Министерство сельского хозяйства Российской федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)

УДК 631.82: 631.454
№ госрегистрации
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор – проректор по научной и международной деятельности
д-р тех. наук, профессор
_____ Б.Г. Зиганшин
«30» ноября 2021 г.

О Т Ч Ё Т
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

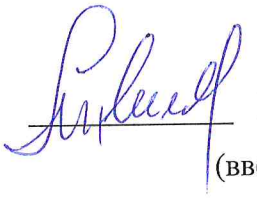
«ОТРАБОТКА ПРИЕМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ИНКО-ТЭК АГРО АЛАБУГА» НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»

по договору № 23-20-НИР от 3 сентября 2020 г.

Казань 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,

д-р с.-х. наук  М.Ю. Гилязов

(введение, разделы 2.1, 2.3, 2.4, 2.7, заключение)

Исполнители темы:

д-р. с.-х. наук Р.В. Миникаев

(разделы 2.2, 2.6)

канд. биол. наук Л.Г. Гаффарова

(разделы 2.2, 2.5)

РЕФЕРАТ

Отчёт - 48 стр., 4 рис., 3 фото., 12 табл., 28 источников, 10 прил.

НОВЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ООО «ИНКО-ТЭК АГРО АЛАБУГА», СЕРАЯ ЛЕСНАЯ ПОЧВА, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, УРОЖАЙНОСТЬ, СТРУКТУРА УРОЖАЯ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Объектом исследования являются новые комплексные удобрения производства ООО «ИНКО-ТЭК Агро Алабуга».

Цель исследования – отработка приемов использования и оценка эффективности применения новых комплексных удобрений на посевах озимой пшеницы. Обсуждаются результаты полевого эксперимента, проведенного на серой лесной почве в условиях Предкамья Республики Татарстан (РТ).

Показано, что засуха, установившаяся в мае-июне 2021 г., привела к резкому снижению урожайности озимой пшеницы и окупаемости удобрений.

Новые комплексные удобрения повысили сохранность растений к уборке, по отношению к контролю, на 8-13 %, и увеличили долю зерна в надземной части урожая. Установлено, что одинарные дозы новых комплексных удобрений (200 кг/га) марки NPKS-1, NPKS-5, NPKS-8, внесенные до посева, обеспечили получение от 0,56 до 0,60 т/га прибавки зерна озимой пшеницы, которые статистически существенно не отличались от прибавок полученных при использовании эквивалентных доз тукосмеси и азофоски. Серосодержащие новые комплексные удобрения заметно улучшили показатели качества зерна озимой пшеницы - натуру, стекловидность, содержание клейковины. Для допосевного внесения под озимую пшеницу наиболее экономически выгодными оказались новые комплексные удобрения марки - NPKS-5 и NPKS-8.

Указывается необходимость продолжения начатых исследований.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ 7

2.1 Цель и задачи исследования 7

2.2 Методика и условия проведения исследования 8

2.3 Действие испытанных удобрений на полевую всхожесть и первоначальный рост растений озимой пшеницы 17

2.4 Влияние новых комплексных удобрений на урожайность и структуру урожая озимой пшеницы 21

2.5 Влияние новых комплексных удобрений на содержание основных макроэлементов в растениях озимой пшеницы 25

2.6 Действие новых комплексных удобрений на качество зерна озимой пшеницы 28

2.7 Экономическая эффективность применения новых комплексных удобрений на посевах озимой пшеницы 31

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ 35

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 38

Приложение А 41

Приложение Б 42

Приложение В 42

Приложение Г 43

Приложение Д 43

Приложение Е 44

Приложение Ж 45

Приложение З 46

Приложение И 47

Приложение К 48

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное повышение урожайности сельскохозяйственных культур – необходимое условие обеспечения растущего населения мира продовольствием, ибо в современных условиях нет реальной возможности освоения новых земель [12, 24]. Даже, наоборот, рост населения планеты сопровождается сокращением площадей сельскохозяйственных земель, на которых производится более 90 % продовольствия. По прогнозу ООН, население мира к 2050 г. достигнет более 9 млрд. Если в течение первой половины XX в. площадь под зерновыми на душу населения сократилась в мире с 0,23 до 0,12 га, то к 2050 г. она составит всего 0,07 га [8].

Среди многочисленных приемов повышения урожайности и улучшения качества урожая особое место занимают удобрения – минеральные, органические вещества и биологические препараты, улучшающие питание растений и повышающие плодородие почв. Удобрения призваны вернуть в почву те питательные вещества, которые отчуждаются в составе урожая. Поэтому повышение урожайности сельскохозяйственных культур невозможно без адекватного увеличения применения удобрений, и попытки отказаться от применения удобрений неизбежно приведут к постепенному агрохимическому истощению почв, даже самых плодородных [5-7, 10, 13, 21, 27, 28].

Среди двадцати абсолютно необходимых питательных элементов сельскохозяйственные культуры больше всего потребляют азота, фосфора и калия, именно дефицит этих макроэлементов чаще всего является лимитирующим фактором роста урожайности и низкого качества урожая. Поэтому производство и применение минеральных удобрений, содержащих азот, фосфор и калий, постоянно растет, как в нашей стране, так и в мире в целом [11, 16, 25]. Наряду с этими тремя макроэлементами нередко в

земледелии многих регионов ощущается нехватка серы и возникает необходимость включения данного питательного элемента в состав традиционных удобрений или производства простых серосодержащих удобрений [3, 16, 26].

Эффективность удобрений достигается лишь тогда, когда они вносятся в соответствии с биологическими требованиями растений и с учетом обеспеченности почв всеми абсолютно необходимыми макро- и микроэлементами. В этом плане наиболее удачным представляется широкое использование комплексных удобрений, одновременно содержащих все необходимые макро- и микроэлементы для данной сельскохозяйственной культуры на конкретном поле [11, 15, 17].

В связи с этим, наше исследование, предусматривающее оценку агрономической и экономической эффективности новых комплексных удобрений производства ООО «ИНКО-ТЭК Агро Алабуга», которые могут быть подготовлены индивидуально для каждого поля и сельскохозяйственной культуры, отвечает насущным запросам сельского хозяйства и требованиям экологической безопасности.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования являются новые комплексные удобрения производства ООО «ИНКО-ТЭК Агро Алабуга», эффективность которых испытывалась на посевах важнейшей зерновой культуры нашей страны и нашего региона – озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы Республики Татарстан.

2.1 Цель и задачи исследования

Цель нашего исследования – отработка приемов использования и оценка эффективности применения новых комплексных удобрений на посевах озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы Республики Татарстан.

Для решения поставленной цели в отчетном году предусматривалось решение следующих задач:

1. Оценить действие испытанных удобрений на полевую всхожесть семян и первоначальный рост растений озимой пшеницы;

2. Установить влияние новых комплексных удобрений на урожайность и структуру урожая озимой пшеницы;

3. Определить влияние новых комплексных удобрений на содержание основных макроэлементов в урожае подопытной культуры;

4. Установить действие новых комплексных удобрений на качество урожая озимой пшеницы;

5. Оценить экономическую эффективность применения новых комплексных удобрений на посевах озимой пшеницы.

2.2 Методика и условия проведения исследования

Полевые исследования проводились в 2021 году на территории Агробиотехнопарка Казанского государственного аграрного университета (Лаишевский муниципальный район Республики Татарстан) в условиях серой лесной тяжелосуглинистой почвы, которая являются преобладающим почвенным типом Предкамья Республики Татарстан.

Почвенные образцы отбирали до закладки опыта с глубины пахотного слоя. Один смешанный образец составлялся с каждой повторности опыта. Всего было отобрано 4 почвенных образца, в которых определялось содержание гумуса; минерального азота (сумма аммонийного и нитратного); подвижных форм фосфора, калия и серы; емкость катионного обмена; гидролитическая и обменная кислотность.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка дана в таблице 1.

Содержание гумуса в пахотном слое почв равнялось 3,8 %, что, согласно «Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [14], позволяет отнести данную почву к классу слабогумусированных (приложение А).

Обеспеченность почвы опытного участка минеральным азотом, который определяется суммированием аммонийного и нитратного азота, оценивается как средняя (приложение Б).

Содержание подвижных форм фосфора, определенного по методу Кирсанова, составила 238 мг/кг, что свидетельствует о высоком уровне обеспеченности почвы опытного участка данным питательным элементом.

Обеспеченность почвы следующими двумя важными макроэлементами – калием и серой – характеризуется соответственно, как повышенная и средняя (приложение В и Г).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы пахотного слоя опытного участка

Показатели	Значения	Уровень показателя (степень обеспеченности)
Массовая доля гумуса, %	3,8	слабогумусированная
Массовая доля аммонийного азота, мг/кг	7,5	низкая
Массовая доля нитратного азота, мг/кг	18,7	средняя
Массовая доля подвижного фосфора, мг/кг	238	высокая
Массовая доля подвижного калия, мг/кг	153	повышенная
Массовая доля подвижной серы, мг/кг	7,2	средняя
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	24,1	умеренно низкая
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	3,0	близкая к нейтральной
pH солевой вытяжки	5,9	близкая к нейтральной

Судя по величине pH солевой вытяжки и гидролитической кислотности, реакция почвенной среды оценивается как близкая к нейтральной (приложение Д).

Емкость катионного обмена, характеризующая поглотительные свойства и буферность почвы, оказалась невысокой и оценивается умеренно низкой (приложение Е).

Таким образом, изученные агрохимические параметры почвы опытного участка в основном соответствуют биологическим особенностям подопытной культуры и в целом являются типичными для серых лесных почв региона. Лишь по обеспеченности подвижными формами фосфора и реакции почвенной среды данная почва выглядит лучше зональных аналогов.

