзывается и на микроудобрения (марганец, молибден, и цинк), которые повышают полевую всхожесть семян и ускоряют их вызревание в период уборки. Значительно повышается урожай сорго при предпосевной обработке семян [38,115].

При выборе метода расчета норм удобрений один нельзя противопоставлять другому. Они просто должны дополнять друг друга.

Это подтверждается и опытами, проведенными в Волгоградской ГСХА с сорго-суданковыми гибридами. В результате проведенных исследований при планировании урожайности зеленой массы 450 ц/га, 600, 900 и 1200 ц/га получено соответственно 468 ц/га, 711, 892 и 1140 ц/га.

Аналогичные результаты получены на выщелоченном черноземе Республики Татарстан. При расчете на 60 т/га зеленой массы сорго собрано 65 т/га (или 108,3 % от расчетной) [15].

На увеличение урожайности сорго с внесением минеральных удобрений указывали и другие авторы [28,92].

Вопросы агротехники сорго в разные годы изучали как отечественные, так и иностранные авторы [134,135,137,139,140,184,185,193,194,195,200,201,203,204,206,211,212,213,214,215,216,217,218,219,220].

Анализ приведенных литературных источников многих ученых и практиков показывает, что основные элементы технологии выращивания сорговых культур изучались в различных почвенно-климатических условиях. Однако, в связи с противоречиями в данных вопросах и недостаточной изученностью влияния удобрений и предшественников на продуктивность сахарного сорго, данные элементы технологии требуют постоянной корректировки в конкретных условиях агроландшафтов.

## Глава 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ И ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗОВ

### 2.1. Природно-климатические условия

Республика Татарстан расположена в лесостепной части Поволжья, по среднему течению реки Волга и нижнему – реки Кама. По данным Государственного учета земель общая площадь ее территории – 6783,7 тыс. га, из них за сельскохозяйственными предприятиями закреплено 4632,7 тыс. га, или 68,3 % площади, из них 4540,3 тыс. гектаров занимают сельскохозяйственные угодья (или 75 % от площади пашни). Почти 76 % земель распаханы [100].

Протяженность территории с севера на юг – 270, а с запада на восток – 466 километров. Облесенность всей территории составляет 18 %.

Земледелие в республике в современных условиях ведется в сложных климатических условиях. Климат Республики умеренно-континентальный с теплым летом и холодной зимой. В последнее время часто наблюдаются засухи [187].

Вегетационный период для большинства сельскохозяйственных культур при температуре воздуха свыше 5 °С равен 163-178 дней. Начинается он примерно 20 апреля и заканчивается – 5-10 октября. Средняя годовая температура равна 2-3 °С. Продолжительность вегетации со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С равна 120-139 дням (Таблица 1).

Сумма положительных температур в Республике Татарстан составляет 2400-2600 °С, выше 5 °С – 2300-2500, выше 10 °С – 2100-2200 °С. Самым теплым месяцем является июль, холодным – январь. Минимальная температура зимой достигает -40 °С. Начиная с апреля по октябрь температуры положительные, с ноября по март – отрицательные.

Таблица 1 – Среднемноголетние климатические показатели Республики Татарстан (средние за 1934-2000 гг.)

Месяцы	Среднесуточная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм	Продолжительность солнечного сияния, час	Высота снежного покрова, см
Январь	-13,7	84	25	38	22-28
Февраль	-13,7	82	23	88	28-32
Март	-7,4	80	27	148	33-25
Апрель	2,7	71	30	210	14-00
Май	12,7	58	39	300	-
Июнь	16,1	63	56	305	-
Июль	19,0	62	59	299	-
Август	17,0	67	53	250	-
Сентябрь	10,6	74	50	153	-
Октябрь	3,2	79	43	87	0-1
Ноябрь	-4,5	85	35	32	2,7
Декабрь	-11,2	86	31	28	10-18
Средняя-за год	2,6	74	472	1943	-

Осенью заморозки начинаются в конце сентября, а весной – в конце мая. Продолжительность безморозного периода колеблется от 120-140 дней.

Среднемноголетняя норма осадков составляет 460 мм, колеблясь по годам от 430 до 500 мм. По сравнению с близлежащими регионами, РТ занимает в лесостепи Поволжья промежуточное положение: в Пензенской области она составляет – 472 мм, в Ульяновской – 397 и Самарской – 345 мм. Особенно острый дефицит влаги осуществляется в летние месяцы, что приводит к снижению урожая. Средняя повторяемость засух составляет 35 %, из них наиболее сильных – 18 %.

Влагообеспеченность посевов по республике составляет 70-75 % от оптимальной. Обобщающим показателем метеорологических условий является гидротермический коэффициент (ГТК). Он, в среднем по многолетним данным, равен 1,0. Для ближайших регионов он приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Гидротермические коэффициенты за период вегетации растений по природным зонам РТ (средние за 1946- 1990 гг.)

Природные зоны	Май	Июнь	Июль	Август	В среднем
Предкамье	0,98	1,05	1,10	1,15	1,08
Предволжье	1,00	1,00	1,10	1,25	1,09
Закамье	0,97	1,08	1,13	1,13	1,08
По РТ	0,96	1,05	1,11	1,15	1,07

Наибольшее (51-65 мм) количество осадков выпадает в июле, наименьшее (21-27 мм) – в феврале.

По данным Казанского государственного университета на каждый гектар за вегетационный период приходит 2,93 ккал или 12,97 млрд. Дж/га фотосинтетически активной радиации (ФАР), из них в мае поступает 0,66; в июне – 0,71; в июле – 0,69; августе и сентябре – 0,89 млрд. ккал [63].

Этой энергии вполне достаточно для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Как только температура воздуха переходит через 0 °С – начинается зима (примерно 20 октября). При переходе среднесуточной температуры воздуха к отметке ниже -5°С наступает зима. В течении зимы выпадает 120-140 мм осадков.

Средняя высота снежного покрова достигает 35-45 см. К весне в снеге накапливается 107 мм воды, а плотность снега 0,26-0,32. По мере снижения температуры, почва промерзает в ноябре до 25 см, в январе – 68 см и в феврале – 80-110 см.

С 5 по 10 апреля температура переходит через 0 °С и начинается весна. Ранней считается весна, когда обработку почвы начинают в третьей декаде апреля. При начале полевых работ 10-15 мая – весна считается поздней. Теплая погода держится с конца мая до середины сентября. К окончанию сева ранних яровых культур почва на глубине 10 см прогревается до 10 °С.

Почвенный покров республики представлен черноземами, дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. Черноземы составляют 1720,4 тыс. га (39,4 %), серые лесные почвы занимают 1619 тыс. га (37,1 %), дерново-подзолистые – 292 тыс. га (5,7 %), другие почвы – 319,9 тыс. га или 7,2 %.

Глинистые и тяжелосуглинистые разновидности составляют 85,1 %. Наибольший удельный вес среди почв республики занимают черноземы. На тучных черноземах содержание гумуса доходит до 10-12 %. Эти почвы более насыщены основаниями, по сравнению с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. Они более структурны и характеризуются высоким естественным плодородием.

Из черноземных почв наибольший удельный вес падает на выщелоченные черноземы. Они содержат – 8-10 % гумуса. Гумусовый горизонт этих почв достигает 50-60 см, рН составляет 5,5-6,0, а степень насыщенности основаниями – 91-97 %.

В целом природно-климатические условия республике Татарстан, позволяют в годы с благоприятным водным и температурным режимами, получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. В последнее время происходит ухудшение почвенных характеристик. Среди факторов в Татарстане лимитирующими урожайность являются недостаточная обеспеченность растений питательными элементами и влагой.

Решить эту задачу можно путем внедрения ресурсосберегающих технологий и адаптированных (районированных) сортов, что позволит более рационально использовать имеющиеся ресурсы.

## 2.2. Погодные условия в годы исследований

Наблюдения за метеорологическими условиями вели по данным метеостанции Чистополь. Метеорологические условия в годы опытов (2013-2016 гг.) отличались по количеству выпавших осадков и температурному режиму, по сравнению со среднемноголетними значениями (рисунок 1, 2, 3, 4).

2013 г. отличался неравномерным распределением осадков и тепла. В мае стояла теплая погода. Среднесуточная температура воздуха в мае на  $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  превышала норму. За три декады выпало 15 мм осадков (или 42 % от нормы). Июнь месяц был теплым. Сренедекадная температура на  $3,8$  и  $4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  была выше среднемноголетней. При норме 56 мм за месяц выпало 57 мм осадков (или 104 % от нормы). Однако, выпадение осадков в течении месяца происходило неравномерно. Если в первой декаде выпало 5 мм, второй – 0,6, то в третьей – 51 мм.

Июль отличался теплой и сухой погодой. При норме осадков 61 мм за месяц – выпало 27 мм, что составило 44 % от нормы.

В течении августа выпало 36 мм осадков, при норме 61 мм. Среднесуточная температура воздуха составила  $19,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при среднемноголетней –  $16,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Несмотря на неравномерное выпадение осадков и колебания температур, вегетационный период 2013 г. можно оценить, как удовлетворительный.

Погодные условия 2014 г. были близки к среднемноголетним данным. В мае стояла теплая погода. Среднесуточная температура воздуха на  $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  была выше нормы. При норме осадков 36 мм выпало всего 12 мм (или 33 % от нормы).

Июнь характеризовался не равномерным температурным режимом. Первая декада месяца была на  $5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше многолетних значений и составила  $20,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вторая декада месяца была более прохладной (на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже нормы). При среднемноголетней (56 мм) норме осадков за месяц, выпало почти три нормы.

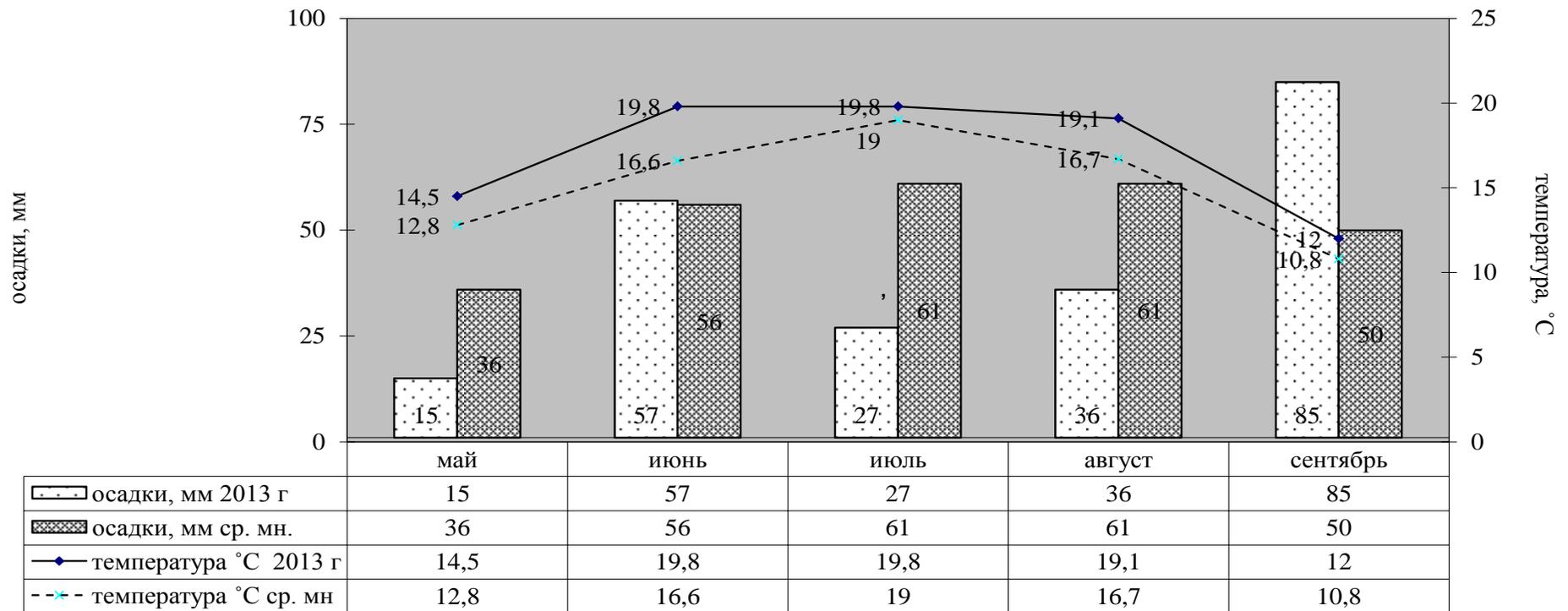


Рисунок 1 – Метеорологические условия, 2013 г.

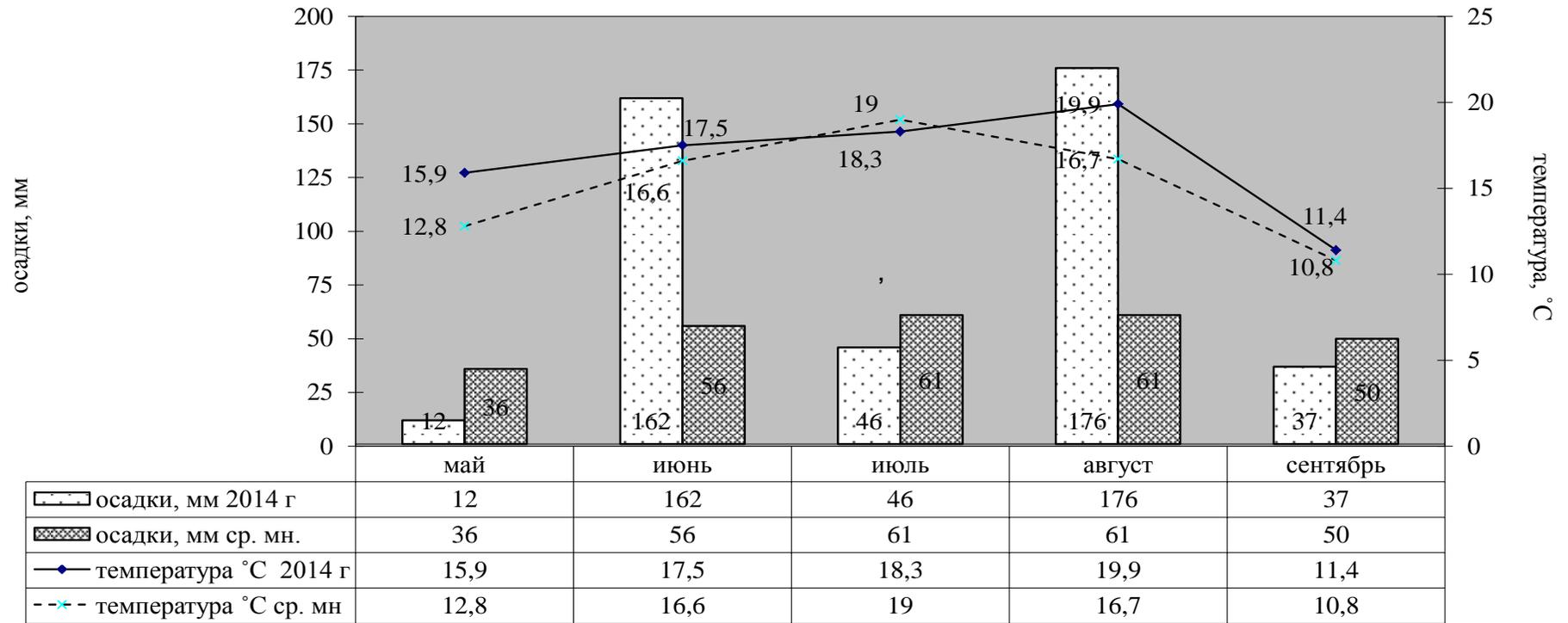


Рисунок 2 –Метеорологические условия, 2014 г.

Июль месяц по сравнению с многолетними значениями был значительно прохладнее. За месяц выпало 46 мм осадков, что составило 75 % от нормы. Наибольшее количество осадков выпало в третьей декаде.

Август месяц отличался дождливой погодой, особенно вторая и третья декады. При норме осадков 61 мм – выпало 176 мм. Среднесуточная температура воздуха превышала норму на 3,2 °С.

Однако, несмотря на не равномерное выпадения осадков и колебания температур в целом вегетационный период 2014 г. можно оценить, как благоприятный для роста и развития сорго.

Весна 2015 г. наступила в сроки близкие к средне многолетним. Май месяц был теплый. Среднемесячная температура воздуха оставила 15,9 °С при норме 12,8 °С, что выше нормы на 2,6 °С.

Осадки в течение месяца выпадали не равномерно. Больше всех осадков выпало во вторую декаду (29 мм при норме 13 мм). Хотя в первой и третьей декадах они отсутствовали. Количество выпавших осадков за месяц составило всего лишь 30 мм. Июнь был жарким. За месяц выпало 23 мм осадков при норме 56 мм. Июль был прохладным, среднемесячная температура была на 1,5 °С ниже нормы.

Осадки в течении месяца выпадали не равномерно. Наибольшее (75 мм) количество осадков выпало во вторую декаду. За месяц выпало 99 мм при норме 61 мм. Август был прохладным и сухим, осадков выпало 49 % от нормы, а температура во все декады была ниже нормы.

Весна в 2016 году наступила в обычные сроки. Май был теплым, особенно третья декада. Среднесуточная температура воздуха составила 18,5 °С, при норме 12,8 °С (что выше нормы на 1,8 °С). Обильные дожди прошли во второй декаде мая. При норме 36 мм – выпало 30 мм.

В июне стояла теплая погода. Среднесуточная температура воздуха была на 1 °С ниже нормы. Количество осадков приближалось к среднемноголетним значениям.

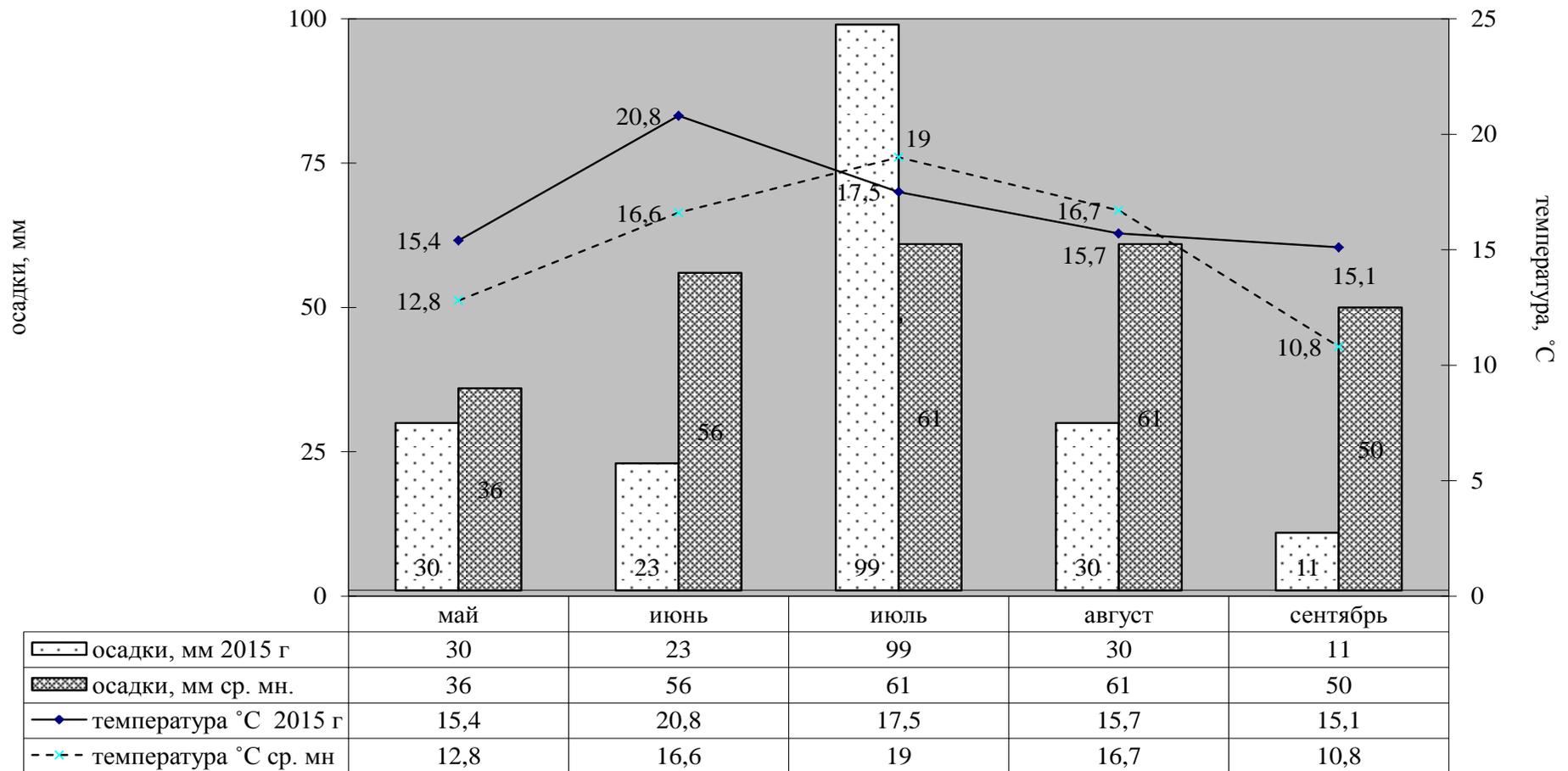


Рисунок 3 – Метеорологические условия, 2015 г.

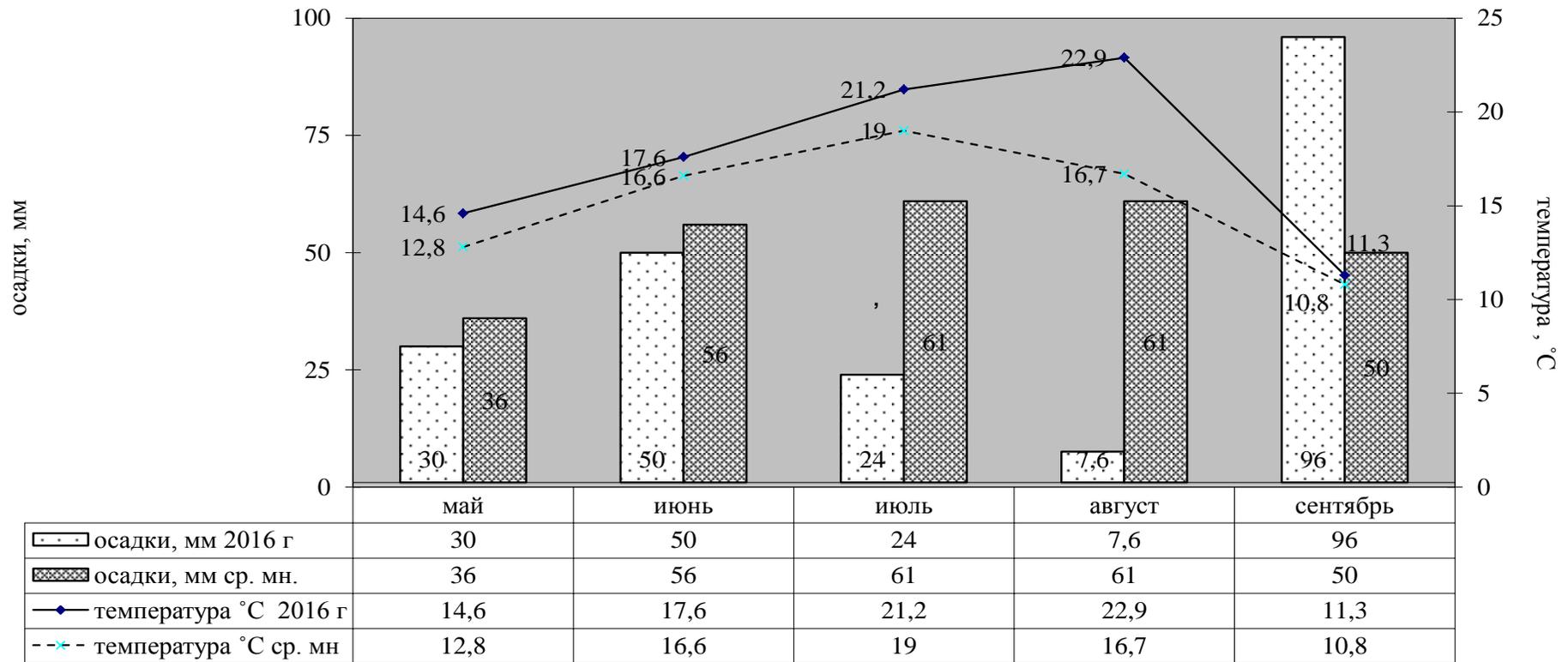


Рисунок 4 – Метеорологические условия, 2016 г.

Июль был теплым. За месяц выпала третья часть осадков от нормы.

В августе стояла жаркая и сухая погода. Среднесуточная температура воздуха был на 6,2 °С выше нормы и составила 22,9 °С. Всего за месяц выпало всего лишь 7,6 мм осадков.

Анализируя метеорологические условия можно заключить, что из четырех лет исследований, более благоприятными были 2013, 2014 и 2015 г., менее благоприятным – 2016 г.

### 2.3. Почвы региона и почвенный покров опытного участка

Опыты были проведены на среднемощном выщелоченном черноземе, который имел тяжелосуглинистый механический состав. Данный тип почв преобладает в Республике Татарстан. Ниже приведен почвенный разрез и сделано описание профиля почвы:

$A_n$  0-25 см – Черный, комковатый, тяжелосуглинистый, слабо уплотнен, имеет много корней, переход заметен по линии вспашки.

$A_d$  26-58 см – Черный, мелкозернистый, тяжелосуглинистый, уплотнен, много мелких корней, переход заметный по сложению.

$AB$  59-79 см – Темно-бурый, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый, плотный, заметны редкие корни, переход постепенный.

$B_d$  80-90 см – Буровато-желтый с гумусовым глянцем, призмовидно-ореховатый, тяжелосуглинистый, плотный, переход ясный.

$BC$  90-105 см – Желтовато-бурый, менее плотный, чем горизонт  $B_d$ , тяжелосуглинистый, комковато-ореховатый, переход постепенный.

$C$  106-150 см – Желто-бурый, плотный, тяжелосуглинистый, вскипает от 10% соляной кислоты.

Данные по гранулометрическому составу опытного участка сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Гранулометрический состав горизонтов выщелочного чернозема

Фракция, %	Горизонты и глубина изъятия образцов, см				
	A <sub>n</sub> 0-25	A <sub>1</sub> 26-58	AB 59-79	B <sub>1</sub> 80-90	C 105-150
1,0-0,25 мм	0,48	0,28	0,40	0,39	0,86
0,25-0,06 мм	9,18	17,18	12,31	14,34	24,70
0,06-0,01 мм	37,58	23,72	30,01	27,85	22,36
Менее 0,01 мм	52,76	58,82	57,28	57,42	52,08
0,01-0,005 мм	3,77	4,56	1,72	1,11	0,88
0,005-0,001 мм	9,01	11,39	20,02	13,91	13,74
Менее 0,001 мм	39,98	42,87	35,54	42,40	37,46

Из таблицы 3 следует, что в пахотном слое 0-25 см содержалось фракций от 0,06 до 0,01 мм 36,78 %, менее 0,01 мм – 52,76 %.

В почвенных образцах определяли гумус, щелочно-гидролизуемый азот, рН, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, подвижный фосфор и обменный калий. Данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Агрохимические показатели почвы опытного участка (после уборки предшественника)

Год исследования	Гумус, %	Щелочно-гидролизуемый азот, мг/кг	рН солевой вытяжки	Гидролитическая кислотность мг-экв/100 г почвы	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	Содержание, мг на кг почвы	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Чиркову	K <sub>2</sub> O по Чиркову
2013	6,2	85	5,7	3,61	38	162	185
2014	5,9	81	5,9	3,68	42	158	186
2015	6,0	86	6,1	3,65	39	164	184
2016	5,8	83	6,0	3,65	40	160	190

В годы исследований почва содержала: гумуса – 5,8-6,2 % (по Тюрину), N щг. – 81-86 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 158-164 мг, K<sub>2</sub>O – 184-190 мг/кг почвы (по Чирикову). Сумма поглощенных оснований составила 38-42 мг-экв. на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 3,61-3,68, рН солевой вытяжки варьировала от 5,7 до 6,1.

#### **2.4. Схема опыта и агротехника возделывания сорго**

Полевые опыты проведены на опытном поле института, расположенном в Закамье Республики Татарстан в период с 2013-2016 гг. Диссертационная работа выполнена в соответствии с программой НИР ФГБОУ ДПО «ТИПКА» и методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [121].

##### **Схема опыта:**

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

Удобрения (фактор Б): 1. Неудобренный, 2. Расчет на 50 т зеленой массы с 1 га, 3. Расчет 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 начиналась 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 м<sup>2</sup>, учетная – 200 м<sup>2</sup>. 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).

## 2.5. Методика наблюдений учетов и анализов

**Кинельское 4.** Был выведен путем отбора лучших форм из сорта Прелюдия.

По строению метелки относится к группе развесистых сортов сахарного сорго. Разновидность – эффузум. Куст прямостоячий с сочной сердцевидной. Высота достигает 195-240 см, устойчив к полеганию. Стебель достигает толщины 1,6-1,9 см. На нем имеется 6-7 междоузлий. Длина листьев 55-70 см, ширина – 7-8 см. Средняя жилка листа имеет серовато-зеленый цвет. Форма метелки прямостоячая, рыхло-развесистая, длина которой составляет 27-33 см. Зерновка овальной формы, пленчатая, на верхней части слегка открытая. Колосковые чешуи темного цвета. Масса тысячи семян колеблется от 18 до 23 г.

Скороспелость на уровне стандарта. При возделывании на семена в условиях Республики Татарстан данный сорт созревает через 92-105 суток, а на силос – 80-90. Легче других сортов переносит недостаток тепла, более засухоустойчив и жаростоек. Отличается от стандарта более высокой энергией прорастания, дружностью появления всходов, высокой степенью выравненности по высоте, дружным созреванием семян, большим выходом кондиционных семян после подработке, более высокой устойчивостью к полеганию, так как его вторичная корневая система лучше развита.

Сорт характеризуется высокой продуктивностью (свыше 45 т/га) и хорошими кормовыми характеристиками. Благодаря высокому (до 11,83 %) содержанию в соке стеблей сахара позволяет хорошо балансировать корма по сахаропротеиновому соотношению. Весовая норма высева сорго колеблется от 6 до 12 кг/га в зависимости от назначения посева, кукурузы – 25 кг. При возделывании в смешанных посевах, является хорошим дополнением к кукурузе. В острозасушливые годы сорго можно использовать как страховую культуру.

Полевые эксперименты в годы проведения исследований сопровождались всеми необходимыми наблюдениями, учётами и анализами в соответствии с современными методиками проведения полевых опытов:

1. Фенологические наблюдения за ходом прохождения основных фенологических фаз сахарного сорго велись по методике Всероссийского НИИ кормов им. В.Р. Вильямса [121].

В процессе вегетации сорго отмечались такие фазы, как: всходы, кущение, выход в трубку, вымётывание. Начало фазы фиксировалось при включении в нее не менее 10 % растений; полная – более 75 % растений.

