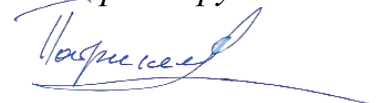


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
(ФГБНУ ФРАНЦ)

На правах рукописи



ПАТРИКЕЕВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В
АГРОТЕХНОЛОГИИ НУТА НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ
ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1.3. Агрохимия агропочвоведение, защита и карантин растений
(биологические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:

Доктор биологических наук, профессор Безуглова Ольга Степановна

Рассвет – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	3
1.1 Особенности возделывания нута.....	8
1.1.1 Применение гербицидов на нуте.....	9
1.1.2 Применение фунгицидов на нуте.....	12
1.1.3 Применение инсектицидов на нуте.....	14
1.2 Эффективность удобрений в повышении продуктивности нута.....	15
1.3 Гуминовые удобрения и препараты как фактор биологизации земледелия..	19
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
2.1 Объект исследования.....	26
2.2 Методика исследования.....	28
2.3 Методы исследования.....	32
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	33
3.1 Погодные условия проведения полевых исследований.....	33
3.2 Влияние гуминовых препаратов на динамику элементов питания.....	36
3.2.1 Влияние гуминовых препаратов на динамику подвижных форм азота	37
3.2.2 Влияние гуминовых препаратов на динамику подвижных форм	
фосфора.....	47
3.2.3 Влияние гуминовых препаратов на динамику обменного калия.....	50
3.2.4 Влияние гуминовых препаратов на динамику гумуса.....	53
3.3 Влияние гуминовых препаратов на микробиологическую активность.....	55
3.4 Влияние гуминовых препаратов на урожайность нута.....	74
3.5 Экономическая эффективность применения гуминовых препаратов.....	85
ВЫВОДЫ.....	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты агрохимического исследования.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Результаты микробиологического исследования.....	113
Приложение В Экономическая эффективность.....	115
Приложение Г Акты внедрения.....	117

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Донской регион является одним из ведущих производителей сельскохозяйственной продукции, главным образом зерновых культур. Однако сложная геополитическая ситуация и давление санкций привели к снижению экспорта, что в свою очередь негативно отразилось на ценовой политике внутри страны и привело к снижению рентабельности. В связи с этим произошло переориентирование на страны Азии и резко возрос спрос на бобовые культуры.

В Ростовской области зернобобовыми культурами занято не более 5% посевных площадей, что составляет около 150 тыс. га. Тем не менее в масштабах России регион входит в топ-5 по размеру посевных площадей и валовым сборам нута. Несмотря на такие преимущества нута как засухоустойчивость и высокая пищевая ценность, он не получает широкое распространение по сравнению с горохом, главным сдерживающим фактором является система защиты от сорных растений, вредителей и болезней. При использовании пестицидов высок риск проявления признаков фитотоксичности и угнетения растений, поэтому необходимы препараты, которые снимут с растений стрессовую нагрузку. В целях снижения негативного влияния средств химической защиты могут быть использованы микробиологические удобрения, регуляторы роста и физиологически активные соединения, к которым относятся и гуминовые вещества.

Состояние разработанности проблемы. В настоящее время в связи с усилением засушливости климата расширение посевных площадей нута приобретает особую актуальность и привлекает внимание исследователей. В Ростовской области на долю зернобобовых приходится не более 5% посевных площадей, так как несмотря на все преимущества этой засухоустойчивой бобовой культуры, возделывать нут сложно, высок риск фитотоксичности при использовании пестицидов (Енкина, 1975; Mahoney, 1984; Голев, 1998; Балашов,

2001; Германцева, 2005; Попова, 2009; Тедеева, 2014; Радевич, 2015; Гринько, 2016; Мамиев, 2018; Полиенко, 2020).

В целях снижения негативного влияния средств химической защиты могут быть использованы гуминовые препараты, которые являются стимуляторами физиологических процессов и адаптогенами (Phoung, 1976; Бобырь, 1992; Igarashi, 2006; Nardi, 2007; Šmejkalová, 2008; Безуглова, 2009; Грехова, 2015). Стимулирующее действие гуминовых соединений проявляется в усилении поглотительной функции корневой системы, что оказывает влияние на корнеобитаемый слой (Muscolo, 1998; Quaggiotti, 2004; Canellas, 2008; Trevisan, 2010; Lombardo, 2012; Mora, 2012). Однако этот аспект в отношении нута оставался не изученным, что и побудило автора начать исследования.

Цель исследований оценить влияние гуминовых препаратов на свойства почвы и урожайность нута при возделывании на различных уровнях минерального питания.

Для реализации поставленной цели решали следующие **задачи**:

- 1) провести мониторинг почвенного плодородия (динамика элементов питания, гумуса, микробиологической активности) под посевами нута сорта Донплаза при использовании гуминовых препаратов на различных фонах питания;
- 2) определить влияние гуминовых препаратов на урожайность нута сорта Донплаза;
- 3) дать экономическую оценку эффективности применения гуминовых препаратов.

Научная новизна. Проведено комплексное исследование влияния гуминовых препаратов на почву при выращивании нута Донплаза на различных уровнях питания в условиях Ростовской области, установлено, что обработка гуминовыми препаратами в период вегетации оказывает стимулирующее действие на различные группы микроорганизмов в ризосфере почвы, и, как следствие, увеличивается содержание иона аммония.

Теоретическая значимость обусловлена тем, что на данный момент не существует достаточно четкой комплексной оценки применения гуминовых

препаратов в агротехнологии нута Донплаза в условиях черноземов обыкновенных Ростовской области. Показано, что гуминовые препараты при обработке в период вегетации оказывают прямое стимулирующее действие на растения и косвенное – опосредованно через ризосферные микроорганизмы – на почву.

Практическая значимость состоит в том, что определена биологическая и экономическая эффективность гуминовых препаратов в повышении плодородия почвы и урожайности нута, даны практические рекомендации.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Применение гуминовых препаратов в период вегетации нута на фоне средств химической защиты оказывает стимулирующее и адаптогенное влияние на ризосферные микроорганизмы, которое выражается в увеличении численности их различных групп.

2. Применение гуминовых препаратов в период вегетации нута способствует повышению урожайности за счет стимулирования растений и усиленного поглощения фосфора; повышение активности микроорганизмов ризосферной зоны способствует увеличению содержания аммонийного азота в черноземе обыкновенном карбонатном.

Степень достоверности. Достоверность полученных результатов обусловлена соблюдением методологии проведения полевых экспериментов и лабораторных исследований, принятых в почвоведении, агрохимии и земледелии. Полевой опыт проводился в течение трех лет – 2022–2024 гг. Полученные результаты анализировали с применением методов математической статистики, в том числе факторный анализ и метод главных компонент, в программах MS EXCEL и Statistica 12.

Соответствие паспорту специальности. Диссертация соответствует паспорту специальности в пунктах: 1.1. Агрохимическая оценка влияния различных видов, форм и доз удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на урожайность, качество сельскохозяйственных культур и плодородие почв; 1.2. Реакция видов и сортов культурных растений на различные дозы и сочетания

различных удобрений; 1.7. Комплексное применение удобрений, химических и биологических средств интенсификации земледелия.

Методология и методы исследований. При выполнении работы использовались общепринятые агрохимические и микробиологические методы исследований.

Апробация исследований. Материалы исследований были доложены на Всероссийских (с международным участием) научно-практических конференциях молодых ученых АПК «Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика» в п. Рассвет (12–15 мая 2020 г., 19-20 мая 2022 г., 18 – 19 мая 2023 г.); Международной научной конференции XXIV Докучаевские молодежные чтения «Почвоведение в цифровом обществе», посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева и Году науки и технологий в России, 1–3 марта 2021 г., Санкт-Петербург; Всероссийской конференции «Актуальные вопросы развития ветеринарной отрасли в животноводстве: теория и практика», 18 октября 2023 г., г. Новочеркасск; IV Международной научно-практической конференции «Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, энергетики, экологии и науки о Земле», 12 марта 2024 г. Смоленск.

