

Яхин Ильдар Фаритович

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ, АГРОНОМИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ,
АМИНОКИСЛОТНЫХ БИОСТИМУЛЯТОРОВ И ОРОШЕНИЯ В
ЗЕРНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС
В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» в 2022-2024 гг.

Научный руководитель -

Хисматуллин Марс Мансурович

доктор сельскохозяйственных наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения "Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Приволжскому Федеральному округу"

Официальные оппоненты:

Налиухин Алексей Николаевич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;

Каргин Василий Иванович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева».

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук"

Защита диссертации состоится «25» декабря 2025 года в 09⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 35.2.017.01 при ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» по адресу: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65, зал заседаний, тел. 8 (843) 598-40-50, e-mail: info@kazgau.com.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», адрес: 420064, г. Казань, ул. Р. Гареева, д. 62 и на сайте университета www.kazgau.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 420064, г. Казань, ул. Ферма-2, д. 53, Институт агробиотехнологий и землепользования Казанского ГАУ, ученому секретарю диссертационного совета Амирову М.Ф., e-mail: dissovet_kazgau@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Амиров Марат Фуатович

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность направления исследований. Кукуруза является основной кормовой культурой в большинстве субъектах Российской Федерации. Заготовка кукурузного силоса с початками в молочно-восковой спелости обеспечивает получение 0,17 зерновых единиц с высоким содержанием обменной энергии (Сотченко В.С, 2012; 2015; 2020).

Она обладает высокой потенциальной продуктивностью. Однако высокий ресурсный потенциал этой культуры остается нереализованным. Так, среди ученых и практиков нет единого мнения по возделыванию кукурузы в условиях орошения. Одни утверждают, что она по происхождению относится к группе засухоустойчивых сельскохозяйственных культур (Коржов В.И. и др., 2018; Цымбаленко И.Н., Гилев С.Д. и др., 2022), а другие доказывают, что на формирование 1 т зеленой массы кукуруза расходует 80 м³ воды и ее дефицит для получения 50 т/га зеленой массы в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан составляет 1100-1200 м³/га (Гибадуллина Ф.С., 2007; Хисматуллин М.М. и др., 2018).

С другой стороны, кукуруза отличается высоким выносом элементов питания. На формирование 1 т зеленой массы расходуется 28 кг азота, 10 кг фосфора и 37 кг калия. Между тем, Н.Р. Магомедов (2011), А.И. Невзоров (2006) утверждают, что мощная 4-х ярусная корневая система кукурузы, которая занимает 40-50 см активного слоя почвы, способна использовать дополнительные почвенные элементы питания совершенно недоступные яровым и озимым зерновым культурам. Более того, в последние годы доказано, что часть минеральных удобрений можно заменить современными биопрепаратами, стимуляторами роста, инокулянтами и др. (Шакиров Ш.К., Шайтанов О.Л., 2019).

В связи с этим выбранное направление исследований имеет высокую актуальность, научную новизну и практическую значимость.

Состояние изученности научной проблемы. В Российской Федерации к становлению кукурузы в качестве основной кормовой культуры внес огромный вклад Лауреат Государственной премии СССР, автор более 200 научных трудов, известный селекционер 20-ти скороспелых гибридов, включенных в Госреестр РФ, Владимир Семенович Ильин (1929-2024 гг.). Экономическую основу возделывания кукурузы заложил академик РАН Александр Алексеевич Романенко (1913-1953). Неоценимый вклад в повышение урожайности этой культуры в Российской Федерации внёс академик РАН Владимир Семёнович Сотченко (2012, 2020).

В Республике Татарстан теоретические основы и практические приёмы возделывания кукурузы были заложены Узбек Абдурахмановичем Бектимировым (1926-1997 гг.), лауреатом Государственной и Ленинской премии СССР, героем социалистического труда Гайфутдин Салахутдиновичем Галиевым (1911-1996 гг.).

Из современных ученых Республики Татарстан следует отметить Шайтанова О.Л., Тагирова М.Ш. (2015).

Ресурсосберегающие приёмы возделывания кукурузы на зерно и на кормовые цели в зарубежных странах более подробно изложены в научных трудах F. Weißbech (1992), Д. Шпаар (2002, 2014), F. Jäger (2014).

Однако такие аспекты анализируемой проблемы как орошение, эффективность взаимодействия минеральных удобрений и аминокислотных биостимуляторов, направленность изменения физико-химических свойств серых лесных почв и качества конечной продукции нуждаются в дополнительном изучении с учётом климатических ресурсов региона проведения стационарных методически выдержанных полевых опытов.

Цель исследований. Агрохимическая, агрономическая, экономическая оценка реакции районированного в Среднем Поволжье гибрида кукурузы двойного назначения Росс 140 СВ на применение расчетных норм минеральных удобрений, биостимуляторов Биостим Старт, Биостим Кукуруза и орошения в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан. Определение величины возможной замены минеральных удобрений изучаемыми органо-минеральными удобрениями и экономические ее показатели.

Задачи:

1. Установить экономически обоснованные расчётные нормы внесения минеральных удобрений на богарных и орошаемых посевах гибрида кукурузы Росс 140 СВ.
2. Определить эффективность взаимодействия минеральных удобрений и Биостим Старт, Биостим Кукуруза, применяемых в предпосевной подготовке семян и листовой подкормке растений в период вегетации.
3. Изучить влияние агрохимикатов на качество конечной продукции и физико-химические свойства серых лесных почв Республики Татарстан.
4. Рассчитать энерго- и экономическую эффективность орошения кукурузы, применения минеральных удобрений и биостимуляторов.
5. Произвести производственную проверку и внедрение результатов исследований.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с научно-технической программой развития сельского хозяйства Российской Федерации на 2017-2030 гг. (ФНТП).

Диссертация соответствует научной специальности - 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений по следующим позициям:

- п. 1.1. Агрохимическая оценка влияния различных видов, форм и доз удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на урожайность, качество сельскохозяйственных культур и плодородие почв.
- п. 1.5. Совершенствование системы применения удобрений, химических средств мелиорации почв и биологизации в севооборотах.

Научная новизна. Впервые в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан установлены оптимальные нормы внесения минеральных удобрений в зависимости от влагообеспеченности гибрида кукурузы Росс 140 СВ (накопление биомассы на орошении и без полива), определена эффективность взаимодействия NPK-удобрений и аминокислотных биостимуляторов (Биостим

Старт, Биостим Кукуруза), рассчитана величина замены NPK и ее экономические показатели. Доказана возможность достижения положительной динамики содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия.