2. Учет густоты стояния растений проводили в фазе полных всходов и перед уборкой, путем подсчета на каждой делянке в трехкратной повторности, по методике Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [119].

На основании подсчета определялась полнота всходов и рассчитывалась полевая всхожесть и сохранность растений к уборке.

3. Учет накопления сухой биомассы проводили по средней пробе (метод пробной площадки) с каждой делянки отдельно. Сухую массу определяли после высушивания навесок в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянного веса по А. А. Ничипоровичу [144].

4. Определение влажности почвы термостатно-весовым методом. Пробы взвешивали до и после сушки. Затем по разнице веса сырой и сухой навески определяли количество воды содержащейся до сушки и испарившейся в процессе высушивания. После чего по формуле определяли запасы продуктивной влаги [48].

5. Определение в почве щелочно-гидролизуемого азота по Корнфилду, подвижного фосфора и обменного калия на выщелоченных черноземах по Чирикову и гумуса – по И.В. Тюрину.

6. Определение плотности сложения почвы в динамике по слоям с помощью патронов объемом 500 см<sup>3</sup> и твердости твердомером И.Ф. Голубева.

7. Учет засоренности посевов путем подсчета сорняков на площадках по 0,33 м<sup>2</sup> в трех местах делянки в фазу кущения и перед уборкой урожая по Б.А.Доспехову [47].

8. Определение суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления по А.Н. Костякову [90].

9. Определение показателей фотосинтетической деятельности посевов по методике А.А. Ничипоровича [145].

10. Химический анализ растений проводили из снопового образца по общепринятым лабораторным методам анализа качества кормов. Подсчет кормовых единиц и переваримого протеина осуществляли на основе коэффициентов переваримости М. Ф. Томмэ [177].

11. Учет урожая вели по делянкам. Урожайность зеленой массы приводили к стандартной влажности (80 %). Структура урожая определялась по всем вариантам опыта методом снопового анализа.

12. Расчет экономической эффективности проводили по технологическим картам на основе фактического объема выполненных работ и прямых энергозатрат, а биоэнергетической по методике ВНИИ кормов [146].

13. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [47].

14. Корреляционно-регрессионный анализ с помощью программы Statistika ver. 5.5. for Windows.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Глава 3. ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО

#### 3.1. Физические свойства почвы

Сахарное сорго может произрастать на всех разновидностях почв, но лучше подходят для него рыхлые структурные почвы. Так как в них более интенсивно осуществляется газообмен между почвенным и атмосферным воздухом, и происходит более полное обеспечение влагой корневой системы [21,137,139].

Однако для того чтобы получить высокий урожай почва должна обладать определенным строением. От плотности сложения почвы зависит в значительной степени активность почвенной биоты, ее водный, воздушный и питательный режимы. На плотной почве увеличивается количество маслянокислых бактерий, меньше накапливается подвижных форм азота, фосфора и калия. На черноземных почвах Татарстана, оптимальной плотностью для многих сельскохозяйственных культур считается 1,1-1,3 г/см<sup>3</sup> [190].

В период роста и развития растения сорго чувствительны к плотности сложения почвы (таблица 5).

В результате четырехлетних исследований установлено, что верхний 0-10 сантиметровый слой почвы выщелоченных черноземов в годы опытов характеризовался более рыхлым (1,06-1,08 г/см<sup>3</sup>) 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 самую динамику. В вариантах, где предшественником сорго был картофель она находилась в пределах 1,15-1,17, рапса – 1,16 и 1,18 г/см<sup>3</sup>. После ячменя она была равна 1,21-1,24, однолетних трав – 1,17 и 1,19 г/см<sup>3</sup>, соответственно.

Таблица 5 – Плотность сложения почвы в годы проведения опытов, г/см<sup>3</sup>

Факторы		Перед посевом			Перед уборкой		
Предшественники (А)	Фон питания (Б)	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
		см	см	см	см	см	см
Рапс на масло се- мена	Неудобренный	1,07	1,11	1,20	1,16	1,24	1,32
	НРК на 50 т/га	1,08	1,12	1,21	1,18	1,26	1,34
	НРК на 60 т/га	1,08	1,11	1,21	1,17	1,25	1,34
Однолетние травы	Неудобренный	1,08	1,13	1,22	1,17	1,26	1,37
	НРК на 50 т/га	1,08	1,14	1,24	1,19	1,27	1,38
	НРК на 60 т/га	1,08	1,15	1,25	1,19	1,28	1,39
Картофель	Неудобренный	1,06	1,10	1,18	1,15	1,21	1,30
	НРК на 50 т/га	1,07	1,10	1,19	1,16	1,23	1,32
	НРК на 60 т/га	1,07	1,10	1,18	1,17	1,24	1,33
Ячмень	Неудобренный	1,09	1,14	1,24	1,21	1,28	1,38
	НРК на 50 т/га	1,10	1,15	1,25	1,22	1,29	1,39
	НРК на 60 т/га	1,10	1,15	1,26	1,24	1,30	1,40

С увеличением глубины пахотного слоя, начиная от начала вегетации и до ее завершения, почва уплотнялась. И составила перед посевом на контроле без удобрений в слое 0-10 см – 1,09 г/см<sup>3</sup>, 10-20 см – 1,14, 20-30 см – 1,24 г/см<sup>3</sup>. К уборке почва становилась более плотной, однако закономерность осталась та же и составила соответственно 1,21 г/см<sup>3</sup>, 1,28 и 1,38 г/см<sup>3</sup>.

Твердость почвы имела ту же самую динамику, что и плотность сложения (рисунок 5). С увеличением глубины пахотного слоя твердость почвы возрастала по всем предшественникам.

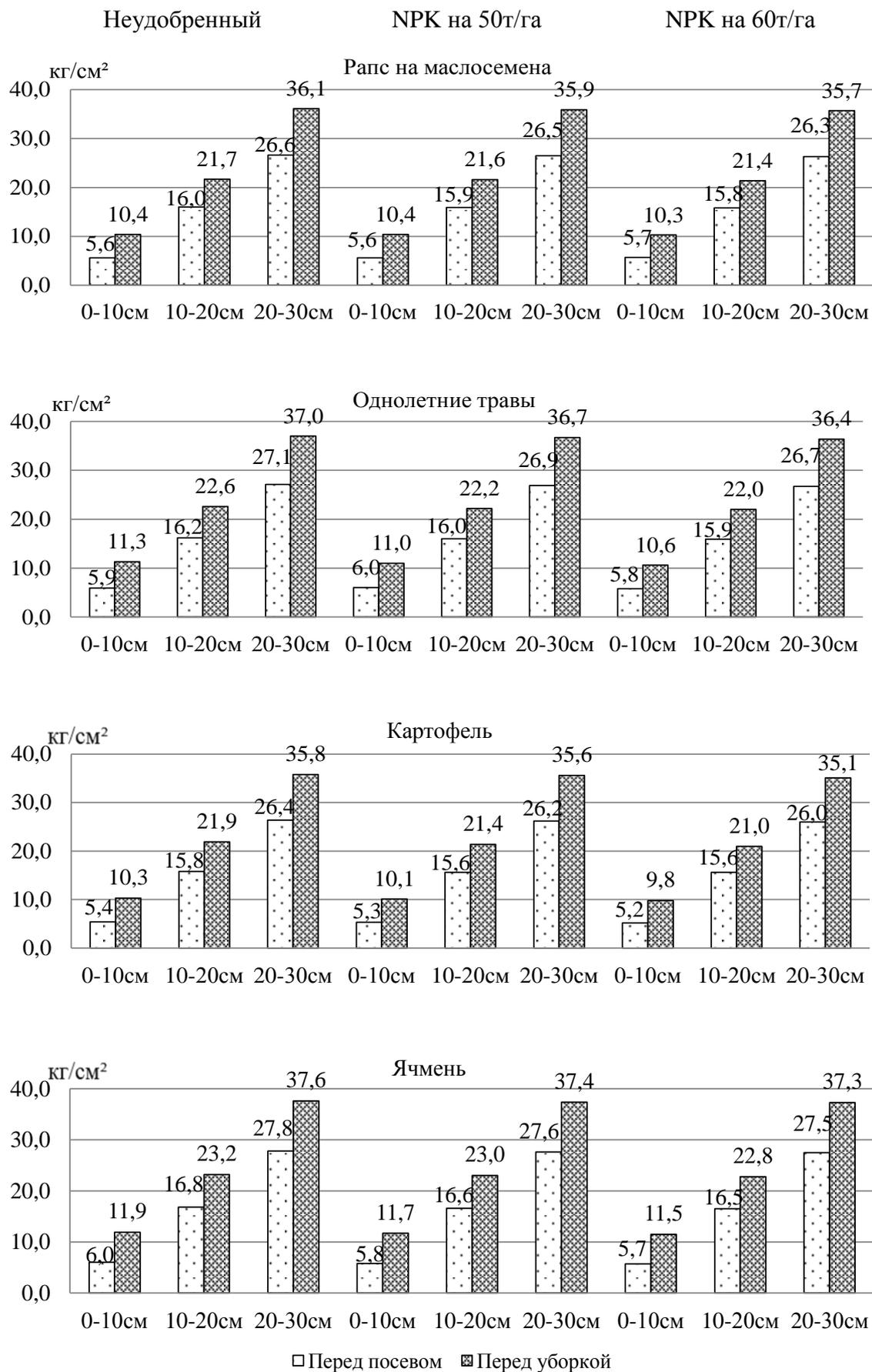


Рисунок 5 – Твердость почвы в зависимости от изучаемых агроприемов, кг/см<sup>2</sup>

При посеве сорго после рапса на не удобренном фоне питания в слое 0-10 см она составила перед посевом 5,6 кг/см<sup>2</sup>, 10-20 см – 16,0 и 20-30 см – 26,6 кг/см<sup>2</sup>.

В вариантах, где сорго было размещено после картофеля, она была несколько ниже и составила, соответственно 5,4 кг/см<sup>2</sup>, 15,8 и 26,4 кг/см<sup>2</sup>. Наибольшей твердость почвы перед посевом на аналогичном варианте была при размещении сорго после ячменя и составила соответственно 6,0 кг/см<sup>2</sup>, 16,8 и 27,8 кг/см<sup>2</sup>. 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/см<sup>2</sup>, на глубине 10-20 см – 21,7 и 20-30 см – 36,1 кг/см<sup>2</sup>. Максимальной твердость почвы была при размещении сорго после ячменя и составила соответственно 11,9 кг/см<sup>2</sup>, 23,2 и 37,6 кг/см<sup>2</sup>, а минимальной (10,3 кг/см<sup>2</sup>, 21,9 и 35,8 кг/см<sup>2</sup>) – после картофеля.

### **3.2. Динамика влажности почвы под посевами сорго**

В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется условием влагообеспеченности. Ограничивающим фактором для успешного возделывания сорго является недостаток влаги, особенно в критический период.

Получение высоких и стабильных урожаев возможно путем применения ресурсосберегающих способов обработки почвы, обеспечивающих накопление и рациональное расходование влаги [190]. На содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы, как показали наши исследования, большое влияние оказали погодные условия года и минеральные удобрения, меньшее – предшественники (рисунок 6, 7, 8, 9).

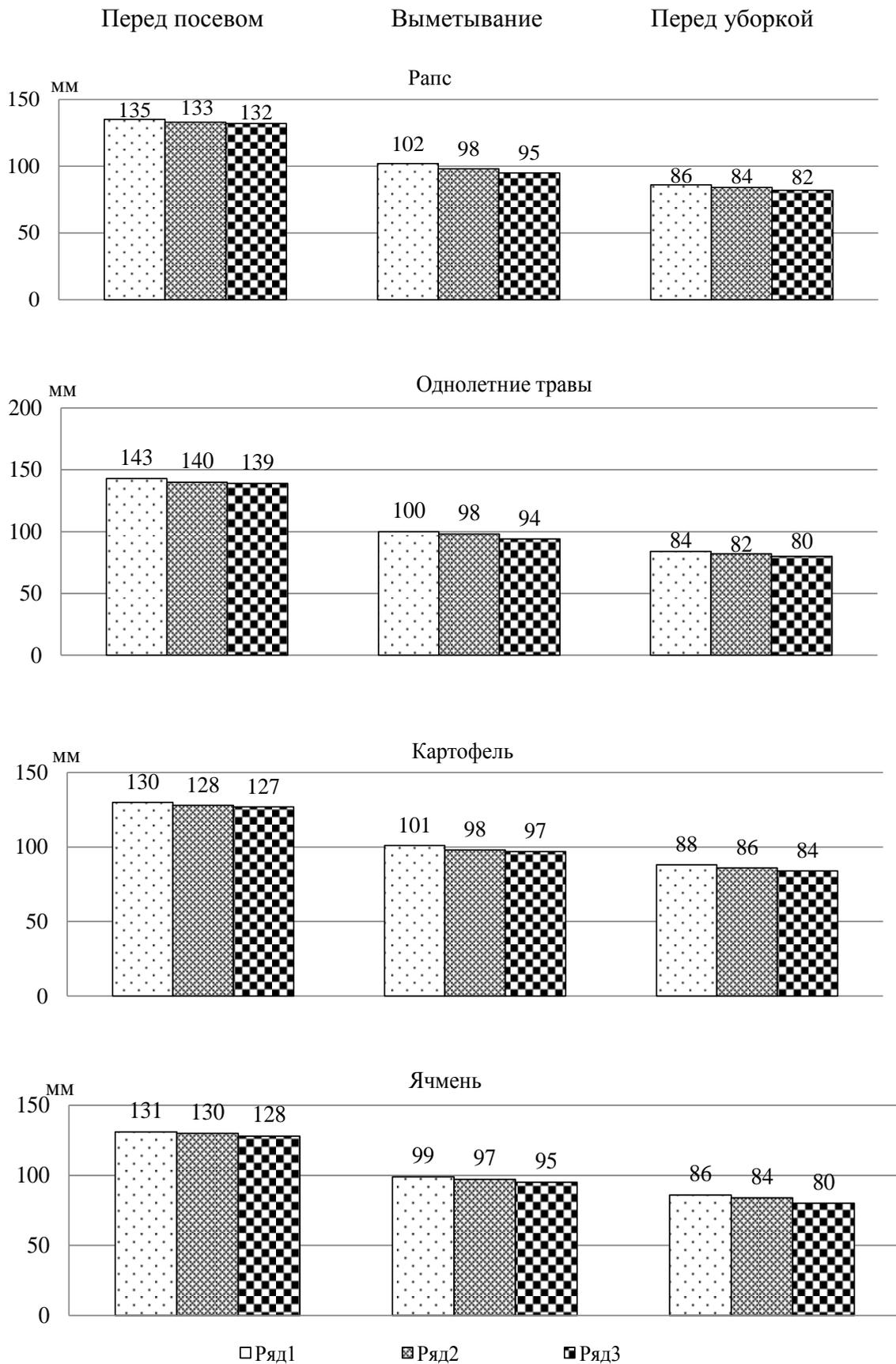


Рисунок 6 – Динамика запасов продуктивной влаги в почве в слое 0-100 см под посевами сорго в зависимости от предшественников и удобрений, мм, 2013 г.

Из данных рисунка 6 видно, что запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, перед посевом в 2013 г., были хорошими.

Наибольшими (139-143 мм) они были при размещении сорго после однолетних трав и ячменя (128-131 мм), что, видимо, объясняется ранней их уборкой. После картофеля они составляли 127-130 мм, и рапса на семена – 132-135 мм. От уровня питания они изменялись мало. К середине вегетации в связи с нарастанием надземной биомассы они уменьшались по всем предшественникам (до 94-102 мм). С увеличением уровня питания надземная масса сорго увеличивалась, а запасы продуктивной влаги в почве уменьшались. При размещении сорго после рапса на семена на не удобренном фоне питания они составляли 102 мм, а при планировании урожайности на 50 т/га зеленой массы – 98 и на 60 т/га – 95 мм. Аналогичная закономерность сохранилась и по другим предшественникам.

В 2014 г. перед посевом они были несколько ниже, чем в 2013 г. и составляли в зависимости от предшественника и удобрений 117-128 мм, в фазе выметывания – 110-120 мм и перед уборкой – 67-85 мм. С увеличением уровня питания урожайность росла, но запасы влаги в слое почвы 0-100 см уменьшались.

В 2015 году, перед посевом в слое 0-100 см, запасы продуктивной влаги были хорошими и варьировали в зависимости от предшественника и удобрений от 140 до 157 мм. В фазе выметывания они составляли – 88-95 мм и перед уборкой – 87-98 мм. Установлена прямая зависимость между урожайностью и запасами влаги в почве. С увеличением урожайности запасы продуктивной влаги в почве уменьшались.

С возрастанием уровня питания запасы влаги в метровом слое почвы уменьшались, и составили на не удобренном фоне, после однолетних трав перед посевом – 152 мм, а на фоне питания, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы – 147 мм.

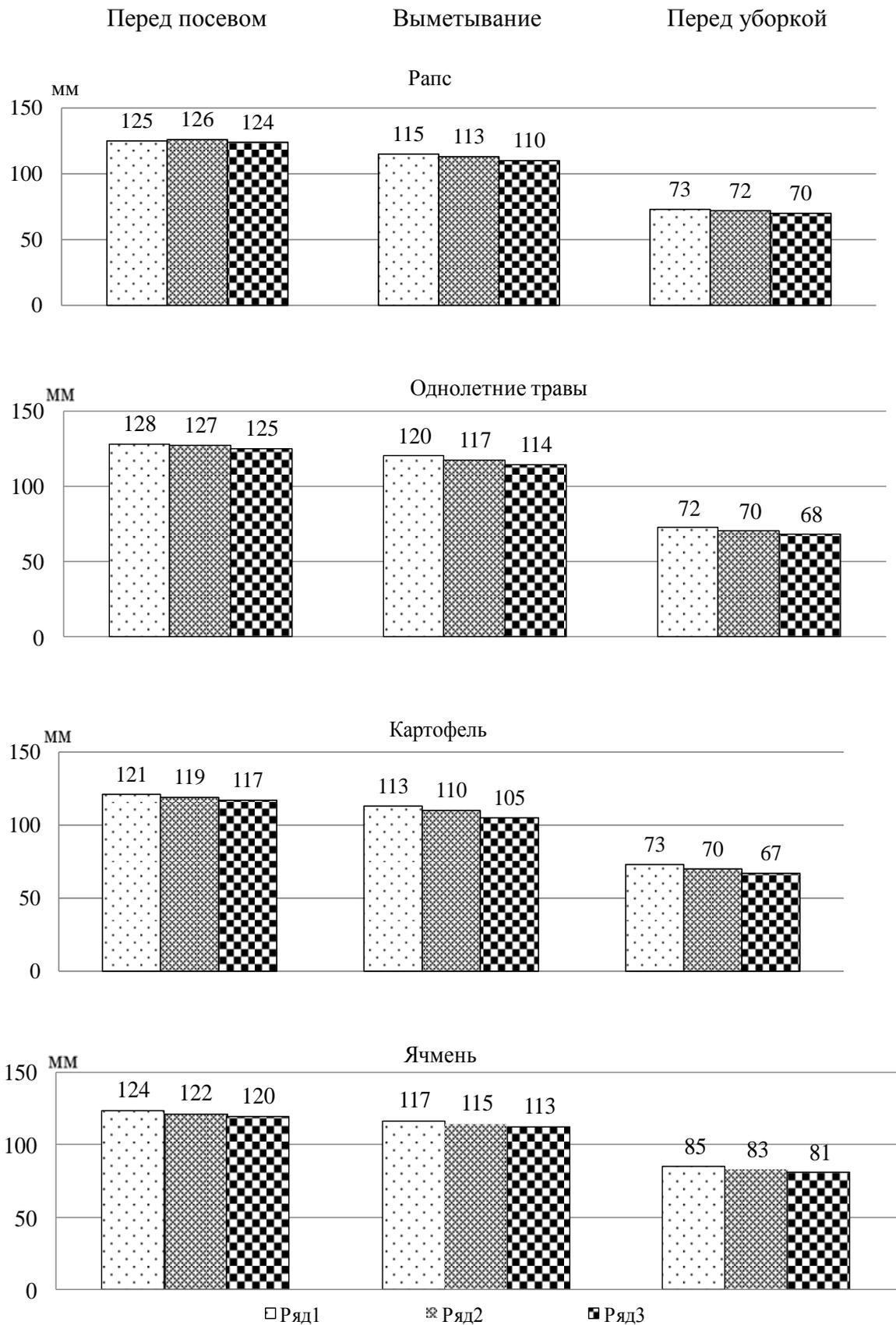


Рисунок 7 – Динамика запасов продуктивной влаги в почве в слое 0-100 см под посевами сорго в зависимости от предшественников и удобрений, мм, 2014 г.

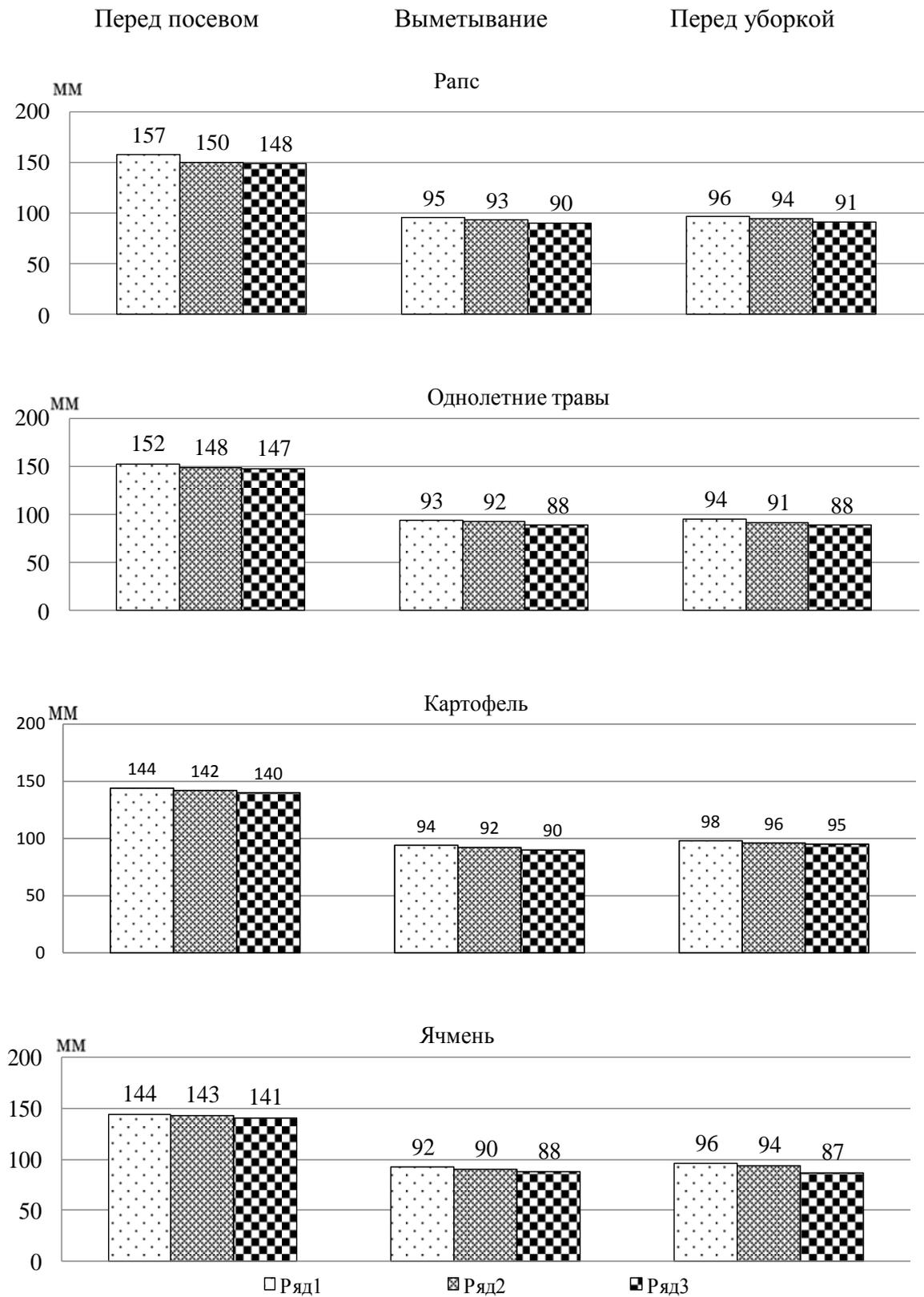


Рисунок 8 – Динамика запасов продуктивной влаги в почве в слое 0-100 см под посевами сорго в зависимости от предшественников и удобрений, мм, 2015 г.

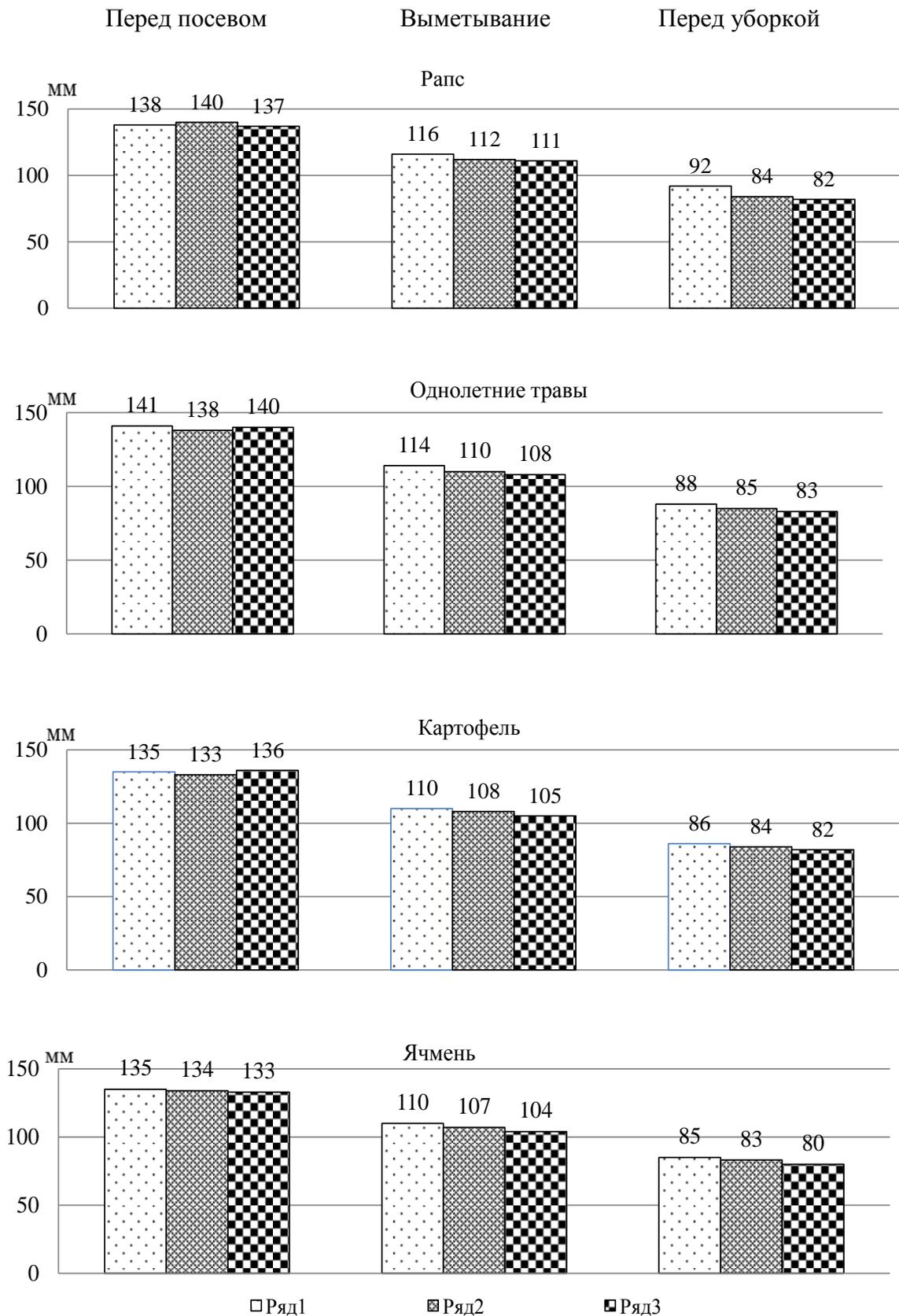


Рисунок 9 – Динамика Запасов продуктивной влаги в почве в слое 0-100 см под посевами сорго в зависимости от предшественников и удобрений, мм, 2016 г.

При размещении сорго после рапса на семена, запасы влаги в почве, в зависимости от фона питания, находились в пределах 148-157 мм. Аналогичная закономерность сохранилась и по другим предшественникам.

В 2016 г. в метровом слое почвы, в зависимости от предшественника и удобрений перед посевом, содержалось 133-141 мм. В дальнейшем от посева к уборке запасы продуктивной влаги снижались по всем предшественникам. С увеличением уровня питания возрастала надземная масса, и уменьшались запасы влаги в почве. Так, например, при размещении сорго после рапса на маслосемена на не удобренном фоне (контроль) в слое 0-100 см перед уборкой содержалось продуктивной влаги – 92 мм, на фоне питания, рассчитанном на 50 т/га – 84 мм, на 60 т/га – 82 мм.

### **3.3. Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления**

В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется условием влагообеспеченности. Ограничивающим фактором для успешного возделывания сорго является недостаток влаги, особенно в критический период. Зная запасы продуктивной влаги в начале вегетации и после уборки, и количество осадков за вегетацию с учетом коэффициента использования, нами был рассчитан расход влаги как на 1 га посевов, так и на единицу продукции. Данные приведены на рисунках 10 и 11, таблице 6.

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 не удобренном 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.