общему количеству NPK полностью эквивалентна новому комплексному удобрения марки NPKS-1 и общеизвестному удобрению «азофоска»

Таблица 3

Схема полевого опыта

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Сроки внесения						
	до посева				при посеве		после посева
	Новые комплексные удобрения	Аммиачная селитра (34,4:0:0)	Аммофос (11:50:0)	Хлористый калий (0:0:60)	Аммофос (11:50:0)	Азофоска (16:16:16)	Аммиачная селитра (34,4:0:0)
	Дозы удобрений, кг/га (физический вес)						
1.Контроль (без удобрений)	-	-	-	-	-	-	-
2.Тукосмесь	-	73	64	53	24	-	100
3.NPKS-1	200	-	-	-	24	-	100
4.NPKS-5	200	-	-	-	24	-	100
5.NPKS-5*	400	-	-	-	24	-	100
6.NPKS-8	200	-	-	-	24	-	100
7.Азофоска	200	-	-	-	24	-	100
8.Аммиачная селитра	-	124	-	-	-	100	100

Прим.: * двойная доза нового комплексного удобрения.

(варианты опыта № 2, 3 и 7). Новое комплексное удобрение марки NPKS-1 отличается от традиционной азофоски и тукосмеси только наличием серы.

Новые комплексные удобрения двух других марок достаточно близки к NPKS-1: NPKS-5 отличается несколько меньшим содержанием азота, калия,

В опытах использовали новые комплексные макроудобрения, планируемые к выпуску в ООО «ИНКО-ТЭК Агро Алабуга» на основе относительно дешевых простых минеральных удобрений и местных агрономических руд, для получения которых будет использована уникальная инновационная технологическая линия.

С учетом биологических особенностей озимой пшеницы и свойств почвы опытного участка в эксперименте были использованы следующие опытные марки удобрений (таблица 2).

Таблица 2

Содержание действующих веществ в новых комплексных удобрениях, использованных в полевом эксперименте

Марка удобрения	Массовая доля общего, %			
	азота	фосфора	калия	серы
NPKS-1	16,0	16,0	16,0	8,0
NPKS-5	14,0	18,0	14,0	6,0
NPKS-8	12,0	15,0	15,0	13,6

Эффективность новых комплексных удобрений на посевах озимой пшеницы сравнивали с традиционными простыми (аммиачная селитра, хлористый калий) и комплексными (аммофос, азофоска) удобрениями.

Дозы, сроки и способы внесения удобрений указаны в схеме опыта (таблица 3). Во всех вариантах опыта (за исключением контроля) использовали два наиболее эффективные способы применения азотных и фосфорных удобрений на посевах озимых культур:

- ранневесеннюю подкормку аммиачной селитрой из расчета 100 кг/га (физический вес);

- припосевное внесение фосфорсодержащих удобрений (аммофос или азофоска).

Тукосмесь приготовили путем смешивания перед внесением аммиачной селитры, аммофоса и хлорида калия. Она по соотношению и

серы, но чуть высоким содержанием фосфора; NPKS-8 характеризуется более высоким содержанием серы при меньшем содержании остальных элементов.

Вариант опыта № 8 наиболее близок к распространённому в настоящее время системе удобрения, где повышенная доза припосевного удобрения (N16P16K16) сочетается с широким использованием аммиачной селитры.

В пятом варианте опыта испытали двойную дозу допосевного внесения NPKS-5 в надежде на получение максимальной урожайности озимой пшеницы.

Годовые нормы внесения питательных элементов в составе удобрений по вариантам опыта даны в таблице 4.

Таблица 4

Годовые нормы внесения удобрений по вариантам опыта

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Годовая нормы внесения питательных элементов, кг д.в./га				
	N	P	K	S	сумма
1.Контроль (без удобрений)	0	0	0	0	0
2.Тукосмесь	69	44	32	0	145
3.NPKS-1	69	44	32	16	161
4.NPKS-5	65	48	28	12	153
5.NPKS-5*	93	84	56	24	257
6.NPKS-8	61	42	30	27	160
7.Азофоска	69	44	32	0	145
8.Аммиачная селитра	93	16	16	0	125

Прим.: * двойная доза нового комплексного удобрения.

За исключением варианта опыта № 5, где испытывалась двойная доза нового комплексного удобрения, годовые дозы внесения азота, фосфора, калия и серы по вариантам варьируют от 125 до 161 кг д.в./га. Если сравнивать суммы только азота, фосфора и калия, то варианты опыта № 2-4,

6-8 различаются между собой ещё меньше, в пределах от 125 до 145 кг д.в./га.

Допосевное удобрение было внесено под предпосевную обработку почвы накануне посева, припосевное – сеялкой Wintersteiger, весенняя подкормка разбросным способом с последующим боронованием.

Удобрения испытали на посевах озимой пшеницы сорта «Скипетр».

Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для нашей зоны [23].

Семена характеризовались следующими посевными качествами: масса 1000 семян 46,96 г, посевная годность 94 %. Норма высева 5 млн. шт. всхожих семян, весовая норма высева составила 250 кг/га. Семена посеяли 08.09.2020 года сеялкой Wintersteiger на глубину 5-6 см с междурядьем 12,5 см (фото. 1).

Фото. 1 Посев озимой пшеницы на опытном поле (08.09.2021)

Семена перед посевом были обработаны препаратом «Оплот трио» из расчета 0,6 л/т. Весенняя подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой была проведена 20 апреля 2021 года.

Мелкоделяночный опыт проведен в соответствии с требованиями методики полевого опыта [9]. Учетная площадь делянок 35 м^2, повторность

опыта четырехкратная. Уборка урожая проведена прямым комбайнированием 19 июля 2021 года селекционным комбайном «Terrion» в фазе твердой спелости зерна. Урожайность зерна пересчитана на 14 % влажность и 100 % чистоту. Отбор растений для снопового и агрохимических анализов с каждой делянки в трех местах площадью 1 м^2 состоялся накануне уборки урожая.

Основные показатели метеорологических условий вегетационного периода озимой пшеницы приведены на рисунках 1, 2 и в приложении Ж.

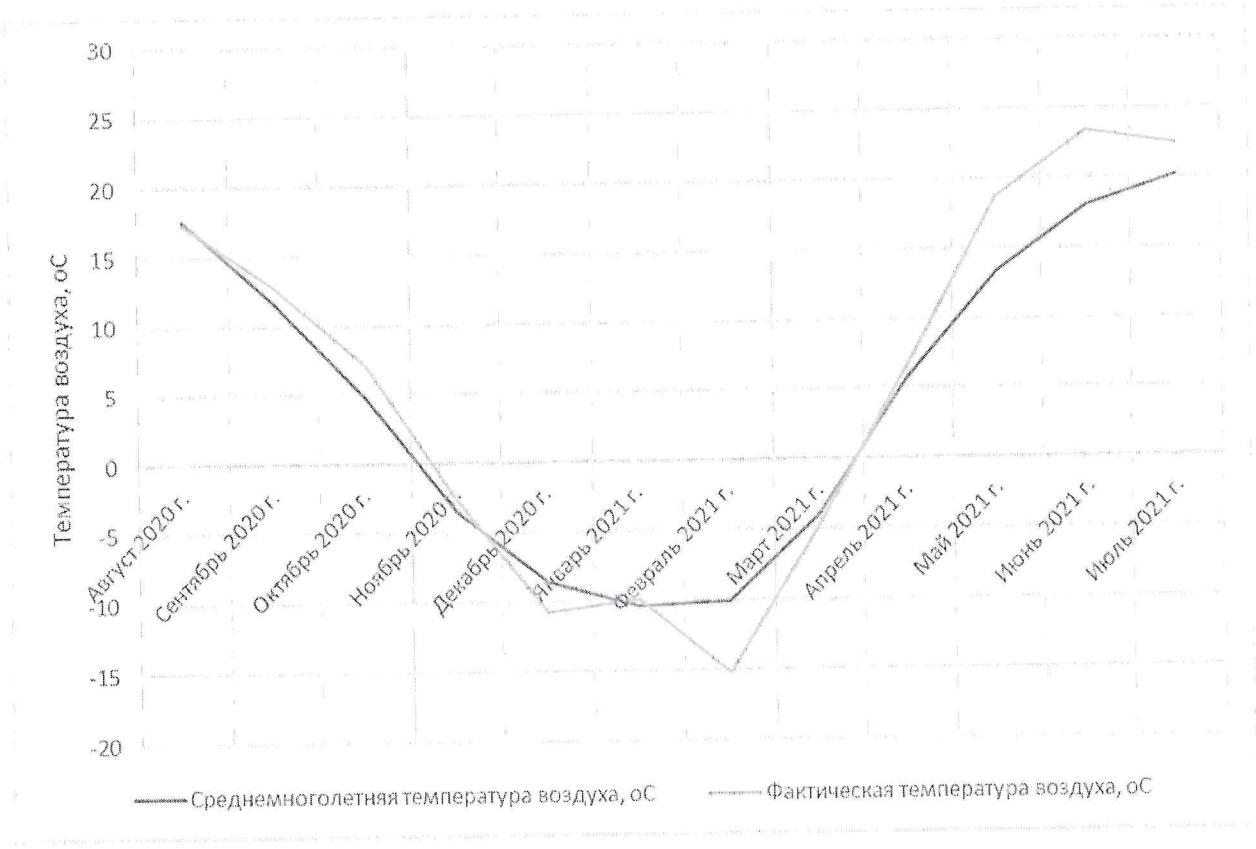


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха вегетационного периода 2020-2021 гг. (метеопост Казанского ГАУ «Ферма 2»)

Температура воздуха августа 2020 года была близкой к среднемноголетней норме, а количество осадков превышало норму в 1,66 раза, то есть перед посевом озимой пшеницы в почве накопился неплохой запас влаги. Положительное влияние для прорастания семян оказал и дождь, выпавший на следующий день после посева.