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 4 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (К1, К2), 4 – в рецензируемых изданиях, входящих в БД Scopus, WoS.

Структура и объем диссертации. Объем диссертационной работы 118 страниц компьютерного набора, включающих введение, три главы, выводы, 8 таблиц и 27 рисунков, список литературы из 186 работ, в том числе 31 на английском языке, 4 приложения.

Финансовая поддержка работы. Работа выполнена в рамках государственного задания FNFZ-2022-0001 «Разработать современные технологии применения усовершенствованного ассортимента химических средств защиты сельскохозяйственных культур и биопрепаратов гуминовой природы, обеспечивающих высокую продуктивность агроценозов в Ростовской области», а также при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ

(№ FENW-2024-0001), и Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030") на оборудовании ЦКП «Биоинженерия почв» (Минобрнауки РФ, соглашение № 075-15-2025-667).

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, гл.н.с. отдела биологического земледелия и защиты растений ФГБНУ ФРАНЦ, д.б.н., профессору Безугловой О.С. за научно-методическое руководство и помощь в выполнении диссертации, в.н.с. лаборатории защиты растений к.б.н. Поиенко Е.А. за ценные советы и вдохновение, сотрудникам лаборатории биологического земледелия в.н.с., к.б.н. Горовцову А.В. и в.н.с., к.б.н. Лыхману В.А., всем сотрудникам лаборатории агрохимических исследований за помощь в работе и ценные советы, а также директору ФГБНУ ФРАНЦ, академику РАН Клименко А.И., зам. директора по научной работе, к.с.-х.н. Гринько А.В., ученому секретарю, к.с.-х.н. Целуйко О.А. за всестороннюю поддержку.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Особенности возделывания нута

Нут относится к семейству бобовых (*Fabaceae*) и является ценной сельскохозяйственной культурой, так как характеризуется высоким содержанием белка в зерне и способствует обогащению почвы азотом. Среди других возделываемых зернобобовых культур по устойчивости к засухам и высоким температурам нут занимает ведущее место, уступая лишь чине и чечевице (Артюков, 1958, 1959; Балашов, 1985, 2002, 2009; Годунова, 1944; Гусева, 1967; Дрыгина, 1966; Корбут, 1974; Корнилов, 1960; Ливанов, 1963; Лысак, 1963, 1967а, 1967б; Пылов, 1973; Сысоев, 1977). На начальном этапе развития нуту необходимо больше влаги, чем другим бобовым растениям. Данный феномен обусловлен опережающим развитием корневой системы, обеспечивающей растение средствами для адаптации к условиям дефицита влаги в засушливый период. По данным А. А. Корнилова с соавторами (1982) соотношение надземной массы к корневой массе на 20 день составило у гороха 2,5:1, а у нута – 1,2:1. При таком соотношении растения нута меньше страдают от засухи, т.к. лучше обеспечивают вегетативную массу влагой, что обуславливает высокую экологическую адаптацию к засушливым условиям степных территорий. В условиях сильного стресса из-за высоких температур и недостатка влаги активизируется комплекс защитных реакций, которые приводят к торможению роста, но при прекращении воздействия стрессовых факторов, нут возобновляет рост и способен сформировать хороший урожай (Сысоев, 1977). Для Ростовской области характерно сухое и жаркое лето, однако в весенний период возможны неблагоприятные условия: низкие температуры, избыточное увлажнение, вызывающие развитие грибковых заболеваний, таких как – аскохитоз, антракноз, фузариоз.

Погодные условия играют немалую роль в формировании будущего урожая, однако для его сохранения необходимо проводить комплекс мероприятий по защите от сорной растительности, болезней и вредителей. В большинстве стран

мира защита растений — одно из главных условий для получения стабильно высоких и качественных урожаев сельскохозяйственных культур (Алехин, 2005). При этом в современных агротехнологиях доля участия системы защиты в формировании будущего урожая составляет 40–50%, так как это является гарантией получения стабильных и высоких урожаев (Дзоблаев, 1994; Долженко, 2007), по расчетам В.А. Захаренко в среднем за 2001–2005 гг. в Российской Федерации ежегодные потери только от вредителей составили более в 90 млрд рублей (Захаренко, 2005).

За рубежом применение пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур является основой любой агротехнологии, в частности нута. В России помимо химического метода, быстро регулирующего численность вредных объектов (Метлина, 2021; Основы агрономии, 2002), применяются и почвенные агротехнические приемы. По мнению В.В. Балашова (2002) до момента смыкания массива можно проводить междурядные культивации, при этом первую культивацию междурядий осуществлять по всходам на глубину 5–6 см. И.И. Мирошниченко и А.М. Павлова (1953) считают, что первую обработку нужно проводить по всходам, а вторую обработку – в период бутонизации (по шкале ВВСН 51-60).

1.1.1 Применение гербицидов на нуте

Согласно перечню пестицидов и агрохимикатов, которые можно использовать на территории России (2023), для нута количество официально разрешенных препаратов крайне мало. Что касается гербицидов, то используются в основном препараты почвенной группы, однако однозначно безопасных против двудольных пока не существует, и их рекомендуют применять с аминокислотами и другими препаратами для снижения стрессовой нагрузки (Потапов, 2019). К таковым относятся пестициды класса имидазолиноны, например, на основе имазетапира и имазомокса, это препараты системного действия, ингибирующие ацетолактатсинтазу. Действующее вещество накапливается в меристеме,

снижает уровень лейцина, изолейцина и валина, нарушая синтез белков и нуклеиновых кислот, что способствует прекращению роста злаковых и двудольных сорняков.

В условиях Красного Кута (Саратовская область) изучалась эффективность гербицида Пивот, ВК (100 г/л имазетапира) и его влияние на нут. При дозах внесения 0,5 и 0,8 л/га независимо от фазы вегетации (1–3, 6–7, 8–10 настоящих листьев) отмечались признаки угнетения: пожелтение и осыпание верхних листочков. При этом наиболее сильный фитотоксический эффект зафиксирован при самой поздней обработке в фазу 8–10 настоящих листьев: повреждение точки роста. Как следствие, растение прекращало рост и начинало куститься, что существенно влияло на продолжительность периода вегетации и величину урожая. Несмотря на биологическую эффективность гербицида при дозе внесения 0,5 л/га 86,5% по однолетним и 52,7% по многолетним сорнякам, отмечалось некоторое снижение урожайности относительно контроля, при дозе внесения 0,8 л/га биологическая эффективность составила соответственно 100 и 70%, но недобор урожая был более 30 % (Германцева, 2005; Полиенко, Патрикеев и др., 2018; Пимонов, 2017).

При изучении эффективности гербицида Пульсар, ВР (40 г/л имазомокса) была установлена высокая биологическая эффективность против сорняков на фоне жесткого токсического действия на растения нута. Длительное стрессовое состояние привело к существенным потерям урожая (Германцева, 2005). Другими аналогичными исследованиями В. В. Балашова с соавт. (2001), Ю.И. Голева (1998), О.В. Енкиной (1975) подтверждено фитотоксическое действие гербицидов по отношению к нуту.

Препараты широкого спектра действия на основе прометрина (класс триазинов) ингибируют процесс фотосинтеза, эффективность возрастает при оптимальном увлажнении почвы. При его использовании в предпосевном бороновании можно бороться с сорной растительностью и избежать негативного действия пестицида (Mahoney, 1984).