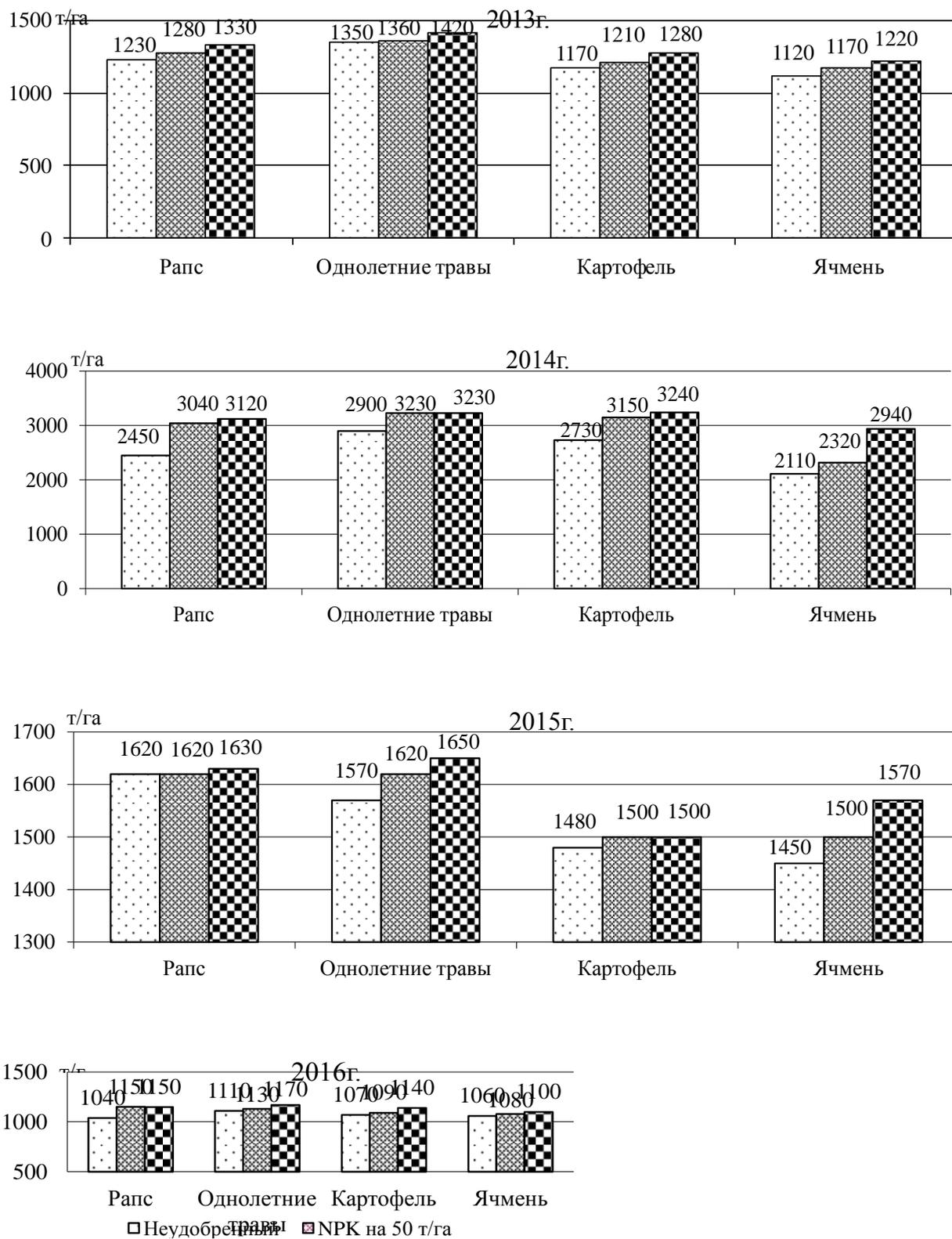


Рисунок 10 – Суммарное водопотребление в зависимости от предшественника и удобрений, т/га

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 опытах установлена прямая зависимость суммарного водопотребления, как от суммы выпавших осадков за период вегетации культуры, так и уровня минерального питания.

Чем больше осадков выпадает в период вегетации и выше уровень питания, тем выше расход влаги с 1 га.

В среднем за четыре года исследований наибольший расход влаги с 1 га был в вариантах, где предшественником сахарного сорго были однолетние травы. На не удобренном 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.

Коэффициент водопотребления имел ту же динамику (рисунок 11). В годы с благоприятным (2014 г.) водным режимом и большим количеством выпавших осадков в период вегетации он был выше.

Внесение расчетных норм минеральных удобрений способствовало его снижению. Коэффициент водопотребления на не удобренном фоне после однолетних трав составил 212 т/т, а на фоне, рассчитанном на 50 т/га зеленой массы – 65 и на 60 т/га – 53 т/т.

В среднем за четыре года на аналогичных вариантах эти показатели составили соответственно – 129 т/т, 38 и 31 т/т. Более высокими (135 т/т, 42 и 38 т/т) они были при размещении сорго после ячменя.

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

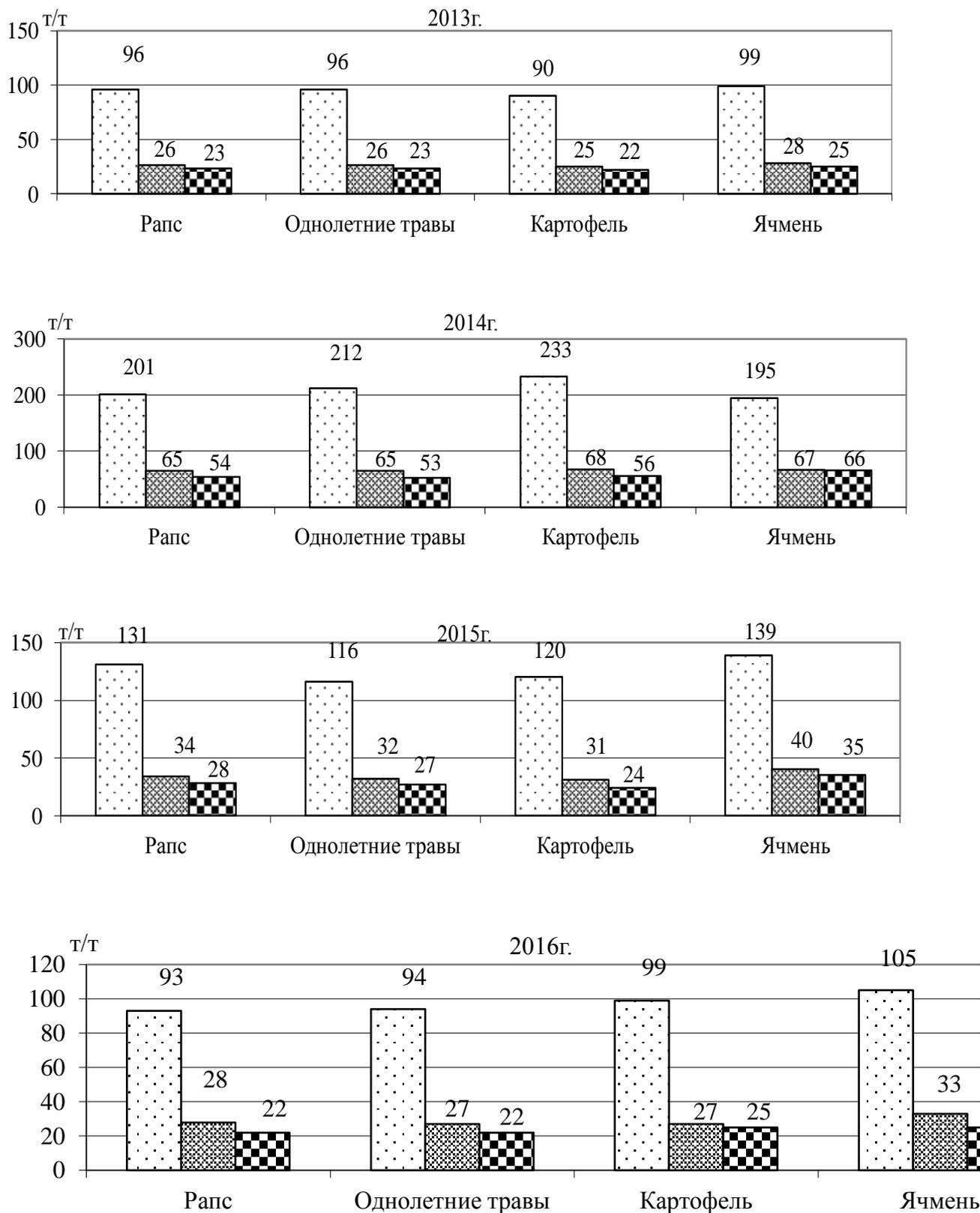


Рисунок 11 – Коэффициент водопотребления в зависимости от предшественника и удобрений, т/т

Таблица 6 – Показатели водопотребления сахарного сорго за 2013-2016 гг.

Предшественник	Фон питания	Суммарное водопотребление, т/га	Коэффициент водопотребления, т/т
Рапс на маслосемена	Неудобренный	1585	130
	НПК на 50 т/га	1773	38
	НПК на 60 т/га	1808	32
Однолетние травы	Неудобренный	1733	129
	НПК на 50 т/га	1835	38
	НПК на 60 т/га	1868	31
Картофель	Неудобренный	1345	136
	НПК на 50 т/га	1738	38
	НПК на 60 т/га	1790	32
Ячмень	Неудобренный	1435	135
	НПК на 50 т/га	1518	42
	НПК на 60 т/га	1708	38

### 3.4. Засоренность посевов

Одной из главных причин снижающих урожайность сельскохозяйственных культур является засоренность посевов. Прямой ущерб от них составляет 10,3 % от фактического урожая и на борьбу с ними расходуется около 30 % всех трудовых затрат в земледелии.

Диапазон их ущерба на сегодня очень велик, они:

- снижают качество кормов и ухудшают животноводческую продукцию;
- являются местом резервации вредителей и болезней растений;
- уменьшают оплату 1 кг д.в. удобрений.

Негативное влияние сорняков в агрофитоценозах зависит от наличия их запасов в почве, погодных условий, норм и сроков посева, уровня агротехники, системы семеноводства и защиты растений и определяется количеством сорняков, которые имеются на 1 кв. м. посева.

Уровень питания и предшественники, влияли по разному на засоренность посевов сахарного сорго (рисунок 12).

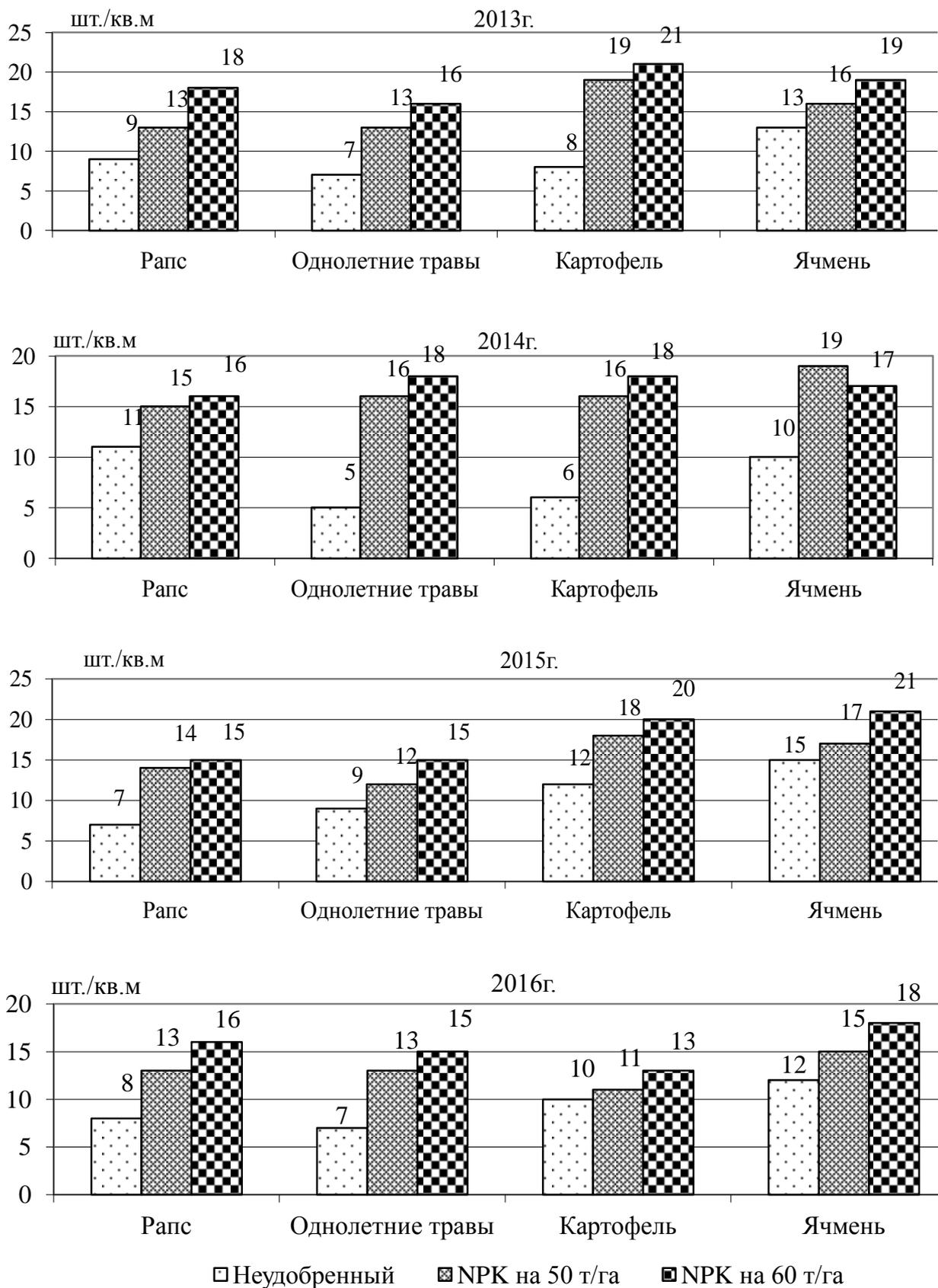


Рисунок 12 – Количество сорняков в посевах сахарного сорго в зависимости от предшественника и удобрений, шт./м<sup>2</sup>

Из рисунка 12 видно, что на засоренность посевов большее влияние оказали предшественники.

В наших исследованиях в среднем за 4 года наименьшая засоренность отмечена в вариантах, где предшественниками были однолетние травы и рапс на маслосемена.

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 м<sup>2</sup> площади, так и их массы в посевах сахарного сорго.

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

### **3.5. Фенологические наблюдения и развитие растений**

В ходе вегетации осуществляли фенологические наблюдения за растениями сорго, фиксируя наступление фазы при вступлении в нее не менее 75 % растений (таблицы 7,8,9,10).

При прогревании почвы на глубине заделки семян до 10-12 °С осуществляли посев. В 2013 году его проводили 20 мая, в 2014 году – 18 мая, 2015 году – 22 мая и в 2016 году 21 мая.

В 2016 году, в связи с тем, что атмосферных осадков выпало мало, а температуры во время вегетации культуры были повышенные, все фазы развития и межфазные периоды были сокращены.

На время наступления фенологических фаз и продолжительность межфазных периодов в годы опытов, большее влияние оказывали метеорологические условия, меньшее – предшественники. После рапса на маслосемена,

однолетних трав и картофеля продолжительность межфазных периодов была практически одинаковой. После ячменя она уменьшалась на 2-3 дня.

Внесение удобрений, в зависимости от предшественника, удлиняло вегетационный период в 2013 г. на 6-8 дней, в 2014 г. – 5-6 дней, в 2015 г. – 4-5 и в 2016 г. – 6-8 дней. В 2013 г. на не удобренном фоне, где сорго следовало после рапса, вегетационный период составил 83 дня, на фоне 50 т/га зеленой массы – 87, на 60 т/га – 89 дней, а после однолетних трав его продолжительность составила 84, 89 и 92 дня, картофеля – 83, 85 и 91 день. Значительно уменьшился вегетационный период в вариантах, где предшественником сорго был ячмень и составил, в зависимости от уровня питания – 77, 81 и 83 дня. Длина межфазных периодов имела ту же самую динамику. На данном варианте на не удобренном фоне период «посев-всходы» составил 13 дней, «всходы-кущение» – 18, «кущение-выход в трубку» – 13, «выход в трубку-выметывание» – 15 и «выметывание-молочная спелость» – 31 день.

При внесении удобрений на 60 т/га зеленой массы продолжительность межфазных периодов составила соответственно – 13, 19, 15, 16 и 33 дня.

В остальные годы исследований закономерность осталась та же.

Проведенными исследованиями установлено, чем длиннее вегетационный период, тем выше урожайность зеленой массы сорго.

Таблица 7 – Сроки наступления фенологических фаз сорго и продолжительность межфазных периодов в 2013г.

Факторы		Сроки наступления фенологических фаз						Продолжительность межфазных периодов					
Предшественники (А)	Фон питания (В)	Посев	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Выметывание	Молочная спелость	Посев-всходы	Всходы-кущение	Кущение-выход в трубку	Выход в трубку-выметывание	Выметывание-молочная спелость	Вегетационный период
		Рапс на мас- лосемена	Неудобренный	20.05	2.06	22.06	6.07	21.07	22.08	13	21	14	15
НРК на 50т	20.05		2.06	23.06	8.07	24.07	26.08	13	22	15	16	34	87
НРК на 60т	20.05		3.06	25.06	10.07	26.07	29.08	14	23	15	16	35	89
Однолетние травы	Неудобренный	20.05	2.06	22.06	6.07	22.07	24.08	13	21	13	16	34	84
	НРК на 50т	20.05	2.06	23.06	6.07	24.07	28.08	13	22	13	18	36	89
	НРК на 60т	20.05	2.06	24.06	8.07	27.07	29.08	13	23	14	19	36	92
Картофель	Неудобренный	20.05	1.06	22.06	6.07	22.07	23.08	12	21	13	16	33	83
	НРК на 50т	20.05	2.06	23.06	7.07	24.07	26.08	13	20	14	17	34	85
	НРК на 60т	20.05	3.06	24.06	9.07	26.07	30.08	14	23	15	17	36	91
Ячмень	Неудобренный	20.05	2.06	20.06	2.07	17.07	16.08	13	18	13	15	31	77
	НРК на 50т	20.05	2.06	20.06	4.07	20.07	19.08	13	19	14	16	32	81
	НРК на 60т	20.05	2.06	20.06	5.07	21.07	22.08	13	19	15	16	33	83

Таблица 8 – Сроки наступления фенологических фаз сорго и продолжительность межфазных периодов в 2014 г.

Факторы		Сроки наступления фенологических фаз						Продолжительность межфазных периодов					
Предшест- венники (А)	Фон питания (В)	Посев	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Выметывание	Молочная спелость	Посев-всходы	Всходы-кущение	Кущение-выход в трубку	Выход в трубку- выметывание	Выметывание- молочная спелость	Вегетационный период
		Рапс на мас- лосемена	Неудобренный	18.05	4.06	25.06	8.07	22.07	20.08	17	21	13	14
НРК на 50т	18.05		5.06	26.06	10.07	25.07	27.08	18	21	14	15	34	84
НРК на 60т	18.05		5.06	26.06	10.07	25.07	28.08	18	22	14	15	35	86
Однолетние травы	Неудобренный	18.05	4.06	25.06	8.07	23.07	25.08	17	21	13	15	33	82
	НРК на 50т	18.05	5.06	26.07	10.07	26.07	29.08	18	21	14	16	35	86
	НРК на 60т	18.05	5.06	26.07	10.07	26.07	29.08	18	22	14	16	35	87
Картофель	Неудобренный	18.05	4.06	25.06	8.07	23.07	24.08	17	21	13	15	33	82
	НРК на 50т	18.05	6.06	26.06	10.07	26.07	29.08	18	22	14	16	35	87
	НРК на 60т	18.05	6.06	26.06	10.07	26.07	30.08	18	22	14	16	36	88
Ячмень	Неудобренный	18.05	3.06	24.06	6.07	19.07	17.08	16	21	12	13	30	76
	НРК на 50т	18.05	4.06	26.06	7.07	21.07	20.08	17	22	13	14	31	80
	НРК на 60т	18.05	4.06	26.06	9.07	23.07	24.08	17	22	13	14	32	81

Таблица 9 – Сроки наступления фенологических фаз сорго и продолжительность межфазных периодов в 2015 г.

Факторы		Сроки наступления фенологических фаз						Продолжительность межфазных периодов					
Предшественники (А)	Фон питания (В)	Посев	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Выметывание	Молочная спелость	Посев-всходы	Всходы-кущение	Кущение-выход в трубку	Выход в трубку-выметывание	Выметывание-молочная спелость	Вегетационный период
		Рапс на мас- лосемена	Неудобренный	22.05	6.06	26.06	6.07	23.07	25.08	15	20	10	17
НРК на 50т	22.05		7.06	28.06	9.07	27.07	30.08	16	21	11	18	35	85
НРК на 60т	22.05		7.06	28.06	9.07	27.07	30.08	16	21	11	18	35	85
Однолетние травы	Неудобренный	22.05	6.06	26.06	6.07	24.07	24.08	15	20	10	18	32	80
	НРК на 50т	22.05	6.06	28.06	9.07	28.07	29.08	15	22	11	19	33	85
	НРК на 60т	22.05	7.06	29.06	10.07	29.07	30.08	16	22	11	19	33	85
Картофель	Неудобренный	22.05	5.06	26.06	6.07	23.07	26.08	14	20	10	17	35	82
	НРК на 50т	22.05	6.06	26.06	7.07	24.07	28.08	15	20	11	17	36	84
	НРК на 60т	22.05	6.06	27.06	8.07	26.07	30.08	15	21	11	18	36	86
Ячмень	Неудобренный	22.05	4.06	23.06	3.07	20.07	21.08	13	19	10	17	33	79
	НРК на 50т	22.05	5.06	25.06	5.07	23.07	25.08	14	20	10	18	34	82
	НРК на 60т	22.05	5.06	25.06	6.07	24.07	27.08	14	20	11	18	35	84

Таблица 10 – Сроки наступления фенологических фаз сорго и продолжительность межфазных периодов в 2016г.

Факторы		Сроки наступления фенологических фаз						Продолжительность межфазных периодов					
Предшест- венники (А)	Фон питания (В)	Посев	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Выметывание	Молочная спелость	Посев-всходы	Всходы-кущение	Кущение-выход в трубку	Выход в трубку- выметывание	Выметывание- молочная спелость	Вегетационный период
	НРК на 50т	21.05	3.06	22.06	1.07	17.07	19.08	14	19	10	17	33	79
	НРК на 60т	21.05	3.06	22.06	1.07	17.07	19.08	14	19	10	17	33	79
Однолетние травы	Неудобренный	21.05	3.06	22.06	30.06	16.07	16.08	14	19	9	17	32	77
	НРК на 50т	21.05	4.06	24.06	3.07	20.07	21.08	15	20	10	18	33	81
	НРК на 60т	21.05	5.06	26.06	6.07	23.07	25.08	16	21	11	18	34	84
Картофель	Неудобренный	21.05	3.06	21.06	29.06	15.07	15.08	14	18	9	17	32	76
	НРК на 50т	21.05	4.06	23.06	30.06	16.07	20.08	15	19	10	17	33	79
	НРК на 60т	21.05	5.06	25.06	4.07	21.07	22.08	16	20	10	18	33	81
Ячмень	Неудобренный	21.05	2.06	20.06	28.06	13.07	12.08	13	18	9	16	30	73
	НРК на 50т	21.05	3.06	22.06	1.07	17.07	17.08	14	19	10	17	31	77
	НРК на 60т	21.05	4.06	23.06	2.07	18.07	18.08	15	19	10	17	32	78

Результаты проведенных опытов показали, что погодные условия существенно влияли на сроки прохождения фенологических фаз и развитие растений. О чем свидетельствуют и величины гидротермических коэффициентов, которые определяются отношением суммы осадков к сумме эффективных температур (таблица 11). Из данных таблицы 11 видно, что из четырех лет исследований наиболее напряженные климатические условия в летние месяцы наблюдались в 2016 году, что оказало негативное влияние на формирование урожая надземной массы сорго. Так, в межфазный период «посев-всходы» растения сорго развивались очень медленно. За этот период выпало всего лишь 6 мм осадков, и сумма температур  $>10^{\circ}\text{C}$  составила  $160^{\circ}\text{C}$ , гидротермический коэффициент был равен 0,37. В межфазный период «кущение-выход в трубку» он составил 0,46, «выход в трубку-выметывание» – 0,88, «выметывание-уборка» – 0,16. ГТК за вегетацию составил – 0,72. В 2013 г. он был равен 0,77, 2014 г. – 2,72 и в 2015 г. – 1,2.

Из выше приведенной таблицы видно, что менее благоприятным из четырех лет исследований был 2016 год, который характеризовался наибольшей суммой температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  и наименьшим количеством выпавших осадков в течении вегетации. ГТК в период «выметывание-уборка» составил – 0,16, при среднем за вегетацию – 0,72.

В 2013 году он был несколько ниже среднеемноголетних (0,9) значений и составил 0,77, а в 2015 году – 1,20.

Наиболее высоким (2,72) он был в теплом и влажном 2014 году.

Таблица 11 – Гидротермические коэффициенты по межфазным периодам сорго, 2013-2016 гг.

Период вегетации по фазам развития	Сумма температур > 10 <sup>0</sup> С ( $\sum t$ )				Сумма осадков за межфазный период, мм ( $\sum P$ )				Гидротермический коэффициент (ГТК)			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Посев-всходы	110	215	233	160	4	8	8	6	0,36	0,37	0,13	0,37
Всходы-кущение	306	238	346	231	16	116	16	40	0,52	4,96	0,46	1,73
Кущение-выход в трубку	249	187	155	128	41	49	16	6	1,64	2,62	1,03	0,46
Выход в трубку- выметывание	237	189	244	216	9	36	85	19	0,38	1,90	3,48	0,88
Выметывание - уборка	490	463	368	616	48	173	33	10	0,97	3,74	0,90	0,16
За вегетацию (V- VIII) месяцы									0,77	2,72	1,20	0,72

### 3.6. Динамика густоты стояния растений

Определяющим фактором получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур является появление дружных всходов и формирование оптимальной густоты стояния растений к уборке [138,139,141].

В наших опытах густота стояния растений зависела от изучаемых агроприемов и метеорологических условий в годы исследований (таблица 12).

В среднем за четыре года исследований полевая всхожесть семян была сравнительно высокой. При размещении сахарного сорго после однолетних трав полевая всхожесть на контроле, в среднем за четыре года, составила 84,2 %, на фоне питания, рассчитанном на получение 50 т/га, зеленой массы – 86,0 и на 60 т/га – 88,3 %. Среди предшественников, наиболее низкой полевая всхожесть была в вариантах, где сорго шло после ячменя и составила, в зависимости от фона питания 81,0 %, 83,4 и 85,6 %. С внесением минеральных удобрений полевая всхожесть возрастала в зависимости от предшественника на 3-4 %.

В течение вегетации произошла изреженность посевов, и количество растений к уборке уменьшилось. Так, например, на контроле при размещении сорго после ячменя к уборке сохранность растений составила 57,5 %, то на 50 т/га зеленой массы – 58,7 % и на 60 т/га – 64,5 % (превышение по сравнению с неудобренным фоном на 7 %). Там, где предшественником сорго были однолетние травы, она составила к уборке 65,2 %, 68,5 % и 72,5 %. Удобрения повышали сохранность растений на 7,3 %.

Несмотря на большие отклонения данных по годам, сорго в условиях Среднего Поволжья имело высокую полевую всхожесть, которая, в зависимости от изучаемых агроприемов, находилась в пределах 81,0-88,3 %. Имея высокую засухоустойчивость, сохранность растений сорго была высокой и в среднем за четыре года варьировала в интервале 57,5-72,5 %, что обеспечило получение урожая близкого к запланированному.

Таблица 12 – Динамика густоты стояния растений сорго в зависимости от предшественников и удобрений,  
(средняя за 2013-2016 гг.)

Факторы		Количество растений, шт./м <sup>2</sup>		Полевая всхо- жесть,%	Сохранность растений	
		всходы	уборка		% от всхо- дов	% от числа высе- янных семян
Предшественники (А)	Фон питания (Б)					
	Неудобренный	332	250	83,1	75,4	62,5
	НРК на 50 т/га	341	265	85,2	77,7	66,3
Рапс на маслосемена	Неудобренный	350	281	87,4	80,4	70,2
	НРК на 50 т/га	337	261	84,2	77,5	65,2
	НРК на 60 т/га	344	274	86,0	79,6	68,5
Однолетние травы	Неудобренный	353	290	88,3	82,3	72,5
	НРК на 50 т/га	329	243	82,3	73,8	60,7
	НРК на 60 т/га	338	258	84,6	76,4	64,5
Картофель	Неудобренный	341	263	85,2	77,2	65,7
	НРК на 50 т/га	324	230	81,0	70,9	57,5
	НРК на 60 т/га	334	235	83,4	73,0	58,7
Ячмень	Неудобренный	342	258	85,6	75,5	64,5

### 3.7. Фотосинтетическая деятельность посевов

Биомасса сельскохозяйственных растений почти на 90-95 % состоит из органических веществ, образующихся в процессе фотосинтеза. Но в фотосинтезе участвует только та часть света, которая улавливается хлорофиллом. Она расположена в рамках длины волн от 380 до 720 нм и называется фотосинтетическая активная радиация (ФАР).

Увеличив фотосинтетическую продуктивность, можно повысить урожай растений и коэффициент полезного действия ФАР [63,64].

Из имеющихся погодных факторов, которые оказывают влияние на урожай сельскохозяйственных культур, ФАР наиболее трудно управляемая. Это связано с тем, что не все ее количество используется растениями, только лишь 43-45 % от прямой солнечной радиации. Да и эта величина, в утреннее и вечернее время, уменьшается до 10-20 %. Однако, из рассеянной радиации используется не более 20 %. Фактическое же, использование солнечной радиации при существующих урожаях составляет 0,5-1,5 % [63,80,81].

Его можно повысить за счет правильного подбора культур, сортов, оптимальных схем размещения, внесения расчетных норм минеральных удобрений и регулирования влагообеспеченности, применение современных технологий.

Увеличивая площадь листьев до 30-40 тыс. м<sup>2</sup>/га процент использования ФАР можно увеличить до 5-6 [144].

Для различных культур и сортов существует оптимальная площадь листьев на 1 га посева, которая зависит от климата и погоды. Это объясняется разной структурой и оптимальной площадью посева, неодинаковой освещенностью внутри посева [145,181].

Поэтому, для каждой культуры оптимальной считается такая листовая поверхность, при которой происходит наибольший прирост урожая. Отсюда, и все приемы агротехники, предусмотренные технологическими картами, должны быть направлены на улучшение условий жизни растений, которые

способствовали бы интенсивному формированию оптимальной листовой поверхности и более длительному ее функционированию.

А.А. Ничипорович [144,145] впервые обосновал и разработал теорию фотосинтетической продуктивности растений полевых культур, которая основана на оптимизации площади листовой поверхности, радиационного режима, аэрации, водного обмена, минерального питания и других факторов.

Позднее, применительно к Среднему Поволжью данные вопросы были освещены профессором А.А. Зиганшиным [63]. Основными показателями фотосинтетической деятельности растений в посевах являются: площадь листовой поверхности ( $S_l$ ), фотосинтетический потенциал (ФП), чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и % использования ФАР).

По результатам исследований ряда авторов [49,60,78,82,144,145, 181,183,204] величина листовой поверхности в посевах зерновых культур варьирует от 30...55, а в посевах кормовых культур от 60 до 90 тыс. м<sup>2</sup>/га.

В отличие от других культур сорговые более приспособлены к жарким и сухим условиям, благодаря прохождению фотосинтеза по типу  $C_4$  [145].

Данный механизм фотосинтеза по циклу  $C_4$ , который выработался у сорговых растений в процессе физиолого-биохимической адаптации, объясняет их устойчивость к засухе и высоким температурам.

Нашими исследованиями установлено, что размер площади листовой поверхности сорго обуславливается многими факторами. Важное влияние на фотосинтетическую деятельность посевов по данным наших наблюдений оказали минеральные удобрения и метеорологические условия, меньшее – предшественники (рисунки 13, 14, 15, 16, 17).

В начальный период вегетации (кущение) листовая поверхность сахарного сорго нарастала медленно. Наибольший прирост листовой поверхности происходил в фазы выхода в трубку и выметывания. С увеличением уровня питания листовая поверхность возрастала, во все годы проведения полевых опытов.