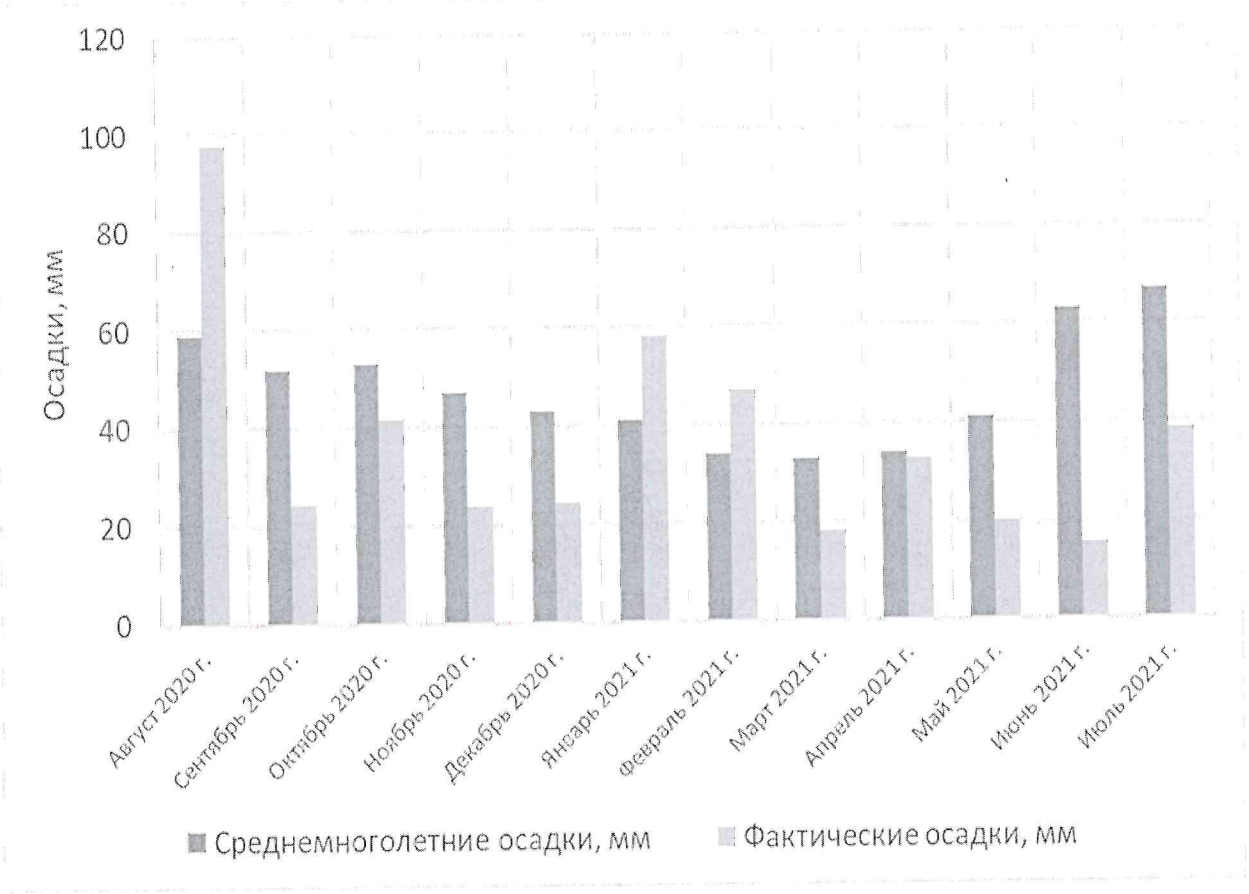


Рис. 2. Количество атмосферных осадков вегетационного периода 2020-2021 гг. (метеопост Казанского ГАУ)

Последующие два месяца осени оказались теплее обычного на 1,1-2,4 градуса и характеризовались меньшим количеством осадков. Но в целом, для осеннего развития озимой пшеницы складывались вполне удовлетворительные метеорологические условия.

Декабрь оказался малоснежным (осадки составили лишь 57 % к норме) и холоднее обычного на – 2,1 °С. По-иному сложились погодные условия в январе 2021 года: снег выпал больше нормы в 1,41 раза, а средняя температура воздуха оказалась чуть выше нормы. Февраль, наоборот, был на 5,1 °С холоднее обычного и характеризовался обильными осадками. Марте количество осадков и температура воздуха были меньше нормы. Несмотря на постоянные отклонения от среднемноголетних данных по отдельным

месяцам, в целом за холодный период сумма осадков оказалась близкой к норме.

Вполне благоприятно складывались метеорологические условия апреля: осадки в пределах нормы, температура чуть выше обычного.

К сожалению, в самые ответственные периоды для роста и развития озимой пшеницы - в мае и июне установилась сильная засуха: количества месячных осадков составили соответственно лишь 49 и 24 % к норме, при одновременном превышении среднемесячной температуры воздуха в 1,3-1,4 раза. Именно неблагоприятные условия этих двух месяце, особенно июня, стали причиной снижения урожайности озимой пшеницы. Как показали наши предыдущие исследования [6], урожайность многих культур нашей зоны наиболее тесно коррелируется именно количеством июньских осадков. Следует также отметить, что метеорологические условия июля благоприятствовали созреванию и уборке урожая.

Агрохимические анализы почв и растений выполнены в Центре агроэкологических исследований ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» и ФГБУ ЦАС «Татарский» согласно действующим ГОСТам и методикам.

Агрохимические показатели почв определены по следующим методикам:

- гумус по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91);
- емкость катионного обмена по ГОСТ 17.4.4.01-84;
- гидролитическая кислотность по ГОСТ 26212-91;
- pH солевой вытяжки по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85);
- азот нитратный по ГОСТ 262951-2003;
- азот аммонийный по ГОСТ 26489-85;
- подвижные соединения фосфора и обменного калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207-91;
- подвижная сера по ГОСТ 26490-85.

Анализы растительных образцов проведены по следующим методам:

- содержание общего азота по ГОСТ 13496.4-93;

- содержание общего фосфора по ГОСТ 26657-97;

- содержание общего калия по ГОСТ 30504-97;

- содержание серы по методике ЦИНАО (1999);

- содержание влаги по ГОСТ 28268-89.

Качественная характеристика урожая (зерна) оценена по следующим показателям:

- содержание белка в зерне методом Кьельдаля по ГОСТ 10846-91;

- стекловидность зерна по ГОСТ 10987-76;

- натура зерна по ГОСТ 10840-2017;

- количество и качество клейковины в зерне по ГОСТ 55478-2011;

- число падения методом Харберга-Пертена по ГОСТ 3093-2016;

- содержание влаги по ГОСТ 13586.5-15.

Статистическая обработка урожайных данных проведена по Б.А. Доспехову [9].

2.3 Влияние удобрений на полевую всхожесть семян и первоначальный рост растений озимой пшеницы

При возделывании любых сельскохозяйственных культур весьма важным условием получения высоких урожаев представляется получение дружных всходов. По некоторым данным, снижение полевой всхожести семян на 1 % приводит к снижению урожайности на 1,5-2 %. Всхожесть семян зависит от многих факторов: посевных качеств семян, почвенных и погодных условий. Всхожесть семян и сохранность растений к уборке в значительной мере может быть повышена за счет использования агрохимикатов [1, 20, 22].

Отбор растительных проб для определения полевой всхожести семян и биометрической оценки проростков озимой пшеницы был проведен 13 октября 2020 г в фазу кущения (фото 2).

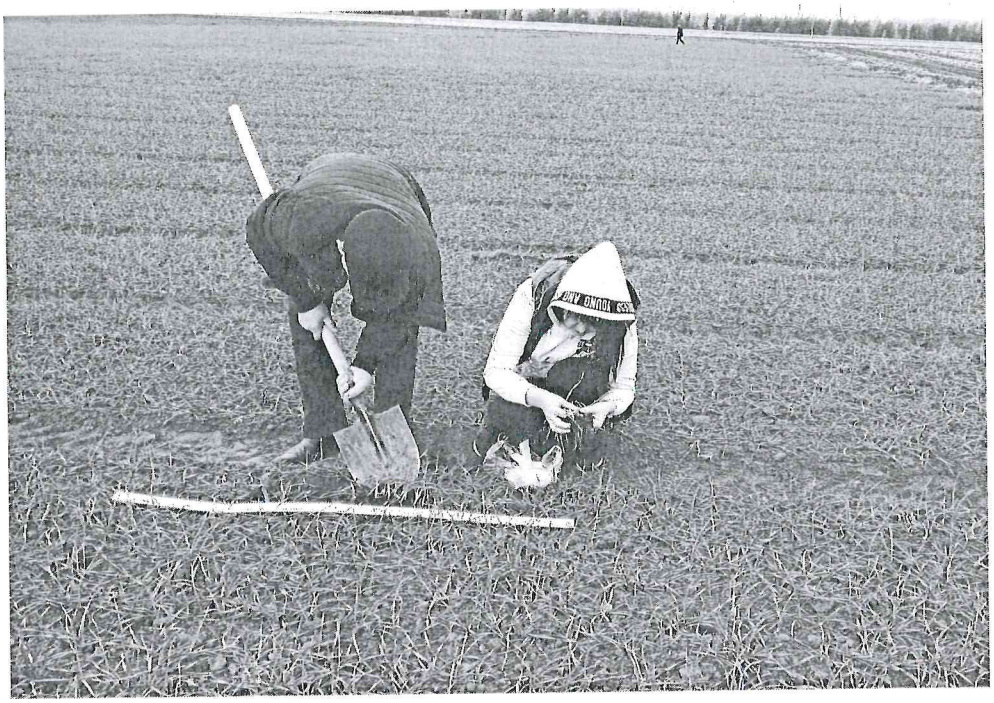


Фото 2. Отбор растительных проб озимой пшеницы для определения полевой всхожести семян (13.10.2020)

Влияние испытанных удобрений на полевую всхожесть и сохранность растений озимой пшеницы иллюстрируется данными таблицы 5.