В последние десятилетия однокомпонентные пестициды становятся мало эффективны, все чаще используются баковые смеси, и многие исследователи считают, что лучше прометрин сочетать с С-метолахлором (Мамиев, 2018; Радевич, 2015; Тедеева, 2014). В условиях РСО-Алания при использовании баковой смеси на основе препаратов Гезагард, КС (500 г/л прометрина) и Дуал Голд, КЭ (960 г/л С-метолахлора) при норме расхода 1,0 л/га + 2,0 л/га в довсходовый период отмечено хорошее развитие листовой поверхности порядка 20 тыс. м² и получена урожайность 1,4–1,5 т/га (Улучшенная технология..., 2014).

В условиях Ростовской области при таком соотношении пестицидов фитотоксический эффект не был зафиксирован, и получена урожайность нута 21,3 ц/га. В этом же эксперименте при использовании Базагран, ВР (480 г/л бентазона в дозировке 3 л/га), наоборот, отмечено очень сильное негативное воздействие на растения нута при достаточно высокой биологической активности в отношении сорной растительности, но урожайность нута составила лишь 6,7 ц/га. Аналогичные результаты для Ростовской области были получены и в 2016 году на стационаре агрохимии и защиты растений ДЗНИИСХ (Гринько, 2016а).

Наибольшего эффекта можно достичь, сочетая химический метод с агротехническими приемами: предпосевной культивацией или боронованием. Краснокутская селекционная опытная станция рекомендует в условиях Саратовской области вносить 1,5 кг/га прометрина под предпосевную культивацию и проводить двукратное боронование. Такой прием позволяет снизить на 90% засоренность однолетними и многолетними сорняками и получить прибавку к урожаю 2,8–3 ц/га (Интегрированная технология..., 2017).

В условиях рискованного земледелия Ростовской области большое внимание уделяется всей системе защиты в целом. Обязательно проводится комплекс агротехнических и химических мероприятий: предпосевная культивация с внесением почвенных гербицидов и боронование по всходам. Высокая биологическая эффективность получена на 30 день после обработки по однолетним злаковым сорнякам 96,7–97,5% при внесении 0,8 л/га Гоал 2Е, КЭ (240 г/л оксифлуорфена), 4,0 л/га Гардо Голд, КС (312,5 г/л С-метолахлора + 187,5 г/л

тербутилазина), 1,6 л/га Дуал Голд (960 г/л С-метолахлора), 3 л/га Гезагард, КС (500 г/л прометрина), 1,2 л/га Фронтьер Оптима, КЭ (720 г/л диметенамида-П) 0,8 л/га Пивот, ВК (100 г/л имазетапира). По однолетним двудольным эффективность этих препаратов составила 76,5–97,4%, при этом наибольший эффект отмечается при использовании Пивот, ВК, где на 15 день после обработки снижение относительно контроля составило 98,2%, на 30 день – 97,4%. В борьбе с многолетними двудольными сорняками биологическая эффективность на 30 день учета была 23,8–52,6%. Величина сохраненного урожая за счет лучшей обеспеченности растений влагой варьировала от 5,8 до 11,0 ц/га, что составляет 67,5% относительно контроля (Приемы использования..., 2019).

1.1.2 Применение фунгицидов на нуте

Помимо защиты от сорной растительности необходимо проводить мероприятия по борьбе с болезнями. В связи с расширением посевных площадей увеличивается спектр крайне опасных и вредоносных болезней. Ситуация обостряется при влажной погоде, что характерно для весеннего периода Ростовской области. Многие зернобобовые культуры поражаются болезнями, но наиболее опасные грибковые, затем вирусные и бактериальные. Среди инфекционных болезней в регионе наиболее широко распространены фузариоз и аскохитоз.

Фузариоз (или корневая гниль) может поражать до 90% посевов и вызывать потери урожая 25–50% и более. Возбудителями являются несовершенные грибы рода *Fusarium*, *Rhizoctonia* и *Verticillium*. Чаще всего на нуте встречается *F. oxysporum*, у этого вида имеется множество рас, которые условно делятся на 2 группы. Представители первой группы более вредоносны, вызывают увядание и засыхание, а второй – пожелтение вегетативной массы. Растения могут страдать от корневой гнили в течение всего периода вегетации, при этом поражается прикорневая часть стебля и главный корень, в фазу цветения верхушка поникает,

бутоны вянут и опадают, что существенно снижает количество полностью сформированных бобов.

Аскохитоз – это наиболее распространённое и самое вредоносное заболевание нута. Возбудитель болезни — микоспоровый гриб *Ascochyta rabiei*. Грибок поражает листья, стебли, бобы и семена. В местах поражения образуются характерные пятна: округлые с резким ободком, содержащие точечное спороношение. Пораженные листья засыхают и опадают, семена в пораженных бобах развиваются щуплыми. В 60-е годы XX века на Северном Кавказе и в степных регионах бывшего СССР произошло резкое сокращение посевных площадей нута из-за эпифитотии аскохитоза, который почти полностью уничтожил урожай. Таким образом, потери урожая при благоприятных для развития патогена условиях могут достигать 100% (Будынков, 2018; Метлина, 2021).

Основные методы борьбы с фузариозом и аскохитозом – это протравливание семян и фунгицидные обработки вегетирующих растений, использование современных пестицидов дает хороший результат (Кунгурцева, 2017; Рахмонов, 2016). Однако диапазон эффективности препаратов и вопрос токсичности действующих веществ на развитие клубеньковых бактерий остается сложной проблемой. Для нута рекомендуются в качестве протравителя фунгицидные и фунгицидно-инсектицидные препараты, выбор которых определяется спектром и уровнем защитного действия по отношению к возбудителю. Вредный объект устанавливается путем проведения фитоэкспертизы семян, апробации семенных посевов с учетом зональных рекомендаций.

При наличии грибной инфекции используют препараты на основе флудиоксанила, тебуконазола, протиоконазола, имазапила, тиабендазола (Вошедский, 2019). Механизм их действия протекает на уровне клеточных мембран грибов, блокируя синтез стеарина или ингибируя обменные функции, в результате чего нарушается рост и развитие возбудителя болезней. Однако ни один из перечисленных препаратов не специализирован для нута, лишь некоторые для гороха. Исследования, проведенные на клубеньковых бактериях сои *Bradyrhizobium japonicum*, показали крайне отрицательное воздействие

флудиоксанила. Через 8 часов после обработки семенной поверхности 20% раствором препарата Максим, КС (25 г/л флудиоксанила) наблюдалось более чем двукратное снижение КОЕ, т. е. клубеньковые бактерии характеризуются низкой устойчивостью к этому действующему веществу (Лактионов, 2019). Подобные исследования были проведены и с клубеньковыми бактериями люпина *Bradyrhizobium lupini*. При рекомендованной концентрации рабочего раствора 6% раствор фунгицида Синклер, СК (75 г/л флудиоксанила) через 8 часов после обработки вызвал снижение численности клубеньковых бактерий сои *Bradyrhizobium japonicum* на 85×10^6 КОЕ в 1 мл пробы, а клубеньковых бактерий люпина *Bradyrhizobium lupini* – на 250×10^6 КОЕ в 1 мл пробы. А через 24 часа снижение составило 300 и 320×10^6 КОЕ в 1 мл пробы соответственно на сое и люпине (Косульников, 2019). Таким образом, токсичность фунгицида в отношении клубеньковых бактерий неодинакова: *Bradyrhizobium lupini* проявляет более высокую чувствительность к препарату, чем *Bradyrhizobium japonicum*.

1.1.3 Применение инсектицидов на нуте

На территории Ростовской области главным вредителем нута является хлопковая совка (*Helicoverpa armigera* Hb.), ее численность подвержена циклическим колебаниям и раз в 5–8 лет фиксируются вспышки массового размножения. Плотность заселения в посевах нута, как правило, неравномерная и увеличивается по мере приближения к лесополосам. Для борьбы с данным вредителем применяют инсектициды из класса фосфорорганических соединений, синтетических пиретроидов и других инсектицидов-ингибиторов хитина.