Значимость диссертационной работы. Теоретически обоснована и практически доказана возможность получения биомассы кукурузы с початками в молочно-восковой спелости на орошении 50,7 т/га, что выше на 26,4 % по сравнению с возделыванием этой культуры без полива. Окупаемость минеральных удобрений на орошении опережает (73,2 кг/кг) богарную кукурузу в 1,41 раза. Обработка семян кукурузы рабочим раствором Максим Голд 0,5 л/т + Биостим Старт 1,5 л/т + H₂O 10 л/т и листовая подкормка растений биостимулятором Биостим Кукуруза в фазе 3-4 листьев позволяет заменить 43,7 кг/га д.в. минеральных удобрений и обеспечивает экономию денежных средств 2146 руб./га.

Методы и методология. Лабораторные и полевые исследования проведены в соответствии с «Методические основы проведения полевых опытов с кормовыми культурами», разработанные сотрудниками ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1997 (переработанный вариант опубликован в 2024 г.). Также были использованы общепринятые аналитические, статистические, корреляционные, математические, экономические, энергетические методы обработки результатов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Сравнительная оценка продуктивности гибрида кукурузы Росс 140 СВ на орошении и без полива в зависимости от уровня минерального питания.
2. Влияние орошения и внесения расчётных норм азотно-фосфорно-калийных удобрений на их окупаемость, качество зелёной массы кукурузы, возделываемой по зерновой технологии.
3. Взаимодействие минеральных удобрений и аминокислотных биостимуляторов, величина возможной замены NPK и экономические ее показатели.
4. Динамика физико-химических свойств серых лесных почв, хозяйственный вынос и коэффициенты использования минеральных удобрений.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается проведением методически выдержанных лабораторного и 2-х стационарных полевых опытов, включающих 32 варианта в 4-х кратной повторности, проверкой результатов исследований в производственных условиях и внедрением в сельскохозяйственное производство.

Лабораторные анализы качества конечной продукции и почвенных проб проведены в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ и на сертифицированных аналитических приборах Татарского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Агрохимическая служба России».

Апробация работы. Результаты исследований по теме диссертации были представлены и получили положительную оценку на Международной научно-практической конференции: «Современные цифровые технологии для управления посевами сельскохозяйственных культур», Всероссийских (национальных) научно-практических конференциях, посвящённых памяти д.т.н., профессора Казанского ГАУ Мартянова А.П. (2022), профессора кафедры землеустройства

и кадастров Казанского ГАУ Шакирова А.Ш. (2024, 2025), Международных агропромышленных выставках «АгроВолга», 2022, 2023, на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава Казанского государственного аграрного университета (2023-2025 гг.).

Внедрение результатов исследований. В 2025 г. результаты исследований внедрены на орошаемой площади 184 га в «АФ «Кырлай» Арского, на орошаемой площади 120 га СХПК «Урал» Кукморского и на богарных посевах кукурузы КФХ ИП «Вафин Р.К.» на площади 150 га Лаишевского районов Республики Татарстан. Внедрение рекомендации соискателя позволяет увеличить валовые сборы зелёной массы с 1 га орошаемой кукурузы более чем в 1,41 раза по сравнению с богарными посевами, заготовить кукурузный силос с початками в молочно-восковой спелости с содержанием 0,17 зерновых единиц и обеспечивает положительный баланс гумуса, фосфора, калия. Суммарный эффект от внедрения результатов исследований на площади 454 га составил 5410400 руб./год.

Результаты исследований аспиранта очного обучения также широко используются в подготовке высококвалифицированных кадров по специальностям агрохимия и агропочвоведение, растениеводство и земледелие.

Публикации автора. Основные результаты исследований изложены в 13-ти научных статьях, в том числе 4 работы были опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, 2 из них рекомендованных ВАК РФ и 2 статьи входящих Scopus. Получен один патент на изобретение: № 2845859 «Способ повышения урожайности кукурузы на зеленую массу».

Личный вклад соискателя. На основе изучения зарубежных и российских литературных источников аспирант выбрал актуальное направление исследований, самостоятельно разработал рабочую программу, календарь выполнения планируемых заданий, согласовал условия предоставления орошаемого земельного участка в АФ «Кырлай» Арского муниципального района (безвозмездное внедрение результатов исследований), в течение 3-х лет проводил 2 стационарные полевые опыты, лабораторные анализы с использованием сертифицированных аналитических приборов и технических средств. Результаты полевых и производственных опытов математически обработал и в логической последовательности изложил их в своей самостоятельно выполненной диссертации. Доля личного вклада соискателя в объёме общей работы составляет 75%, опубликованных научных трудах – 70 процентов.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 254 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 7-ми глав, заключения и рекомендации производству. Она содержит 6 рисунков, 4 графика, 9 фото, 41 таблицы, 39 приложений. Список литературы включает 200 наименований, в том числе 7 зарубежных учёных по теме диссертации.

II. МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на типичных серых лесных почвах, которые занимают 38% почвенного покрова Республики Татарстан. Основными методами

исследований были полевые и лабораторные опыты. Объектом исследований стал гибрид кукурузы Росс 140 СВ, а предметом являлась оценка минеральных удобрений и аминокислотных биостимуляторов на агрохимические, агрономические, экономические показатели формирования урожайности изучаемой культуры. Схемы опытов представлены в разделе «Результаты исследований».

Агрометеорологические условия коренным образом отличались от средне-многолетних показателей. ГТК за вегетационный период 2022 г. составил 1,25; 2023 – 0,84; 2024 – 0,99 против 1,0 в среднем по Республике Татарстан, что потребовало проведение двух поливов в 2022 г. с оросительной нормой 750 м³/га, 2023 – трех с оросительной нормой 1200 м³/га и в 2024 г. – двух поливов с оросительной нормой 950 м³/га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

III. АГРОХИМИЧЕСКИЕ, АГРОНОМИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ОРОШЕНИЯ КУКУРУЗЫ РОСС 140 СВ

3.1. Структурный состав биомассы кукурузы и урожайность

Плодоэлементы кукурузы по питательной ценности можно расположить в следующем порядке: початки – листья – метелки – стебли.