На контрольном варианте, то есть без внесения минеральных удобрений, полевая всхожесть озимой пшеницы равнялась 76,4 % от высеянных семян, что может быть оценено как неплохой показатель.

Исследователи нередко отмечают повышение полевой всхожести семян ряда культур на удобренных почвах [2]. В условиях нашего эксперимента удобрение почвы, как тукосмесью, так и комплексными удобрениями, заметного влияния на полевую всхожесть семян пшеницы не оказало. На удобренных почвах, за исключением 8-ого варианта, полевая всхожесть колебалась в пределах от 76,0 до 76,8 %. Лишь в случае припосевного

Таблица 5

Влияние удобрений на полевую всхожесть и сохранность растений озимой пшеницы

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Полевая всхожесть		Число растений к уборке, шт./м^2	Сохранность растений**, %
	шт./м^2	%		
1.Контроль (без удобрений)	382 / **100**	**76,4**	165 / **100**	43,2 / **100**
2.Тукосмесь	384 / **99**	**76,8**	189 / **115**	49,2 / **110**
3.NPKS-1	382 / **100**	**76,4**	188 / **114**	49,2 / **110**
4.NPKS-5	384 / **101**	**76,8**	188 / **114**	49,0 / **109**
5.NPKS-5*	380 / **99**	**76,0**	192 / **116**	50,5 / **113**
6.NPKS-8	382 / **100**	**76,4**	182 / **110**	47,6 / **108**
7.Азофоска	382 / **100**	**76,4**	185 / **112**	48,4 / **109**
8.Аммиачная селитра	376 / **98**	**75,2**	180 / **109**	47,9 / **109**

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения;
** * - в процентах к количеству всходов.

внесения 100 кг/га азофоски обнаружилось снижение этого показателя на 1,2 % по отношению к контролю. Возможно, указанная доза припосевного удобрения оказалась несколько завышенной. В целом влияние удобрений на полевую всхожесть семян оказалось слабым, что, возможно обусловлено хорошей обеспеченностью почвы опытного участка подвижными формами питательных элементов.

Сохранность растений, то есть процентное отношение общего количества растений перед уборкой к числу всходов на 1 м^2, на контрольном варианте составила 43,2 %, что, к сожалению, низкий показатель, обусловленный неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода.

Под действием минеральных удобрений сохранность растений озимой пшеницы повысилась на 4,4-7,3 % по отношению к контролю. Наибольшая сохранность растений (50,5 %) обнаружена при внесении двойной дозы нового комплексного удобрения NPKS-5.

На фотоснимке 3 и в таблице 6 показаны всходы растений, отобранных 13.10.2021, и их биометрические показатели.

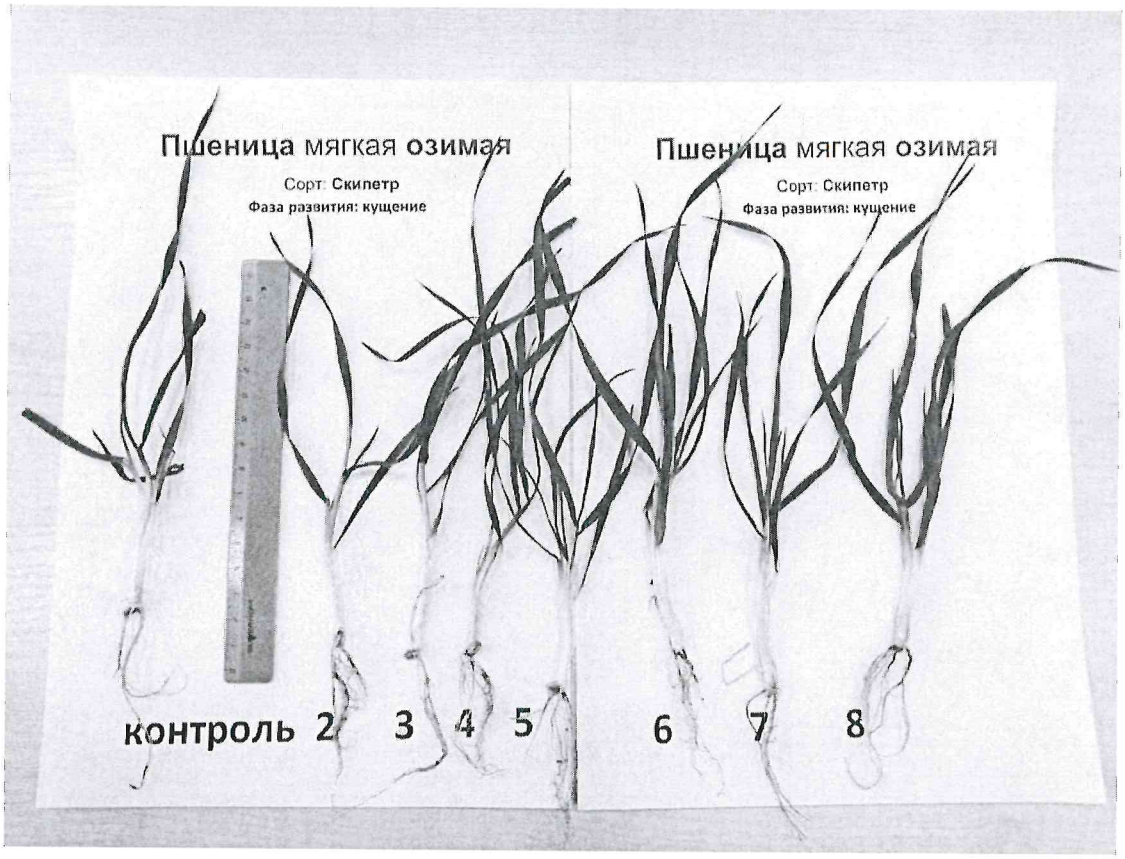


Фото 3. Всходы растений озимой пшеницы по вариантам опыта

Длина корешка всходов по вариантам опыта существенно не различались. Превосходство ростков по длине и массе, полученных на удобренных делянках, по отношению к контрольному уровню, также оказалось слабозаметным.

Таким образом, испытанные удобрения оказали слабое влияние на полевую всхожесть семян, биометрические показатели ростков озимой пшеницы, положительное их влияние заметнее проявилось в сохранности растений к уборке.

Таблица 6

Биометрические показатели растений озимой пшеницы в фазе кущения

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Длина, см		Масса 25 ростков**, г
	корешка	ростка	
1.Контроль (без удобрений)	4,5	15,0	21,6
2.Тукосмесь	4,5	15,2	22,0
3.NPKS-1	4,5	15,6	22,1
4.NPKS-5	4,6	15,3	22,2
5.NPKS-5*	4,5	15,5	23,0
6.NPKS-8	4,7	15,6	22,7
7.Азофоска	4,4	15,3	22,5
8.Аммиачная селитра	4,5	15,7	22,0

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения;
** сырая масса.

2.4 Влияние новых комплексных удобрений на урожайность и структуру урожая озимой пшеницы

Урожайность зерна и соломы озимой пшеницы в зависимости от внесенных удобрений приведена в таблице 7.

Без внесения удобрений урожайность зерна составила 2,17 т/га. Тукосмесь, приготовленная из аммофоса, аммиачной селитры и хлористого калия и внесенная до посева в сочетании с припосевным внесением аммофоса и ранневесенней подкормкой аммиачной селитрой, дала 0,54 т/га прибавки урожая, что составляет 25 % к уровню контроля. Примерно такую же прибавка (0,55 т/га) обеспечило допосевное внесение азофоски, эквивалентной по содержанию NPK тукосмеси.

В вариантах опыта № 3, 4, 6, где одинарные дозы новых комплексных удобрений (200 кг/га) марки NPKS-1, NPKS-5, NPKS-8 были внесены до посева, прибавки урожая зерна составили от 0,56 до 0,60 т/га. Эти прибавки

Таблица 7

Действие новых комплексных удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Урожайность зерна		Урожайность соломы		Солома / зерно
	т/га	прибавка	т/га	прибавка	
1.Контроль (без удобрений)	2,17	0	4,95	0	2,28
2.Тукосмесь	2,71	0,54	6,29	1,34	2,32
3.NPKS-1	2,73	0,56	6,17	1,22	2,26
4.NPKS-5	2,75	0,58	6,13	1,18	2,23
5.NPKS-5*	2,86	0,69	6,15	1,20	2,15
6.NPKS-8	2,77	0,60	6,01	1,06	2,17
7.Азофоска	2,72	0,55	6,28	1,33	2,31
8.Аммиачная селитра	2,62	0,45	6,21	1,26	2,37
$НСР_{05}$	0,13		0,28		-

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения.

статистически существенно не отличаются от прибавок полученных от тукосмеси и азофоски.

Двойная доза комплексного удобрения NPKS-5 (вариант опыта № 5) обеспечила получение максимальной прибавки урожая (0,69 т/га). В то же время следует отметить, что окупаемость 1 кг NPK зерном по этому варианту оказалась скромной – всего 2,96 кг/кг.

Минимальную прибавку урожая зерна (0,45 т/га) дал 8-ой вариант опыта, где в качестве допосевного удобрения была внесена аммиачная селитра. На наш взгляд, данное обстоятельство обусловлено несколькими причинами: меньшей суммой NPK (125 кг/га), недостатком в составе

вносимых удобрений фосфора и калия и, возможно, повышенной дозой припосевного удобрения (N16P16K16).