Синтетические пиретроиды селективны и не фитотоксичны в отличие от фосфорорганических препаратов. Диметоат и глифосат, применяемые на нуте, особенно в виде концентрата эмульсии, вызывают проявление ожогов листьев и бутонов (Попова, 2009). В условиях Ростовской области, когда растения испытывают стресс из-за абиотических факторов (недостатка влаги, высоких температур, почвенной и атмосферной засухи), фитотоксический эффект

проявляется очень сильно: наблюдается пожелтение растений, искривление стебля и задержка в развитии (Полиенко и др., 2020). Это существенно снижает урожайность культуры. Если эффективность в борьбе с хлопковой совкой высокая и составляет более 80% в первые три дня после обработки, то величина сохраненного урожая составляет лишь 1,1–1,8 ц/га (9–13 % относительно контроля). При использовании синтетических пиретроидов в тех же условиях величина сохраненного урожая составляет более 100 % (Гринько, 2016б).

Таким образом, несмотря на востребованность нута, сложности в технологии его выращивания до настоящего времени не позволяют обеспечить более широкое распространение этой культуры в условиях Ростовской области.

1.2 Эффективность удобрений в повышении продуктивности нута

Бобовые растения, благодаря симбиозу с азотфиксирующими бактериями, являются одним из источников биологического азота в земледелии (Балашов, 1983; Дзоблаев, 1994; Масютенко, 2010). Клубеньковые бактерии обладают специфичностью избирательно приспосабливаться к определенному виду бобовых культур. Главную роль играют пектины корневых экссудатов и липополисахариды самих бактерий. Поэтому неспецифичные для нута клубеньковые бактерии, проникая в его корни, не способны вызвать образование клубеньков (Саданов, 2015). Способность клубеньков к азотфиксации зависит от многих абиотических факторов: температура, влажность почвы, степень аэрации, реакция среды. Когда складываются благоприятные условия для развития растения, способность к азотфиксации будет выше. И наоборот, при угнетении растения по различным причинам, активность клубеньков будет ниже, и они не будут способствовать росту (Емцов, 1990).

Полноценные симбиотические взаимоотношения между корневой системой нута и клубеньковыми бактериями формируются при оптимальном содержании в почве фосфора и калия (Андреев, 1975; Германцева, 2011; Лабынцев, 1997; Полевое растениеводство..., 2012; Посыпанов, 1993; Шевцова, 2002; Шьюрова, 2004).

Фосфаты необходимы растению для развития корневой системы, они увеличивают количество корневых волосков, через которые происходит инфицирование клубеньковыми бактериями, там они прорастают в виде разветвленных инфекционных нитей. Также они необходимы самим бактериям для повышения нитрагинизации (Рахмонов, 2016), если обеспеченность фосфором недостаточная, то в месте локализации бактерий разрастание тканей корня не происходит, то есть клубень не формируются (Федоров, 1952). При недостатке калия, роль которого заключается в регулировании транспортировки и трансформации сахаров, резко снижается количество растворимых сахаров, что снижает и азотный обмен (Мишустин, 1968). На плодородных хорошо структурированных почвах при достаточной влагообеспеченности на корнях нута практически всегда формируется активный симбиотический аппарат, который удовлетворяет потребности нута в азотном питании. За счет естественного плодородия без внесения минеральных удобрений нут способен сформировать урожай 15–20 ц/га. Внесение фосфорно-калийных удобрений усиливает активность азотфиксации, что повышает обеспеченность азотом и величину урожая до 25 ц/га, а при хорошем увлажнении в период вегетации – до 30 ц/га (Балашов, 1990; Вавилов, 1984; Посыпанов, 1982; , Шевцова, 2000). При дефиците почвенной влаги фосфорно-калийные удобрения не оказывают стимулирующего эффекта на азотфиксацию, а некоторые авторы (Гукова, 1962; Федоров, 1952) считают, что они могут угнетать клубеньки бобовых растений. Калий влияет на усвояемость фосфора и серы бобовыми растениями в период вегетации, его недостаток сказывается на поступлении фосфора и на процессе азотфиксации (Ржанова, 1970).

Формирование клубеньков и активность азотфиксации зависит от количества минерального азота в почве. При низкой обеспеченности почвы подвижными формами азота растения могут обладать несколькими типами азотного питания: симбиотрофным или автотрофным. Однако при длительном возделывании и хорошей обеспеченности минеральным азотом бобовые культурные растения могут терять способность к азотфиксации (Саданов, 2015). Тем не менее на бедных почвах нельзя отказываться от азотных удобрений, «стартовая» доза минерального

азота обеспечит развитие вегетативной массы на начальных этапах, а затем, с повышением среднесуточной температуры до оптимального значения, симбиотические бактерии образуют клубеньки и запустится процесс азотфиксации. Минимальная стартовая доза минерального азота не должна превышать 30–45 кг д.в./га, превышение оказывает обратное действие на процесс азотфиксации, уменьшается размер и количество клубеньков на корнях, снижается активность фермента нитрагиназы (Чиканова, 1988).

Многими исследованиями доказано, что использование бактериальных препаратов для обработки семян (нитрагин, ризоторфин) оказывает положительное влияние на развитие корневой системы, а также стимулирует способность к азотфиксации. Это особенно актуально, если нут возделывается на поле впервые, из-за отсутствия специфических штаммов, которые могут установить симбиотическую связь, на корнях нута клубеньки могут не образоваться (Блинков, 1976; Голубев, 1969; Муковникова, 1995; Шульга, 2001). В работах Л.П. Шевцовой (2000), В.В. Балашова с коллегами (2002), Н.А. Шьюровой (2004) также установлено влияние почвенного увлажнения на активность процесса азотфиксации, обработка семян бактериальными препаратами в засушливые годы усиливала азотфиксацию, и повышала урожайность на 8–10 %, а во влажные – на 20–30 %.

Таким образом, при выращивании нута на малоплодородных почвах для получения высоких урожаев необходимо применять минеральные и бактериальные удобрения, опираясь на результаты агрохимического обследования, влагообеспеченность, погодно-климатические условия и величину планируемого урожая. По данным Г. С. Посыпанова и др. (Растениеводство, 2007) при возделывании нута для формирования 1 т зерна необходимая доза удобрений $P_{16-20}K_{20-30}$, Н.А. Шьюрова (2004) для степной и сухостепной зонах Саратовской области рекомендует $P_{30}K_{30}$ в сочетании с предпосевной обработкой семян ризоторфином.

В лесостепи Среднего Поволжья минеральные удобрения ($P_{60}K_{60}$) также наиболее эффективно сочетать с обработкой семян, в противном случае не

происходит стимуляции симбиотической и фотосинтетической активности. В условиях Волгоградской области (2009) на каштановых почвах при дефиците влаги в почве и атмосфере минеральные удобрения не оказывают существенного влияния, а на каштановых почвах степной зоны Саратовского Заволжья небольшие дозы минеральных удобрений $N_{20}P_{30}$ при посеве в сочетании с ризоторфином повышают урожайность нута на 40% (Таспаев, 2018). На черноземах южных степной зоны Правобережья Саратовской области наилучшие результаты по симбиотической активности получены при использовании бактериального препарата на фоне фосфорных удобрений в дозе P_{30} , число активных клубеньков составило 31,5 шт./растение, а масса – 318,4 мг/растение. А показатели сухой биомассы были выше на фоне азотно-фосфорных удобрений в сочетании с биопрепаратами и стимуляторами роста: до 6,78 т/га (Фартуков, 2018).