На формирование наиболее питательной части изучаемой культуры – початков оказывают большое влияние 2 фактора внешней среды: фон минерального питания и влагообеспеченность. Так, в контрольном варианте опыта (без удобрений) средняя масса початков без полива составила 138 г/растение против 173 г/растение на орошении с прибавкой 35 г/растение ($173 - 138 = 35$ г/растение). То есть за счет дополнительного увлажнения почвы даже без внесения минеральных удобрений было получено 2 т початков в молочно-восковой спелости с каждого гектара пашни.

Особенно высокая реакция кукурузы по накоплению початков отмечалась от взаимодействия минеральных удобрений и орошения: 289 г/растение, что выше на 29% при внесении этих же норм минеральных удобрений из расчета N₁₂₆P₆₆K₁₂₅ без полива ($289 : 224 \times 100 = 129\%$).

Вместе с тем, следует особо отметить резкий рост массы стеблей кукурузы – наименее питательной части этой культуры: в зависимости от фона NPK от 238 до 385 г/растение без полива и от 257 до 460 г/растение на орошении.

В среднем за 3 года по мере роста норм внесения минеральных удобрений валовой сбор зеленой массы кукурузы Росс 140 СВ с початками в молочно-восковой спелости увеличивался на орошении от 27,5 в контроле (без удобрений) до 50,7 т/га в варианте N₁₂₆P₆₆K₁₂₅. Прибавка от удобрений была очень высокой – 23,2 т/га, что выше контрольного варианта опыта на 84,4 %.

Вместе с этим нельзя отрицать роль минеральных удобрений и на посевах богарной кукурузы, поскольку на фоне внесения N₁₂₆P₆₆K₁₂₅ урожайность этой культуры превышает контроль (без удобрений) на 69,2% ($40,1 : 23,7 \times 100 = 169,2\%$) с прибавкой зеленой массы 16,9 т/га.

Однако несмотря на столь высокую прибавку урожайности по мере возрастания норм внесения минеральных удобрений увеличение их окупаемости замедляется по сравнению с внесением N₁₀₁P₅₃K₉₉. В итоге, разница в окупаемости между двумя последними вариантами опыта без полива (расчетные нормы на 40 и 50 т/га зеленой массы) составляет всего 0,9 кг зеленой массы на 1 кг д.в. (52,9-52,0=0,9 кг/кг).

Совершенно другая картина складывается на посевах орошаемой кукурузы. Окупаемость минеральных удобрений повышается пропорционально росту норм внесения азотно-фосфорно-калийных удобрений от 31,4 до 74,8 кг зеленой массы на 1 кг д.в. NPK (табл.1).

Таблица 1. Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от орошения и внесения расчетных норм минеральных удобрений (2022-2024 гг.)

Фактор А (условия увлажнения)	Фактор В (расчетные фоны минерального пита- ния)	Выход зеленой массы, т/га	Прибавка, т/га		Окупае- мость ми- неральных удобрений, кг/кг
			от удобре- ний	от оро- шения	
Без полива (контроль)	Контроль (без удобрений)	23,7	-	-	
	На 30 т/га зеленой массы (N ₇₆ P ₄₀ K ₇₀)	29,4	4,7	-	25,3
	На 40 т/га зеленой массы (N ₁₀₁ P ₅₃ K ₉₉)	36,6	12,9	-	52,0
	На 50 т/га зеленой массы (N ₁₂₆ P ₆₆ K ₁₂₅)	40,1	16,4	-	51,7
На ороше- нии	Контроль (без удобрений)	27,5	-	3,8	-
	На 30 т/га зеленой массы (N ₇₆ P ₄₀ K ₇₀)	33,4	5,9	4,0	31,7
	На 40 т/га зеленой массы (N ₁₀₁ P ₅₃ K ₉₉)	43,8	16,5	7,2	66,8
	На 50 т/га зеленой массы (N ₁₂₆ P ₆₆ K ₁₂₅)	50,7	23,2	10,6	73,2
НСР ₀₅	А	1,98			
	В	2,15			
	АВ	2,46			

Следует также особо отметить нецелесообразность возделывания орошаемой кукурузы на низких фонах минерального питания (N₇₆P₄₀K₇₀ - планируемая урожайность 30 т/га зеленой массы), поскольку прибавка всего 21,5%. На богарных участках, наоборот, на высоком фоне минерального питания (N₁₂₆P₆₆K₁₂₅) недобор урожайности зеленой массы доходит до 9,9 т/га (от планируемой урожайности 50 т/га вычитаем фактическую урожайность: 50-40,1=9,9 т/га).

На посевах богарной кукурузы содержание сырого протеина возросло пропорционально нормам внесения минеральных удобрений от 10,8 в контроле до 12,0% в сухой массе в варианте N₁₂₆P₆₆K₁₂₅. По этой причине валовой сбор

сырого протеина составил 818 и 1423 кг/га соответственно по сравниваемым вариантам опыта. Прибавка от внесения минеральных удобрений была достаточно высокой – от 222 до 605 кг/га (27-74% к контролю).

На орошении на низком фоне минерального питания (30 т/га) содержание сырого протеина было выше по сравнению с неорошаемым участком, а на высоком фоне питания (50 т/га) существенных различий не было: без полива 12%, а на орошении – 12,2%. Несмотря на это валовой сбор сырого протеина с 1 га орошаемой кукурузы на анализируемом варианте опыта превышал богарную кукурузу на 173 кг/га.

Известно, что липидное питание усиливает синтез жира в молоке. Шестьдесят пять процентов жира в организм животных поступает с кормами (Маликов М.М., 2002)). Поэтому оптимальной нормой содержания жира в сухой массе кормов должно быть не менее 3 и не более 5%, что контролируется определением этого элемента питания по ГОСТу 2605.2021.

По содержанию сырого жира в процентном выражении в сухой массе кукурузы во всех вариантах опыта соответствовали нормативным показателям, также, как и содержание сырой клетчатки.

Кормопроизводство Российской Федерации лимитируется двумя критическими факторами: дефицитом белка и дисбалансом питательных веществ, особенно по сахаро-протеиновому соотношению. Возделывание кукурузы на силос по зерновой технологии на фоне оптимизации минерального питания и дополнительного обеспечения влагой обеспечивает не только существенное повышение содержания сырого протеина, но и оптимальное сахаро-протеиновое соотношение, соответствующее нормативным показателям в рационе кормления дойных коров 0,8:1 и 1,1:1 для глубокостельных коров и в первые месяцы их лактации.