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. м<sup>2</sup>/га, в фазе выхода в трубку – 47,2 и в фазе выметывания – 65,7 тыс. м<sup>2</sup>/га. На контроле на аналогичных вариантах она составила соответственно – 17,8, 23,5 и 37, 2 тыс. м<sup>2</sup>/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 не удобренном фоне, где она составила в фазе кущения 13,6 тыс. м<sup>2</sup>/га, в фазе выхода в трубку – 19,3, в фазе выметывания – 30,1 и в фазе молочной спелости – 20,8 тыс. м<sup>2</sup>/га.

На всех вариантах опыта листовая поверхность до фазы выметывания росла, затем снижалась. На развитие листовой поверхности оказали влияние и метеорологические условия в годы исследований. Выше она была в благоприятном 2013 г., ниже – в более засушливом 2016 г.

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

ЛФП в годы наших исследований имел аналогичную динамику, что и листовая поверхность (рисунок 18, 19, 20, 21, таблица 13). Максимальный (4005,4 тыс. м<sup>2</sup> в сутки/га) ЛФП посевов за вегетацию сформировался в посевах сахарного сорго после однолетних трав на расчетном фоне питания 60 т/га. Несколько ниже (3665,4 тыс. м<sup>2</sup> в сутки/га) ЛФП был получен на фоне питания, рассчитанном на 50 т/га.

На неудобренном фон он составил 2053,9 тыс. м<sup>2</sup> в сутки/га, что ниже чем на удобренных фонах в 1,78-1,95 раза. Среди предшественников на первом месте были однолетние травы, втором – рапс на маслосемена, третьем – картофель и четвертом – ячмень.

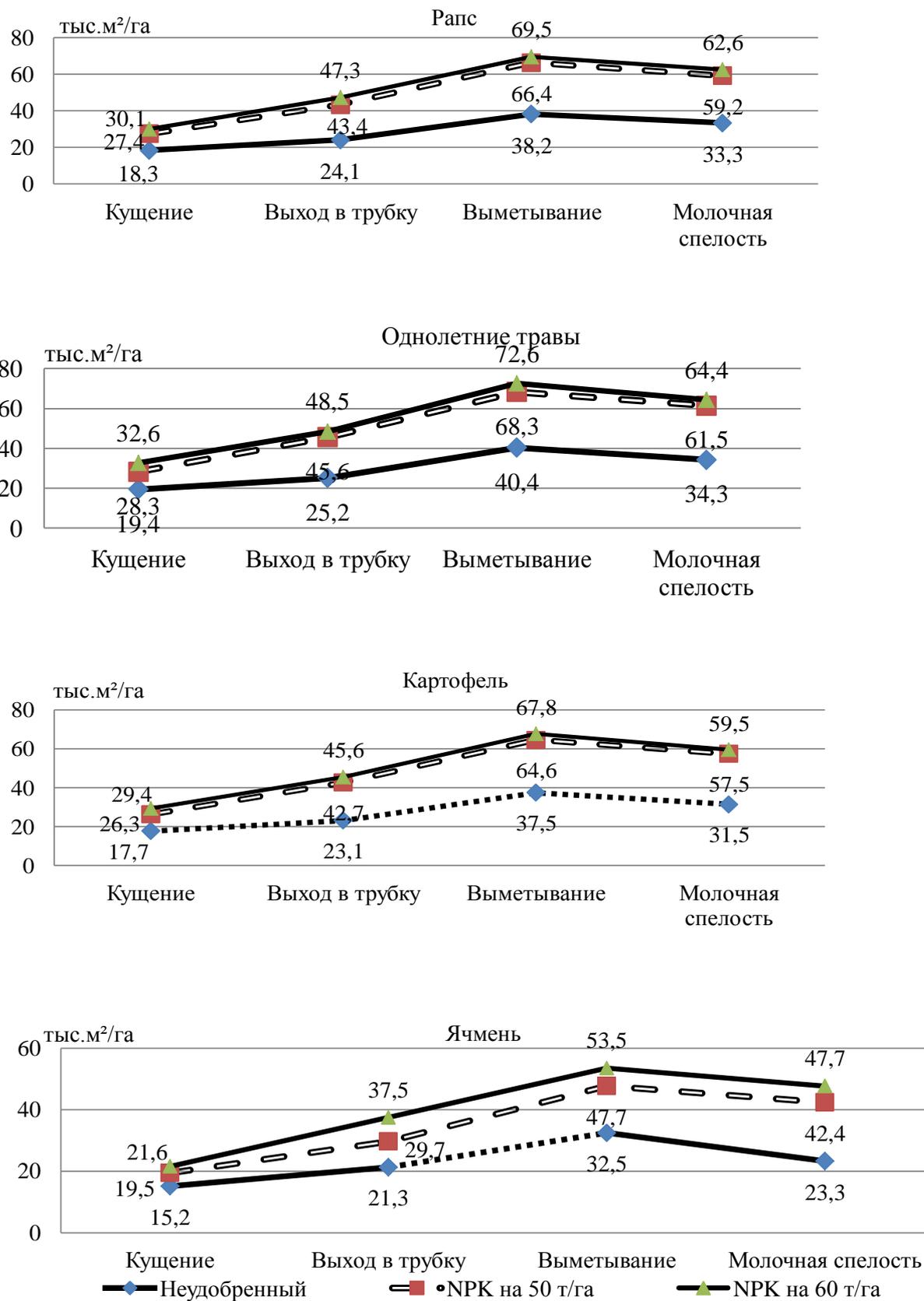


Рисунок 13 – Листовая поверхность растений сорго в зависимости от предшественников и удобрений, тыс. м<sup>2</sup>/га, 2013 г.

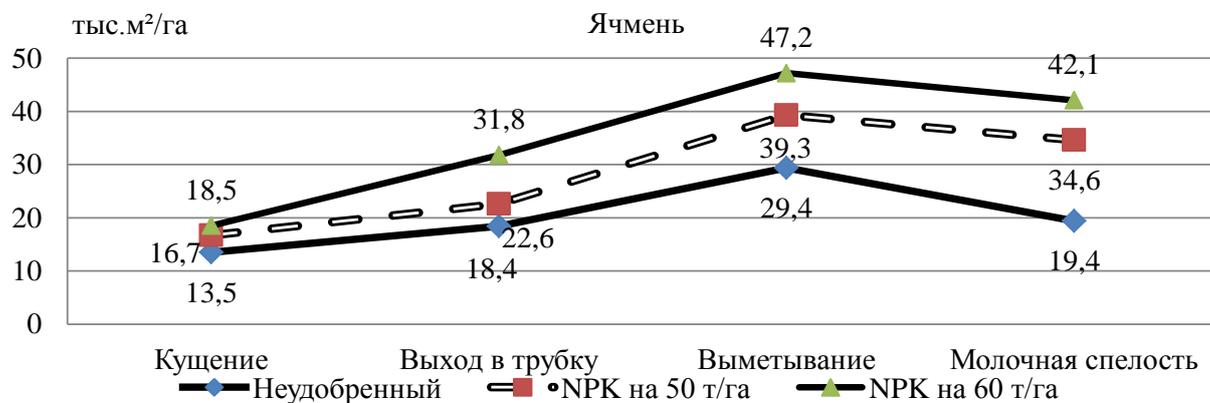
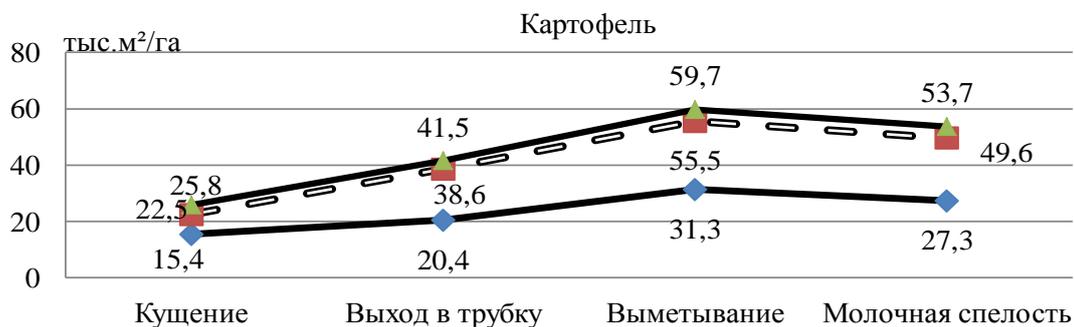
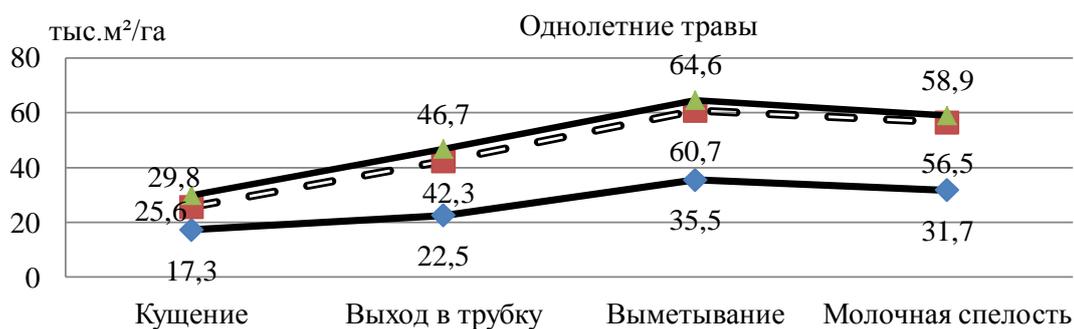
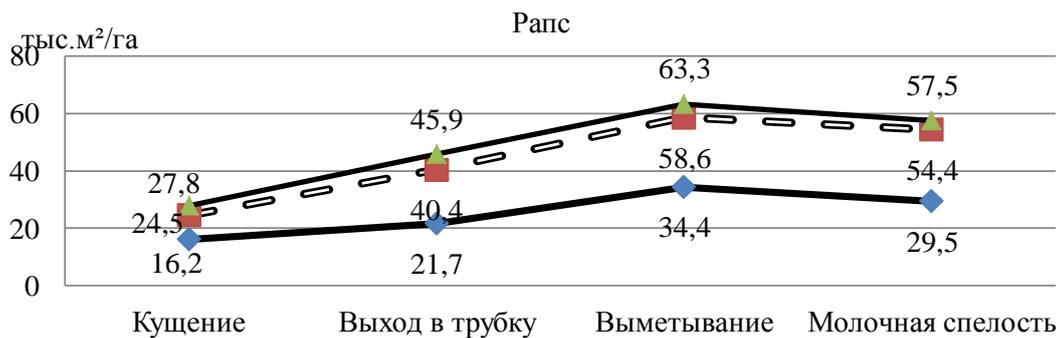


Рисунок 14 – Листовая поверхность растений сорго в зависимости от предшественников и удобрений, тыс. м<sup>2</sup>/га, 2014 г.

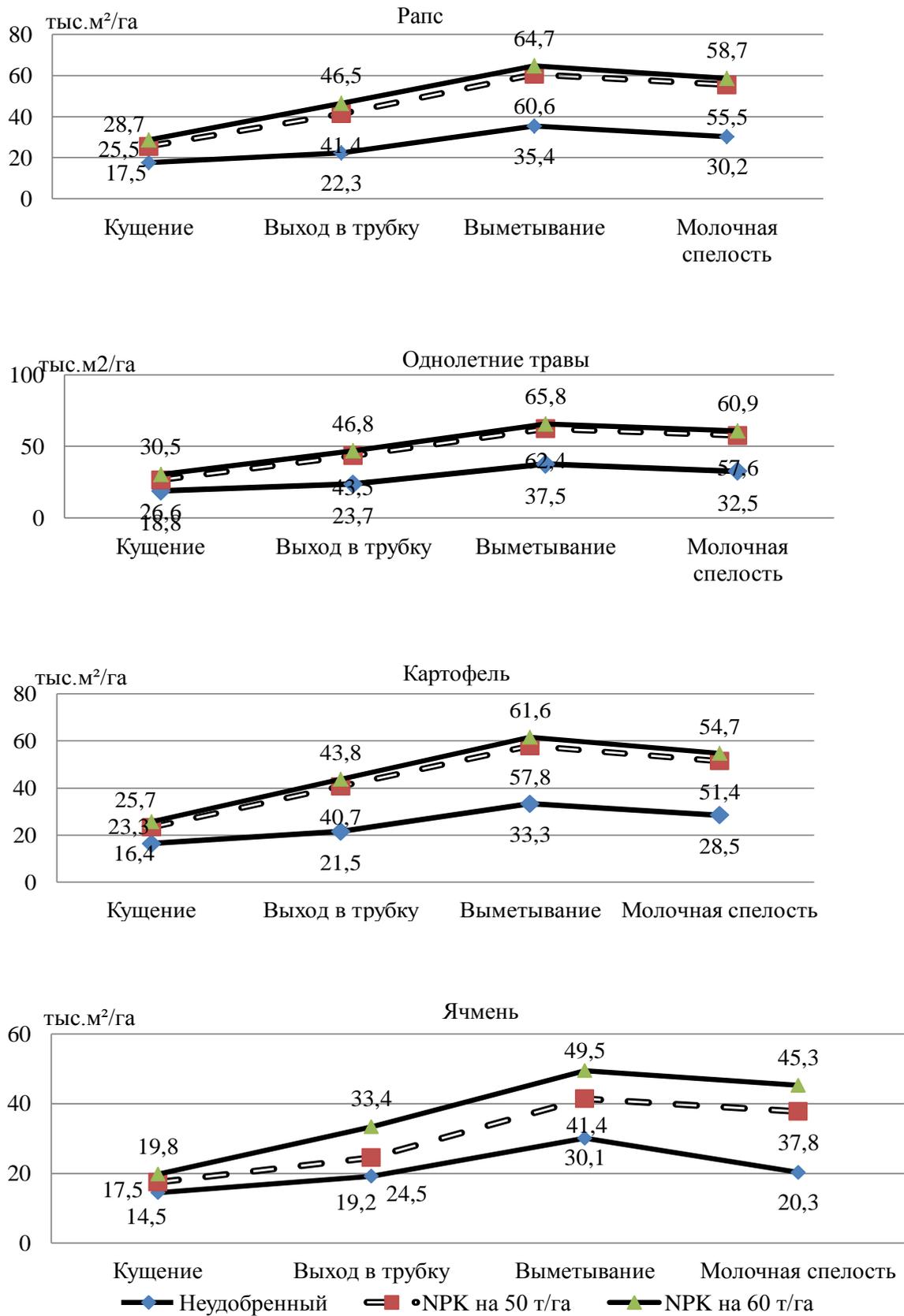


Рисунок 15 – Листовая поверхность растений сорго в зависимости от предшественников и удобрений, тыс. м<sup>2</sup>/га, 2015 г.

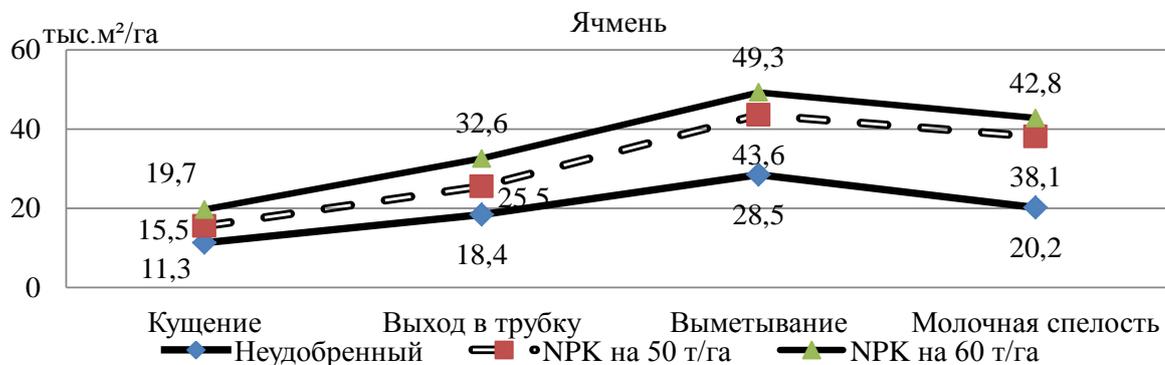
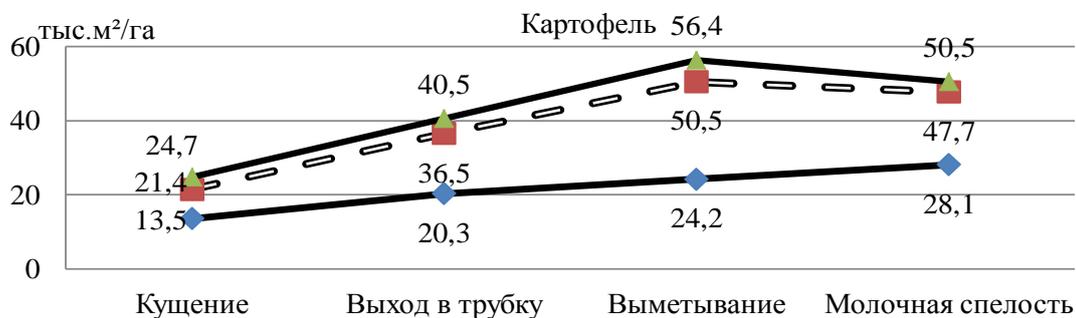
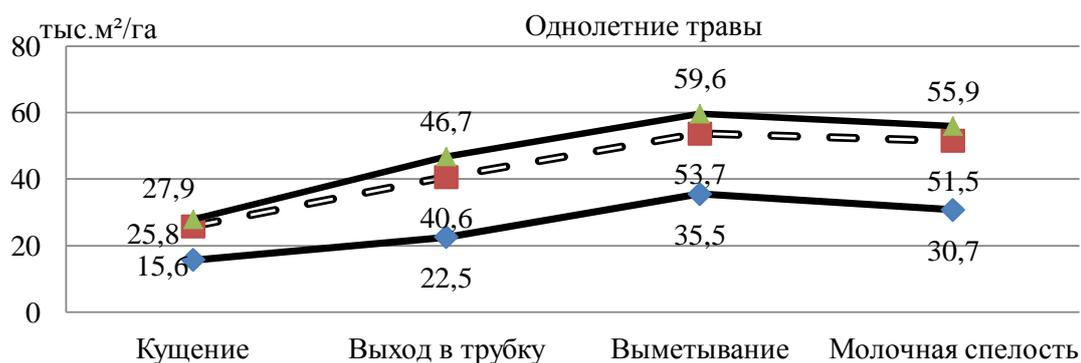
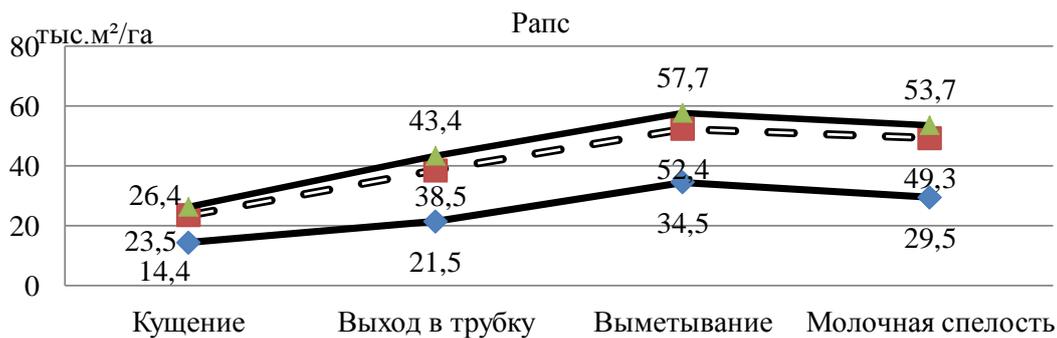


Рисунок 16 – Листовая поверхность растений сорго в зависимости от предшественников и удобрений, тыс. м<sup>2</sup>/га, 2016 г.

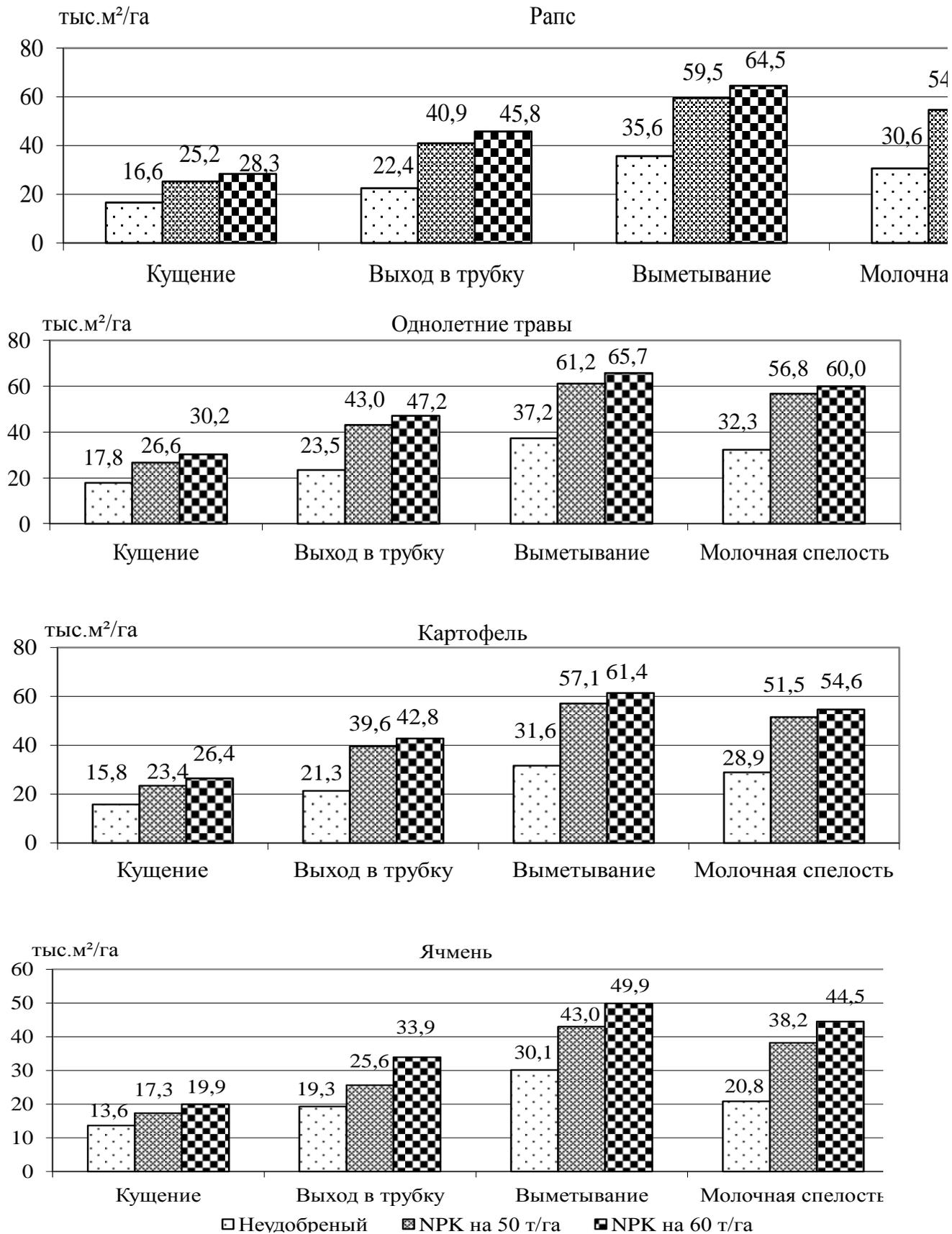


Рисунок 17 – Листовая поверхность растений сорго в зависимости от предшественников и удобрений, тыс. м<sup>2</sup>/га (средняя за 2013-2016 гг.)

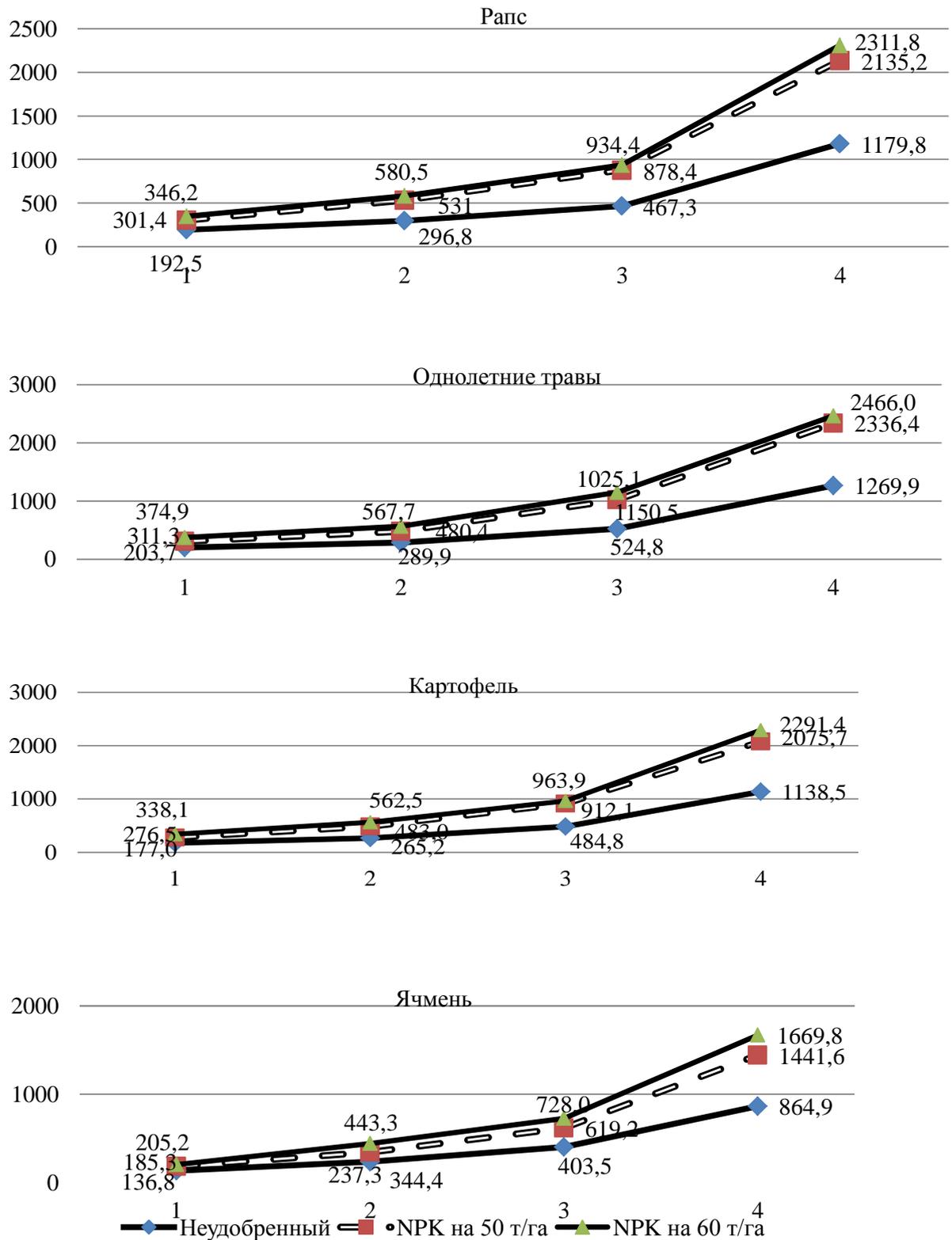


Рисунок 18 – Фотосинтетический потенциал посевов сорго, тыс. м<sup>2</sup>/га × дней, 2013 г.

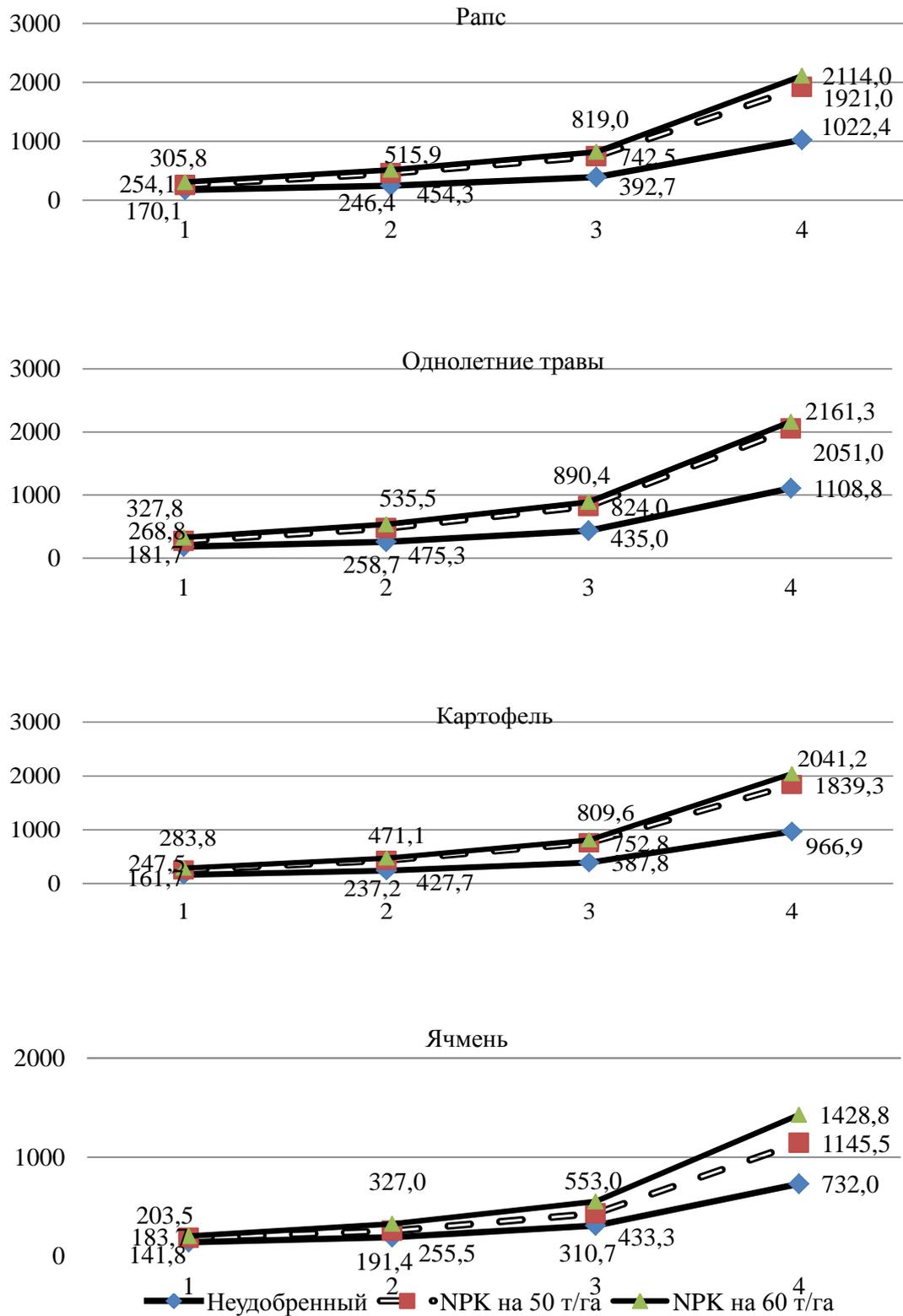


Рисунок 19 – Фотосинтетический потенциал посевов сорго, тыс.м<sup>2</sup>/га x дней, 2014 г.