В предгорной зоне РСО-Алания на черноземах выщелоченных минеральные удобрения оказывают существенное влияние на формирование симбиотического аппарата нута: при повышении дозы фосфора увеличивается число и масса активных клубеньков. Они достигают максимального значения независимо от сорта нута в фазу цветения при внесении фосфорно-калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{30}$, Повышение дозы до $P_{120}K_{30}$ неэффективно, наблюдается снижение числа и массы активных клубеньков на растение – до 22,7 шт./растение и 306,5 мг/растение соответственно (Улучшенная технология..., 2014).

Для Ростовской области рекомендуется при посеве на бедных почвах давать стартовую дозу минерального азота в количестве 20–30 кг д.в./га, на более плодородных почвах считается, что внесение азота будет угнетать клубеньковые бактерии и снижать активность нитрогеназы. Что касается фосфорно-калийных удобрений, то экспериментально в зависимости от уровня плодородия установлена оптимальная дозировка $P_{30-60}K_{45-60}$. На почвах, высоко обеспеченных подвижными формами фосфора и калия, внесение удобрений не требуется, на величину урожая не повлияет, но повысит зарастание сорными растениями (Зональные системы..., 2022). Согласно исследованиям Е.И. Пугач (2005) выращивать нут на черноземах обыкновенных Ростовской области следует с использованием ризоторфина (штамм

бактерий 527 или 522) и вносить в предпосевную культивацию азотно-фосфорные удобрения в соотношении 1:4, например аммофос ($N_{12.5}P_{50}$) 100 кг в физическом весе на гектар). В более поздних экспериментах, проводимых на стационаре агрохимии ДЗНИИСХ, установлено, что в условиях недостаточного увлажнения (за период активной вегетации выпало 57,8 мм при норме 81,2 мм) лучшие результаты по формированию элементов продуктивности нута получены при внесении $N_{30}P_{30}$, увеличивается и количество бобов на растение и масса 1000 семян. Увеличение дозы азотных удобрений до 60 кг/га неэффективно из-за снижения активности азотфиксации (Федюшкин, 2019, 2020).

Таким образом, при выращивании нута в условиях Ростовской области необходимо вносить не только фосфорно-калийные, но и азотные удобрения, но дозировать с учетом условий увлажнения и содержания подвижных элементов питания в почве.

1.3 Гуминовые удобрения и препараты как фактор биологизации земледелия

Начиная с 90-х годов XX в. во всем мире активно развивалась идея органического земледелия, были созданы крупнейшие ассоциации и торговые организации органической продукции, такие как Organic Trade Assosiations ОТА, Australian Organic, Итальянская ассоциация органического сельского хозяйства FederBio. В России первый федеральный закон об органическом земледелии вступил в силу в 2020 г. (№280-ФЗ). В нашей стране проводится активная эко-политика, разработаны различные стандарты (ГОСТ Р 56508-2015) и реестры, а также действует единый государственный знак органической продукции (приказ Минсельхоза РФ №634 от 19.11.2019).

В Ростовской области принципы органического земледелия реализованы на предприятии «Биохутор Петровский» (Неклиновский район), где выращиваются зерновые, крупяные и бобовые культуры без удобрений и пестицидов. На остальной территории региона придерживаются классической технологии, так как

решение вопросов продовольственной безопасности региона невозможно без интенсивных сортов, удобрений и пестицидов. Использование такой технологии привело к ряду взаимосвязанных экологических и экономических проблем: ухудшение фитосанитарного состояния из-за выработки резистентности у вредных объектов к пестицидам, снижение качества продукции, деградация почвенного плодородия. В современных условиях резкий отказ от традиционного растениеводства и переход на органическое земледелие также невозможен, но взят курс на биологизацию земледелия с использованием энергосберегающих и почвозащитных приемов, которые позволяют сохранять и восстанавливать почвенное плодородие за счет естественных процессов (Голов, 2014). К наиболее доступным приемам биологического земледелия относятся севооборот, использование сидератов и растительных остатков, внесение органических удобрений, применение бактериальных препаратов и повышение биологической активности почвы, в том числе азотфиксирующих микроорганизмов (Авдеенко, 2009; Зеленский, 2009а, 2009б; Токарева, 2010). В программе биологизации земледелия, которая действует в Белгородской области с 2011 г., дополнительно внедрена технология No-till и система адаптивно-ландшафтного земледелия, что способствовало через 5 лет накоплению органического вещества в количестве 6,3 т/га. По итогам круглого стола по терминологии почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия, прошедшего 12 апреля 2021 г., к методам биологического земледелия относятся применение промежуточных почвопокровных культур; бактериально-грибковых препаратов; биологических удобрений; биостимуляторов роста; гуминовых веществ и препаратов микоризы; энтомофагов и посев нектароносных культур для привлечения естественных энтомофагов и пчел (Итоги круглого стола..., 2021).

В настоящий момент интенсификация сельского хозяйства и высокая антропогенная нагрузка привели к истощению почвенного плодородия. Для его сохранения необходимо уменьшить отчуждение органического вещества из почвы, а для восстановления – замкнуть круговорот веществ в агроценозе, возобновить поступление органики в почву и активизировать почвенную микрофлору

(Воронкова, 2009; Лопачев, 1998; Мамсиров, 2010; Наумкин, 1998 а, 1998б; Синих, 2010; Топорова, 2009). Таким образом, переход к биологическому земледелию востребован и крайне необходим.

Безусловно наилучший способ восстановления почвенного покрова – это внесение органических удобрений на основе отходов животноводства, но в связи с упадком этой отрасли возрос интерес к гуминовым удобрениям и, как следствие, к гуминовым препаратам. Обе группы объединяет присутствие в их составе специфических органических соединений, которые обладают высоким сродством с почвенным гумусом, однако они отличаются своими свойствами, механизмом действия и нормами применения. Гуминовые удобрения, как правило, балластные соединения, которые помимо солей гуминовых кислот, содержат макро- и микроэлементы, их вносят в больших дозах, и они оказывают непосредственное влияние на структурно-агрегатный состав почвы, ее водно-воздушный и питательный режимы. Гуминовые препараты, наоборот, представляют собой концентрированный раствор гуминовых кислот и их солей, применяют их в небольших дозах, так как они по своей сути являются стимуляторами физиологических процессов (Безуглова, 2009; Грехова, 2015).

Гуминовые кислоты – это высокомолекулярные органические соединения с широким диапазоном молекулярной массы от 100 000 до 150 000, насыщенные различными функциональными группами (Тюрин, 1937; Ваксман, 1937; Кононова, 1963; Александрова, 1972; Христева, 1973; Алиев, 1988; Безуглова, 2003). Исследования в области химии гуминовых кислот осложняются тем, что гуминовые кислоты полидисперсны, не имеют постоянного химического состава и, соответственно, постоянной молекулярной массы (Зыкова, 2012). Полученные данные свидетельствуют, что в их составе имеется стабильное полиароматическое ядро и алифатическая подвижная часть. Существует несколько гипотетических моделей структурного строения фрагментов гуминовых кислот. По теории Д.С. Орлова (1990) ячейка молекулы состоит из конденсированных бензойных колец, соединенных через двойную связь ($-C=C-$), и гидролизуемых компонентов, таких как полисахариды или пептиды. И.Д. Комисаров (1993) также считал, что

негидролизуемая часть гуминовых кислот представлена бензойными кольцами, однако их количество значительно больше трех, и ключевой момент – это отсутствие кручения между ядрами в соединительных фрагментах. По современным представлениям гуминовые кислоты – это супрамолекулярные структуры, которые представляют собой ассоциацию различных низкомолекулярных мономеров, связанных друг с другом ароматическими, водородными, электростатическими и другими типами связей (Семенов, 2013; Федотов, 2015; Piccolo, 2002), что подтверждается инструментальными исследованиями (Вялых, 2013; Федотов, 2011; Bezuglova, 2019).