3.2. Коэффициенты водопотребления кукурузы

Коэффициент водопотребления богарной кукурузы по мере роста норм внесения азотно-фосфорно-калийных удобрений снижается от 16 до 41% и составляет от 88 до 62 м³/т зеленой массы. На орошении коэффициент водопотребления кукурузы в контрольном варианте опыта составил 126 м³/т зеленой массы кукурузы, что на 21 м³/т выше по сравнению с богарным участком. Внесение минеральных удобрений снижает анализируемый показатель от 12 до 46% в зависимости от расчетных норм их внесения на планируемую урожайность 30, 40, 50 т/га зеленой массы. Однако коэффициенты водопотребления богарной кукурузы были постоянно меньше: 88, 68, 62 м³/т против 103, 79, 68 м³/т на орошении.

Таким образом, в условиях орошения можно рассчитывать на получение более 50 т/га зеленой массы кукурузы с початками в молочно-восковой спелости, тогда как без полива данный показатель не превышает 40 т/га.

3.3. Динамика накопления пожнивно-корневых остатков и физико-химических свойств серых лесных почв под посевами кукурузы

В среднем за 3 года в слое почвы 0-40 см в контрольном варианте опыта (без орошения и без удобрений) после уборки кукурузы на высоте среза 20 см остается 6,64 т/га воздушно-сухой массы пожнивно-корневых остатков.

В тех же почвенно-климатических условиях, по мере роста норм внесенных минеральных удобрений на планируемые урожайности зеленой массы гибрида кукурузы Росс 140 СВ 30 и 40 т/га обеспечивает дополнительное формирование воздушно-сухой массы корневых остатков 0,44-2,48 т/га, что выше контроля соответственно на 9,9-37,3%. Особенно большие прибавки от внесения расчетных норм минеральных удобрений были получены на посевах орошаемой кукурузы – 0,67 т/га воздушно-сухой массы пожнивно-корневых остатков в варианте внесения NPK с расчетом получения 30 т/га зеленой массы и 2,98 т/га на фоне минерального питания $N_{101}P_{53}K_{99}$ (40 т/га).

Более того, формирование мощной корневой системы кукурузы, которая пронизывает почву во всех направлениях улучшает структурно-агрегатный состав и снижает плотность сложения серой лесной почвы (график 1).

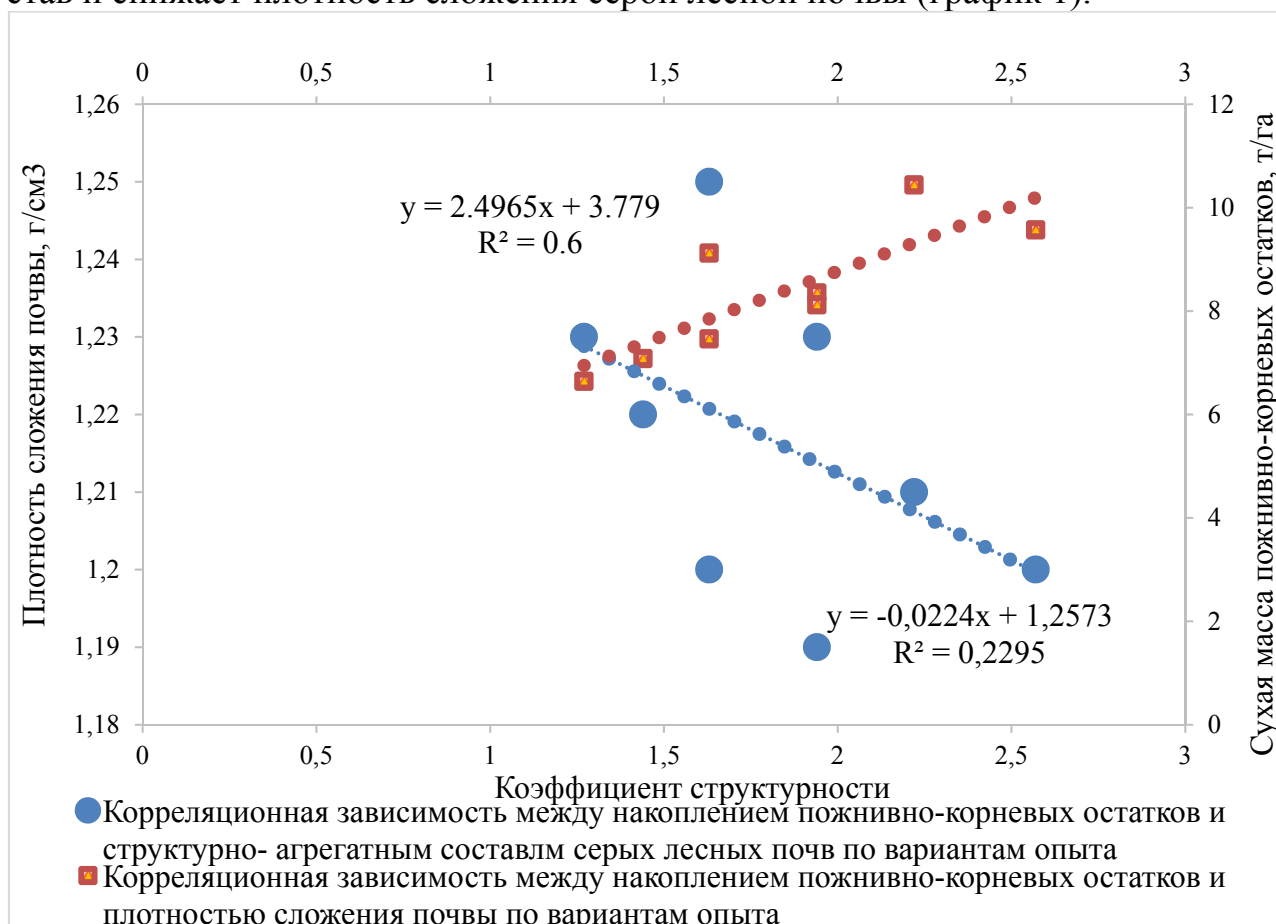


График 1. Корреляционные зависимости между накоплением пожнивно-корневых остатков, структурно-агрегатным составом и плотностью сложения серых лесных почв

3.4. Хозяйственный вынос и коэффициенты использования питательных веществ

Вынос азота богарной кукурузой в зависимости от фонов минерального питания увеличивается до 156 кг/га, что превышает контроль в 2,36 раза ($156:66=2,36$ раза), фосфора – в 1,19 раза и калия в 2,18 раза. То есть, богарная кукуруза на типичных серых лесных почвах больше всего нуждается в азотно-

калийном питании.