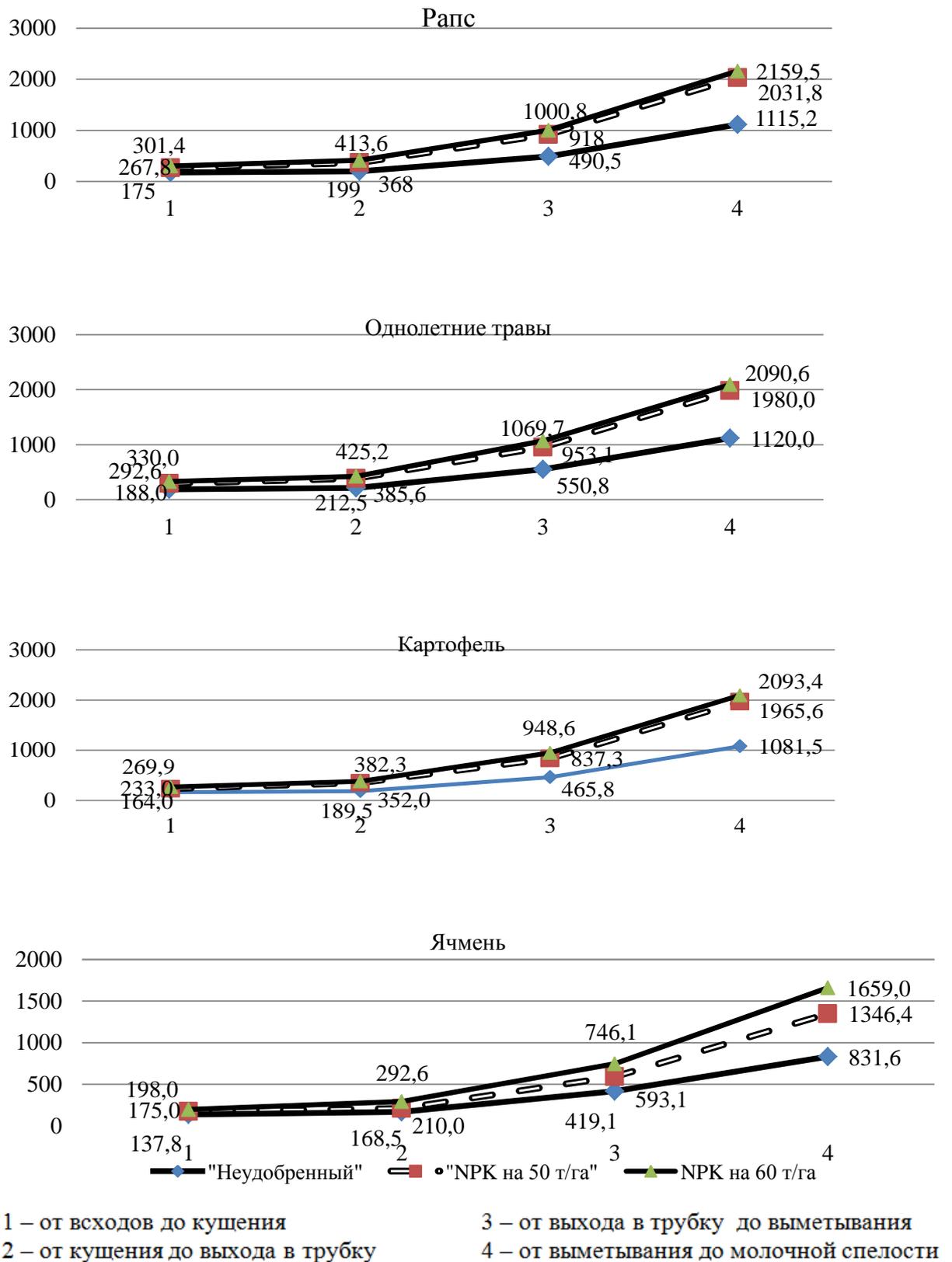
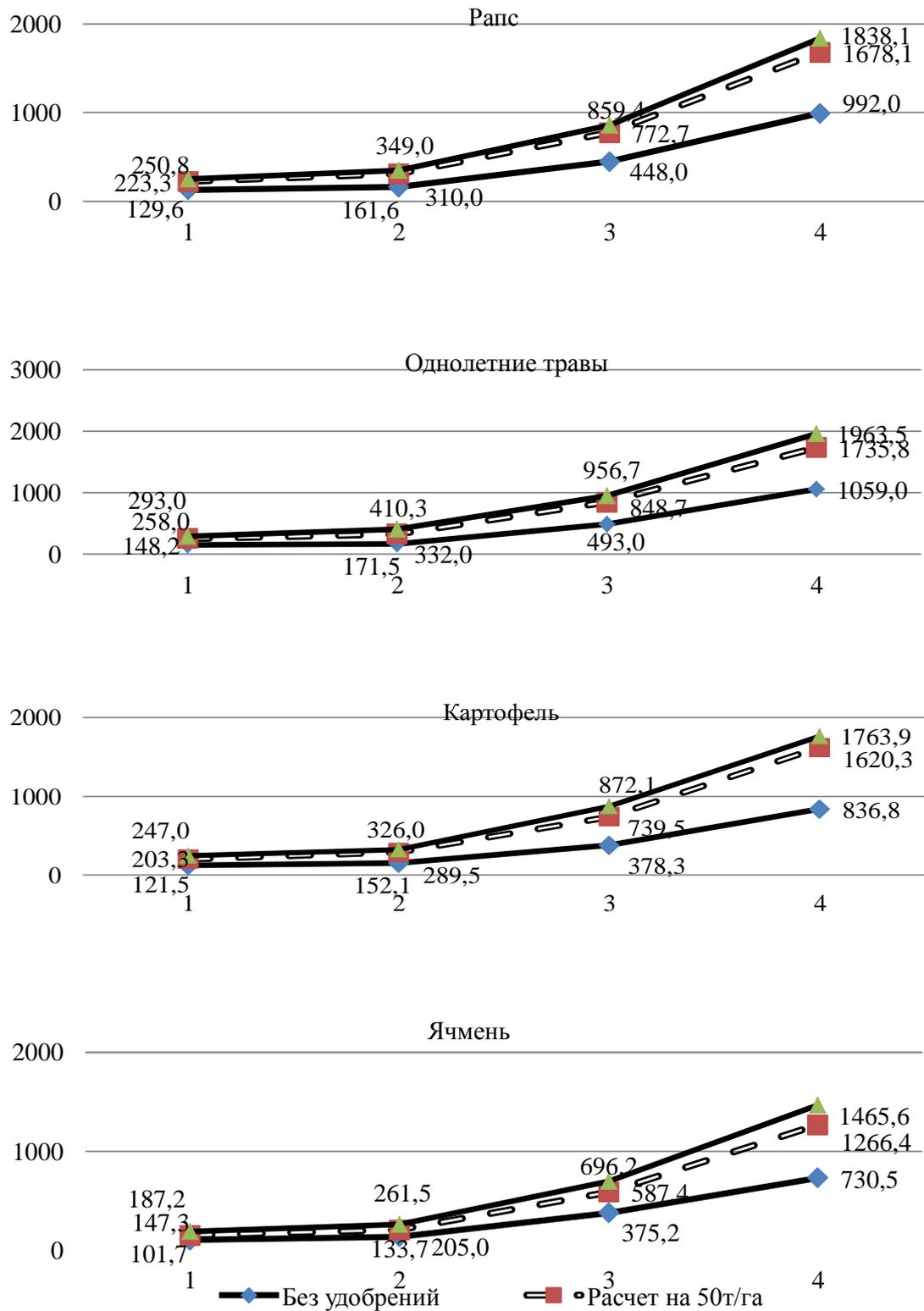


Рисунок 20 – Фотосинтетический потенциал посевов сорго, тыс.м<sup>2</sup>/га х дней, 2015 г.



1 – от всходов до кушения

2 – от кушения до выхода в трубку

3 – от выхода в трубку до выметывания

4 – от выметывания до молочной спелости

Рисунок 21 – Фотосинтетический потенциал посевов сорго,

тыс.м<sup>2</sup>/га x дней, 2016 г.

Наименьший (1466,7 тыс. м<sup>2</sup>/га × дней) листовой фотосинтетический потенциал в опыте в среднем за четыре года был сформирован на контроле, где предшественником сорго был ячмень. Удобрения не зависимо 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 22).

Из данных рисунка 22 видно, что на показатели фотосинтетической деятельности посевов большее влияние оказывали удобрения, меньшее – предшественники. С внесением минеральных удобрений все показатели фотосинтетической деятельности посевов возрастали. Более низкими они были на контроле не зависимо от предшественника. Так, при размещении сорго после однолетних трав на не удобренном фоне ЧПФ составила 1,71 г/м<sup>2</sup> 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/м<sup>2</sup> в сутки, ЛФП – 13,21 кг и 151,3 кг, а на 60 т/га – 3,94 г/м<sup>2</sup> 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.

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

Таблица 13 – Фотосинтетический потенциал посевов сорго, тыс. м<sup>2</sup> /га x дней, 2013-2016 гг.

Факторы		От всходов до кущения	От кущения до выхода в трубку	От выхода в трубку до выметывания	От выметывания до молочной спелости	Суммарный фотосинтетический потенциал посевов
Предшественники (А)	Фон питания (Б)					
Рапс на маслосемена	Неудобренный	166,8	225,9	449,6	1077,4	1664,4
	НРК на 50 т/га	261,6	415,8	827,9	1941,5	3446,8
	НРК на 60 т/га	301,1	464,8	903,4	2105,9	3775,2
Однолетние травы	Неудобренный	180,4	233,2	500,9	1139,4	2053,9
	НРК на 50 т/га	298,6	418,3	912,7	2025,8	3655,4
	НРК на 60 т/га	331,4	484,7	1018,9	2170,4	4005,4
Картофель	Неудобренный	156,1	211,0	429,2	1005,9	1802,2
	НРК на 50 т/га	240,1	388,1	810,4	1875,2	3313,8
	НРК на 60 т/га	284,7	435,5	898,6	2047,5	3666,3
Ячмень	Неудобренный	129,5	170,3	377,1	789,8	1466,7
	НРК на 50 т/га	172,8	253,7	558,3	1292,5	2277,3
	НРК на 60 т/га	203,5	330,9	680,8	1913,0	3128,2

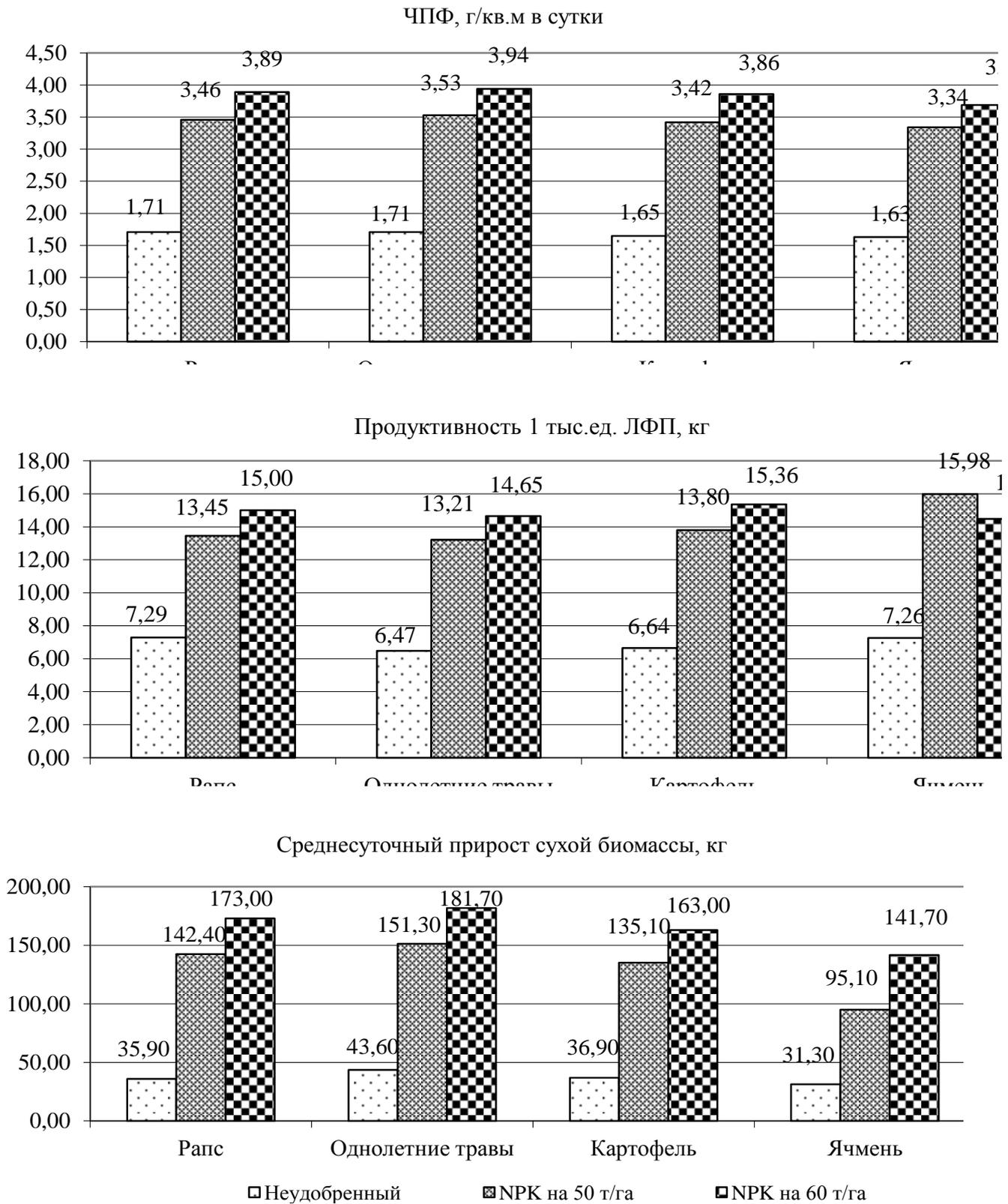


Рисунок 22 – Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов (2013-2016 гг.)

На основе которого установлена тесная взаимосвязь урожая с такими показателями, как чистая продуктивность фотосинтеза ( $X_1$ ), продуктивность 1 тыс. ед. ЛФП ( $X_2$ ) и среднесуточный прирост сухой биомассы ( $X_3$ ). Получены коэффициенты множественной корреляции на уровне 0,996-0,997. Выведены уравнения линейной регрессии или формулы получения заданного уровня урожая сорго, выращиваемых в условиях Среднего Поволжья на выщелоченных тяжелосуглинистых почвах (таблица 14).

Таблица 14 – Взаимосвязь урожая ( $Y$ ) сорго с показателями фотосинтетической деятельности посевов ( $X$ ), 2013-2016 гг.

Фактор	Показатели	Коэффициент множественной корреляции	Уравнение регрессии
$R_{yx1x2}$	$X_1$ – ЧПФ, г/кв.м в сутки $X_2$ – Продуктивность 1 тыс.ед. ЛФП, кг	0,978	$Y=29,05X_1+3,67X_2+29,45\pm 4,75$
$R_{yx1x3}$	$X_1$ – ЧПФ, г/кв.м в сутки $X_3$ – Среднесуточный прирост сухой биомассы, кг	0,996	$Y=4,21X_1+2,78X_3+29,45\pm 1,99$
$R_{yx2x3}$	$X_1$ – ЧПФ, г/кв.м в сутки $X_3$ – Среднесуточный прирост сухой биомассы, кг	0,997	$Y=0,84X_2+0,27X_3+29,45\pm 1,90$
$R_{yx1x2x3}$	$X_1$ – ЧПФ, г/кв.м в сутки $X_2$ – Продуктивность 1 тыс.ед. ЛФП, кг $X_3$ – Среднесуточный прирост сухой биомассы, кг	0,997	$Y= 0,643X_1+0,962X_2+0,274X_3-2,996\pm 1,895$

Уравнение регрессии между урожайностью, чистой продуктивностью фотосинтеза и продуктивностью 1 тыс. ед. ЛФП имеет вид:

$$Y=29,05X_1+3,67X_2+29,45\pm 4,75$$

Коэффициент множественной корреляции в данном случае высок и составил – 0,978.

А между урожайностью и совокупностью всех трех факторов он был равен – 0,998 и уравнение регрессии имело вид:

$$Y= 0,643X_1+0,962X_2+0,274X_3-2,996\pm 1,895$$

Что еще раз свидетельствует, о высокой прямой зависимости урожайности от основных показателей фотосинтетической деятельности посевов.

### **3.8. Урожайность зеленой и сухой биомассы сахарного сорго в зависимости от предшественника и уровня питания**

Учет урожая зеленой массы проводили в фазе молочной спелости зерна.

Изучаемые агроприемы оказали большое влияние и на урожайность зеленой массы (таблица 15, Рисунок 23).

В течении четырех лет исследований максимальная урожайность зеленой массы сорго 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 NPK 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 самым худшим для сахарного сорго был ячмень. На не удобренном фоне после него получено 10,68 т/га зеленой массы, при внесении NPK на 50 т/га собрано – 36,33 и на 60 т/га – 45,27 т/га (или 75,45 % от расчетной).

Таблица 15 – Влияние предшественников и удобрений на урожайность зеленой массы сорго, т/га

Предшественник	Фон питания	Годы				В среднем за четыре года	Выполнение плана, %
		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	92,7
	НРК на 60 т/га	59,00	57,33	58,27	51,97	56,64	94,4
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	96,6
	НРК на 60 т/га	60,80	60,57	60,99	52,34	58,68	97,7
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	91,5
	НРК на 60 т/га	59,50	58,37	61,30	46,03	56,30	93,8
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	72,7
	НРК на 60 т/га	48,63	44,43	44,87	43,14	45,27	75,5
	НСР <sub>05</sub> А	1,10	1,47	0,25	0,36		
	НСР <sub>05</sub> В	0,76	0,81	0,30	0,24		
	НСР <sub>05</sub> АВ	3,57	5,32	5,31	3,64		

Урожайность сахарного сорго в годы исследований изменялась и в зависимости от погодных условий. Наибольшая урожайность зеленой массы сахарного сорго получена в благоприятные 2013 г., 2014 г. и 2015 г., наименьшая – в неблагоприятном 2016 г. В зависимости от предшественников и удобрений закономерность осталась та же. В вариантах, где сорго шло после ячменя на не удобренном фоне в 2015 г. с 1га собрано 10,46 т/га, при внесении удобрений на 50 т зеленой массы получено 36,90 и на 60 т – 44,87 т/га.

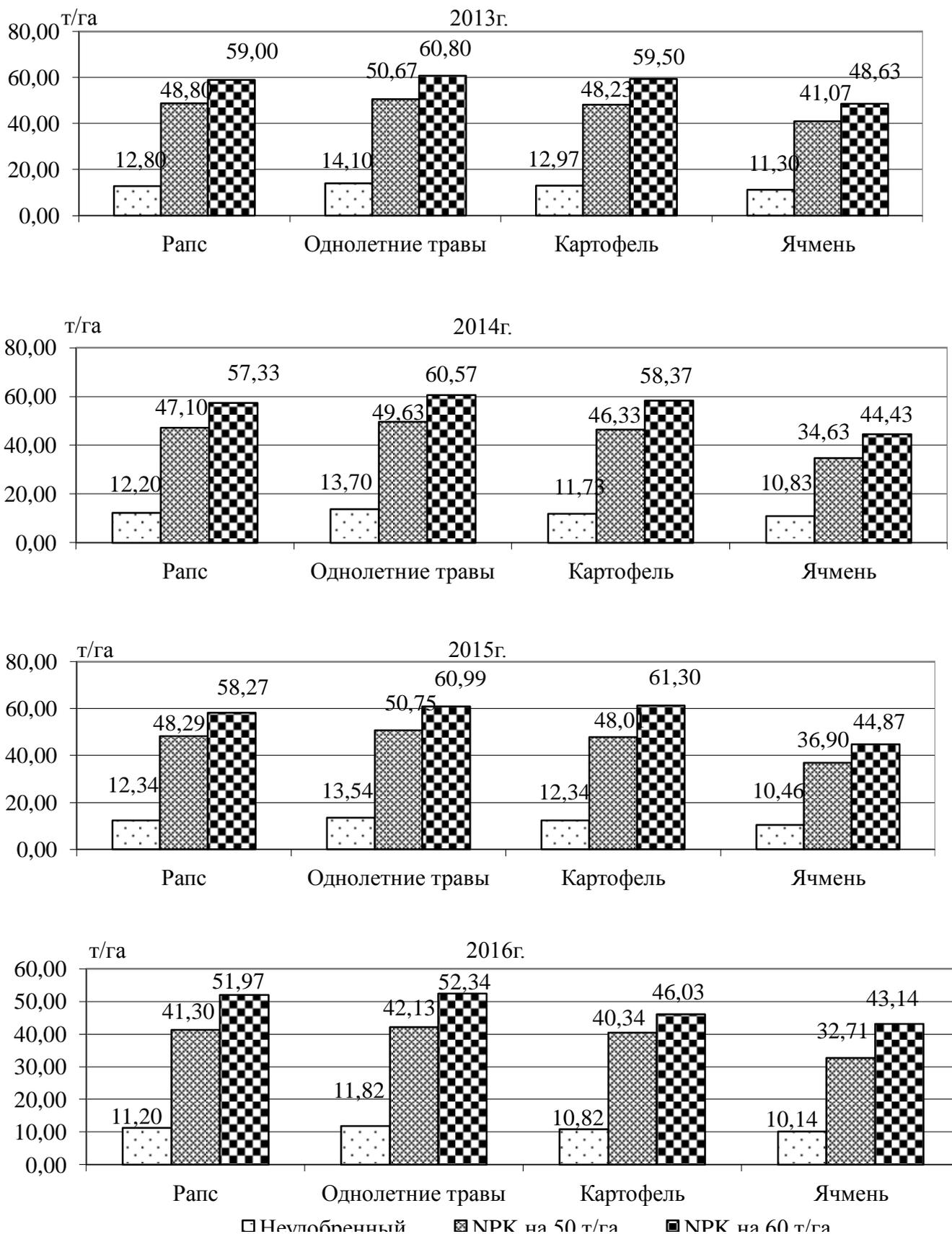


Рисунок 23– Продуктивность сахарного сорго в годы исследований в зависимости от предшественника и удобрений, т/га

Накопление сухой органической массы посевами сорго зависело от площади листовой поверхности, величины фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза.

В результате проведенных исследований установлено, что интенсивность накопления сухой биомассы имеет аналогичную динамику, что и продуктивность зеленой массы, изменяясь лишь по годам (рисунок 24).

Максимальная (15,30 т/га) за 2013-2016 гг. сухая биомасса сорго получена на фоне питания 60 т/га, где сахарное сорго размещалось после однолетних трав. На фоне NPK, рассчитанном на 50 т/га зеленой массы, она составила – 12,50 т/га. Картофель и рапс были равноценными предшественниками для сорго. После рапса на аналогичных вариантах было получено 11,94 т/га и картофеля – 11,85 т/га. На фоне NPK на 60 т/га зеленой массы с 1 га, после рапса урожайность сухой биомассы составила – 14,67 и картофеля – 14,66 т/га.

Наименьшая (2,69 т/га) сухая биомасса сорго в опыте в среднем за четыре года получена на не удобренном фоне после ячменя. С увеличением уровня питания она возрастала и составила на фоне 50 т/га зеленой массы – 9,21 т/га и на 60 т/га – 11,55 т/га.

Внесение расчетных норм минеральных удобрений повышало сбор сухой биомассы не зависимо от предшественника.

На сбор сухой биомассы массы сахарного сорго оказали влияние и метеорологические условия в годы исследований. Наибольшим он был в 2013 г. и 2014 г., наименьшим – в 2016 г. В зависимости от предшественников и удобрений закономерность осталась та же.

Среднесуточный прирост сухой биомассы по годам представлен ниже (таблица 16).

Из данных таблицы 16 видно, что среднесуточный прирост сухой биомассы имел такую же динамику, что и урожайность зеленой массы. Максимальным (181,7 кг/га) за годы проведения опытов он был на фоне NPK, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы после однолетних трав.

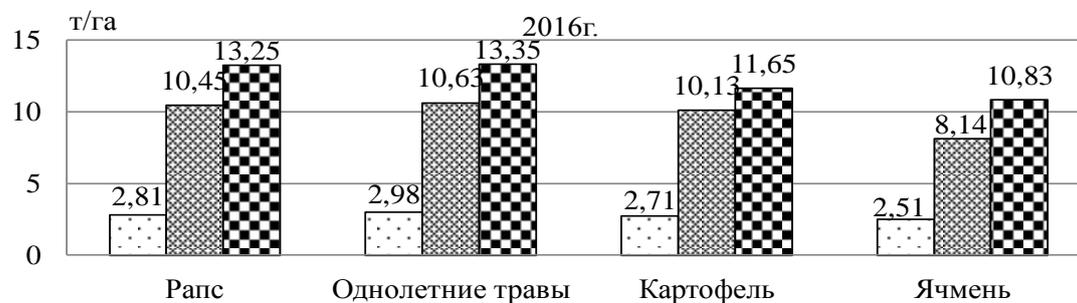
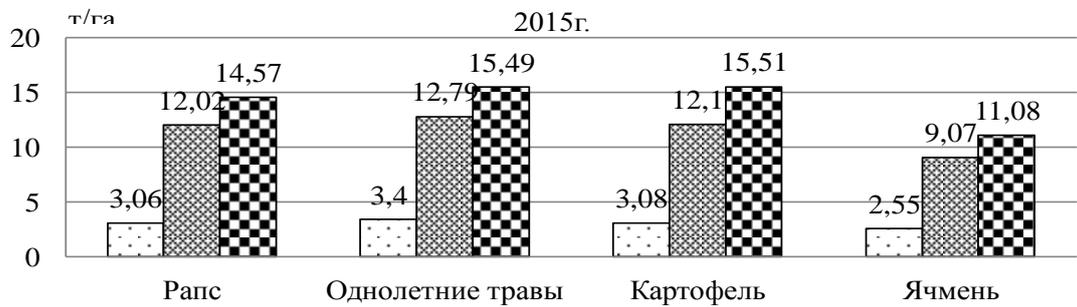
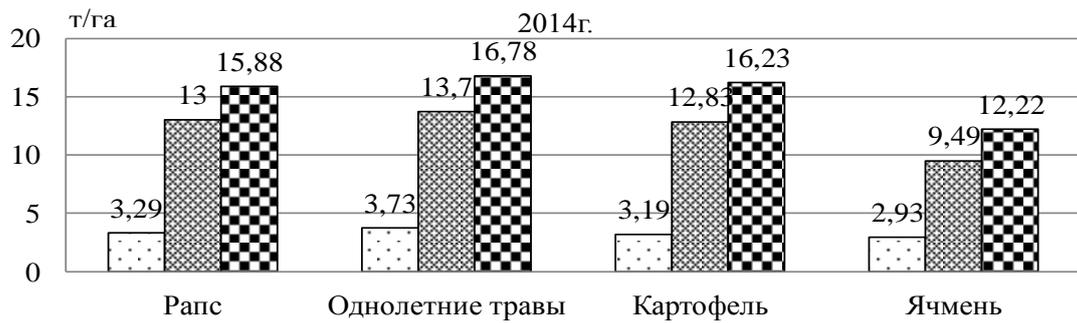
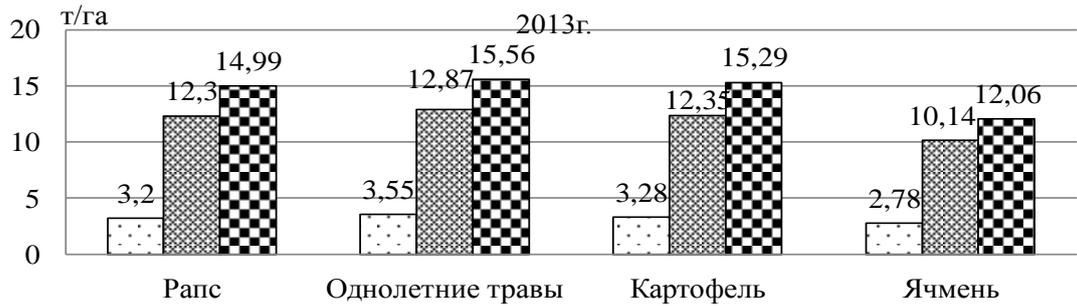


Рисунок 24 – Сухая биомасса, т/га

Таблица 16 – Среднесуточный прирост сухой биомассы в зависимости от предшественника и удобрений, кг (2013-2016 гг.)

Предшест- венник	Фон питания	Годы				В сред- нем за четыре года
		2013	2014	2015	2016 г.	
Рапс на мас- лосемена	Неудобренный	36,3	38,5	34,1	34,6	35,9
	НРК на 50 т/га	141,4	154,8	141,4	132,2	142,4
	НРК на 60 т/га	168,4	184,7	171,4	167,7	173,0
Однолетние травы	Неудобренный	43,5	46,7	43,8	40,3	43,6
	НРК на 50 т/га	145,7	160,5	151,6	147,4	151,3
	НРК на 60 т/га	171,3	195,2	183,4	177,0	181,7
Картофель	Неудобренный	38,3	37,7	36,3	35,1	36,9
	НРК на 50 т/га	144,1	145,2	140,5	110,4	135,1
	НРК на 60 т/га	165,8	182,2	178,0	126,0	163,0
Ячмень	Неудобренный	33,5	35,9	28,5	27,4	31,3
	НРК на 50 т/га	100,5	98,6	89,9	91,4	95,1
	НРК на 60 т/га	145,3	150,9	131,9	138,8	141,7

На фоне 50 т/га зеленой массы он был равен 151,3 кг/га, и на контроле – 43,6 т/га. Наименьшим (31,3 кг/га) он оказался на не удобренном фоне, где предшественником сорго был ячмень. При расчете НРК на 50 т/га он составил 95,1 и 60 т/га – 141,7 кг/га.

Таким образом, в условиях Среднего Поволжья наибольшую урожайность зеленой массы и сбор сухой биомассы сахарного сорго получены при внесении НРК на 60 т/га и размещении сорго после однолетних трав, рапса на маслосемена и картофеля. В вариантах, где сахарное сорго шло после ячменя урожайность зеленой массы и сбор сухого вещества были сравнительно ниже, чем по другим предшественникам.

### **3.9. Выход кормовых единиц, протеина и обеспеченность кормовой единицы протеином**

При выращивании кормовых культур важно получить не только высокую урожайность, но и их питательную ценность. В полевом кормопроизводстве в настоящее время всё более актуальное значение приобретает проблема повышения качества кормов. Из-за недостаточных объёмов производства кормов и частой их несбалансированностью по элементам питания во многих регионах России увеличивается себестоимость производства продукции животноводства. В настоящее время в экономике аграрного сектора страны кормопроизводству уделяется недостаточное внимание. Тем самым создаются проблемы, тормозящие развитие АПК, обеспечение продовольственной безопасности страны, ведущие к более высоким затратам, низкой конкурентоспособности сельскохозяйственного производства. Одной из причин низких показателей в животноводстве является недостаточный ассортимент кормов и низкое их качество.

Основные наши корма сено и силос содержат сырого протеина 10 %, сенаж – 12 %, что ниже оптимальной нормы. Низкое качество кормов ведет к перерасходу (30-50 %) объёмистых кормов и концентратов.