Урожайность соломы на неудобренной почве составила 4,95 т/га. Прибавки урожая соломы от тукосмеси и азофоски равнялись соответственно 1,34 и 1,33 т/га. Величины прибавок урожая соломы от новых комплексных удобрений оказались заметно меньше от таковых традиционных удобрений (тукосмесь, азофоска) и колебались в пределах от 1,06 до 1,22 т/га.

Испытанные удобрения изменили соотношение зерна к соломе. Если по сравнению с контролем тукосмесь, азофоска и аммиачная селитра расширили это соотношение, то все новые комплексные удобрения привели к его сужению, то есть способствовали увеличению доли зерна в надземной части урожая. Данное обстоятельство, возможно, связано присутствием в составе новых комплексных удобрений серы. Приведенный на рисунке 3 график показывают наличие тесной линейной корреляции (R^2=0,8612) между дозами серы и соотношением «солома: зерно»: чем больше доза серы, тем больше сужается это соотношение.

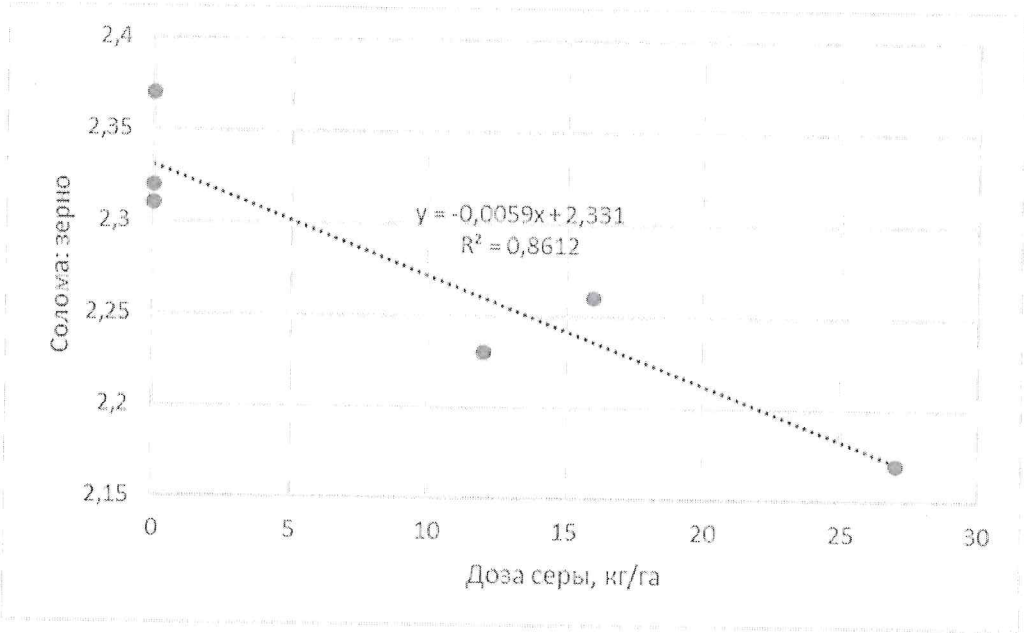


Рис. 3. Зависимость соотношения «солома: зерно» озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы от доз внесения серы в составе комплексных удобрений.

В таблице 8 представлены результаты определения структуры урожая, которые позволяют оценить вклад отдельных элементов структуры урожая в повышении продуктивности озимой пшеницы под действием испытанных удобрений.

Таблица 8

Изменение структуры урожая озимой пшеницы под действием минеральных удобрений в условиях серой лесной почвы

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Количество растений, шт./м^2	Продуктивная кустистость	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
1.Контроль (без удобрений)	165** / **100**	1,99 / **100**	23,5 / **100**	28,9 / **100**
2.Тукосмесь	189 / **115**	2,08 / **104**	24,7 / **105**	29,8 / **103**
3.NPKS-1	188 / **114**	2,10 / **105**	24,8 / **106**	30,1 / **104**
4.NPKS-5	188 / **114**	2,08 / **104**	24,8 / **106**	30,3 / **105**
5.NPKS-5*	192 / **116**	2,10 / **105**	25,3 / **108**	30,4 / **105**
6.NPKS-8	182 / **110**	2,11 / **106**	24,9 / **106**	30,0 / **104**
7.Азофоска	185 / **112**	2,12 / **106**	24,8 / **106**	29,8 / **103**
8.Аммиачная селитра	180 / **109**	2,07 / **104**	24,6 / **105**	29,2 / **101**

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения;

** - в числителе абсолютные значения, в знаменателе – относительные величины в процентах к уровню контроля.

Удобрения оказали положительное влияние на все основные элементы структуры урожая: количество растений на единицу площади, продуктивную кустистость, озерненность колоса и массу 1000 зерен, однако величины этих изменений были различными. Особенно заметным было влияние удобрений

на густоту стояния растений и на число зерен в колосе, а наименьшее – на вес 1000 зерен. Так, если под действием тукосмеси число растений и число зерен в колосе увеличились по отношению к контролю соответственно в 1,15 и 1,05 раза, то вес 1000 зерен – только в 1,03 раза. Новые комплексные удобрения по характеру действия на элементы структуры урожая существенно не отличались от традиционных удобрений. По вкладу в формирование прибавок урожая от удобрений элементы структуры урожая расположились в следующий убывающий ряд: количество растений на единицу площади> количество зерен в колосе> продуктивная кустистость> масса 1000 зерен.

2.5 Влияние новых комплексных удобрений на содержание основных макроэлементов в растениях озимой пшеницы

Для объективной оценки эффективности применения на посевах сельскохозяйственных культур тех или иных удобрительных средств, помимо установления их воздействия на продуктивность растений, определенный интерес представляет действие их на химический состав урожая [3, 13, 16].

Влияние испытанных в эксперименте удобрений на содержание основных макроэлементов в зерне и соломе озимой пшеницы демонстрируется данными таблицах 9 и 10.

В зерне, полученном на неудобренной почве, содержание общего содержания азота, фосфора, калия и серы составило соответственно 2,59; 0,98; 0,73 и 0,16 % (табл. 9). Некоторое повышение содержания общего азота произошло под действием почти всех минеральных удобрений. Только в случае допосевного внесения аммиачной селитры содержание азота осталось на уровне контроля. Исключение составило внесение Такое однонаправленное изменение содержания других макроэлементов под воздействием испытанных удобрений не наблюдалось. Наименьшие изменения под влиянием удобрений обнаружились в содержании общего

Таблица 9

Действие удобрений на содержание в зерне озимой пшеницы общего содержания азота, фосфора, калия и серы

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Содержание, % на сухой вес			
	N	P_2O_5	K_2O	S
1.Контроль (без удобрений)	2,59	0,98	0,73	0,16
2.Тукосмесь	2,66	0,96	0,73	0,15
3.NPKS-1	2,66	0,96	0,72	0,16
4.NPKS-5	2,66	0,97	0,72	0,16
5.NPKS-5*	2,72	1,02	0,77	0,17
6.NPKS-8	2,70	0,96	0,72	0,17
7.Азофоска	2,64	0,98	0,73	0,15
8.Аммиачная селитра	2,59	0,95	0,70	0,15

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения.

фосфора.

Характер влияния одинарных доз новых комплексных удобрений на содержание изученных макроэлементов заметно не отличался от характера действия тукосмеси и азофоски. Относительно более заметным было повышение содержания в зерне всех исследованных макроэлементов при внесении двойной дозы нового комплексного удобрения NPKS-5.

Некоторое относительно заметное снижение содержания трех элементов – фосфора, калия и серы произошло в случае внесения в качестве допосевного удобрения аммиачной селитры.

Содержание общего содержания азота, фосфора, калия и серы в соломе озимой пшеницы составило соответственно 0,57; 0,20; 1,10 и 0,045 % (табл.

10). Как видно, содержание азота, фосфора и серы в нетоварной части урожая оказалось в 3,6-4,5 раза меньше их содержания в товарной части урожая.

Таблица 10

Действие удобрений на содержание в соломе озимой пшеницы общего содержания азота, фосфора, калия и серы

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Содержание, % на сухой вес			
	N	P_2O_5	K_2O	S
1.Контроль (без удобрений)	0,57	0,20	1,10	0,045
2.Тукосмесь	0,59	0,20	1,14	0,044
3.NPKS-1	0,59	0,20	1,14	0,045
4.NPKS-5	0,59	0,20	1,11	0,045
5.NPKS-5*	0,62	0,21	1,18	0,048
6.NPKS-8	0,60	0,20	1,12	0,048
7.Азофоска	0,60	0,20	1,14	0,044
8.Аммиачная селитра	0,60	0,19	1,06	0,044

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения.

В отличие от этих макроэлементов, общее содержание калия в соломе было в 1,5 раза выше, чем в зерне.

Изменения в составе соломы под влиянием удобрений были примерно аналогичными таковым в составе зерна:

-все удобрения способствовали повышению содержания в соломе общего азота;

-использование аммиачной селитры в качестве допосевного удобрения привело к снижению фосфора и калия;

-наибольшее повышение содержания всех элементов обнаружилось при внесении двойной дозы нового комплексного удобрения NPKS-5;

-новые комплексные удобрения в эквивалентных дозах по характеру влияния на содержание изученных макроэлементов заметно не отличались от традиционных удобрений - тукосмеси и азофоски.

В целом, все испытанные удобрения, в том числе новые комплексные удобрения, изменили общее содержание основных питательных макроэлементов (азот, фосфор, калий, сера) слабо.

2.6 Действие новых комплексных удобрений на качество зерна озимой пшеницы

Основные качественные показатели качества зерна озимой пшеницы приведены в таблице 11.