Вынос азота орошаемой кукурузой в последнем варианте опыта (NPK на 50 т/га зеленой массы) составил 182 кг/га, что выше аналогичного варианта опыта без полива на 26 кг/га ($182-156=26$ кг/га), фосфора – на 6 и калия – на 28 кг/га. Другими словами, благодаря образованию более разветвленной корневой системы в подземном пространстве кукуруза дополнительно использует 26 кг/га азота, 6 кг/га фосфора и 28 кг/га калия.

В качестве дополнительного доказательства о повышении использования почвенных элементов питания орошаемой кукурузой можно рассмотреть коэффициенты использования минеральных удобрений (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная оценка коэффициентов использования питательных веществ из минеральных удобрений в зависимости от условий увлажнения кукурузы Росс 140 СВ (2022-2024 гг.)

Фактор А (условия увлажнения)	Фактор В (расчетные фоны мине- рального питания)	Коэффициент использова- ния, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без полива (контроль)	Контроль (без удобрений)	-	-	-
	На 30 т/га зеленой массы (N ₇₆ P ₄₀ K ₇₀)	55	15	57
	На 40 т/га зеленой массы (N ₁₀₁ P ₅₃ K ₉₉)	68	15	62
	На 50 т/га зеленой массы (N ₁₂₆ P ₆₆ K ₁₂₅)	71	14	62
На орошении	Контроль (без удобрений)	-	-	-
	На 30 т/га зеленой массы (N ₇₆ P ₄₀ K ₇₀)	55	20	64
	На 40 т/га зеленой массы (N ₁₀₁ P ₅₃ K ₉₉)	75	21	71
	На 50 т/га зеленой массы (N ₁₂₆ P ₆₆ K ₁₂₅)	79	24	72

Сравнительная оценка коэффициентов использования элементов питания из внесенных минеральных удобрений позволяет отметить, что количество используемых элементов питания из внесенных минеральных удобрений на посевах кукурузы зависит как от норм их внесения, но больше всего от условий дополнительного увлажнения почвы.

Кроме того, в наших исследованиях содержание гумуса имело тенденцию роста – от 3,66 в контроле до 3,76 мг/кг почвы в варианте NPK-удобрения на 50 т/га зеленой массы. Такая же закономерность была характерна для подвижных форм фосфора (167,8 и 168,9) и калия (166,8 и 167,5).

3.5. Энерго-экономические показатели применения удобрений и орошения гибрида кукурузы Росс 140 СВ

В условиях безудержной инфляции, повышения цен на ГСМ, удобрения, заработной платы, увеличения налоговой нагрузки общие затраты на возделывание кукурузы с внесением возрастающих норм минеральных удобрений увеличивается от 39,8 тыс. руб./га в контроле до 56,2 тыс. руб./га в варианте NPK на 50 т/га зеленой массы без полива и от 48,6 до 62,2 тыс. руб./га на орошении. Тем не менее, самые высокие условно-чистые доходы были получены именно в этих

последних вариантах опыта – 28,8 тыс. руб./га без полива и 45,3 тыс. руб./га на орошении, что выше контрольных вариантов опыта соответственно на 18,6 и 35,1 тыс. руб./га.

Таким образом, возврат кукурузы на поля Татарстана, освоение зерновой технологии ее возделывания на силос, внесение расчетных норм минеральных удобрений на планируемые урожайности 40 т/га зеленой массы без полива и 50 т/га на орошении обеспечивают получение 26,9-45,3 тыс. руб. условно-чистого дохода с рентабельностью 53,2-72,8% и себестоимостью 8,2-7,2 тыс. руб. одной тонны зерновых единиц при условной цене ее реализации 12,5 тыс. руб./т и био-энергетическим коэффициентом 2,8-3,8 соответственно.

IV. АМИНОКИСЛОТНЫЕ БИОСТИМУЛЯТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОРОШАЕМОЙ КУКУРУЗЫ РОСС 140 СВ НА РАСЧЕТНОМ ФОНЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ N₁₂₆P₆₆K₁₂₅.

4.1. Рост и развитие растений в начальном этапе органогенеза

В современном аграрном секторе мира и России в том числе, нет ни одного человека, который бы отрицал значение биологических препаратов и стимуляторов роста.

Однако первый вопрос, который возникает перед технологами полей, какая оптимальная норма их расхода и когда провести предпосевную обработку семян остается проблемой номер 1. Например, производитель Биостим Старта норму расхода рекомендует от 0,5 до 1,5 л/т семян для зерновых культур, но не уточняет совместимость с химическими фунгицидами и сроки проведения протравливания семян.

Для решения данного вопроса нами были проведены лабораторный и полевой опыт, результаты которых представлены в таблице 3.

Биостим Старт отлично совмещается с химическим фунгицидом Максим Голд, обеспечивая лабораторную всхожесть семян кукурузы до 91-96 % против 86-89 % в контрольных вариантах опыта. Это видимо объясняется тем, что легкоусвояемые аминокислоты, фосфор, калий и набор микроудобрений в составе Биостим Старта за 10-15 суток успевают проникнуть внутрь семени и являются дополнительными источниками питания.

В полевых условиях из 70 тыс. шт./га высеянных семян взошли от 56 до 64 тыс. шт./га. Разница в пользу предварительной обработки семян за 10 дней до посева составила от 4 до 10 %, а за 15 дней – от 6 до 12 %, тогда как от норм расхода Биостим Старта она была в диапазоне от 1 до 5 и от 2 до 6 % соответственно.

В вариантах опыта протравливания семян фунгицидом Максим Голд в сочетании с добавлением в рабочий раствор Биостим Старта от 0,5 до 1,5 л/т семян растения набирают от 0,16 до 0,21 г воздушно сухой массы. Предпосевная обработка семян за 10 дней до посева этим же рабочим раствором обеспечивает накопление воздушно-сухой массы первоначальных листьев кукурузы от 0,19 до 0,24 г/растение с существенной прибавкой 0,02 до 0,03 г/растение, против НСР₀₅ равной для фактора А 0,012 г/растение.