Предшественники и удобрения оказали влияние и на питательную ценность зеленой массы сорго (таблица 17; рисунок 25).

Наибольший (12539 кг/га) сбор кормовых единиц с одного гектара получен после однолетних трав на фоне NPK, 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.

Таблица 17 – Сборы кормовых единиц, протеина и обеспеченность кормовой единицы протеином (2013-2016 гг.)

Факторы		Сборы кормовых единиц, кг/га					В среднем за 4 года	Сбор протеина, кг/га	Обеспеченность кормовой единицы протеином, г
Предшественники (А)	Фон питания (Б)	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.				
Рапс на маслосемена	Неудобренный	2752	2623	2591	2655	2594	200	77	
	НPK на 50 т/га	10492	10127	10141	10253	9910	951	96	
	НPK на 60 т/га	12685	12326	12236	12416	12105	1223	101	
Однолетние травы	Неудобренный	3032	2946	2843	2940	2841	222	78	
	НPK на 50 т/га	10894	10670	10658	10741	10320	1022	99	
	НPK на 60 т/га	13072	13023	12808	12968	12539	1292	103	
Картофель	Неудобренный	2723	2463	2554	2583	2517	196	78	
	НPK на 50 т/га	10128	9729	9938	9931	9617	991	103	
	НPK на 60 т/га	12495	12257	12689	12480	11834	1243	105	
Ячмень	Неудобренный	2204	2112	2019	2112	2129	145	68	
	НPK на 50 т/га	8009	6753	7122	7295	7229	600	83	
	НPK на 60 т/га	9483	8664	8660	8936	9021	857	95	

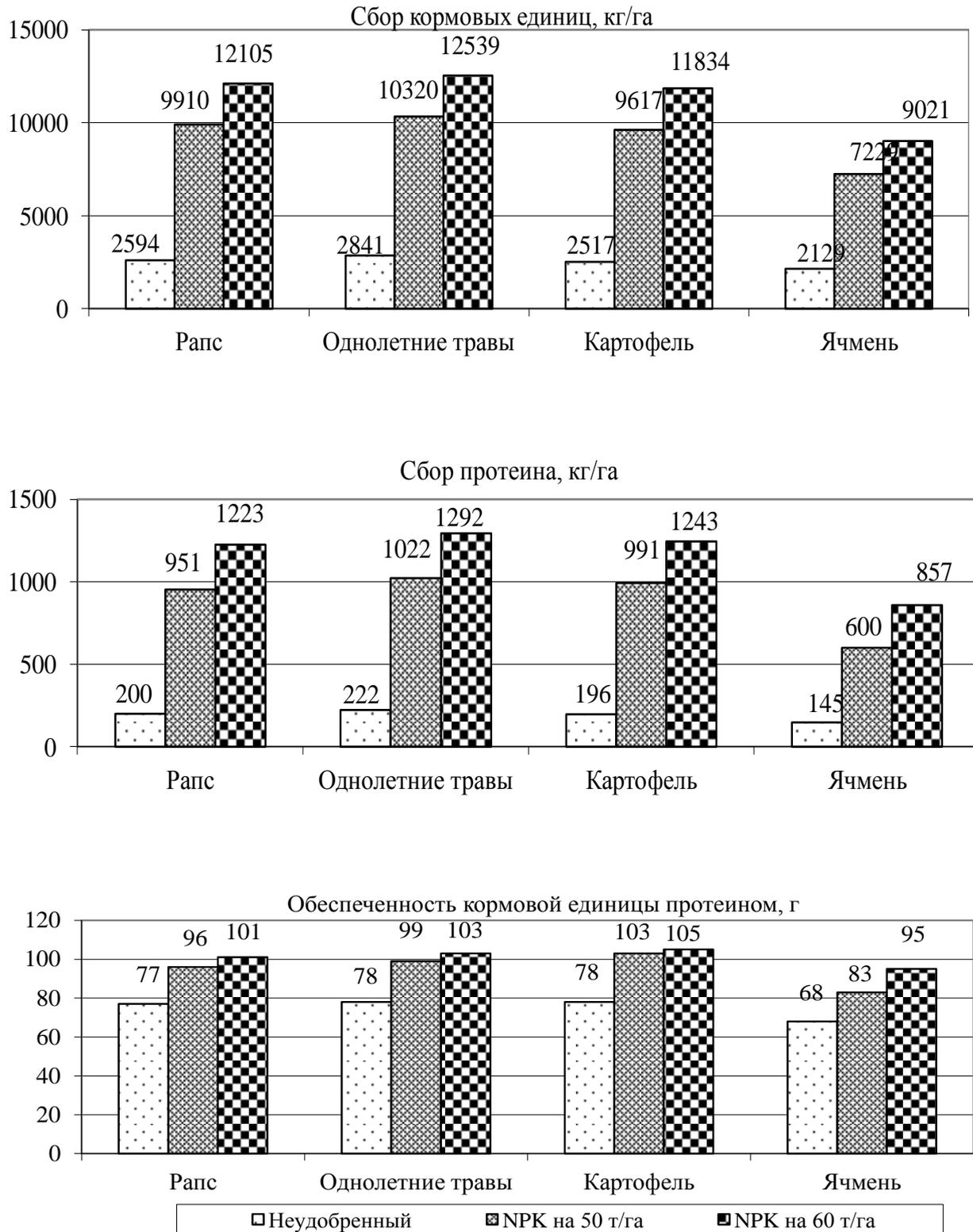


Рисунок 25 – Сборы кормовых единиц, протеина и обеспеченность кормовой единицы протеином (2013-2016 гг.)

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.

По результатам наших многолетних исследований (2013-2016 гг.) был проведен корреляционно-регрессионный анализ данных между урожайностью и показателями питательности зеленой массы сорго (приложение Г). На основе которого установлена тесная взаимосвязь урожая со сбором кормовых единиц (X1), сбором протеина (X2) и сбором сахара (X3).

Получены высокие коэффициенты частной и множественной корреляции, величины которых в опыте находились на уровне 0,997-0,999. Выведены уравнения линейной регрессии и формулы получения запланированного урожая (таблица 18).

Изучаемые элементы технологии оказали влияние на химический состав растений (таблица 19). Так как, зная химический состав кормовых культур можно правильно разработать мероприятия, которые будут способствовать созданию полноценных рационов и более эффективному использованию кормов.

В процессе исследований были взяты пробы и проведен зоотехнический анализ кормов.

Таблица 18 – Взаимосвязь урожая (У) сорго с показателями питательной ценности зеленой массы сорго, 2013-2016 гг.

Фактор	Показатели	Коэффициент множественной корреляции	Уравнение регрессии
R <sub>yx1x2</sub>	X1 – Сбор к.ед.,кг/га X2– Сбор протеина, кг/га	0,999	$Y=0,01X1+0,01X2+29,45\pm 0,80$
R <sub>yx1x3</sub>	X1 – Сбор к.ед.,кг/га X3 – Сбор сахара,кг/га	0,999	$Y=0,00X1+0,00X3+29,45\pm 0,94$
R <sub>yx2x3</sub>	X2 – Сбор протеина, кг/га X3– Сбор сахара,кг/га	0,997	$Y=0,01X2+0,02X3+29,45\pm 1,74$
R <sub>yx1x2x3</sub>	X1– Сбор к.ед.,кг/га X2– Сбор протеина, кг/га X3 – Сбор сахара,кг/га	0,999	$Y=0,006X1-0,011X2+0,001X3-0,236\pm 0,803$

Несмотря на консервативность химического состава любого кормового растения он не всегда постоянен. Его величина зависит от многих факторов: условий вегетации, элементов технологии, ассортимента культур и сортов.

Таблица 19 – Химический состав сахарного сорго (% на абсолютное сухое вещество), 2013-2016 гг.

Факторы		Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ	Сахар	Кальций	Зола
Предшественники (А)	Фон питания (Б)							
Рапс на маслосе- мена	Неудобренный	6,46	3,51	23,18	46,21	16,9	0,62	4,56
	НРК на 50 т/га	7,96	3,58	24,26	47,17	17,4	0,90	5,04
	НРК на 60 т/га	8,34	3,86	26,81	48,11	16,6	1,12	5,81
Однолетние травы	Неудобренный	6,49	3,65	23,59	46,30	17,4	0,64	4,63
	НРК на 50 т/га	8,18	3,87	25,16	47,42	18,5	1,10	5,16
	НРК на 60 т/га	8,44	3,96	26,41	48,12	17,0	1,15	5,74
Картофель	Неудобренный	6,38	3,69	23,25	46,18	16,6	1,10	4,60
	НРК на 50 т/га	8,36	3,75	26,10	47,54	18,3	1,15	5,21
	НРК на 60 т/га	8,47	3,81	26,27	48,39	17,2	1,17	5,37
Ячмень	Неудобренный	5,39	3,44	23,26	46,24	15,7	0,60	4,15
	НРК на 50 т/га	6,51	3,67	26,14	47,51	16,9	0,87	4,97
	НРК на 60 т/га	7,42	3,72	26,33	48,37	16,0	1,12	5,12

Анализ данных питательности зеленой массы сорго показал, что в условиях Среднего Поволжья в изучаемых образцах в среднем за четыре года содержалось 5,39-8,44 % протеина, 23,18-26,81 % клетчатки, 3,44-3,96 % жира, 4,15-5,81 % золы и 46,18-48,39 % безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) на абсолютно-сухое вещество. Большее влияние на химический состав зеленой массы оказали удобрения, меньшее – предшественники.

Сбор сахара, протеина и жира в зеленой массе сахарного сорго на удобренных вариантах был выше по сравнению с не удобренным контролем.

При расчете NPK на 60 т/га зеленой биомассы сорго, где предшественником были однолетние травы содержалось: протеина – 8,44 %, жира – 3,96, клетчатки – 26,41, БЭВ – 48,12, сахара – 17, кальция – 1,15 и золы – 5,74 %. На не удобренном фоне эти показатели были ниже, и составили, соответственно: 6,49 %, 3,65, 23,59, 46,30, 17,4, 0,64 и 4,63 %. Самыми низкими они были на не удобренном фоне, при размещении сорго после ячменя.

Сахарное сорго – это культура, которая отличается высоким содержанием сахара, так необходимого для животноводства, так как из-за нарушения сахаропротеинового соотношения происходит значительный перерасход кормов. Данные по сбору сахара с 1 га и содержание нитратов в корме приведены на рисунке 26.

Из его следует, что на сбор сахара с 1га большее влияние оказали удобрения, меньшее – предшественники. Наибольший (2601 кг/га) сбор сахара в среднем за четыре года исследований получен на фоне, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы при размещении сорго после однолетних трав

С уменьшением уровня питания до 50 т/га он снизился до 2313 кг/га и на контроле до 595 кг/га. После рапса на маслосемена и картофеля сбор сахара с одного гектара был несколько ниже.

Наименьший (422 кг/га) сбор сахара получен на контроле при размещении сахарного сорго после ячменя.

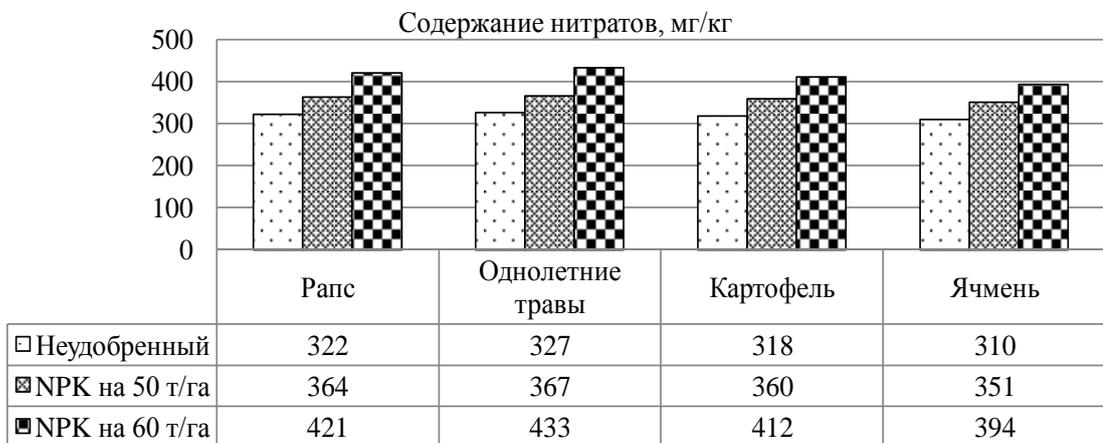
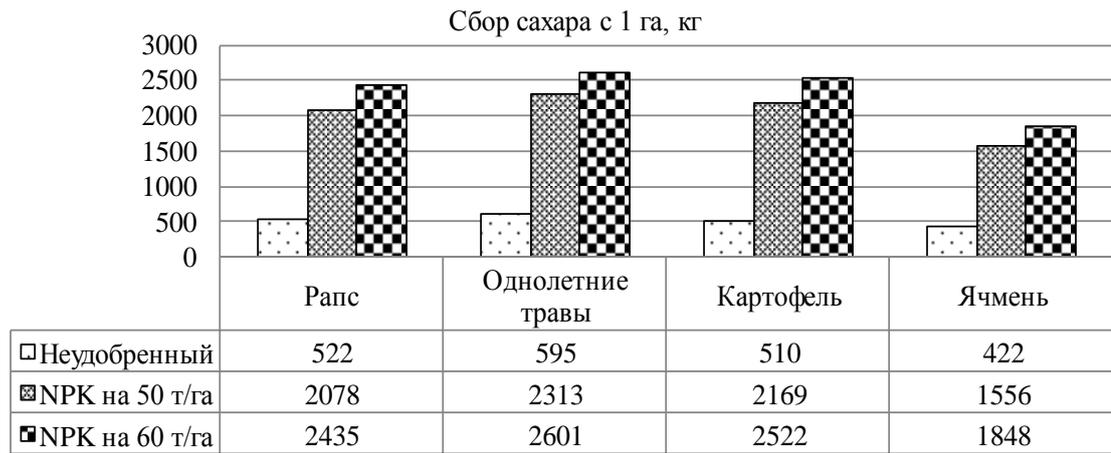


Рисунок 26 – Сбор сахара и содержание нитратов в надземной массе сахарного сорго, в среднем за 2013-2016 гг.

На увеличение накопления сахаров с внесением минеральных удобрений указывали в своих исследованиях Б.Н. Малиновский и Н.В. Валуев [107].

Содержание нитратов больше зависело от удобрений, чем предшественника. С увеличением уровня питания содержание нитратов возрастало. Так, например, при размещении сахарного сорго после рапса на контроле содержание нитратов составило 322 мг/кг, то при расчете NPK 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.

Обобщив данные рисунка 25, 26 и таблиц 17 и 19 можно сделать вывод, что с повышением уровня минерального питания повышается кормовая ценность зеленой массы (выход кормовых единиц, сбор протеина и обеспеченность кормовой единицы протеином). Среди предшественников на первом месте стоят однолетние травы, втором – рапс, третьем – картофель и четвертом – ячмень. Внесение расчетных норм минеральных удобрений хоть и увеличивало количество нитратов в зеленой массе сорго, однако оно находилось в пределах (310-433 мг/кг) ПДК.

### 3.10. Вынос элементов питания

Зная урожайность сухой биомассы, и определив ее химический состав, нами рассчитывался вынос элементов питания на 1 га посева и на единицу урожая (таблицы 20, 21, 22).

Таблица 20 – Химический состав зеленой массы сахарного сорго (% на абс. сухое вещество), 2013-2016 гг.

Факторы		Азот	Фосфор	Калий
предшественники (А)	фон питания (Б)			
Рапс на маслосемена	Неудобренный	1,03	0,37	0,57
	НПК на 50 т/га	1,27	0,41	0,67
	НПК на 60 т/га	1,33	0,43	0,68
Однолетние травы	Неудобренный	1,04	0,37	0,58
	НПК на 50 т/га	1,34	0,42	0,68
	НПК на 60 т/га	1,35	0,44	0,69
Картофель	Неудобренный	1,02	0,35	0,57
	НПК на 50 т/га	1,33	0,40	0,66
	НПК на 60 т/га	1,35	0,42	0,67
Ячмень	Неудобренный	0,86	0,33	0,56
	НПК на 50 т/га	1,04	0,38	0,64
	НПК на 60 т/га	1,19	0,39	0,65

Перед уборкой брали образцы растений на определение в них азота, фосфора и калия.

На химический состав зеленой массы сахарного сорго, как свидетельствуют данные таблицы 20, большее влияние оказали удобрения, меньшее – предшественники. С увеличением фона питания содержание элементов питания в зеленой массе сахарного сорго возрастало при размещении сорго по всем предшественникам. Рапс, картофель и однолетние травы по содержанию азота, фосфора и калия были равноценными предшественниками. Наименьшее (азота – 0,86 %, фосфора – 0,33 и калия – 0,56 %) содержание элементов питания в зеленой массе было на контроле, где предшественником сорго был ячмень. С увеличением уровня питания (50 т/га зеленой массы) содержание N, P, K возрастало и составило соответственно 1,04, 0,38, 0,64 %, а на 60 т/га – 1,19 %, 0,39 и 0,65 %.

В среднем за четыре года исследований, содержание азота в зеленой массе сорго в зависимости от изучаемых агроприемов, находилось в пределах 0,86-1,35, фосфора – 0,33-0,44 и калия – 0,56-0,69 %.

За годы опытов установлено, что чем выше урожайность зеленой массы с 1 га, тем больше и вынос элементов питания (таблица 21).

Наибольший (азота – 206,6 кг/га, фосфора – 66,7 и калия – 105,6 кг/га) вынос элементов питания в годы опытов получен при внесении NPK на 60 т/га зеленой массы и размещении сорго после однолетних трав. При уровне урожайности 50 т/га зеленой массы вынос азота составил 163,8 кг/га,  $P_{205}$  – 52,5 и  $K_{20}$  – 85,0 кг/га. На не удобренном фоне вынос элементов питания был значительно ниже и составил соответственно: азота – 35,6 кг/га,  $P_{205}$  – 12,7 и  $K_{20}$  – 19,8 кг/га.

Наименьшим (азота – 23,1 кг/га, фосфора – 8,9 и калия – 15,1 кг/га) он был на не удобренном фоне, где сорго было размещено после ячменя.

Таблица 21 – Вынос элементов питания в зависимости от удобрений и предшественника, кг/га (средний за 2013-2016 гг.)

Факторы		Азот	Фосфор	Калий
предшественники (А)	фон питания (Б)			
Рапс на маслосемена	Неудобренный	31,8	11,4	17,6
	НРК на 50 т/га	151,6	49,0	80,0
	НРК на 60 т/га	195,1	63,1	99,2
Однолетние травы	Неудобренный	35,6	12,7	19,8
	НРК на 50 т/га	163,8	52,5	85,0
	НРК на 60 т/га	206,6	67,3	105,6
Картофель	Неудобренный	31,3	10,7	17,5
	НРК на 50 т/га	158,8	54,5	78,2
	НРК на 60 т/га	197,8	61,6	98,2
Ячмень	Неудобренный	23,1	8,9	15,1
	НРК на 50 т/га	95,8	35,0	58,9
	НРК на 60 т/га	137,4	45,0	75,1

Определив вынос элементов питания на 1 га посева и урожайность зеленой массы, нами рассчитывался вынос элементов питания с единицей урожая. На основе проведенных расчетов установлено, что вынос НРК единицей урожая имел ту же самую закономерность, что и вынос с одного гектара (таблица 22).

Вынос элементов питания единицей урожая в меньшей степени зависел от предшественника и в большей степени от уровня питания. Максимальным (азота – 3,52 кг/т, фосфора 1,14 и калия 1,80 кг/т) он был на фоне питания, рассчитанном на 60 т/га зеленой массы. Несколько ниже (азота – 3,39 кг/га, фосфора 1,09 и калия 1,76 кг/т) он был при уроке урожая в 50 т/га. На естественном фоне он снизился, и составил, соответственно: азота – 2,68 кг/т, фосфора – 0,96 и калия – 1,49 кг/т. При размещении сорго после рапса, одно-

летних трав и картофеля он был практически одинаковым. Самым низким он был при размещении сорго после ячменя на контроле и составил: азота – 2,16 кг/т, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,83 и K<sub>2</sub>O – 1,41 кг/т.

Таблица 22 – Вынос питательных веществ урожаем, кг/т в среднем за 2013-2016 гг.

Факторы		Азот	Фосфор	Калий
предшественники (А)	фон питания (Б)			
Рапс на маслосемена	Неудобренный	2,62	0,94	1,44
	НPK на 50 т/га	3,27	1,06	1,73
	НPK на 60 т/га	3,44	1,11	1,75
Однолетние травы	Неудобренный	2,68	0,96	1,49
	НPK на 50 т/га	3,39	1,09	1,76
	НPK на 60 т/га	3,52	1,14	1,80
Картофель	Неудобренный	2,61	0,89	1,46
	НPK на 50 т/га	3,47	1,06	1,71
	НPK на 60 т/га	3,51	1,09	1,74
Ячмень	Неудобренный	2,16	0,83	1,41
	НPK на 50 т/га	2,63	0,96	1,62
	НPK на 60 т/га	3,04	0,99	1,66

## Глава 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Показателем целесообразности тех или иных агротехнических приемов является их экономическая эффективность. В наших четырех летних опытах (2013-2016 гг.) она определялась на основе технологических карт и анализа затрат производимой продукции с учетом всех видов выполненных работ предусмотренных технологией возделывания (таблица 23).

Стоимость урожая определялось как произведение урожайности на цену.

Чистый доход вычисляли, как разницу между стоимостью урожая зеленой массы и производственными затратами на его производство. Уровень рентабельности подсчитывали, как отношение суммы чистого дохода с гектара к издержкам, выраженное в процентах.

Фонд заработной платы рассчитывался исходя из объема и вида работ, норм выработки и тарифных ставок, приведенных в технологической карте по каждому варианту.

Для расчета экономической эффективности стоимость зеленой массы рассчитывали по ценам 2013 г., а внесенных минеральных удобрений по средним ценам за 2013-2016 гг.

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 %.

Таблица 23– Экономическая эффективность возделывания сахарного сорго (2013-2016 гг.)

Предшест- венник	Фон питания	Урожай- ность, т/га	Стоимость урожая, руб./га	Производит- венные затра- ты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабель- ности, %	Себестоимость, 1 т, руб.
Рапс на мас- лосемена	Неудобренный	12,14	7091	3633	3458	95,2	299
	НPK на 50 т/га	46,37	26431	12751	13680	107,2	275
	НPK на 60 т/га	56,64	32285	15879	16406	103,3	280
Однолетние травы	Неудобренный	13,29	7575	3807	3768	100,0	293
	НPK на 50 т/га	48,30	27531	112801	14729	112,4	265
	НPK на 60 т/га	58,68	33448	16224	17224	106,0	276
Картофель	Неудобренный	11,97	6823	3621	3202	88,4	302
	НPK на 50 т/га	45,73	26066	12660	13406	105,9	277
	НPK на 60 т/га	56,30	32001	15861	16140	101,7	282
Ячмень	Неудобренный	10,68	6088	3448	2640	76,6	323
	НPK на 50 т/га	36,33	19987	10535	9452	89,7	290
	НPK на 60 т/га	45,27	24809	13445	11364	84,5	297

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 не удобренном 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.

Наряду, с определением экономической эффективности агротехнических приемов, проводилась и энергетическая оценка (таблица 24).

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 и размещении сорго после однолетних трав. Несколько ниже (107,25 ГДж/га) он был 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.

Таблица 24– Энергетическая эффективность возделывания сорго в зависимости от предшественников удобрений и удобрений (2013-2016 гг.)

Предшественник	Фон питания	Накопление энергии, ГДж/га	Затрачено энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Энергетический коэффициент энергетической эффективности
Рапс на масло-семена	Неудобренный	26,0	5,70	20,30	3,56
	НРК на 50 т/га	99,5	11,50	88,00	7,65
	НРК на 60 т/га	121,5	14,25	107,25	7,52
Однолетние травы	Неудобренный	28,5	5,81	22,69	3,91
	НРК на 50 т/га	103,6	11,80	91,80	7,80
	НРК на 60 т/га	125,9	14,60	111,30	7,62
Картофель	Неудобренный	25,7	5,67	20,03	3,53
	НРК на 50 т/га	98,1	11,40	86,70	7,60
	НРК на 60 т/га	120,8	14,21	106,59	7,50
Ячмень	Неудобренный	22,9	5,52	17,38	3,15
	НРК на 50 т/га	77,9	9,80	68,10	6,94
	НРК на 60 т/га	97,1	12,40	84,70	6,83

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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/см<sup>3</sup>, 10-20 см – 1,14, и 20-30 см – 1,24 г/см<sup>3</sup>. К концу вегетации почва становилась более плотной, однако закономерность осталась та же и составила – 1,21 г/см<sup>3</sup>, 1,28 и 1,38 г/см<sup>3</sup>. 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/м<sup>2</sup> 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/м<sup>2</sup> 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 не удобренном 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, рассчитанном 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 не удобренном 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 1га 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 не удобренном 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, Е.В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном чернозёме / Е.В. Агафонов. – М.: МСХА, 1992. – С. 24-33.
2. Агафонов, Е.В. Почвы и удобрения Ростовской области / Е.В. Агафонов, Е.В. Полуэктов. – Персиановка: ДСХИ, 1999. – С. 10-21.
3. Агротехника полевых культур в Татарской АССР. – Казань: Татгосиздат, 1952. – 360 с.
4. Алабушев, А.В. Адаптивная технология выращивания сорго зернового в засушливой зоне Северного Кавказа: дис. ...д-ра с.-х. наук / А.В. Алабушев. – Зерноград, 2000. – 190 с.
5. Алабушев, А.В. Технологические приёмы возделывания и использования сорго. – Ростов н /Д, 2007. – 224 с.
6. Алабушев, А.В. Влияние различных способов, норм высева, физиологически активных веществ на рост, развитие, формирование урожайности, семенную продуктивность и качество семян сорговых культур [Текст] / А.В. Алабушев, Н.А. Вахрушев, Н.А. Гурский и др. /Тез. докл. Всесоюзного совещания. – Зерноград, 1990. – С. 128-131.
7. Алабушев, А.В. Влияние минеральных удобрений и гербицидов на посевные качества семян сорговых культур / А.В. Алабушев, Н.А. Вахрушев // Сб. науч.тр. Технология создания сортов, возделывания и использования сорго. - ВНИИ сорго: Зерноград, 1990. – С. 62-67.
8. Алабушев, А.В. Новые элементы технологии возделывания сорго / Алабушев А.В., Н.В. Шишкин, Н.И. Сарычева // Тез. докл. Российской конференции «Проблемы биологии, селекции и технологии возделывания и переработки сорго». – Волгоград, 1992. – С.74-79.

9. Алабушев, А.В. Сахарное сорго в Степной зоне / А.В. Алабушев, В.И. Бескровный, Н.В. Шишкин, Н.И. Сарычева // Земледелие. – 1993. – № 5. – С. 24.
10. Алабушев, А.В. Проблемы и перспективы технологии возделывания сорго на зерно и зеленую массу / А.В. Алабушев, Н.В. Шишкин, Г.П. Герасименко, Л.Н. Анипенко, Н.И. Сарычева, А.И. Стешенко // Кукуруза и сорго. – 1996. – №1. – С.13-16.
11. Алабушев, А.В. Сорго (селекция, семеноводство, технология, экономика) / А.В. Алабушев, Л.Н.Анипенко, Н.Г. Гурский и др. – Ростов- на-Дону: ЗАО «Книга», 2003. – 368 с.
12. Артемьев, А.А. Влияние основной обработки почвы и предшественников на урожайность сахарного сорго на выщелоченном чернозёме Республики Мордовия [Текст] / А.А. Артемьев: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. – Саранск, 2000. – 16 с.
13. Атаманченко, Т.М. Сладкий сок для коров / Т.М. Атаманченко, Т.А. Мальцев, А.И. Ржевский // Кукуруза и сорго. – 1993. – № 1. – С. 10-11.
14. Афендулов, К.П. Удобрения под планируемый урожай / К.П. Афендулов, А.И. Лантухова. – М.: Колос, 1973. – 273 с.
15. Ахметов, М.Г. Формирование урожая сорго в зависимости от агротехнических приемов в Закамье Татарстана: автореф. канд. дис. ...канд. с.-х. наук : 06.01.09 / М.Г. Ахметов. – Й-Ола. – 2002. – 16 с.
16. Бадина, Г.В. Основы агрохимии / Г.В. Бадина, А.В. Королёв, Р.О. Королёва. – Л.: Агропромиздат, 1988. – 32 с.
17. Белецкий, А.С. Совместные и чистые посеы / А.С. Белецкий, Н.А. Гриценко // Кукуруза и сорго. – 1991. – № 1. – С. 31-32.
18. Белоголовцев, В.П. Оптимизация минерального питания сорго сахарного на орошаемой светло-каштановой почве с помощью метода почвенной диагностики // Агрохимия. – 2001. – № 4. – С. 28-30.
19. Бельтюков, Л.П. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону / Л.П. Бельтюков, А.А. Гриценко // Сб. науч. тр. ВНИИ сорго. – Зер-

ноград, 1993. – С. 187-201.

20. Большаков, А.З. Сорго – культура XXI века (памятка сорговода) / А.З. Большаков. – Ростов н/Дону: Ростиздат, 2002.

21. Большаков, А.З. Время чествовать сорго / А.З. Большаков, С.М. Бондаренко, С.В. Кадыров и др. – Ростов-на-Дону. – ЗАО Росиздат, 2008. – С. 20-28.

22. Бондаренко, В. П. Выращивание сорго на зеленый корм и силос на орошаемых землях Присивашья / В.П. Бондаренко // Селекция, семеноводство и технология возделывания сорго в основных зонах страны. – Днепропетровск, 1984. – С.97-104.

23. Бухараева, Л.Г. Сорговые культуры в Татарской АССР. Проблемы и задачи по селекции, семеноводству и технологии производства и переработки сорго в СССР (тезисы докладов Всесоюзного совещания) / Л.Г. Бухараева, М.М. Маликов, Ф.С. Гибадуллина. – Зеленоград, 1990. – С. 178-179.

24. Бухараева, Л.Г. Перспективные кормовые культуры в ТАССР / Л.Г. Бухараева, М.М. Маликов, Ф.С. Гибадуллина, Н.В. Чмыхов // Информационный листок Татарского ЦНТИ, № 200. – 90, 4 с.

25. Васин, В.Г. Особенности погодных условий и основных направлений совершенствования технологий / В.Г.Васин, Е.В.Самохвалова // Известия Самарской ГСХА. – 2011. - № 4. – С. 43-47.

26. Васин, В.Г. Растениеводство / В.Г. Васин, Н.Н. Ельчанинова и др. – Самара, 2003. – 360 с.

27. Вахненко, В.В. Экологическое испытание кормового сорго / В.В. Вахненко // Кукуруза и сорго. – 1996. - № 3. – С. 8-9.

28. Вахрушев М.А., Шишкин М.В. Комплексное применение удобрений и гербицидов / М.А. Вахрушев, М.В. Шишкин // Кукуруза и кукуруза. – 1993. – № 1. – С. 12-13.