На контрольном варианте натура зерна, массовая доля сырого протеина, клейковины, стекловидность и число падения зерна составили соответственно 709 г/дм^2, 16,2 %, 37,8 %, 59,0 % и 361 секунд.

Под действием испытанных удобрений улучшились все изученные показатели качества зерна.

На натуру зерна наибольшее положительное влияние оказали новые комплексные удобрения NPKS-1 и NPKS-8, благодаря чему зерно этих вариантов могут быть отнесены соответственно 3-ему и 2-ому классам. Требованиям 3-его класса соответствует также зерно, полученное при внесении азофоски. Наименьший показатель натуры зерна (5 класс, фуражное зерно) обнаружился при возделывании озимой пшеницы без внесения удобрений.

Такие важные показатели качества зерна как содержание сырого протеина и клейковины более заметно выросли в случае допосевного внесения новых комплексных удобрений NPKS-8 и двойной дозы NPKS-5.

Следует отметить, что по всем вариантам опыта, в том числе на

Таблица 11

Влияние новых комплексных удобрений на качественные показатели зерна озимой пшеницы

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Натура зерна, г/дм^3	Массовая доля сырого протеина, %	Клейковина		Стекловидность, %	Число падения, с
			массовая доля, %	качество, ед. ИДК		
1.Контроль (без удобрений)	709	16,2	37,8	91,5	59,0	361
2.Тукосмесь	722	16,6	38,0	79,5	68,5	341
3.NPKS-1	746	16,6	39,2	84,0	67,0	318
4.NPKS-5	715	16,6	38,8	77,0	68,0	314
5.NPKS-5*	713	17,0	39,3	88,0	69,5	335
6.NPKS-8	760	16,9	39,5	76,5	66,0	319
7.Азофоска	739	16,5	37,9	77,0	68,0	316
8.Аммиачная селитра	723	16,2	38,0	80,5	66,0	318

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения.

контроле, сформировалось зерно с повышенным содержанием клейковины (не менее 37,8 %), что, на наш взгляд, было обусловлено засушливым погодным условием.

Особенно заметно повысилась под действием испытанных удобрений стекловидность зерна: если натура, содержание клейковины и сырого протеина благодаря удобрениям максимально выросли в 1,04-1,07 раза, то стекловидность – в 1,18 раза. В целом по стекловидности, зерно по всем удобренным вариантам опыта отвечает требованиям 1-ого и 2-ого классов (более 60 %). Наибольшая стекловидность обнаружилось по 5-ому варианту

опыта (допосевное внесение двойной дозы нового комплексного удобрения NPKS-5).

Клейковина зерна, полученного на неудобренной почве, судя по величине ИДК (индекс деформации клейковины), относится ко 2-ой группе (удовлетворительно слабая).

Внесение всех испытанных удобрений привело заметному улучшению этого качественного показателя клейковины: ИДК снизился с 91,5 (контроль) до 76,5-88,0. Наибольшее снижение данного показателя обнаружилось в случае допосевного внесения одинарных доз новых комплексных удобрений NPKS-5, NPKS-8 и азофоски. Клейковину зерна, полученого на этих делянках опыта уже можно отнести к 1-ой группе (хорошая). В то же время, внесение двойной дозы NPKS-5 опять вернуло клейковину во 2-ую группу качества.

Ещё один показатель качества клейковины зерна – число падения, по всем вариантам опыта оказалось очень высоким (более 300 с.), возможно, из-за засухи. Максимально высокое число падения (361 с.) обнаружилось на неудобренной почве. Испытанные удобрения снизили данный показатель до 341-314 с.), что следует оценить как положительный факт, так как слишком высокое число падения показывает пониженную активность ферментов.

В целом новые комплексные удобрения, примерно эквивалентные по содержанию NPK азофоской, несколько заметнее положительно действовали на натуру зерна, массовое содержание клейковины и сырого протеина. Данное обстоятельство, возможно связано с содержанием в составе новых комплексных удобрений серы. Линия тренда, показывающая зависимость натуры зерна от внесенного в составе новых комплексных удобрений, иллюстрирует наличие достаточно заметной корреляции (R^2=0,4696) между этими двумя величинами (рис. 4).

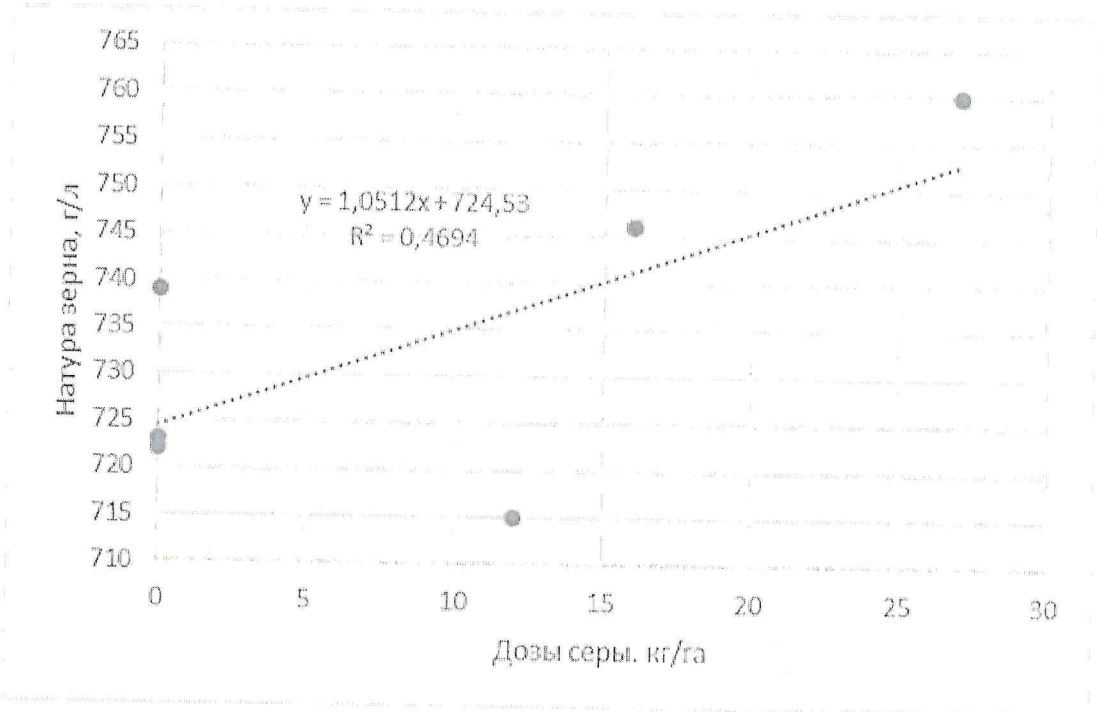


Рисунок 4. Зависимость натуры зерна озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы от доз внесения серы в составе новых комплексных удобрений (без вариантов 1 и 5)

2.7 Экономическая эффективность применения новых комплексных удобрений на посевах озимой пшеницы

Помимо определения агрономической эффективности, измеряемой величинами прибавки урожая, важным показателем целесообразности применения того или иного удобрения, препарата или технологии представляется оценка экономической эффективности. В этом случае основными показателями выступают величина прибыли с единицы площади и уровень рентабельности [15].

Расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений на посевах озимой пшеницы в сильно засушливых условиях 2021 года приведены в таблице 12.

Таблица 12

Экономическая оценка эффективности применения удобрений на посевах озимой пшеницы

Показатели	Варианты опыта (допосевное удобрение)						
	2.Тукосмесь	3.NPKS-1	4.NPKS-5	5.NPKS-5*	6.NPKS-8	7.Азофоска	8.Аммиачная селитра
Прибавка урожая зерна, т/га	0,54	0,56	0,58	0,69	0,60	0,55	0,45
Стоимость зерна, руб./га	7901	8193	8486	10095	8779	8047	6584
Нормы внесения удобрений, кг/га:							
-новые комплексные удобрения	0	200	200	400	200	0	0
-аммиачная селитра	173	100	100	100	100	100	224
-аммофос	88	24	24	24	24	24	0
-калий хлористый	53	0	0	0	0	0	0
-азофоска	0	0	0	0	0	200	100
Стоимость удобрений, руб./га							
-новые комплексные удобрения	0	4606	4410	8820	4574	0	0
-аммиачная селитра	2630	1520	1520	1520	1520	1520	3405
-аммофос	2402	655	655	655	655	655	0
-калий хлористый	1071	0	0	0	0	0	0
-азофоска	0	0	0	0	0	4180	2090
Приготовление тукосмеси, руб./га	427	0	0	0	0	0	0
Уборка и доработка прибавки урожая, руб./га	474	492	509	606	527	483	395
Общие затраты на применение удобрений, руб./га	7005	7273	7094	11601	7276	6838	5890
Условный чистый доход, руб./га	896	920	1392	-1506	1503	1209	694
Уровень рентабельности, %	12,8	12,6	19,6	-13,0	20,7	17,7	11,8

Прим.: * - двойная доза нового комплексного удобрения.

Стоимость прибавки урожая зерна, приведенной к стандартной влажности (14 %) рассчитали исходя из средней цены реализации зерна по Поволжскому федеральному округу на 10.11.2021 года [18].

Общие затраты, связанные с применением удобрений, определили исходя из средних цен на минеральные удобрения по состоянию на август 2020 года (приложение 3), ориентировочных затрат на приготовление тукосмесси (7 % от стоимости исходных компонентов) и дополнительных затрат на уборку и доработку прибавки урожая (6 % от стоимости цены реализации зерна).

Использование в качестве допосевного удобрения тукосмеси, приготовленной из аммиачной селитры, аммофоса и хлористого калия, обеспечило получение с каждого гектара лишь 896 руб./га условной прибыли, что в первую очередь было обусловлено неблагоприятными погодными условиями мая и июня 2021 года.