Таблица 3. Влияние норм расхода Биостим Старта и сроков протравливания семян кукурузы на лабораторную, полевую всхожесть и мощность роста всходов

Фактор А (сроки протравливания семян)	Фактор В (норма расхода биостимулятора)	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %	Мощность роста всходов, г/растение
В день закладки лабораторного опыта (контроль)	Максим Голд 0,5 л/т семян (контроль)	86	83	0,16
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т семян	85	82	0,17
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т семян	85	81	0,19
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т семян	84	80	0,21
За 10 дней до закладки лабораторного опыта	Максим Голд 0,5 л/т семян (контроль)	88	85	0,18
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т семян	90	86	0,19
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т семян	94	85	0,21
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т семян	95	90	0,24
За 15 дней до закладки лабораторного опыта	Максим Голд 0,5 л/т семян (контроль)	89	86	0,20
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т семян	91	88	0,22
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т семян	94	90	0,25
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т семян	96	92	0,28
НСР ₀₅	А			0,012
	В			0,014
	АВ			0,018

Таким образом, нормы расхода Биостим Старта и сроки предварительной предпосевной обработки семян за 10-15 дней до посева оказывают большое влияние на лабораторную и полевую всхожесть семян, а также и на мощность роста всходов объекта наших исследований.

4.2. Листовая площадь, листовой индекс и чистая продуктивность фотосинтеза

В начальном этапе органогенеза обработка семян в день закладки лабораторного опыта снижала лабораторную всхожесть, энергию прорастания семян и мощность роста всходов, тогда как формирование листовой площади имело тенденцию увеличения – от 3,4 до 4,5 тыс. м²/га. Такое противоречие показывает значимость листовой подкормки биостимулятором Биостим Кукуруза. Его положительное действие повышается в фазе интенсивного роста растений кукурузы – от 25,6 в контроле (без биостимуляторов) до 28,4 тыс. м²/га и сохраняется до уборки урожая – от 20,2 до 24,3 тыс. м²/га соответственно.

Однако более интенсивное формирование листовой площади орошаемой кукурузы происходит в вариантах опыта предварительной обработки семян за 10-15 суток до посева Биостим Старт 1,5 л/т семян в сочетании с листовой подкормкой этой культуры Биостим Кукуруза в начальном этапе ее развития из расчета 2,0 л/га. В этих вариантах опыта формирование листовой площади в фазе интенсивного роста опережает его начало в 6,5 и 6,6 раза ($31,2 : 4,8 = 6,5$ раза; $31,8 : 4,8 = 6,6$ раза).

Листовой фотосинтетический потенциал кукурузы под влиянием биостимуляторов, используемых в предпосевной подготовке семян за 10 суток до посева и листовой подкормки в начальном этапе развития растений, повышается от

0,177 до 0,193 м²/м², а за 15 суток – от 0,180 до 0,197 м²/м², что выше контрольных вариантов опыта (без биостимуляторов) на 15,6 и 16,6% соответственно, также как и чистая продуктивность фотосинтеза – от 14,5 до 15,1 г/м² в сутки.

4.3. Урожайность и валовой сбор зеленой массы и зерновых единиц

На орошении в среднем за 3 года урожайность зеленой массы была выше запланированной ее величины, даже в вариантах без применения биостимуляторов – от 50,9 до 52,1 т/га зеленой массы против расчетного 50 т/га (табл. 4).

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений и биостимуляторов на урожайность зеленой массы орошаемой кукурузы Росс 140 СВ и валовые сборы зерновых единиц (2022-2024 гг.)

Фактор А (сроки пред- посевной об- работки се- мян)	Фактор В (биостимуляторы в тех- нологии возделывания кукурузы)	Урожай- ность зеле- ной массы, т/га	Валовой сбор зер- новых единиц, т/га	Прибавка, кг/га	
				от био- стиму- ляторов	от сроков обработки семян
В день посева (контроль)	Максим Голд 0,5 л/т семян (кон- троль)	50,9	8,65	-	-
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	51,1	8,69	40	-
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	52,6	8,94	290	-
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	53,4	9,08	430	-
За 10 суток до посева	Максим Голд 0,5 л/т семян (кон- троль)	51,8	8,81	-	160
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	52,4	8,91	100	260
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	55,9	9,50	690	560
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	58,8	10,00	1190	920
За 15 суток до посева	Максим Голд 0,5 л/т семян (кон- троль)	52,1	8,86	-	210
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	53,6	9,11	250	420
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	56,2	9,55	690	610
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	59,3	10,08	1220	1000
НСР ₀₅	А	0,68			
	В	0,96			
	АВ	1,12			

Добавление в рабочий раствор 1,5 л/т семян Биостим Старта и листовая подкормка Биостим Кукурузой 2 л/га увеличивает валовой сбор зерновых единиц от 1190 до 1220 кг/га с прибавкой в зависимости от сроков предпосевной обработки семян от 920 (за 10 суток) до 1000 кг/га (за 15 суток до посева).

Следовательно, на фоне внесения расчетных норм NPK-удобрений на планируемую урожайность 50 т/га зеленой массы в целях дополнительного получения с каждого гектара орошаемой пашни 1190-1220 зерновых единиц семена кукурузы необходимо протравливать за 10-15 суток до посева рабочим раствором 10 л/т H₂O + Максим Голд 0,5 л/т + 1,5 л/т Биостим Старт и провести листовую подкормку биостимулятором Биостим Кукуруза 2 л/га в фазе 3-4 листьев этой культуры.

4.4. Методика расчета величины возможной замены минеральных удобрений аминокислотными биостимуляторами и ее экономические показатели

По нашим расчетам предпосевная обработка семян кукурузы за 10-15 суток до посева рабочим раствором Максим Голд 0,5 л/т + Биостим Старт 1,5 л/т + H₂O 10 л/т в сочетании с листовой подкормкой биостимулятором Биостим Кукуруза 2 л/га + 300 л/га H₂O заменяет 42,8-43,7 кг/га д.в. азотно-фосфорно-калийных удобрений (табл. 5).