29. Вертелецкий, И. Сорго – культура больших возможностей / И. Вертелецкий, Чурсинов // Главный агроном. – 2009. – № 3. – С. 48-53.

30. Вильямс, В.Р. Основы земледелия / В.Р.Вильямс. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. – 224 с.
31. Габерландт, Ф. Общее сельскохозяйственное растениеводство. – С-Петербург, 1880. – Т. П. – 736 с.
32. Гасанов, Г.Н. Эффективность бороздковой технологии возделывания кукурузы и сорго в Западном Прикаспии / Г.Н. Гасанов, Н.Р. Магомедов // Кукуруза и сорго. – 2005. – № 2. – С. 17-19.
33. Гасанов, Г.Н. Сорго, не боящееся соли / Г.Н. Гасанов, М.Р. Мусав, А.О. Мамалаева // Кукуруза и сорго. – 2007. – № 4. – С. 22-23.
34. Горчнееков, Г.Г. Сорго-ценная кормовая культура / Г.Г. Горчнееков // Информационный листок Оренбургского ЦНТИ, № 257-91. – 4 с.
35. Гратило, А.Д. Сорго сахарное в Южной степи Украины / А.Д. Гратило // Кормопроизводство – 2013. – № 3. – С. 30-31.
36. Гребенников, А.М. Структура и продуктивность агроценозов при выращивании сельскохозяйственных культур в смешанных посевах / А.М. Гребенников // Агрехимия. – 2003. - № 6. – С. 15-17.
37. Григоров, М.С. Режим орошения весенних и летних посевов сахарного сорго в Нижнем Поволжье / М.С. Григоров, В.М. Жидков, В.В. Захаров // Кукуруза и сорго. – 2004. -№ 4. – С. 22-23.
38. Гродзинская, К.П. Питание растений марганцем при различной степени обогащения среды почвенной микрофлорой / К.П. Гродзинская // Науч. тр. Укр. науч.-исслед. ин-та физиологии растений. – 1959. - №17.
39. Гурский, Н.Г. Формирование урожая новых сортов и гибридов сорго на зерно и монокорм в условиях карбонатных чернозёмов Дона.: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Н.Г. Гурский. – Ставрополь, 1983. – 19 с.
40. Гусев, В.В. Селекция сорго в НИИСХ Юго-Востока / В.В. Гусев, В.В. Ларина, К.А. Куликова // Кукуруза и сорго. – 2004. -№ 3.
41. Давлетшин, Т.З. Агробиологические особенности возделывания сахарного сорго и суданской травы в Закамье / Т.З. Давлетшин: Автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук. – Саратов, 1999. – 54 с.

42. Давлетшин, Т.З. Культура сорго в Татарстане / Т. З. Давлетшин. – Казань, 1999. – 193 с.
43. Даниленко, Ю.П. Сорго. На что обратить внимание? / Ю.П. Даниленко // Орошаемое земледелие. – Волгоград, 2013. – № 1. – С.14.
44. Дедова, Э.Б. Рост, развитие и продуктивность сена суданской травы в Калмыкии. Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве [Текст] / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, Е.В. Кравченко // Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию профессора С.Х. Дзаганова. – Владикавказ: «Горский госагроуниверситет», 2012. – С. 209-211.
45. Демиденко, Б.Г. Сорго. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 160 с.
46. Демин, В.А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте / В.А. Демин. – М. : ТСХА, 1981. – 93 с.
47. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А.Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
48. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Агропромиздат. – 1987. – С. 57-58.
49. Дояренко, А.Г. Факторы жизни растений / А.Г. Дояренко. – М. : Колос, 1966. – 280 с.
50. Дронов, А.В. Агроэкологические особенности формирования урожая сахарного сорго в чистых и смешанных посевах / А.В. Дронов // Кукуруза и сорго. – 2002. – № 5. – С. 17-18.
51. Дронов, А.В. Совершенствование технологии возделывания сорговых культур / А.В. Дронов, С.А. Бельченко, Е.Н. Андрюшин и др. // Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 22-24.
52. Елькина, Г.Я. Продуктивность кормовых трав и их качество в зависимости от сбалансированности минерального питания / Г.Я. Елькина // Кормопроизводство. – 2011. – № 3. – С.19-20.

53. Ермохин, Ю.И. Оптимизация минерального питания сорговых культур / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2000. – 118 с.
54. Жданов, Л.А. Сорго / Л.А.Жданов. – Ростов-на –Дону: Донгосиздат,1924. – 17 с.
55. Жужукин, В.И. Зерновое сорго в Поволжье / В.И. Жужукин, Д.С. Семин // Земледелие. – 2013. – № 5. – С. 29-30.
56. Жужукин, В.И. Оценка комбинационной способности сахарного сорго по хозяйственно ценным признакам в тестерных скрещиваниях / В.И. Жужукин, Д.С. Семин, А.Ю. Гаршин // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 3. – С. 11-13.
57. Жуков, Ю.П. Совместное действие на растение удобрений и гербицидов.: Автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / Ю.П. Жуков. – М., 1982. – 44 с.
58. Жукова, М.П. Селекционная работа с сорговыми культурами в Ставропольском селекцентре / М.П. Жукова, А.Н. Абалдов // Кукуруза и сорго. – 2004. – № 5. – С. 14-17.
59. Жученко, С. И. Предшественники сорго в северной Степи УССР /С.И. Жученко // Селекция, семеноводство и технология возделывания сорго в основных зонах страны. – Днепропетровск, 1984. – С. 63-69.
60. Заварзин, А.И. Сорго / А.И Заварзин, А.П. Царев. – Саратов: Приволжское книжное издательство, 1989. – 56 с.
61. Зверева, Е. А. Зависимость эффективности фосфорных удобрений и урожаев сельскохозяйственных культур от содержания подвижного фосфора в почве / Е. А. Зверева и др. // Итоги работы Географическое сети опытов с удобрениями и пути повышения эффективности применения удобрений в ЦЧЗ, Поволжье и на Северном Кавказе. – Белгород. – 1977. – С. 111-112.
62. Зенков, Н. А. Сорго на Кубани / Н.А. Зенков, А.С. Извенов. – Краснодар, 1963. – 52 с.

63. Зиганшин, А.А. Современные технологии и программирование урожайности / А.А.Зиганшин // Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2001. – 109 с.
64. Зиганшин, А.А. Рекомендации по программированию урожаев сельскохозяйственных культур / А.А. Зиганшин, Л.Р. Шарифуллин. – Казань, 1981. – 60 с.
65. Исаков Я.И. Сорго / Я.И. Исаков – М.: Россельхозиздат, 1975. – 184 с.
66. Исаков, Я.И. Сорговое поле России [Текст] / Я.И. Исаков // Сельское хозяйство России. – 1977. – № 4. – С. 14-22.
67. Исаков, Я.И. Сорго / Я.И. Исаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 134 с, ил.
68. Исаков, Я.И. Селекция сахарного сорго / Я.И. Исаков, С.И. Горпиниченко // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 1. – С. 9-12.
69. Использование сорговых культур в Поволжье / А.П. Царев, Е.В. Морозов. – Саратов, 2011. – 244 с.
70. Ишин, А.Г. Рекомендации по индустриальной технологии возделывания сорговых культур в Саратовской области [Текст] / А.Г. Ишин. - Саратов, 1985. – 22 с.
71. Кадралиев, Д.С. Ресурсосберегающие основы орошаемого земледелия [Текст] / Д. С. Кадралиев, Ю.И. Авдеев, Ш.Б. Байрамбеков и др.; Под ред. В.В. Коринец. – Астрахань, 2003. – 337 с.
72. Кадралиев, Д.С. Ресурсосберегающая технология возделывания сорго в Астраханской области / Д.С. Кадралиев, Е.Н. Григоренкова // Кормопроизводство. – 2009. – № 12. – С. 17-20.
73. Кадралиев, Д.С. Современные технологии возделывания кормовых культур [Текст] /Д.С. Кадралиев // Каспийский инновационный форум, 8-10 февраля 2009 года. Астрахань, 2009. – С. 58-60.
74. Кадыров, С.В. Сорго в ЦЧР/ С.В. Кадыров, В.А. Федотов, А.З., Большаков, Ю.Н. и др. // Ростов-на-Дону. – ЗАО Росиздат, 2008.

– С. 14-16.

75. Калашник, Н.С. Сорго / Н.С. Калашник, Ю.Ф. Олексенко, А.В. Пустовар. – Киев: Урожай, 1978. – 72 с.

76. Каргин, И.Ф. Сорго в Мордовии / И.Ф. Каргин, И.П. Таракин, И.С. Кузнецов, А.А. Артемьев // Кукуруза и сорго. – 2006. – № 3. – С. 20-24.

77. Касимов, Ш.Т. Выращиваем сорго / Ш.Т. Касимов // Кукуруза и сорго. – 1989. – № 6. – С. 44-46.

78. Каюмов, М.К. Справочник по программированию урожаев / М.К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 188 с.

79. Каюмов, М.К. Рациональное использование удобрений / М.К. Каюмов // Зерновое хозяйство. – 1978. – № 9. – С. 31-34.

80. Каюмов, М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.

81. Каюмов, М.К. Программирование продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

82. Керефов, К. Н. Влияние различных видов и доз минеральных и органо-минеральных удобрений на урожай зерна и силосной массы сорго и его морфологическую изменчивость / К.Н. Керефов, В.Б. Татуев. – Нальчик, ученые записки КБГУ, 1966. – Вып. 9. – С. 16-24.

83. Ковтунова, Н.А. Влияние метеорологических условий на основные хозяйственно-ценные признаки сорго сахарного / Н.А. Ковтунов, Г.М. Ермолина, Е.А. Шишова // Зерновое хозяйство России. 2013. - №1(25). – С. 31-34.

84. Коконев, С.И. Приемы посева суданской травы в Среднем Предуралье // С.И. Коконев, В.З. Латфуллин, И.Ш. Фатыхов, Н.И. Мазунина // Кормопроизводство. – 2014. - №9. – С. 29-33.

85. Коконев, С.И. Адаптивные технологии формирования высокопродуктивных агроценозов однолетних кормовых культур на силос в Среднем Предуралье. дис. ....д-ра с.-х. наук / Коконев Сергей Иванович.

– Ижевск. – 2016. – 543 с.

86. Колесникова, А.А. Влияние регуляторов роста и десикантов на посевные качества семян суданской травы [Текст] / Колесникова А.А. // Известия Оренбургского ГАУ. – Оренбург, 2006. – № 2. – С. 11-14.

87. Коломиец, Н.Я. Научные основы селекции травянистого и веничного сорго в России. Автореф. дис. ...д-ра с.-х наук. – Краснодар. – 1997. – 45 с.

88. Коломиец, Н.Я. Интенсивность начального роста сорго как одно из направлений селекции / Н.Я. Коломиец, П.И. Ляшов // Кукуруза и сорго. – 2005. - №1. – С.13-14.

89. Косолапов, В.М. Кормопроизводство в экономике сельского хозяйства России: состояние, проблемы, перспективы / В.М. Косолапов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2009. – № 9. – С. 6-10.

90. Костяков А.Н. Основы мелиорации [Текст] / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 62 с.

91. Кошеваров, Н.И. Сроки посева и нормы высева зернового сорго в условиях лесостепи Западной Сибири / Н.И. Кошеваров, А.А. Полищук, А.Н. Лебедев // Достижение науки и техники АПК. – 2013. - № 8. – С. 41-42.

92. Кравцов, В.А. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зеленой массы сахарного сорго / В.А. Кравцов // Кукуруза и сорго. – 2004. – № 5. – С. 21-22.

93. Кравцов, В.А. Сорго – перспективная культура для кормопроизводства / В.А. Кравцов, Н.М. Котова // Кукуруза и сорго. – 2004. – № 6. – С. 21-22.

94. Красненков, С.В. Особенности произрастания и продуктивность сахарного сорго и зависимости от минеральных удобрений // Селекция, семеноводство и технология возделывания сорго в основных зонах страны. – Днепропетровск, 1984. – С. 69-73.

95. Краткие итоги зонального изучения эффективности удобрений в Географической сети опытов, 1965.
96. Кулаковская, Т.Н. Эффективность минеральных удобрений в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны / Т.Н. Кулаковская // Химия в сельском хозяйстве. – 1976. – № 6. – С. 31-34.
97. Курбанов, С.А. Влияние удобрений и приемов обработки почвы на урожай сахарного сорго / С.А. Курбанов // Агрохимия. – 2001. – № 4. – С. 35-37.
98. Лебедянцеv, А.Н. Основная организация областной сельскохозяйственной опытной станции А.Н. Лебедянцеv // Труды. Шатиловская областная сельскохозяйственная станция. – Орел. – 1920. – С. 6-19.
99. Лебедянцеv, А.Н. К 40-летию научной деятельности Шатиловской областной сельскохозяйственной станции / А.Н. Лебедянцеv // Химизация социалистического земледелия. – 1939. – № 9. – С. 46-53.
100. Люлин, В. В. Земельный Фонд ТССР и его оценка / В.В. Люлин // Система ведения отраслей АПК республики Татарстан. – Казань: Таткнигоиздат. – 1992. – С. 19-29.
101. Максимов, Н.В. Эффективность удобрений в Читинской области / Н.В. Максимов, Ф.Н. Максимова. – Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во. – 1977. – 90 с.
102. Малиновский, Б.Н. Селекция и семеноводство сорго / Б.Н. Малиновский // Степные просторы. – 1981. – № 9. – С. 24-28.
103. Малиновский, Б.Н. Сорго – надежный источник кормов в зоне Северного Кавказа / Б.Н. Малиновский // Сорго-ценная кормовая культура: Сб. статей. – Ростов-на-Дону: РГУ, 1984. – С. 3-17.
104. Малиновский, Б.Н. Исследование сорго как сахароносного растения / Б.Н. Малиновский // Селекция и семеноводство сорго: Сб. науч.тр. / ВНИИ сорго. – 1985. – С. 162-171.
105. Малиновский, Б.Н. Резервы соргового поля / Б.Н. Малиновский // Кукуруза и сорго. – 1985. – № 1. – С. 26.

106. Малиновский, Б.Н. Сахарное сорго / Б.Н. Малиновский // Кукуруза и сорго, 1988. – № 5. – С. 26-27.

107. Малиновский, Б.Н. Концепция и задачи научного обеспечения сорго и продуктов его переработки на кормовые, продовольственные и другие цели // Проблемы биологии селекции и технологии возделывания и переработки сорго. Тезисы докладов. – зерноград, ВНИИПТИММЭСХ. – 1992. – С. 3-5.

108. Малиновский, Б.Н. Возделывание зернового сорго по интенсивной технологии / Б.Н. Малиновский, Н.В. Валуев // Кукуруза и сорго. – 1985. – № 1. – С. 30-31

109. Малиновский, Б.Н. Влияние удобрений на накопление сахаров в сорго / Б.Н. Малиновский, Л.А. Смиловенко // Кукуруза и сорго. – 1985. – № 6. – С. 25-26.

110. Малиновский, Б.Н., Смиловенко Л.А. Образцы сорго для селекции сорго с повышенным содержанием сахаров / Б.Н. Малиновский, Л.А. Смиловенко // Селекция и семеноводство. – 1986. – № 5. – С. 29-30.

111. Мангуш, П.А. Развивая исследования по сорго / П.А. Мангуш // Кукуруза и сорго. – 1993. – № 1. – С.2-3.

112. Мангуш, П.А. Основные направления развития исследований по сорго / П.А. Мангуш // Кукуруза и сорго. – 1996. – № 2. – С. 2-3.

113. Мангуш, П.А. Агроклиматическое обоснование возделывания сорго / П.А. Мангуш // Кукуруза и сорго. – 1998. – № 2. – С. 20-21.

114. Мангуш, П.А. Перспективы развития исследований по культуре сорго / П.А. Мангуш, О.Д. Шарова // Проблемы и задачи по селекции, семеноводству и технологии производства и переработки сорго в СССР: Тезисы докладов Всесоюз. совещ. – зерноград, 1990. – С. 3-5.

115. Мандренко, Л.Ф. Сортовая реакция сорго на изменение густоты посева и уровня минерального питания на Юге Украины / Л.Ф. Мандренко, В.Н. Гермашов, В.Г. Ерёменко // Науч. техн. бюлл. ВСГИ. – 1982. - № 1 (43). – С.60-64

116. Марс, А.М. Приемы повышения плодородия солонцеватых почв и солонцов / А.М. Марс: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. – Саратов, 2010. – 44 с.
117. Метлин, В.В. Для нетрадиционного использования / В.В. Метлин // Кукуруза и сорго. – 1993. -№ 1. – С. 9-10.
118. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. – М.: ВАСХНИЛ. – 1983. – 45 с.
119. Методика Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Выпуск третий / Под общей ред. М.А. Федина. – М., 1989. – 156 с.
120. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 56 с.
121. Методические указания по проведению полевых работ с кормовыми культурами / сост. Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов и др. – М: РАСХН, 1997. – 155 с.
122. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. – РД-АПК 3.00.01.003-03. – М., 2003. – 133 с.
123. Миронова, Ю.Ф. Индустриальная технология выращивания кормовых культур на орошаемых землях Северного Кавказа / Ю.Ф. Миронова, В.Г. Гребенникова. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 45 с.
124. Михайлов, Н.Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер // М.: Колос. – 1971. – 96 с.
125. Муслимов, М.Г. Агробиологические основы ресурсосберегающей технологии возделывания суданковых культур на силос и зелёную массу в условиях Дагестана / М.Г. Муслимов: дис. ...д-ра с.-х. наук. – Махачкала, 2003. –315 с.
126. Муслимов, М.Г. Сахарное сорго – перспективная кормовая культура / М.Г. Муслимов // Кукуруза и сорго. – 2005. – № 1. – С. 15-16.

127. Муслимов, М.Г. Культура больших возможностей / М.Г. Муслимов, А.Г. Сепиханов // Мат. межд. научно-практ. конф. «Научно-производственное обеспечение социально-экономического развития АПК аридных территорий России». – Астрахань: ПНИИАЗ, 2001. – С. 245-250.

128. Муслимов, М.Г. Некоторые приемы возделывания новых и перспективных сортов сахарного сорго в условиях равнинного Дагестана / М.Г. Муслимов, Г.А. Алимерзаева // Кормопроизводство. – 2007. – № 8. – С. 15-18.

129. Мушинский, А. А. Продуктивность однолетних кормовых культур в степной зоне Оренбургской области / А. А. Мушинский // Кормопроизводство. – М., 2011. – № 2. – С. 40-42.

130. Назаров, Ю.И. Определение оптимальных доз минеральных удобрений для силосного сорго / Ю.И. Назаров // Селекция и семеноводство сорго. – Зерноград, 1985. – С.120-127.

131. Назаров, Ю.И. Расчет доз удобрений под сорговые культуры / Ю.И. Назаров, Н.А. Шепель // Вестн. с.-х. науки. – 1986. – № 6. – С. 67-72.

132. Найдин, П. Г. Удобрение зерновых культур / П. Г. Найдин. – М.: ОГИЗ: Сельхозгиз, 1948. – 79 с.

133. Найдин, П. Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур / П. Г. Найдин. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 263 с.

134. Нафиков, М.М. Экологическое испытание сортов сорго на силос в Закамье Республики Татарстан / М.М. Нафиков // Кормопроизводство. – 2006. -№ 12. – С. 21.

135. Нафиков, М.М. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность сорго в условиях лесостепи Поволжья // Кукуруза и сорго. – . 2012. – № 4. – С. 8-10.

136. Нафиков, М.М. Зависимость урожайности сахарного сорго от приемов предпосевной обработки почвы / М.М. Нафиков // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 21-23.

137. Нафиков, М.М. Хозяйственно-биологические особенности силосных культур в условиях Западного Закамья / М.М. Нафиков, В.А. Корольков, А.А. Нуруллин // Земледелие. – 2009. – № 3. – С. 43-44.

138. Нафиков, М.М. Оценка некоторых элементов агротехники сорго в условиях Закамья Татарстана М.М. Нафиков, В.Н. Фомин // Кормопроизводство. – 2013. – № 2. – С.28-29.

139. Нафиков, М.М. Технология возделывания сахарного сорго в условиях Республики Татарстан / М.М. Нафиков, З.А. Саматов, В.И. Якимов, Д.В. Фомин. Материалы Международной научно-практической конференции. Проблемы развития аграрного сектора в условиях экономических санкций, импортозамещения: вопросы стратегии и тактики. Сборник научных статей. Выпуск 9. – Казань: «ЗнакС», 2015. – С. 309-316.

140. Нафиков, М.М. Влияние предшественников и удобрений на урожайность и качество сахарного сорго в условиях лесостепи Поволжья / М.М. Нафиков, Д.В. Фомин. Материалы Международной научно-практической конференции. Проблемы развития аграрного сектора в условиях экономических санкций, импортозамещения: вопросы стратегии и тактики. Сборник научных статей. Выпуск 9. – Казань: «ЗнакС», 2015. – С. 293-297.

141. Нафиков, М.М. Сахарное сорго: технологические и экономические аспекты возделывания в Республике Татарстан / М.М. Нафиков, Н.М. Якушкин, В.Н. Фомин и др. – Казань: «ЗнакС». – 2016. – 40 с.

142. Немгиров, Д.В. Обработка почвы и применение удобрений при выращивании сорговых культур в условиях орошения на чернозёмных почвах Западной зоны Республики Калмыкия / Д.В. Немгиров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Волгоград, 2005. – 22 с.

143. Никулин, Н. Особенности сортовой агротехники озимой пшеницы / Н. Никулин, В. Костромин // Земледелие. – 1975. – № 12. – С. 38-39.

144. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 94 с.

145. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 133 с.
146. Новоселов, Ю.К. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке севооборотов и технологий выращивания кормовых культур / Ю. К. Новоселов, Г. Д. Харьков, А. С. Шпаков. – М.: ВАСХНИЛ, 1989. – 72 с.
147. Обаян, А. Сорго – это выгодно / А. Обаян, Н. Коломиец // Агробизнес – Россия. – 2007. – № 2. – С. 32-34.
148. Однолетние кормовые культуры. Под редакцией М.П. Елсукова М.: Сельхозгиз, 1954. – 403 с.
149. Алексеенко, Ю.Ф. Основные приемы сорговой агротехники сорго // Обзорная информация / Ю.Ф. Алексеенко. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1979. – 40 с.
150. Алексеенко, Ю.Ф. Прогрессивная технология возделывания сорго / Ю.Ф. Алексеенко. – Киев: Урожай, 1986. – 80 с.
151. Орлов, В.М. Особенности биологии и агротехники сорго в условиях недостаточного увлажнения: автореф. дис. ...доктора с.-х. наук / В.М. Орлов. – Краснодар, 1974. – 48 с.
152. Панников, В.Д. 40 лет Географической сети опытов с удобрениями, ее перспективы в совершенствовании системы удобрений по зонам страны / В.Д. Панников // Эффективность удобрений по зонам страны. – М., 1975. – С. 3-12.
153. Панников, В. Ю. Почва, климат, удобрение и урожай / В. Ю. Панников, В. Г. Минеев // М.: Колос. – 1977. – С. 308-316.
154. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 94-96.
155. Пономарев, В.К. Сорго – важный резерв увеличения производства кормов / В.К. Пономарев // Кукуруза и сорго. – 1987. – № 3. – С. 12-13.

156. Посыпанов, Г.С. Энергетическая оценка технологий возделывания полевых культур / Г.С. Посыпанов, Е.В. Долгодворов. – М.: Издательство МСХА, 1997. – 23 с.

157. Прянишников, Д. Н. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – М.: Сельхозгиз. – 1940. – 644 с.

158. Прянишников, Д.Н. Об удобрениях полей и севооборотов / Д.Н. Прянишников. – М.: Изд-во МСХ РСФСР, 1962. – 25 с.

159. Прянишников, Д.Н. Избр. Соч.: В3-х т.-М.: Сельхозиздат, 1963. – т.2. Частное земледелие (растения полевой культуры). – 712 с.

160. Реджепов, А.Р. Зависимость между фосфатным уровнем почвы и эффективностью азотных удобрений / А.Р. Реджепов // Химия в сельском хозяйстве. – 1975. – № 4. – С. 22-23.

161. Руднева, Л.В. Регулирование баланса питательных веществ в орошаемом кормовом севообороте в полупустынной зоне Калмыкии /Л.В. Руднева // Современные проблемы мелиораций и пути их решения. – М., 1999. – С. 118-135.

162. Смагин, В.П. Эффективность совместного выращивания кукурузы и сорго в засушливой зоне / В.П. Смагин, В.А. Яловой. Информационный листок Ставропольского МГЦНТИ и П, №383-87, 3 с.

163. Сидоров, Ю.Н. Зерновое сорго – предшественник для основных кормовых культур в Оренбургской области / Ю.Н. Сидоров, Т.М. Тришина // Кукуруза и сорго. – 1996. – № 6. – С. 13-14.

164. Система земледелия Республики Татарстан. – ч.1. Агротехнологии производства продукции растениеводства. – Казань: Центр инновационных технологий. – 2014. – 292 с.

165. Смиловенко, Л.А. Продуктивность соргового поля / Л.А. Смиловенко // Кукуруза и сорго. – 1995. – № 3. – С. 29-31.

166. Смиловенко, Л.А. Наследование качественных признаков у гибридов сорго / Л.А. Смиловенко // Кукуруза и сорго. – 2002. – № 5. – С. 15-17.

167. Смоляков, П. Т. Климат Татарии / П. Т. Смоляков. – Казань: Таткнигоиздат. – 1947. – 108 с.
168. Совершенствование технологии возделывания сахарного сорго в республике Татарстан (практические рекомендации). М.М. Нафиков, Т.З. Давлетшин, А.А. Корольков и др. – Казань.: Изд-во ИГМА-пресс, 2010. – 24 с.
169. Соколов, Н.С. Общее земледелие / Н.С. Соколов. – М.: Сельхозиздат, 1938. – 452 с.
170. Соколов, А.В. Действие и последствие фосфорных удобрений в многолетних опытах / А. В. Соколов. – М.: МСХ СССР, 1957. – 20 с.
171. Соколов, А. В. Географические закономерности эффективности удобрений / А. В. Соколов. – М.: Знание, 1968. – 46 с. (серия 2. Сельское хозяйство).
172. Соловьев, А.В. Расчет доз удобрений под сорго / А.В.Соловьев, М.К. Каюмов // Зерновое сорго. – 2006. – № 6. – С. 6-8.
173. Соловьев, Б.Ф. Сорго – ценная кормовая культура / Б.Ф.Соловьев. – М.: НТО сельского и лесного хозяйства, 1956. – 48 с.
174. Справочник «Земельные ресурсы Республики Калмыкия» [Текст] – Элиста: Калмыцкое предприятие ЮжНИИгипрозем, 1999. – 126 с.
175. Телятников, Н.Я. Кормовые свойства силоса из сахарного сорго / Н.Я. Телятников, Б.М. Михальчевский // Селекция, семеноводство и технология возделывания сорго в основных зонах страны. – Днепропетровск, 1984. – С. 104-109.
176. Тимирязев, К. А. Избранные сочинения в 4-х т. – Т. 1. Солнце, жизнь и хлорофилл / К. А. Тимирязев. – М.: Огиз: Сельхозгиз, 1948. – 695 с.
177. Томмэ, М.Ф. Корма СССР. Состав и питательность. – М.: Колос, 1964. – 446 с.
178. Трегубов, Б.А. Бонитировка почв пашни хозяйств Куйбышевской области / Б.А. Трегубов, Г.Г. Лобов, М.Г. Холина. – Куйбышевское кн. изд-во, 1976. – 112 с.

179. Туркменбаев, Б.А. Сорго в низовьях реки Урал / Б.А. Туркменбаев // Кукуруза и сорго. – 1993. - № 1. – С. 12.

180. Устенко, З.Ф. Агротехника сорго на зерно, силос и зеленый корм в юго-западных районах Одесской области / З.Ф. Устенко. Сб. Сорго. – М.:Изд.МСХ СССР,1961. – С. 104-106.

181. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая / В.И.Филин. – Волгоград: Волгоградская гос. с.-х. академия,1994. – 274 с.

182. Филин, В.И. Удобрения и орошение однолетних кормовых культур в интенсивном кормопроизводстве Прикаспийского региона / В.И. Филин, М.М. Оконов. – Элиста: АПП «Джангар», 2004. – 304 с.

183. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая) А.А.Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Умора. – М.: Изд-во Ан СССР, 1961. – 133с.

184. Хайбуллин, М.М. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на планируемую урожайность зеленой массы сорго сахарного Севилья при разных сроках посева в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан / М.М. Хайбуллин, Ф.Ф. Авсахов, В.Н. Миянов, И.В. Арсланбаев // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 4 (16). – С. 61-65.

185. Хайбуллин, М.М. Продуктивность сорговых культур в условиях южной лесостепной зоны Республики Башкортостан / М.М. Хайбуллин, Ф.Ф. Авсахов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (39). – С. 46-48.

186. Царев, А.П. Перспективно в Поволжье /А.П. Царев // Кукуруза и сорго. – 1993. – № 1. – С. 3-4.

187. Шайтанов, О.Л. Изменение климата в Татарстане и его последствия для сельского хозяйства / О. Л. Шайтанов // Аграрная тема. – 2011. – № 10. – С. 4-9.

188. Шайтанов, О.Л. Новые сорта сорговых культур в кормовой базе Татарстана / О.Л. Шайтанов, М.Ш. Тагиров, М.И. Хуснуллин, Р.А. Садриев // Нива Татарстана. 2012. – № 2. 1. – С.25-27.
189. Шакиров, Р. С. Земное плодородие / Р. С. Шакиров. – Казань: Таткнигоиздат. – 1989. – 120 с.
190. Шакиров, Р.С. Способы основной обработки почвы / Р.С. Шакиров, М.Ш. Тагиров. – Казань: Фолианть, 2009. – 24 с.
191. Шатилов, И. С. Программирование урожаев и минеральное питание растений / И. С. Шатилов // Технология и эффективность химизации. – М.: 1977. – С. 30-57.
192. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат. – 1980. – 316 с.
193. Шекун, Г.М. Культура сорго в СССР и ее биологические особенности / Г.М. Шекун. – М.: Колос, 1964. – С. 140 с.
194. Шекун, Г.М. Культура сорго в Юго-Западных районах СССР / Г.М. Шекун, И.А. Драненко. – Кишинев: КартяМолдовянскэ, 1968. – 158 с.
195. Шекун, Г.М. Культура сорго на корм / Г.М. Шекун. – Кишинев: Картя Молдовяняско, 1969 – 131с.
196. Шепель, Н.А. Селекция и семеноводство гибридного сорго / Н.А. Шепель. – Ростов-на Дону: Изд-во РГУ, 1985. – 256 с.
197. Шепель, Н.А. Сорго – интенсивная культура: Справ. изд. – Симферополь: Таврия, 1989. – 192 с.
198. Шепель, Н.А. Сорго / Н.А. Шепель. – Волгоград: комитет по печати, 1994. – 448 с.
199. Шишлятников, И. Д. Возделывание сорго в засушливых условиях Волгоградской области / И.Д. Шишлятников, В.П. Стеканов / Волгоград, 1966. – 35 с.
200. Шорин, П.М. Сахарное сорго / П.М. Шорин. – М., 1976 . – 80 с.