Несмотря на сложности в изучении химии гуминовых соединений, они довольно широко используются в сельскохозяйственном производстве, так как оказывают стимулирующее и адаптогенное действие на растения (Безуглова, 2009; Дмитриев, 1986). Несмотря на относительно большие размеры, молекулы гуминовых кислот обладают высокой поверхностной активностью, благодаря наличию карбоксильных и фенольных групп легко сорбируются клеточными мембранами (Демин, 2004), а исследования с мечеными атомами (^{14}C и ^3H) доказывают способность низкомолекулярных компонентов супрамолекулы проникать в цитоплазму клетки (Kulikova, 2016; Vaughan, 1981), где они вовлекаются в биохимические процессы.

В работах Л.А. Христовой (1950, 1951, 1962, 1968) установлено прямое и косвенное действие гуминовых кислот на процессы дыхания и фотосинтеза. На процесс фотосинтеза прямое действие вызвано активацией протонной помпы, косвенное – через влияние на белоксинтезирующую систему и увеличение количества реакционных центров фотосинтетической системы. При этом имеет значение окислительно-восстановительный потенциал гуминовых соединений: чем выше степень восстановленности, тем больше стимулирующий эффект (Бобырь, 1992). Усиление процесса фотосинтеза влечет за собой повышение ассимиляции углекислого газа. При исследовании биоэлектрических потенциалов проростков различных культур, также установлено повышение энергии и снижение порога активации дыхания. В более поздних работах зарубежных ученых установлено, что

усиление процессов дыхания связано с влиянием гуминовых соединений на комплекс ферментов, связанных с циклом Кребса и гликолизом (Nardi, 2007).

Во многих исследованиях была отмечена гормоноподобное действие гуминовых кислот: ауксиновая, гибберелиновая, цитокининовая, полиаминовая (Nardi, 2002; Phoung, 1976; Šmejkalová, 2008), но позже в составе супрамолекул были обнаружены полиамины (пустрецин, спермидин, спермин) (Young, 1997), которые играют важную роль в процессах роста и дифференциации клеток, а также в адаптации к различным стрессорам (Flaig, 1967; Igarashi, 2006). В поисках подтверждения ауксиноподобного действия из супрамолекулы гуминовой кислоты была выделена индоллил-3-уксусная кислота (Nardi, 2002), которая участвует в развитии корневой системы, формировании корневых волосков и боковых корней. Она образуется в верхушечной меристеме растения и затем транспортируется к корням, а также имеет экзогенное происхождение, как результат деятельности ризосферных микроорганизмов. Наличие индоллил-3 уксусной кислоты в составе молекулы гуминовой кислоты объясняет положительное действие на корневую систему: формирование вторичной корневой системы, утолщение корней и увеличение их массы (Lombardo, 2012; Mora, 2012; Trevisan, 2010).

Физиологическая активность гуминовых соединений проявляется также усилением поглотительной функции корневой системы, что связано с воздействием на плазматическую мембрану, а именно: на ее H^+ -АТФазную активность. Доказано, что гуматы активируют синтез H^+ -АТФазы, в клетках обработанных растений количество мРНК, которая отвечает за ее синтез, увеличивается в 2 раза (Canellas, 2008; Muscolo, 1998; Quaggiotti, 2004).

Геномный анализ доказывает, что гуминовые соединения влияют на физиологические процессы растительной клетки, на их воздействие клетка отвечает через транскрипционные сети, усилением или ослаблением синтеза тех или иных белков (Trevisan, 2011). Исследования, проведенные на рапсе, показали, что при обработке гуминовыми соединениями усиливается экспрессия генов, которые отвечают за обмен веществ: фотосинтез, дыхание, синтез жирных кислот

и белка, транспорт ионов и воды, синтез фитогормонов, реакции на стресс (Jannin, 2012).

Гуминовые препараты, применяемые в сельском хозяйстве, рекомендуют использовать в малых дозировках – от 0,1 до 10 л/га в зависимости от содержания действующего вещества. Их нельзя рассматривать как аналоги органических или минеральных удобрений, но при обработке почвы они выступают как катализаторы биохимических процессов. Они стимулируют такие группы микроорганизмов, как азотфиксаторы, аммонификаторы и нитрификаторы, почвенные микромицеты, целлюлозоразлагающие и маслянокислые бактерии (Александрова, 1980; Горюнов, 2015а, 2015б; Кравцова, 1980; Кудрина, 1951; Рыбалкина, 1958; Bhardwaj, 1972; Vallini, 1997), что способствует общему росту численности микроорганизмов и повышению ферментативной активности почвы. В то же время гуминовые соединения ингибировали рост патогенных грибов р. *Fusarium* (Sviridova, 1994, 2000).

Микроорганизмы по-разному реагируют на гуминовые препараты, имеющие различное происхождение (Тихонов, 2010). Более молодые гуминовые соединения, полученные из торфа, компостов, лигносульфонатов, оказывают стимулирующее действие на тест-культуру *Escherichia coli*, а гуматы полезного ископаемого леонардита, наоборот, угнетающее (Изосимов, 2016).

Гуминовые вещества воздействуют на микроорганизмы корнеобитаемого слоя почвы опосредовано через корневые выделения. Состав и количество выделяемого корневого экссудата зависит от условий местообитания растений, вида и возраста растения (Шапошников, 2011; Baldri, 2009), под влиянием гуминовых препаратов усиливается экссудация органических кислот (щавелевой, винной, лимонной) (Canellas, 2008). Микроорганизмы быстро реагируют на изменения окружающей среды и повышение доступных для питания веществ вызывает резкий рост их численности (Полиенко, 2016), в том числе увеличивается и количество деструкторов, способных минерализовать почвенный гумус, в котором сосредоточены запасы элементов питания для растений. При недостаточном количестве доступных фосфатов растение активнее выделяет

корневой экссудат, регулируя ферментативную активность в ризоферной области, в частности фосфатазы (Котелев, 1964).

Гуминовые соединения оказывают комплексное влияние на растение и почву, но эффект их влияния на различных почвах отличается. При движении с севера на юг наиболее сильно он проявляется на кислых дерново-подзолистых почвах, слабее на плодородных черноземах, затем снова сильнее при дальнейшем продвижении на юг, что связано с гумусным состоянием почв. При прочих оптимальных условиях на низкоплодородных слабогумусированных почвах гуминовые препараты более эффективны, чем на плодородных. Это утверждение также справедливо в отношении благоприятных условий произрастания растений: чем сильнее отклонение от оптимального значения, тем выше эффективность гуминовых препаратов, зависимость этого показателя от уровня потенциального плодородия почв снижается: гуматы в условиях дефицита того или иного фактора роста растений и формирования урожая становятся эффективным средством повышения урожая даже на самых плодородных почвах (Христева, 1950, 1968а, 1968б; Комиссаров, 1971; Flaig, 1965, 1967; Gugliucci, 2004; Guminski, 1967, 1968; Шеуджен, 2015, 2022; Федотова, 2018; Грехова, 2019).

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный (миграционно-сегрегационный по Классификации почв России, 2004) (Классификация..., 2004).

Климатические условия Приазовско-Предкавказской степной провинции, в которой формируется этот подтип чернозема (сумма активных температур 3200 – 3400°С, годовая сумма осадков 400–500 мм, ГТК 0,7–0,8), способствуют высокой интенсивности биологических и биохимических внутрипочвенных процессов. Профиль чернозема обыкновенного карбонатного представлен на рисунке 1.