Таблица 5. Величина возможной замены NPK-удобрений биостимуляторами и ее экономические показатели

Фактор А (сроки предпосевной обработки семян)	Фактор В (биостимуляторы в технологии возделывания кукурузы)	Замена NPK, кг/га д.в.	Снижение затрат на применение NPK, руб./га	Затраты на применение биостимуляторов, руб./га	± от применения биостимуляторов, руб./га
В день посева (контроль)	Максим Голд 0,5 л/т семян (контроль)	-	-	-	-
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	1,6	128	850	-727
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	7,8	624	1050	-222
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	15,9	1272	1350	78
За 10 суток до посева	Максим Голд 0,5 л/т семян (контроль)	-	-	-	-
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	3,4	272	850	-578
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	24,7	1976	1050	926
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	42,8	3424	1350	2074
За 15 дней суток до посева	Максим Голд 0,5 л/т семян (контроль)	-	-	-	-
	Контроль + Биостим Старт 0,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	8,9	712	850	-138
	Контроль + Биостим Старт 1,0 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	24,7	1976	1050	926
	Контроль + Биостим Старт 1,5 л/т + Биостим Кукуруза 2,0 л/га	43,7	3496	1350	2146

При этом затраты на приобретение, транспортировку и внесение минеральных удобрений снижаются на 3424-3496 руб./га.

В результате, экономия денежных средств в этих вариантах опыта составляет 2074 руб./га ($3424-1350=2074$ руб./га в блоке исследований обработки семян за 10 суток до посева) и 2146 руб./га ($3496-1350=2146$ руб./га в блоке исследований обработки семян за 15 суток до посева).

Таким образом, в целях замены 42,8-43,7 кг/га д.в. минеральных удобрений, снижения затрат на их применение до 3424-3496 руб./га и получения экономии денежных средств на сумму 2074-2146 руб./га предпосевную обработку семян кукурузы необходимо провести за 10-15 суток до посева рабочим раствором Максим Голд 0,5 л/т + Биостим Старт 1,5 л/т + H_2O 10 л/т в сочетании с листовой подкормкой биостимулятором Биостим Кукуруза 2 л/га + H_2O 300 л/га в фазе 3-4 листьев объекта исследований.

Производственная проверка выделившихся вариантов опыта в 2023-2024 гг. была проведена на полях ООО «АФ Кырлай» Арского муниципального района Республики Татарстан и полностью подтвердила высокую эффективность применения расчетных норм минеральных удобрений, аминокислотных биостимуляторов и орошения кукурузы Росс 140 СВ. Прибавка от удобрений составила без полива 75,2%, на орошении – 82,6%, от Биостим Старт + Биостим Кукуруза – 16,3%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В целях повышения энергии прорастания семян до 55-61 %, лабораторной всхожести до 95-96%, полевой всхожести до 90-92% и повышения мощности роста всходов до 0,24-0,25 г/растение сухой массы необходимо провести предварительную обработку посевного материала кукурузы за 10-15 суток до посева рабочим раствором Максим Голд 0,5 л/т + Биостим Старт 1,5 л/т + H_2O 10 л/т.

2. Внесение расчетных норм минеральных удобрений на планируемые урожайности зеленой массы кукурузы с початками в молочно-восковой спелости способствует углублению активного слоя почвы (слой почвы, в котором формируется основная масса корневой системы) от 38,5 до 44,7 см без полива и от 46,4 до 52,6 см на орошении, что соответственно выше контрольных вариантов опыта (без удобрений) на 5,8-22,8 % и 13,7-28,9 %.

3. Внесение минеральных удобрений с расчетом получения 50 т/га зеленой массы орошаемой кукурузы в сочетании с предварительной обработкой семян Биостим Стартом 1,5 л/т и некорневой подкормкой Биостим Кукурузой 2 л/га + H_2O 300 л/га обеспечивает накопление максимальной листовой площади (31,2-31,8 тыс. m^2 /га), листового фотосинтетического потенциала 0,193-0,197 m^2/m^2 и чистой продуктивности фотосинтеза 14,5-15,1 г/ m^2 в сутки, что выше контрольных вариантов опыта (без применения биостимуляторов) на 16,0-16,4; 15,6-16,6 и 25,0-29,1 % соответственно.

4. Под влиянием расчетных норм минеральных удобрений урожайность зеленой массы богарной кукурузы с початками в молочно-восковой спелости повышается от 23,7 в контроле до 40,1 т/га и от 27,5 до 50,7 т/га на орошении против

50 т/га планируемой урожайности. При этом окупаемость минеральных удобрений на орошении пропорционально возрастает от 31,7 до 73,2 кг/кг, тогда как без полива она имеет тенденцию снижения: 52,0 кг/га в варианте NPK на 40 т/га и 51,7 кг/кг в варианте NPK на 50 т/га зеленой массы.

5. Сочетание внесения минеральных удобрений с расчетом получения 50 т/га зеленой массы орошаемой кукурузы с применением аминокислотных биостимуляторов Биостим Старт 1,5 л/т за 10-15 суток до посева и Биостим Кукуруза 2 л/га в период вегетации растений обеспечивает дополнительное получение 7,0-7,2 т/га зеленой массы (1190-1224 зерновых единиц/га).

6. Величина возможной замены NPK-удобрений Биостим Стартом (1,5 л/т) и Биостим Кукурузой (2 л/га) составляет 42,8-43,7 кг/га со снижением денежных затрат до 3424-3496 руб./га.

7. Качество конечной продукции по содержанию сырого протеина (10,8-12,2%), сырого жира (3,6-4,7%) и сахаро-протеиновому соотношению (0,8:1-1,1:1) полностью соответствует нормативным показателям кормления КРС.

8. Минеральные удобрения стимулируют накопление воздушно-сухой массы пожнивно-корневых остатков до 8,35 т/га без полива и 9,57 т/га на орошении, ускоряют их минерализацию до 34,1-38,7%, повышают коэффициент структурности серых лесных почв от 1,27 до 1,94 без полива и от 1,63 до 2,57 на орошении.

9. Коэффициент использования азота по вариантам опыта составил 55-71% без полива и 55-79 % на орошении, фосфора 14-15 % и 20-24 %, калия 57-62 и 64-72 % соответственно.

10. Кроме контрольных вариантов опыта (без удобрений) была отмечена положительная тенденция роста содержания гумуса (3,78-3,86 % против 3,70 % в исходной почве, подвижных форм фосфора (168,7-168,9 мг/кг почвы против 168,0 мг/кг в исходной почве и калия (167,8-167,5 мг/кг против 167,0 мг/кг в исходной почве).

11. Несмотря на рост цен реализации минеральных удобрений и затрат на орошение их применение в технологии возделывания кукурузы на силос с початками в молочно-восковой спелости остается экономически и энергетически выгодным агротехническим приемом. Самая высокая рентабельность производства кукурузного силоса (53,2 %) была отмечена в варианте внесения NPK-удобрений с расчетом получения 40 т/га зеленой массы, а на орошении (72,8 %) в последнем варианте опыта (NPK на 50 т/га).