201. Шорин, П.М. Технология возделывания и использования сахарного сорго / П.М.Шорин. – М.: Россельхозиздат, 1986.
202. Шорин, П.М. Сорго на Северном Кавказе/ П.М.Шорин // Кукуруза и сорго. – 1989. - №1. – С. 28-30.
203. Шорин, П.М. Перспективы возделывания сорго в предгорье Северного Кавказа / П.М. Шорин // Кукуруза и сорго. – 2001. – № 5. – С. 14-15.
204. Шорин, П.М. Сорго ценная кормовая культура / П.М. Шорин, Б.Н. Малиновский, В.Ф. Мирошниченко. – М.: Колос, 1973. – 108 с.
205. Шорин, П. М. Технология возделывания и уборки сорго / П.М. Шорин, В.Ф. Мирошниченко, Б.Н. Малиновский / Ставрополь, 1969. – 44 с.
206. Шорин, П.М. Интенсификация возделывания сорго в системе сухого земледелия Северного Кавказа / П.М. Шорин, Т.Б.Басаев – Владикавказ, 2003. – 127 с.
207. Щерба, С.В. Эффективность минеральных удобрений на подзолистых почвах / С.В. Щерба. – М., Л.: Госхимиздат, 1953. – 296 с.
208. Юркин, С.Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии. В кн.: Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии / С.Н. Юркин // М.: – Россельхозиздат – 1979. – С. 4-12.
209. Ягодин, Б.А. Агрохимия. Под ред. Ягодина Б.А. – М., 1989.
210. Янкелевич, Р.К. Эффективность применения гербицидов в посевах сорго / Р.К. Янкелевич // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – № 6. (32). – С. 11-13.
211. Appadurai, R. Differentiation with Eu-Sorghum as evident from diverse dominant-recessive relationships / R. Appadurai, Agric. J. Madras. – 1967. – V. 54. -№ 3. – P.131-133.
212. Ayyangar, G.N.R. Linkage between a panicle factor and the pearly-chalky mesocarp factor (Zz) in Sorghum / Ayyangar G.N.R., Ayyar M.A.S. // Proc. Indian. Akad. Sci. – Sec.B.-1938.-V.8. – № 2. – P. 100-107.

213. Bangarwa, R.P. Cytogenetikal investigations in species and species hybrids of Sorghum / R.P. Bangarwa // HaryanaAgr. Univ. – 1977.
214. Desai, M.S. Heterosis and combining ability in grain sorghum / M.S. Desai, K.B. Desai, M.V. Kukadia // Indian J. Agr. Sci. -1985-Vol.55.-№ 5. – P.303-305.
215. Doggett H. Sorghum breeding research organization / H. Doggett, A. Jewett. [Kenia], 1969.
216. Sweet sorghum variety yield and sugar performance. - Texas Agr. Expert. St., 1980, 3646: 1-7.
217. Stalk and sugar yield of sweet sorghum as affected by spacing. Argon. J., 1980, 72, 3: 523-524.
218. Performance of forage hybrids of silage production, 1979. – Southeast Louisiana dairy and pasture Exp. St. Ann. Program. Rep., 1979; 22-25.
219. Sweet sorghum variety report – Texas Agr. Exp. St., 1980, 3692: 1-9.
220. New options for sweet sorghum. – J. Austral. Inst.Agr. Sc., 1979, 45, 3: 156-164.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Расчет норм удобрений под сахарное сорго

Таблица А1 – Расчет норм удобрений под сахарное сорго, 2013 г.

Показатели	На 50 т/га зеленой массы			На 60 т/га зеленой массы		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вынос 1т зеленой массы, кг	3,1	1,0	2,2	3,1	1,0	2,2
Вынос с урожаем, кг	155	50	110	186	60	132
Содержится в почве, мг/кг	85	162	185	162	162	185
кг/га	255	486	555	255	486	555
Коэффициент использования из почвы, %	35	10	25	35	10	25
Будет взято из почвы, кг	89	49	138	89	49	138
Довнести с минеральными удобрениями, кг	66	1	-	97	11	-
Коэффициент использования из удобрений, %	60	20	70	60	20	70
Внести в туках, д.в./га	110	5	-	162	55	-

Таблица А2 – Расчет норм удобрений под сахарное сорго, 2014г.

Показатели	На 50 т/га зеленой массы			На 60 т/га зеленой массы		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вынос 1т зеленой массы, кг	3,1	1,0	2,2	3,1	1,0	2,2
Вынос с урожаем, кг	155	50	110	186	60	132
Содержится в почве, мг/кг	81	158	186	81	158	186
кг/га	243	474	558	243	474	558
Коэффициент использования из почвы, %	35	10	25	35	10	25
Будет взято из почвы, кг	85	47	140	85	47	140
Довнести с минеральными удобрениями, кг	70	3	-	101	13	-
Коэффициент использования удобрений, %	60	20	70	60	20	70
Внести в туках, д.в./га	117	15	-	168	65	-

Таблица А3 – Расчет норм удобрений под сахарное сорго, 2015 г.

Показатели	На 50 т/га зеленой массы			На 60 т/га зеленой массы		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вынос 1т зеленой массы, кг	3,1	1,0	2,2	3,1	1,0	2,2
Вынос с урожаем, кг	155	50	110	186	60	132
Содержится в почве, мг/кг	86	164	184	86	164	184
кг/га	258	492	552	258	492	552
Коэффициент использования из почвы, %	35	10	25	35	10	25
Будет взято из почвы, кг	90	49	138	90	49	138
Довнести с минеральными удобрениями, кг	65	1	-	96	11	-
Коэффициент использования удобрений, %	60	20	70	60	20	70
Внести в туках, д.в./га	108	5	-	160	55	-

Таблица А4 – Расчет норм удобрений под сахарное сорго, 2016 г.

Показатели	На 50 т/га зеленой массы			На 60 т/га зеленой массы		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вынос 1т зеленой массы, кг	3,1	1,0	2,2	3,1	1,0	2,2
Вынос с урожаем, кг	155	50	110	186	60	132
Содержится в почве, мг/кг	83	160	190	83	160	190
кг/га	249	480	570	249	480	570
Коэффициент использования из почвы, %	35	10	25	35	10	25
Будет взято из почвы, кг	87	48	143	87	48	143
Довнести с минеральными удобрениями, кг	68	2	-	99	12	-
Коэффициент использования удобрений, %	60	20	70	60	20	70
Внести в туках, д.в./га	113	10	-	165	60	-

## Приложение Б

## Результаты дисперсионного анализа данных по засоренности

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	
Фактор А:	
Фактор В:	
Градация фактора А:	4
Градация фактора В:	3
Количество повторностей:	3
Год исследований:	2013
Исследуемый показатель:	засоренность
единицы измерения	шт/м <sup>2</sup>

Исследователь: Фомин Д.В.

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	8,0	10,0	9,0	27	9,00
	НРК на 50 т/га	12,0	16,0	11,0	39	13,00
	НРК на 60 т/га	16,0	17,0	21,0	54	18,00
Однолетние травы	Неудобренный	7,0	9,0	5,0	21	7,00
	НРК на 50 т/га	11,0	15,0	13,0	39	13,00
	НРК на 60 т/га	17,0	16,0	15,0	48	16,00
Картофель	Неудобренный	6,0	7,0	11,0	24	8,00
	НРК на 50 т/га	19,0	17,0	21,0	57	19,00
	НРК на 60 т/га	18,0	22,0	23,0	63	21,00
Ячмень	Неудобренный	10,0	14,0	15,0	39,0	13,00
	НРК на 50 т/га	16,0	15,0	17,0	48,0	16,00
	НРК на 60 т/га	16,0	20,0	21,0	57,0	19,00
суммы Р		156,0	178,0	182,0	516	
					516	14,33

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	6,89	3,11	дост.
В	116,27	4,6	дост.
АВ	4,95	3,11	дост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	4,30	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 делянок 2 пор.	2,64	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 А	2,48	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 В	1,32	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 АВ	2,94	шт/м <sup>2</sup>

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	
Фактор А:	
Фактор В:	
Градация фактора А:	4
Градация фактора В:	3
Количество повторностей:	3
Год исследований:	2014
Исследуемый показатель:	засоренность
Единицы измерения	шт/м <sup>2</sup>

Исследователь: Фомин Д.В.

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	9,0	13,0	11,0	33	11,00
	НРК на 50 т/га	13,0	17,0	15,0	45	15,00
	НРК на 60 т/га	15,0	19,0	14,0	48	16,00
Однолетние травы	Неудобренный	3,0	8,0	4,0	15	5,00
	НРК на 50 т/га	18,0	16,0	14,0	48	16,00
	НРК на 60 т/га	20,0	21,0	13,0	54	18,00
Картофель	Неудобренный	8,0	5,0	5,0	18	6,00
	НРК на 50 т/га	14,0	18,0	16,0	48	16,00
	НРК на 60 т/га	21,0	16,0	17,0	54	18,00
Ячмень	Неудобренный	9,0	12,0	9,0	30,0	10,00
	НРК на 50 т/га	23,0	17,0	17,0	57,0	19,00
	НРК на 60 т/га	19,0	20,0	12,0	51,0	17,00
суммы P		172,0	182,0	147,0	501	
					501	13,92

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	1,31	3,11	недост.
В	79,19	4,6	дост.
АВ	3,52	3,11	дост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	5,08	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 делянок 2 пор.	3,50	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 А	2,93	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 В	1,75	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 АВ	3,28	шт/м <sup>2</sup>

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	
Фактор А:	
Фактор В:	
Градация фактора А:	4
Градация фактора В:	3
Количество повторностей:	3
Год исследований:	2015
Исследуемый показатель:	засоренность
Единицы измерения	шт/м <sup>2</sup>

Исследователь: Фомин Д.В.

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	7,0	11,0	9,0	27	9,00
	НРК на 50 т/га	12,0	17,0	13,0	42	14,00
	НРК на 60 т/га	20,0	14,0	14,0	48	16,00
Однолетние травы	Неудобренный	5,0	10,0	6,0	21	7,00
	НРК на 50 т/га	10,0	18,0	14,0	42	14,00
	НРК на 60 т/га	14,0	19,0	15,0	48	16,00
Картофель	Неудобренный	6,0	11,0	10,0	27	9,00
	НРК на 50 т/га	16,0	21,0	17,0	54	18,00
	НРК на 60 т/га	18,0	23,0	16,0	57	19,00
Ячмень	Неудобренный	11,0	14,0	14,0	39,0	13,00
	НРК на 50 т/га	15,0	19,0	17,0	51,0	17,00
	НРК на 60 т/га	22,0	18,0	17,0	57,0	19,00
суммы P		156,0	195,0	162,0	513	
					513	14,25

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	5,95	3,11	дост.
В	56,95	4,6	дост.
АВ	1,14	3,11	недост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	4,38	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 делянок 2 пор.	3,38	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 А	2,53	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 В	1,69	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 АВ	1,80	шт/м <sup>2</sup>

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	
Фактор А:	
Фактор В:	
Градация фактора А:	4
Градация фактора В:	3
Количество повторностей:	3
Год исследований:	2016
Исследуемый показатель:	засоренность
единицы измерения	шт/м <sup>2</sup>

Исследователь: Фомин Д.В.

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	9	10	5	24	8,00
	НРК на 50 т/га	12	14	13	39	13,00
	НРК на 60 т/га	16	17	15	48	16,00
Однолетние травы	Неудобренный	6	4	6	16	5,33
	НРК на 50 т/га	11	12	16	39	13,00
	НРК на 60 т/га	16	17	12	45	15,00
Картофель	Неудобренный	9	12	9	30,0	10,00
	НРК на 50 т/га	17	15	16	48,0	16,00
	НРК на 60 т/га	21	19	17	57,0	19,00
Ячмень	Неудобренный	11	10	15	36	12,00
	НРК на 50 т/га	14	17	14	45	15,00
	НРК на 60 т/га	16	18	20	54	18,00
суммы P		158	165	158	481	
					481	13,36

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	8,80	3,05	дост.
В	-385,39	3,44	недост.
АВ	-491,64	2,55	недост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	3,95	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 делянок 2 пор.	1,70	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 А	2,28	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 В	0,85	шт/м <sup>2</sup>
НСР05 АВ	1,57	шт/м <sup>2</sup>

## Приложение В

## Результаты математической обработки данных урожая

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	Сахарное сорго	
Фактор А:	Предшественники	
Фактор В:	Удобрения	
Градация фактора А:	4	
Градация фактора В:	3	
Количество повторностей:		3
Год исследований:		2013
Исследуемый показатель:	урожайность	
единицы измерения	т/га	

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	13,2	12,7	12,5	38,4	12,80
	НРК на 50 т/га	47,5	49,3	49,6	146,4	48,80
	НРК на 60 т/га	58,6	59,0	59,4	177	59,00
Однолетние травы	Неудобренный	14,0	14,6	13,7	42,3	14,10
	НРК на 50 т/га	50,8	51,4	49,8	152	50,67
	НРК на 60 т/га	58,3	62,9	61,2	182,4	60,80
Картофель	Неудобренный	12,8	12,6	13,5	38,9	12,97
	НРК на 50 т/га	46,6	48,4	49,7	144,7	48,23
	НРК на 60 т/га	58,3	59,8	60,4	178,5	59,50
Ячмень	Неудобренный	11,7	10,9	11,3	33,9	11,30
	НРК на 50 т/га	39,3	41,8	42,1	123,2	41,07
	НРК на 60 т/га	46,5	49,1	50,3	145,9	48,63
суммы Р		457,6	472,5	473,5	1403,6	
					1403,6	38,99

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	115,13	3,05	дост.
В	8602,82	3,44	дост.
АВ	22,12	2,55	дост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	1,91	т/га
НСР05 делянок 2 пор.	1,52	т/га
НСР05 А	1,10	т/га
НСР05 В	0,76	т/га
НСР05 АВ	3,57	т/га

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	Сахарное сорго	
Фактор А:	Предшественники	
Фактор В:	Удобрения	
Градация фактора А:		4
Градация фактора В:		3
Количество повторностей:		3
Год исследований:		2014
Исследуемый показатель:	урожайность	
единицы измерения	т/га	

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	12,3	12,5	11,8	36,6	12,20
	НРК на 50 т/га	45,7	47,1	48,5	141,3	47,10
	НРК на 60 т/га	56,3	58,7	57,0	172	57,33
Однолетние травы	Неудобренный	13,2	13,8	14,1	41,1	13,70
	НРК на 50 т/га	48,3	49,9	50,7	148,9	49,63
	НРК на 60 т/га	57,6	61,8	62,3	181,7	60,57
Картофель	Неудобренный	11,8	12,3	11,1	35,2	11,73
	НРК на 50 т/га	44,7	46,3	48,0	139	46,33
	НРК на 60 т/га	57,1	58,6	59,4	175,1	58,37
Ячмень	Неудобренный	10,4	11,3	10,8	32,5	10,83
	НРК на 50 т/га	36,3	34,1	33,5	103,9	34,63
	НРК на 60 т/га	44,1	45,7	43,5	133,3	44,43
суммы P		437,8	452,1	450,7	1340,6	
					1340,6	37,24

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	122,04	3,05	дост.
В	7034,37	3,44	дост.
АВ	43,07	2,55	дост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	2,55	т/га
НСР05 делянок 2 пор.	1,62	т/га
НСР05 А	1,47	т/га
НСР05 В	0,81	т/га
НСР05 АВ	5,32	т/га

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	Сорго		
Фактор А:	Предшественники		
Фактор В:	фон питания		
Градация фактора А:			4
Градация фактора В:			3
Количество повторностей:			3
Год исследований:			2015
Исследуемый показатель:	урожайность		
единицы измерения	т/га		

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность			Суммы V	Средние
		1	2	3		
Рапс на семена	Неудобренный	12,43	12,18	12,4	37,01	12,34
	НРК на 50 т/га	47,94	48,53	48,4	144,87	48,29
	НРК на 60 т/га	58,71	57,89	58,21	174,81	58,27
однолет- ние травы	Неудобренный	13,22	13,76	13,65	40,63	13,54
	НРК на 50 т/га	51,18	50,47	50,6	152,25	50,75
	НРК на 60 т/га	61,43	61	60,54	182,97	60,99
картофель	Неудобренный	12,88	11,79	12,36	37,03	12,34
	НРК на 50 т/га	48,12	47,96	47,96	144,04	48,01
	НРК на 60 т/га	60,58	61,5	61,82	183,9	61,30
ячмень	Неудобренный	10,79	10,23	10,37	31,39	10,46
	НРК на 50 т/га	37,15	36,73	36,81	110,69	36,90
	НРК на 60 т/га	44,92	44,92	44,76	134,6	44,87
суммы Р		459,4	457,0	457,9	1374,19	
					1374,19	38,17

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	4262,76	3,11	дост.
В	54629,74	4,6	дост.
АВ	313,49	3,11	дост.

НСР		
НСР05 делянок 1 пор.	0,43	т/га
НСР05 делянок 2 пор.	0,60	т/га
НСР05 А	0,25	т/га
НСР05 В	0,30	т/га
НСР05 АВ	5,31	т/га

## ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДВУХФАКТОРНОГО ОПЫТА

Культура:	
Фактор А:	
Фактор В:	
Градация фактора А:	4
Градация фактора В:	3
Количество повторностей:	3
Год исследований:	2016
Исследуемый показатель:	урожайность
единицы измерения	т/га

Таблица

Фактор А	Фактор В	Повторность				Суммы V	Средние
		1	2	3	4		
Рапс на маслосемена	Неудобренный	11,2	11,1	11,3		33,6	11,20
	НРК на 50 т/га	41,3	41,4	41,2		123,9	41,30
	НРК на 60 т/га	51,8	52,1	52,0		155,91	51,97
Однолетние травы	Неудобренный	11,9	11,9	11,7		35,46	11,82
	НРК на 50 т/га	42,2	42,1	42,1		126,39	42,13
	НРК на 60 т/га	52,4	52,1	52,5		157,02	52,34
Картофель	Неудобренный	10,0	10,9	11,6		32,46	10,82
	НРК на 50 т/га	40,5	39,9	40,6		121,02	40,34
	НРК на 60 т/га	45,9	46,2	46,0		138,09	46,03
Ячмень	Неудобренный	9,9	10,0	10,5		30,4	10,14
	НРК на 50 т/га	33,2	32,2	32,7		98,1	32,71
	НРК на 60 т/га	43,3	42,9	43,2		129,4	43,14
суммы P		393,5	392,9	395,4	0,0	1181,82	
						1181,82	32,83

Оценка существенности различий			
Фактор	Fфакт	F05	Вывод
А	758,71	3,11	дост.
В	59415,91	4,6	дост.
АВ	225,91	3,11	дост.

НСР	
НСР05 делянок 1 пор.	0,63 т/га
НСР05 делянок 2 пор.	0,48 т/га
НСР05 А	0,36 т/га
НСР05 В	0,24 т/га
НСР05 АВ	3,64 т/га

**Результаты корреляционно-регрессионного анализа  
КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ**

фактор Y	Урожайность, т/га	Год исследований, 2013-2016 гг
фактор X1	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> в сутки (средне.взвешенная), 2013-2016 гг.	Исследователь: Фомин Д.В.
фактор X2	Продуктивность 1 тыс. ед. ЛФП, кг зеленой массы	
фактор X3	Среднесуточный прирост сухой биомассы, кг	Количество пар сравнения: 12

№	Y	X1	X2	X3
1	12,14	1,71	7,29	35,9
2	46,37	3,46	13,45	142,4
3	56,64	3,89	15	173
4	13,29	1,71	6,47	43,6
5	48,3	3,53	13,21	151,3
6	58,68	3,94	14,65	181,7
7	11,97	1,65	6,64	36,9
8	45,73	3,42	13,8	135,1
9	56,3	3,86	15,36	163
10	10,68	1,63	7,28	31,3
11	36,33	3,34	15,98	95,1
12	45,27	3,69	14,47	141,7
средние	29,45	2,39	9,57	90,53
срkv.отк.	22,90	1,51	6,00	67,28

Матрица корреляционного анализа

	Y	X1	X2	X3
Y	1,000	0,969	0,939	0,992
X1	0,969	1,000	0,990	0,948
X2	0,939	0,990	1,000	0,907
X3	0,992	0,948	0,907	1,000

**Уравнения регрессии**

y=	18,487	*x1+	29,45	±	0,004
y=	5,128	*x2+	29,45	±	0,019
y=	0,326	*x3+	29,45	±	0,110

**Частные коэффициенты множественной корреляции**

ryx1,x2	0,797	ryx2,x1	-0,399	ryx1,x2x3	-0,041
ryx1,x3	0,715	ryx3,x1	0,937	ryx2,x1x3	0,305
ryx2,x3	0,746	ryx3,x2	0,970	ryx3,x1x2	0,000

**Коэффициент множественной корреляции**

Ryx1x2	0,978	Ryx1x3	0,996	Ryx2x3	0,997	Ryx1x2x3	0,997
--------	-------	--------	-------	--------	-------	----------	-------

**Уравнения множественной регрессии**

y=	<b>29,05</b>	<b>*X1+</b>	<b>3,67</b>	<b>*X2+</b>	<b>29,45</b>	±	<b>4,75</b>
y=	<b>4,21</b>	<b>*X1+</b>	<b>2,78</b>	<b>*X3+</b>	<b>29,45</b>	±	<b>1,99</b>
y=	<b>0,84</b>	<b>*X2+</b>	<b>0,27</b>	<b>*X3+</b>	<b>29,45</b>	±	<b>1,90</b>
y=	<b>-0,643</b>	<b>*X1+</b>	<b>0,962</b>	<b>*X2+</b>	<b>-0,274</b>	<b>*X3+</b>	<b>2,996 ±1,895</b>

**Оценка достоверности коэффициентов корреляции**

Коэффициент корреляции	Значение	Ff	степень свободы		Ft	достоверность
			v1	v2		
Ryx1x2	0,978	100,18937	2	9	5,79	достоверно
Ryx1x3	0,996	591,37503	2	9	5,79	достоверно
Ryx2x3	0,997	651,57965	2	9	5,79	достоверно

## КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

фактор Y	Урожайность, т/га	Год исследований	в ср. за 3 года
фактор X1	Прибавка от предшественников		
фактор X2	Прибавка от удобрений		
фактор X3	Засоренность	Количество пар сравнения:	12

№	Y	X1	X2	X3
1	12,14	1,46	0	9
2	46,37	10,04	34,23	14
3	56,64	11,37	44,5	16
4	13,29	2,61	0	7
5	48,3	11,97	35,01	14
6	58,68	13,41	46,54	16
7	11,97	1,29	0	9
8	45,73	9,4	33,7	16
9	56,3	11,03	44,33	18
10	10,68	0	0	13
11	36,33	0	25,65	17
12	45,27	0	34,59	19
средние	33,98	5,58	22,97	12,92
ср. кв. отк.	21,09	5,54	19,67	5,35

Матрица корреляционного анализа

	Y	X1	X2	X3
Y	1,000	0,804	0,988	0,838
X1	0,804	1,000	0,789	0,446
X2	0,988	0,789	1,000	0,791
X3	0,838	0,446	0,791	1,000

### Уравнения регрессии

y=	3,557	*x1+	33,98	±	0,046
y=	1,001	*x2+	33,98	±	0,044
y=	5,231	*x3+	33,98	±	0,028

### Частные коэффициенты множественной корреляции

$r_{yx1,x2}$	0,258	$r_{yx2,x1}$	3,795	$r_{yx1,x2x3}$	0,775
$r_{yx1,x3}$	0,880	$r_{yx3,x1}$	0,900	$r_{yx2,x1x3}$	0,955
$r_{yx2,x3}$	0,975	$r_{yx3,x2}$	0,605	$r_{yx3,x1x2}$	0,001

### Коэффициент множественной корреляции

$R_{yx1x2}$	0,989	$R_{yx1x3}$	0,966	$R_{yx2x3}$	0,993	$R_{yx1x2x3}$	0,997
-------------	-------	-------------	-------	-------------	-------	---------------	-------

### Уравнения множественной регрессии

y=	<b>0,24</b>	*X1+	<b>1,01</b>	*X2+	<b>33,98</b>	±	<b>3,10</b>
y=	<b>2,04</b>	*X1+	<b>0,64</b>	*X3+	<b>33,98</b>	±	<b>5,46</b>
y=	<b>0,93</b>	*X2+	<b>0,59</b>	*X3+	<b>33,98</b>	±	<b>2,55</b>
y=	<b>0,659</b>	*X1+	<b>0,716</b>	*X2+	<b>0,918</b>	*X3+	<b>1,994 ±1,614</b>

### Оценка достоверности коэффициентов корреляции

Коэффициент корреляции	Значение	Ff	Степень свободы		Ft	Достоверность
			v1	v2		
$R_{yx1x2}$	0,989	204,20115	2	9	5,79	достоверно
$R_{yx1x3}$	0,966	62,663764	2	9	5,79	достоверно
$R_{yx2x3}$	0,993	302,76965	2	9	5,79	достоверно
$R_{yx1x2x3}$	0,997	452,909	3	8	6,59	достоверно

## КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

фактор Y
фактор X1
фактор X2
фактор X3

Урожайность, т/га  
Суммарное водопот. т/т  
Коэффициент водопот. т/т  
Суммар. фотосин. пот.

Год исследований

в ср. за  
4 года

Количество пар сравнения:

12

№	Y	X1	X2	X3
1	12,14	1585	130	1664,4
2	46,37	1773	38	3446,8
3	56,64	1808	32	3775,2
4	13,29	1733	129	2053,9
5	48,3	1835	38	3655,4
6	58,68	1868	31	4005,4
7	11,97	1613	136	1802,2
8	45,73	1738	38	3313,8
9	56,3	1790	32	3666,3
10	10,68	1435	135	1466,7
11	36,33	1518	42	2277,3
12	45,27	1708	38	3128,2
средние	33,98	1569,54	63,00	2635,05
срkv.отк.	21,09	488,79	49,34	1192,17

Матрица корреляционного анализа

	Y	X1	X2	X3
Y	1,000	0,640	-0,597	0,956
X1	0,640	1,000	0,215	0,814
X2	-0,597	0,215	1,000	-0,370
X3	0,956	0,814	-0,370	1,000

Уравнения регрессии

y=	0,052	*x1+	33,98	±	2,268
y=	-0,382	*x2+	33,98	±	0,567
y=	0,020	*x3+	33,98	±	4,186

Частные коэффициенты множественной корреляции

ryx1,x2	0,980	ryx2,x1	-0,936	ryx1,x2x3	0,333
ryx1,x3	-0,805	ryx3,x1	0,974	ryx2,x1x3	-0,687
ryx2,x3	-0,889	ryx3,x2	0,986	ryx3,x1x2	0,000

Коэффициент множественной корреляции

Ryx1x2	0,987	Ryx1x3	0,985	Ryx2x3	0,991	Ryx1x2x3	0,992
--------	-------	--------	-------	--------	-------	----------	-------

Уравнения множественной регрессии

y=	<b>0,03</b>	<b>*X1+</b>	<b>-0,33</b>	<b>*X2+</b>	<b>33,98</b>	±	<b>3,34</b>
y=	<b>-0,02</b>	<b>*X1+</b>	<b>0,55</b>	<b>*X3+</b>	<b>33,98</b>	±	<b>3,68</b>
y=	<b>-0,12</b>	<b>*X2+</b>	<b>0,02</b>	<b>*X3+</b>	<b>33,98</b>	±	<b>2,84</b>
y=	<b>0,011</b>	<b>*X1+</b>	<b>-0,187</b>	<b>*X2+</b>	<b>0,010</b>	<b>*X3+</b>	<b>0,976 ±2,674</b>

Оценка достоверности коэффициентов корреляции

Коэффициент корреляции	Значение	Ff	Степень свободы		Ft	достоверность
			v1	v2		
Ryx1x2	0,987	174,99402	2	9	5,79	достоверно
Ryx1x3	0,985	143,14875	2	9	5,79	достоверно
Ryx2x3	0,991	244,39977	2	9	5,79	достоверно
Ryx1x2x3	0,992	163,20712	3	8	6,59	достоверно

## КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

фактор Y	Урожайность, ц/га	Год исследований	2013-2016 гг.
фактор X1	Сбор к.ед., 2013-2016 гг.	Исследователь: Фомин Д.В.	
фактор X2	Сбор протеина, кг/га, 2013-2016 гг.		
фактор X3	Сбор сахара, кг/га, 2013-2016 гг.	Количество пар сравнения:	12

№	Y	X1	X2	X3
1	12,14	2594	200	522
2	46,37	9910	951	2078
3	56,64	12105	1223	2435
4	13,29	2841	222	595
5	48,3	10320	1022	2313
6	58,68	12539	1292	2601
7	11,97	2517	196	510
8	45,73	9617	991	2169
9	56,3	11834	1243	2522
10	10,68	2129	145	422
11	36,33	7229	600	1556
12	45,27	9021	857	1848
средние	29,45	6177,07	596,13	1306,53
ср.кв.отк.	22,90	4840,02	503,81	1025,52

Матрица корреляционного анализа

	Y	X1	X2	X3
Y	1,000	0,999	0,993	0,997
X1	0,999	1,000	0,996	0,998
X2	0,993	0,996	1,000	0,995
X3	0,997	0,998	0,995	1,000

## Уравнения регрессии

y=	0,005	*x1+	29,45	±	2,555
y=	0,043	*x2+	29,45	±	0,776
y=	0,022	*x3+	29,45	±	1,022

Частные коэффициенты множественной корреляции

г <sub>yx1,x2</sub>	г <sub>yx2,x1</sub>	г <sub>yx1,x2x3</sub>	г <sub>yx2,x1x3</sub>	г <sub>yx3,x1x2</sub>
0,953	-0,184	0,887	-0,522	0,000
0,847	-0,026	-0,522	0,000	
0,191	0,757	0,000		

Коэффициент множественной корреляции

R <sub>yx1x2</sub>	0,999	R <sub>yx1x3</sub>	0,999	R <sub>yx2x3</sub>	0,997	R <sub>yx1x2x3</sub>	0,999
--------------------	-------	--------------------	-------	--------------------	-------	----------------------	-------

Уравнения множественной регрессии

y=	<b>0,01</b>	<b>*X1+</b>	<b>-0,01</b>	<b>*X2+</b>	<b>29,45</b>	±	<b>0,80</b>
y=	<b>0,00</b>	<b>*X1+</b>	<b>0,00</b>	<b>*X3+</b>	<b>29,45</b>	±	<b>0,94</b>
y=	<b>0,01</b>	<b>*X2+</b>	<b>0,02</b>	<b>*X3+</b>	<b>29,45</b>	±	<b>1,74</b>
y=	<b>0,006</b>	<b>*X1+</b>	<b>-0,01</b>	<b>*X2+</b>	<b>0,001</b>	<b>*X3+</b>	<b>0,236 ±0,803</b>

Оценка достоверности коэффициентов корреляции

Коэффициент корреляции	Значение	Ff	степень свободы		Ft	достоверность
			v1	v2		
R <sub>yx1x2</sub>	0,999	3644,616	2	9	5,79	достоверно
R <sub>yx1x3</sub>	0,999	2658,2652	2	9	5,79	достоверно
R <sub>yx2x3</sub>	0,997	776,18033	2	9	5,79	достоверно
R <sub>yx1x2x3</sub>	0,999	2165,5543	3	8	6,59	достоверно