Ad – 0–15 см. Сухой, темно-серый, зернисто-комковато порошистый, тяжелосуглинистый, рыхлый, тонкопористый, тонкотрещиноватый, густокорешковат, переход заметный по плотности.

A1 – 15–55 см. Свежий, темно-серый, комковато-порошисто-зернистый, тяжелосуглинистый. Уплотнен, тонкопористый, тонкотрещиноватый. Крупные корни, бусы, копролиты. Переход постепенный.

B1 – 55–70 см. Свежий, темно-серый с бурым оттенком, зернисто-комковато-ореховатый, тяжелосуглинистый. Уплотнен, тонкопористый, тонкотрещиноватый. Кротовина, крупные корни, земляные бусы. Переход заметный по окраске и вскипанию

B2 – 70–80 см. Свежий, неоднородный по окраске: серовато-бурый с темными затеками гумуса, комковато-ореховатый, легкоглинистый, уплотненный, тонкопористый, тонкотрещиноватый, карбонатная плесень, корешки и корни, копролиты.

BC – 80–110 см. Свежий, неоднородный по окраске: бурый с затеками гумуса и белесыми пятнами единичной белоглазки, порошисто-комковато-ореховатый, легкоглинистый, плотный, переход заметный по обилию белоглазки.

Ск – 110–150/ дно. Карбонатная лессовидная легкая глина.

Полевое определение почвы: **Чернозем миграционно-сегрегационный (обыкновенный карбонатный) мощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидной легкой глине**

Рисунок 1 – Чернозем обыкновенный (миграционно-сегрегационный), п. Рассвет (2023) (Безуглова и др., 2023)

Отличительная особенность данного подтипа черноземов – мощность

гумусового горизонта превышает 80 см (А+В), при содержании гумуса 3,6–4,2%. Другой генетический признак – миграционные формы карбонатов (мицелий, прожилки, белоглазка).

Почвообразующая порода – лессовидный суглинок, который характеризуется содержанием крупно-пылевой фракции – 30–38% и широким варьированием содержания илистой фракции, благодаря чему обладает высокой макропористостью.

Чернозем обыкновенный карбонатный хорошо оструктурен, плотность сложения верхнего горизонта не превышает 1,35 г/см³. В гумусовом горизонте элементарные механические частицы скоагулированы в прочные комковато-зернистые агрегаты, преобладающая часть которых по размеру относится к агрономически ценным фракциям (10–0,25 мм), составляющим более 60%. В горизонте В присутствие монтмориллонита в минералогическом составе формирует своеобразную ореховато-комковатую структуру.

Емкость катионного обмена почвенно-поглощающего комплекса в пахотном слое составляет в среднем 40 мг-экв/100 г почвы, в его составе главным образом присутствует кальций (85–90%) и магний (до 10%).

Черноземы обладают высокой биологической активностью, биомасса микробного сообщества в почвенной толще может достигать 15 т/га (Полянская, 1995). Численность микроорганизмов подвержена сильным сезонным колебаниям, тем не менее в пахотном горизонте чернозема обыкновенного карбонатного количество свежей микробной биомассы составляет 2200–6800 кг/га в зависимости от сезона. В значительном количестве встречается группа, усваивающая минеральный азот, доля актиномицетов составляет 2–5% (доминируют *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia*, *Actinomadura*), Соотношение эколого-трофических групп азотного цикла свидетельствует о более интенсивном протекании минерализационных процессов. Достаточно высокой активностью обладают микроорганизмы, участвующие в трансформации фосфора, это бактерии, микроскопические грибы и актиномицеты, продуцирующие фосфатазу. Их численность гораздо выше в корнеобитаемом слое почвы (Благовещенская, 2004).

2.2 Методика исследования

Опыт по изучению эффективности применения гуминовых препаратов в агротехнологии нута на различных уровнях питания был заложен на стационаре агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФРАНЦ. Схема опыта представлена в таблице 1, пространственное расположение вариантов – на рисунке 2. Схема опыта включает фактор А – фон минерального питания (1. Контроль без удобрений) 2. Средний фон – N40P40K40 3. Высокий фон – N80P80K80). Фактор Б – применение гуминовых препаратов (1. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 2. Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной»). Минеральные удобрения вносили перед посевом сеялкой СС-11, гуминовые препараты использовали фолиарно в фазу бутонизации после обработки пестицидами. Система защиты (СЗ) нута включала современные химические препараты: Синклер, СК (0,6 л/т), Лазурит, СП (1 кг/га), Оптимо, КЭ (0,5 л/га), Амплиго, МКС (0,2 л/га). Выбранные препараты относятся к 3 классу опасности, обладают широким спектром и системным механизмом действия, что позволяет уменьшить количество обработок и минимизировать негативное воздействие на растения и почвенные микроорганизмы.

На опытном участке применялась агротехника возделывания нута, рекомендованная для Приазовской зоны Ростовской области (Зональные системы..., 2022). Предшественник – озимая пшеница.

Таблица 1 – Схема опыта по вариантам

<i>№</i>	<i>Вариант</i>
1	Контроль (без минеральных удобрений)
2	Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (ГП) – 0,3 л/га
3	Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (ГУ) – 0,5 л/га
4	Фон 1 (N40P40K40)
5	Фон 1 (N40P40K40) + ГП (0,3 л/га)
6	Фон 1 (N40P40K40) + ГУ (0,5 л/га)
7	Фон 2 (N80P80K80)
8	Фон 2 (N80P80K80) + ГП (0,3 л/га)
9	Фон 2 (N80P80K80) + ГУ (0,5 л/га)

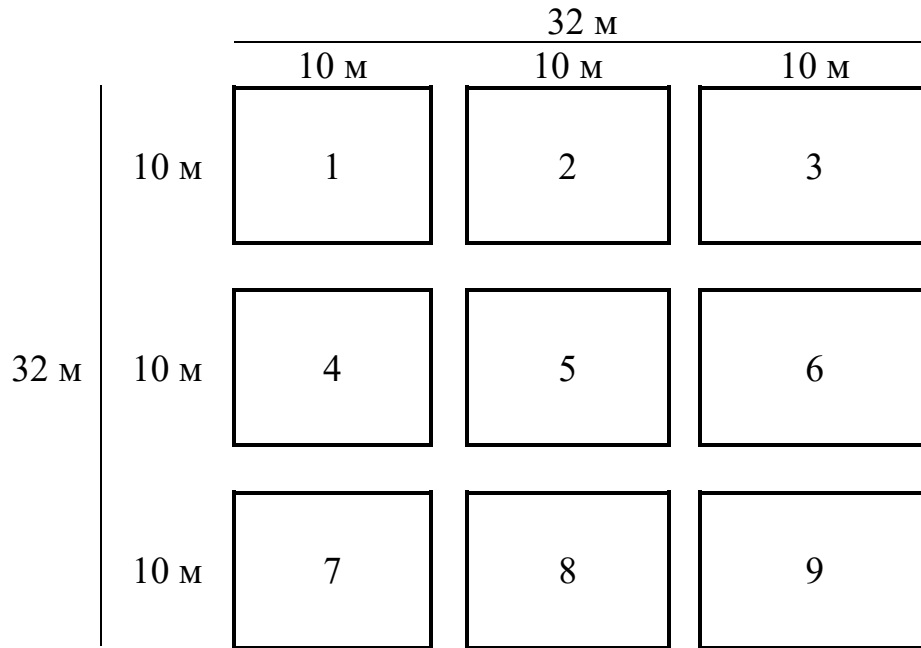


Рисунок 2 – Пространственное расположение вариантов опыта

Площадь делянки 100 м², каждый вариант представлен в четырех повторностях.