Внесение нового комплексного удобрения NPKS-1 увеличило величину условной прибыли незначительно, а уровень рентабельности оказался примерно на уровне тукосмеси.

Использование вместо тукосмеси традиционной азофоски оказалось экономически более выгодным, главным образом из-за отсутствия затрат на тукосмешение. Как видно, величина условной прибыли в случае использования азофоски в 1,34 раза больше, чем при использовании тукосмеси.

Среди испытанных удобрений наибольшую условную прибыль (1503 руб./га) обеспечила одинарная доза (200 кг/га) нового комплексного удобрения марки NPKS-8.

В условиях засухи внесение двойной дозы (400 кг/га) комплексного удобрения NPKS-5 оказалась убыточным: размер экономического убытка с каждого гектара составил 1506 руб.

Минимальную экономическая окупаемость (694 руб./га) дало допосевное внесение аммиачной селитры и припосевное внесение повышенной дозы азофоски (100 кг/га).

Таким образом, в условиях засухи применение удобрений на посевах озимой пшеницы оказалось экономический малоэффективным или убыточным. Среди испытанных удобрений относительно экономически выгодными оказались две марки новых комплексных удобрений - NPKS-5 и NPKS-8, внесенные в качестве допосевного удобрения в дозе 200 кг/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие ***предварительные выводы:***

1.Почва опытного участка в основном соответствует биологическим особенностям подопытной культуры и в целом является типичными для серых лесных почв региона, однако отличается высоким и повышенным содержанием соответственно подвижных форм фосфора, калия и реакцией среды, близкой к нейтральной.

2.В 2021 году в самые ответственные периоды для роста и развития озимой пшеницы - в мае и июне установилась сильная засуха: количества месячных осадков составили соответственно лишь 49 и 24 % к норме при одновременном превышении среднемесячной температуры воздуха в 1,3-1,4 раза, что стало причиной резкого снижения урожайности озимой пшеницы и окупаемости удобрений.

3.Испытанные удобрения, в том числе новые комплексные удобрения, оказали слабое влияние на полевую всхожесть семян, биометрические показатели ростков озимой пшеницы, положительное их влияние заметнее проявилось в сохранности растений к уборке. Новые комплексные удобрения повысили сохранность растений к уборке, по отношению к контролю, на 8-13 %.

4.Одинарные дозы новых комплексных удобрений (200 кг/га) марки NPKS-1, NPKS-5, NPKS-8, внесенные до посева, обеспечили получение от 0,56 до 0,60 т/га прибавки зерна озимой пшеницы, которые статистически существенно не отличались от прибавок полученных при использовании эквивалентных доз тукосмеси и азофоски.

5.Двойная доза (400 кг/га) комплексного удобрения NPKS-5 обеспечила получение максимальной прибавки урожая (0,69 т/га), однако при этом окупаемость 1 кг NPK зерном снизилась, по сравнению с одинарной дозой, в 1,39 раза.

6.Минимальную прибавку урожая зерна (0,45 т/га) дал 8-ой вариант опыта, где в качестве допосевного удобрения была внесена аммиачная селитра и при посеве была внесена 100 кг/га азофоски.

7.Испытанные марки новых комплексных удобрений способствовали увеличению доли зерна в надземной части урожая. Данное обстоятельство, возможно, связано присутствием в составе новых комплексных удобрений серы, так как обнаружилась тесная линейная корреляция (R^2=0,8612) между дозами серы и соотношением «солома: зерно»: чем больше доза серы, тем больше сузилось это соотношение.

8.Новые комплексные удобрения положительно повлияли на все основные элементы структуры урожая, наиболее значимым было влияние удобрений на густоту стояния растений и на число зерен в колосе, а наименьшее – на вес 1000 зерен. По вкладу в формирование прибавок урожая от удобрений элементы структуры урожая расположились в следующий убывающий ряд: количество растений на единицу площади> количество зерен в колосе> продуктивная кустистость> масса 1000 зерен.

9.Испытанные минеральные удобрения, в том числе новые комплексные удобрения, изменили общее содержание основных питательных макроэлементов (азот, фосфор, калий, сера) в растениях озимой пшеницы относительно слабо.

10. Серосодержащие новые комплексные удобрения заметно улучшили показатели качества зерна озимой пшеницы - натуру, стекловидность, содержание клейковины. Так, под действием всех испытанных удобрений увеличилась натура зерна. Наибольший рост данного показателя обнаружился в случае внесения одинарных доз новых комплексных удобрений NPKS-1 и NPKS-8 соответственно на 35,3 и 49,0 г/дм^3 по отношению к контролю.

11.В условиях засухи применение удобрений на посевах озимой пшеницы оказалось экономический малоэффективным или убыточным. Среди испытанных удобрений относительно экономически выгодными

оказались две марки новых комплексных удобрений - NPKS-5 и NPKS-8, внесенные в качестве допосевного удобрения в дозе 200 кг/га.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В соответствии с требованиями методики опытного опыта [9], исследования по оценке эффективности новых комплексных удобрений, производимых ООО «ИНКО-ТЭК Агро Алабуга», на посевах сельскохозяйственных культур должны быть продолжены, ибо одногодичные эксперименты позволяют сделать лишь предварительные выводы.

В первоочередном плане новые комплексные удобрения необходимо испытать на посевах крестоцветных, бобовых и лилейных культур, которые наиболее отзывчивы на внесение серосодержащих удобрений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, О.М. Повышение продуктивности сои при использовании ризобиальных препаратов и стимуляторов роста в условиях зоны неустойчивого увлажнения на черноземе обыкновенном: дис. … канд. с.-х. наук: 06.01.01/ О.М. Агафонов. - Ставрополь, 2018. -158 с.

2. Важов, В.М. Гречиха на полях Алтая /В.М. Важов. – М.: Изд-во Академия Естествознания, 2013. – 188 с.

3. Гайсин, И.А. Применение серосодержащих удобрений в полевом севообороте в условиях серой лесной почвы / И.А. Гайсин, М.Ю. Гилязов, А.С. Билалова, Ф.Ш. Фасхутдинов, И.Р. Сулейманов // Агрохимический вестник, 2009, № 5. - С. 3-5.

4. Гамзиков, Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука, 1981. – 268 с.

5. Гилязов, М.Ю. Актуальные вопросы применения удобрений в условиях биологизации земледелия в Республике Татарстан / М.Ю. Гилязов // Актуальные проблемы аграрной науки Республики Татарстан: Материалы республиканской научно-практической конференции АН РТ. – Казань: Изд. Казанского ГАУ, 2018. – С. 92-97.

6. Гилязов, М.Ю. Длительное применение удобрений и продуктивность пашни / М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов, М.Р. Муратов. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2016. - 220 с.

7. Давлятшин, И.Д. Справочник агрохимика / И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. под редакцией И.Д. Давлятшина. – Казань: ИД МеДДоК, 2013. – 300 с.

8. Добровольский, Г.В. Деградация почв - угроза глобального экологического кризиса / Г.В. Добровольский // Век глобализации. - 2008. - № 2. - С.54-65.

9. Доспехов, Б.А. Методика опытного дела (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. 6-е изд., доп. И перераб. – М.: Агропромиздат, 2011. - 352 с.

10. Ефимов, В.Н. Система удобрения / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. Под ред. В.Н. Ефимова. - М.: КолосС, 2002. – 320 с.

11. Кидин, В.В. Агрохимия / В.В. Кидин, С.П. Торшин. – М.: Проспект, 2016. – 608 с.

12. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2010. - 687 с.

13. Кореньков, Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений / Д.А. Кореньков. - М.: РАСХН, 1999. - 296 с.

14. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

15. Минеев, В. Г. Агрохимия. Учебник. - 2-ое изд., перераб. и доп. / В.Г. Минеев. - М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. - 720 с.

16. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др. – М.: Изд.-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. - 854 с.

17. Нестеренко, О.А. Оценка эффективности применения комплексных удобрений при возделывании кукурузы на зерно / О.А. Нестеренко, А.В. Дронов, В.В. Мамеев, С.Н. Петрова, А.А. Лукашина //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2021. -№ 6. – С.20-27.

18. О ситуации на рынке зерна с 8-12 ноября 2021 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://zerno.ru/node/17112. Загл. с экрана. Дата обращения 16.11.2021.

19. О ходе приобретения минеральных удобрений в 2020 году и планы по приобретению до 2025 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/4a5/4a5e8900ca37701862e106b46d2f0abe.pdf. Загл. с экрана. Дата обращения 16.11.2021.

20. Остапенко, А.П. Обработка семян регуляторами роста повышает урожай / А.П. Остапенко // Земледелие. – 2004. – № 1. – С. 38–39.

21. Панников, В. Д. О высокой культуре земледелия и росте урожаев. / В.Д. Панников. – М.: Россельхозакадемия, 2003. – 372 с.

22. Серегина, И.И. Изменение продуктивности яровой пшеницы при использовании регуляторов роста / И.И. Серегина // Доклады РАСХН. – 2008. – № 1 – С. 9–11.

23. Система земледелия Республики Татарстан: ч. 2. Агротехнологии производства продукции растениеводства. – Казань: Центр инновационных технологий, 2014. – 292 с.

24. Стифеев, А.И. Система рационального использования и охрана земель [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Стифеев, Е.А. Бессонова, О.В. Никитина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 168 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/113924. — Загл. с экрана. (ЭБС «Лань»).

25. Сычев, В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В.Г. Сычев. - М.: Российская академия наук, 2019. – 328 с.

26. Сулейманов, И.Р. Действие серосодержащих удобрений на урожайность ярового рапса и потребление макроэлементов растениями в условиях серой лесной почвы / И.Р. Сулейманов, М.Ю. Гилязов // Агрохимический вестник, 2010, № 4. - С. 20-22.

27. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин и др. / Под редакцией Б.А. Ягодина – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.

28. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко / Под редакцией Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2003.– 584 с.

Приложение А

Градация пахотных почв РФ по степени гумусированности

(содержание гумуса в пахотном слое, % от массы почвы)

(Методические указания …, 2003)

Почвы	ГМС*	Классы по степени гумусированности			
		меньше минимального содержания	слабогумусированные	среднегумусированные	сильногумусированные
Поволжский и Уральский регионы					
Дерново-подзолистые	А**	<0.4-1.0	1.0-1.7	1.7-2.5	>2,5
	В**	<0.8-1.5	1.5-2.3	2.3-3.3	>3.3
	С**	<1.2-2.0	2.0-2.9	2.9-3.9	>3.9
Светло-серые лесные	I***	<1.2-2.0	2.0-2.9	2.9-3.9	>3.9
	II***	<1.6-2.5	2.5-3.5	3.5-4.5	>4.5
Серые лесные	I***	<2.1-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	>5.0
	II***	<2.5-3.5	3.5-4.5	4.5-5.5	>5.5
Темно-серые лесные	I***	<2.5-3.5	3.5-4.5	4.5-5.5	>5.5
	II***	<3.5-4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	>6.5
Черноземы оподзоленные	А**	<3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	>6.0
	В**	<4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	>7.0
	С**	<5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	>8.0
Черноземы типичные и выщелоченные	А**	<4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	>7.0
	В**	<5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	>8.0
	С**	<6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-9.0	>9.0
Черноземы обыкновенные	А**	<3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	>6.0
	В**	<4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	>7.0
	С**	<5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	>8.0

Прим.: * гранулометрический состав. ** А – песчаные, супесчаные; В – легко- и среднесуглинистые; С – тяжелосуглинисиые, глинистые. *** I – песчаные, супесчаные, легкосуглинистые; II – среднесуглинистые, тяжелосуглинистые, глинистые.

Приложение Б

Группировка серых лесных и черноземных почв по содержанию минерального азота

(Г.П. Гамзиков, 1981*)

Содержание минерального азота** в 0-20 см слое почвы, мг/кг	Обеспеченность растений азотом
менее 10	очень низкая
10-20	низкая
20-40	средняя
более 40	высокая

Прим.: * - источник информации [4]; ** - сумма аммонийного и нитратного азота.

Приложение В

Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия для полевых культур

(Методические указания …, 2003)

Степень обеспеченности почвы	Содержание P_2O_5 (мг/кг) по методу		Содержание K_2O (мг/кг) по методу	
	Кирсанова	Чирикова	Кирсанова	Чирикова
очень низкая	<25	<20	<40	<20
низкая	26-50	21-50	41-80	21-40
средняя	51-100	51-100	81-120	41-80
повышенная	101-150	101-150	121-170	81-120
высокая	151-250	151-200	171-250	121-180
очень высокая	>250	>200	>250	>180

Приложение Г

Группировка почв по содержанию подвижной (сульфатной) серы

(Методические указания…, 2003)

Содержание сульфатной серы, мг/кг	Степень обеспеченности
менее 6,0	низкая
6,1-12,0	средняя
более 12,0	высокая

Приложение Д

Группировка почв по величине обменной (pHсол.) и гидролитической кислотности (Нг)

(Методические указания…, 2003)

Степень кислотности	pH сол.	Нг, ммоль/100 г
очень сильнокислая	≤ 4.0	> 6,0
сильнокислая	4,1-4,5	5,1-6,0
среднекислая	4,6-5,0	4,1-5,0
слабокислая	5,1-5,5	3,1-4,0
близкая к нейтральной	5,6-6,0	2,1-3,0
нейтральная	> 6,0	≤ 2,0

Приложение Е

Группировка почв по емкости катионного обмена

(А.А. Васильев, В.П. Дьяков, 1996*)

Класс почвы	Значение ЕКО, ммоль/100 г почвы	Уровень признака
1	<5,0	очень низкая
2	5,1-15,0	низкая
3	15,1-25,0	умеренно низкая
4	25,1-35,0	средняя
5	35,1-45,0	умеренно высокая
6	> 45,0	высокая

Прим.: * цитирование по источнику «Мудрых, Н.М. Пособие к лабораторным занятиям по агрохимии Методическое пособие для студентов специальности (направления) 110201.65 «Агрономия», 110202.65 «Плодоовощеводство и виноградарство», 110203.65 «Защита растений», 110400.62 «Агрономия» / Н.М. Мудрых, М.А. Алёшин. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 51 с.»

Приложение Ж

Метеоданные за вегетационный период озимой пшеницы

(метеопост Казанского ГАУ)

Месяц, год	Средне-многолетняя температура воздуха, °С	Фактическая температура воздуха, °С	Средне-многолетние осадки, мм	Фактические осадки, мм
Август 2020 г.	17,6	17,3	59	97,9
Сентябрь 2020 г.	11,7	12,9	52	24,4
Октябрь 2020 г.	4,8	7,2	53	41,7
Ноябрь 2020 г.	-3,4	-2,6	47	23,9
Декабрь 2020 г.	-8,6	-10,7	43	24,5
Январь 2021 г.	-10,4	-9,9	41	58
Февраль 2021 г.	-10,1	-15,2	34	47,2
Март 2021 г.	-3,9	-4,7	33	18,3
Апрель 2021 г.	5,8	6,6	34	33
Май 2021 г.	13,3	18,73	41	20
Июнь 2021 г.	18,1	23,42	63	15,3
Июль 2021 г.	20,2	22,46	67	38,6
Август 2021 г.	17,6	22,37	59	10,7
Сентябрь 2021 г.	11,7	9,7	52	53,3

Приложение 3

Средние цены приобретения удобрений, использованных в полевом опыте (по состоянию на август 2020 г.)

Удобрение	Цена, руб./т
Аммиачная селитра (34,4:0:0)	15200*
Аммофос (11:50:0)	27300*
Хлористый калий (0:0:60)	20200*
Азофоска (16:16:16)	21700*
Новое комплексное удобрение NPKS-1 (16:16:16:8)	23590**
Новое комплексное удобрение NPKS-5 (14:18:14:6)	22050**
Новое комплексное удобрение NPKS-8 (12:15:15:13,6)	22870**

Прим.: * источник информации [19]; ** - цены производителя.

Приложение И

Дисперсионный анализ данных по влиянию новых комплексных удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы (Агробиотехнопарк Казанского ГАУ, 2021 г.), т/га

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Повторения				Сумма, V	Средние
	I	II	III	IV		
1.Контроль	2,22	2,13	2,25	2,09	8,69	2,17
2.Тукосмесь	2,74	2,60	2,86	2,64	10,84	2,71
3.NPKS-1	2,83	2,74	2,79	2,55	10,91	2,73
4.NPKS-5	2,78	2,61	2,85	2,75	10,99	2,75
5.NPKS-5*	2,93	2,79	3,01	2,72	11,45	2,86
6.NPKS-8	2,65	2,88	2,73	2,82	11,08	2,77
7.Азофоска	2,78	2,57	2,84	2,70	10,89	2,72
8.Аммиачная селитра	2,75	2,52	2,68	2,52	10,47	2,62
Сумма, P	21,68	20,84	22,01	20,79	85,32	2,67

N=32

$C = (85,32)^2 : 32 = 227,48445$

$Cy = 229,0256 - C = 1,54115$

$Cv = 914,912: 4 - C = 1,24355$

$CP = 1820,992: 8 - C = 0,13955$

$Cz = 0,15805$

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_ф$	F_{05}
Общая	1,54115	31	-	-	-
Повторений	0,13955	3	-	-	-
Вариантов	1,24355	7	0,17765	23,60	2,49
Остаток	0,15805	21	0,0075261	-	-

$$Sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0075261}{4}} = 0,0613432$$

$НСР_{05} = 2,08 \cdot 0,0949515 = 0,1275938 \approx 0,13$ (т/га).

Приложение К

Дисперсионный анализ данных по влиянию новых комплексных удобрений на урожайность соломы озимой пшеницы в условиях серой лесной почвы (Агробиотехнопарк Казанского ГАУ, 2021 г.), т/га

Варианты опыта (допосевное удобрение)	Повторения				Сумма, V	Средние
	I	II	III	IV		
1.Контроль	5,02	4,73	5,16	4,90	19,81	4,95
2.Тукосмесь	6,47	5,93	6,20	6,55	25,15	6,29
3.NPKS-1	6,30	6,28	5,98	6,13	24,69	6,17
4.NPKS-5	6,25	5,92	6,36	5,99	24,52	6,13
5.NPKS-5*	6,22	6,08	6,31	6,00	24,61	6,15
6.NPKS-8	5,89	6,21	5,88	6,07	24,05	6,01
7.Азофоска	6,15	6,34	6,49	6,15	25,13	6,28
8.Аммиачная селитра	6,42	6,08	6,35	5,99	24,84	6,21
Сумма, P	48,72	47,57	48,73	47,78	192,8	6,03

N=32

$C = (192,8)^2 : 32 = 1161,62$

$Cy = 1167,974 - C = 6,354$

$Cv = 4668,38: 4 - C = 5,475$

$CP = 9294,085: 8 - C = 0,1406$

$Cz = 0,7384$

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_ф$	F_{05}
Общая	6,354	31	-	-	-
Повторений	0,1406	3	-	-	-
Вариантов	5,475	7	0,7821428	22,24	2,49
Остаток	0,7384	21	0,0351619	-	-

$$Sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.0351619}{4}} = 0,1325929$$

$НСР_{05} = 2,08 \cdot 0,1325929 = 0,2757932 \approx 0,28$ (т/га).