12. При условной цене реализации 1 т зерновых единиц кукурузы 12,5 тыс. руб. с вышеотмеченных вариантов опыта в кассу хозяйства поступило бы 4,3 и 5,3 тыс. руб. денежных средств (12,5 тыс. руб./т – 8,2 тыс. руб./т себестоимость = 4,3 тыс. руб. денежных средств).

13. Производственная проверка и внедрение результатов исследований в сельскохозяйственное производство полностью соответствуют результатам стационарных исследований.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В целях получения стабильной урожайности зеленой массы, соответствующей по качеству нормативным показателям кормления КРС, 50,7 т/га с рентабельностью производства 72,8 % и себестоимостью 7,2 тыс. руб./т зерновых единиц, на серых лесных почвах Республики Татарстан рекомендуется возделывать районированный гибрид кукурузы Росс 140 СВ по зерновой технологии на орошении на фоне минерального питания, рассчитанного на получение 50 т/га зеленой массы против 40 т/га в богарном земледелии.

В целях частичной замены (42,8-43,7 кг/га) вышеуказанных норм минеральных удобрений аминокислотными биостимуляторами и экономии денежных средств 3424-3496 руб./га рекомендуется обработать семена кукурузы за 10-15 суток до посева рабочим раствором Максим Голд 0,5 л/т + Биостим Старт 1,5 л/т + H₂O 10 л/т и провести некорневую подкормку растений в фазе 3-4 листьев Биостим Кукуруза 2 л/га.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации

1. Эффективность биопрепарата Биостим на посевах орошаемой кукурузы Росс 140 СВ / Ф. Н. Сафиоллин, **И. Ф. Яхин**, М. М. Хисматуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 19, № 3(75). – С. 33-39. – DOI 10.12737/2073-0462-2024-33-39. – EDN SXHXPН.

2. **Яхин, И. Ф.** Влияние агрономических и агрохимических факторов на продуктивность орошаемой гибридной кукурузы Росс 140 СВ в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / **И. Ф. Яхин** // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 4(12). – С. 52-58. – DOI 10.12737/2782-490X-2024-52-58. – EDN LRYDNT.

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в Scopus

3. Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов, Р. Х. Габитов, **И. Ф. Яхин** // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2023. – № 115. – С. 199-223. – DOI 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223. – EDN CQBABU.

4. Influence of irrigation and fertilisation on yield and quality of green mass of maize in soil-climatic conditions of the Republic of Tatarstan / F. N. Safiollin, A. A. Lukmanov, M. M. Khismatullin, S.R. Suleimanov, **I.F. Yakhin** // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2024), Kazan, 28-29 ноября 2024 года. – Kazan: EDP Sciences, 2025. – P. 00032. – DOI 10.1051/bio-conf/202516100032. – EDN YECAQE.

Статьи, опубликованные в других научных журналах и сборниках материалов международных и всероссийских научно-практических конференций:

5. **Яхин, И. Ф.** Урожайность орошаемой кормовой кукурузы в зависимости

от погодно-климатических условий 2022 г. и фонов её питания на серых лесных почвах Республики Татарстан / **И. Ф. Яхин**, М. М. Хисматуллин, Н. В. Трофимов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 564-572. – EDN UWFGRU.

6. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на урожайность орошаемой кормовой кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / **И. Ф. Яхин**, Р. Х. Габитов, М. М. Хисматуллин, Н. В. Трофимов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 4(4). – С. 45-50. – DOI 10.12737/2782-490X-2022-45-50. – EDN AJFRNI.

7. **Яхин, И. Ф.** Эффективность применения расчетных норм минеральных удобрений и орошения гибридной кукурузы Росс 140 СВ на серых-лесных почвах Республики Татарстан / **И. Ф. Яхин**, Р. Х. Габитов // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Казань, 23–24 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 233-240. – EDN VYDXEV.

8. **Яхин, И. Ф.** Особенности орошения кукурузы для получения высокой урожайности на серых лесных почвах Республики Татарстан / **И. Ф. Яхин**, Р. Х. Габитов, С. В. Сочнева // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Казань, 23–24 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 241-247. – EDN ZAXVYR.

9. **Яхин, И. Ф.** Влияние средств химизации на формирование урожая зеленой массы кукурузы с початками молочно-восковой спелости / **И. Ф. Яхин**, Р. Х. Габитов, М. М. Хисматуллин [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 2(6). – С. 44-51. – DOI 10.12737/2782-490X-2023-44-51. – EDN DVFPWC.

10. Оценка питательности различных видов кормов, заготовленных из кукурузы, в зависимости от уровня химизации и почвенного покрова Республики Татарстан / **И. Ф. Яхин**, Р. Х. Габитов, С. В. Сочнева, Н. В. Трофимов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 4(8). – С. 53-60. – DOI 10.12737/2782-490X-2024-53-60. – EDN JUIPYO.

11. **Яхин, И. Ф.** Теоретические основы и практические приемы возделывания кукурузы гибрида Росс 140 СВ с учётом биологических особенностей / **И. Ф. Яхин** // Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия: Сборник трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, д.с-х.н., профессора А.А. Зиганшина, Казань, 05-06 апреля 2023 года. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 180-188. – EDN DGJQBH.

12. **Яхин, И. Ф.** Теоретические основы и практические приемы возделывания кукурузы по зерновой технологии с учётом биологических особенностей скороспелых гибридов / **И. Ф. Яхин**, Н. В. Трофимов, М. М. Хисматуллин // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаеховича, Казань, 29 марта 2023 года. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 204-212. – EDN WPPSTU.

13. **Яхин, И. Ф.** Биологические особенности и продуктивность раннеспелого гибрида кукурузы Росс 140 СВ на зеленую массу / **И. Ф. Яхин** // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Института агробиотехнологий и землепользования, Казань, 29 ноября 2024 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 357-364. – EDN ILGLVP.

Патент на изобретение

14. Патент № 2845859 С1 Российская Федерация, МПК А01G 22/20. Способ повышения урожайности кукурузы на зеленую массу: заявл. 07.06.2024: опубл. 26.08.2025 / **И. Ф. Яхин**, Р. Р. Сафиоллин, С. В. Сочнева, М. М. Хисматуллин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет". – EDN SOWSNR.