Гуминовый препарат. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 получают путем щелочной экстракции из вермикомпоста. Сырьем является навоз, главным образом, крупного рогатого скота и конский, птичий помет не используется из-за высокой концентрации иона аммония. Подготовленный компост заселяют популяцией дождевых (компостных) червей вида *Eisenia foetida*, которые, пропуская компостную массу через свой кишечный тракт, формируют однородную гранулированную массу. Наиболее прочные органические коллоиды – это гумат кальция, поэтому извлечь гуминовые соединения из вермикомпоста можно только щелочным раствором, в данном случае раствором едкого натрия. В гуминовом препарате ВЮ-Дон10 содержится более 10 г/л растворенных органических соединений, на долю углерода гуминовых кислот приходится не менее 20%, фульвокислот – 5%. Также в нем содержится от 2,0 до 3,5% азота, фосфора и калия, но они практически не участвуют в питании растений, так как препарат вносится на поля в сильноразбавленном виде.

По результатам микробиологического анализа в гуминовом препарате ВЮ-

Дон10 доминируют бактерии, использующие органические формы азота (*p. Bacillus*), это обусловлено технологией производства биопрепарата и высоким значением рН (более 8,0).

Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (производство Группы компаний «Флексом») получают путем щелочной экстракции из торфа, при этом используется едкий калий (CAS 1310-58-3). В его составе помимо солей гуминовых кислот (ГК) также присутствуют и другие макро- и микроэлементы (таблица 2).

Гумат калия торфяной, как и гуминовый препарат на основе вермикомпоста, обладает стимулирующим действием на растение. Это проявляется в формировании более мощной и разветвленной корневой системы, что способствует лучшему усвоению элементов питания, а также в формировании стресс-устойчивости к различным факторам среды благодаря регулированию фитогормонов.

Таблица 2 – Химический состав органо-минерального удобрения «Гумат калия жидкий торфяной» (ГК ФЛЕКСОМ)

Наименование показателя	Значение показателя
Содержание органического вещества, г/л	52,0
Содержание общего углерода, г/л	27,2
Содержание Сгк, г/л	25,5
Содержание гуминовых кислот, г/л	36–45
Содержание Сфк, г/л	1,73
Содержание фульвокислот	4,0
Содержание общего азота, г/л	2,66
Содержание общего фосфора, г/л	0,28
Содержание общего калия, г/л	11,18
Zn, мг/л	0,61
Со, мг/л	0,04
Mn, мг/л	2,80
MgO, мг/л	93,35
Mo, мг/л	0,023
Fe, мг/л	189,4
B, мг/л	0,225

Нут. Оригинатором сорта является ФГБНУ ДЗНИИСХ и ООО «Научно-производственная фирма Селекционер Дона», выведен методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из комбинации [Краснокутский 36 × Приво 1]. Разновидность – *cicer arietinum var arietinum*.

Растения кустовой формы. Стебель зеленый, опушенный, обычной формы, высотой более 70 см. Общее число междоузлий 19, до первого соцветия – 10. Лист непарноперистый, яйцевидной формы с зубчатыми краями. Усики нет. Соцветия одиночные, пазушные. Цветонос короткий, составляет 1,7–2,2 мм. Обычно в цветоносе 1 цветок, редко 2. Цветки мелкие, белого цвета. Бобы луцильного типа с сильным пергаментным слоем, характеризуются сильноволокнистым швом и густым опушением. Бобы светло-зеленые, овально-ромбической формы (длина 1,0 см, ширина 2,7 см). Среднее число бобов на растении – 35, максимальное – 52. Семена шарообразной формы, средние, желто-розовые, рубчик короткий и слабовыраженный.

Раннеспелый. Вегетационный период 75–86 дней, созревает на 7 дней раньше стандарта. Устойчив к полеганию, надлому стеблей, опадению и растрескиванию бобов. Засухоустойчив. Нут относится к теплолюбивой культуре. Семена его начинают прорасти при более высокой температуре, чем горох, чина и чечевица. Наилучшая температура для прорастания 9–12°C, для формирования вегетативных органов – 17–18°C, для формирования генеративных органов – 17–21°C. Общая потребность в тепле для созревания семян составляет 1200–2000°C (Барабанов, 2006).

Масса 1000 семян – 943–956 г. Содержание белка 28–31 %, жира – 6,0%. Зерно сорта предназначено для использования в пищевых целях. Высокоурожайный – 24–28 ц/га, за 3 года исследований превышал урожайность стандарта на 4,0 ц/га. Наибольшая урожайность была получена в межстанционном испытании в сравнении с Приво 1 в 2017 г. – 32,8 ц/га.

Пригоден к прямому комбайнированию, но отличается невысокой синхронностью созревания бобов.

Устойчивость к засухе (почвенной и воздушной) и весенним заморозкам,

характерна также низкая поражаемость болезнями (ржавчиной, антрактозом, бактериозом, фузариозом, склеротинией, мучнистой росой, ложной мучнистой росой, септориозом, аскохитозом, корневыми гнилями) и вредителями (плодожоркой, зерновкой (брухус), акациевой огневкой, минирующей мушкой). Включен в Госреестр 2021 г. по 6 региону (Государственный реестр..., 2021).

2.3 Методы исследования

1. Планирование эксперимента и разбивка полевого опыта (Доспехов, 1985);
2. Фенологические наблюдения за развитием сельскохозяйственных культур (Майсуриян, 1970);
3. Проведение отбора почвенных проб по вариантам опыта, ГОСТ Р 58595-2019;
4. Определение подвижных форм азота, ГОСТ 26489-85, 26951-86;
5. Определение подвижного фосфора и обменного калия – по методу Мачигина, ГОСТ 26205-91;
6. Определение содержания гумуса в почве, ГОСТ 26213-91;
7. Микробиологическая активность почвы, численность экологотрофических групп микроорганизмов определялась стандартным методом посева разведений почвенной суспензии на плотные питательные среды.
8. Определение биологической урожайности и анализ структуры урожая нута методом снопового анализа (Муха, 2013);
9. Математическая обработка и анализ экспериментального материала методами дисперсионного, регрессионного и факторного анализов (Доспехов, 1985);
10. Расчет экономической эффективности применения гуминовых препаратов (по окончании эксперимента) (Лобачев, 2012).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Погодные условия проведения полевых исследований

В период вегетации нута в различные годы исследований погодные условия складывались с существенными отклонениями от среднего многолетнего значения. В 2021 году условия влагообеспеченности были выше нормы (ГТК 0,9), сумма осадков за период апрель-июль составила 202,8 мм с превышением среднемесячного значения от 7,4 до 24,7 мм. В период вегетации нута в 2022 году, наоборот, сложились очень засушливые условия, ГТК за период от всходов до полной спелости составил 0,3. Сумма осадков за вегетационный период почти в 2,5 раза меньше среднего многолетнего значения (56,8 мм). В 2023 году ситуация поменялась, в целом сложились оптимальные по увлажнению условия, гидротермический коэффициент (ГТК) за период от всходов до полной спелости составил 1,1. Весенний период характеризовался аномальным количеством осадков, сумма за апрель май составила 168,6 мм, что превышает норму в 2,2 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Метеорологические условия в период вегетации нута, 2021–2023 гг.

Показатель	апрель	май	июнь	июль	апрель-июль
1	2	3	4	5	6
ср. многолетнее					
сумма активных температур, °С	318	545,6	684	762,6	2310,2
сумма осадков, мм	34,7	43,7	35,6	32,8	146,8
ГТК	1,1	0,8	0,5	0,4	0,6
2021					
сумма активных температур, °С	291	548,7	648	806	2293,7
сумма осадков, мм	59,4	52,0	51,2	40,2	202,8
ГТК	2,0	0,9	0,8	0,5	0,9
2022					
сумма активных температур, °С	371	452,6	693	731,6	2248,2
сумма осадков, мм	10,8	18,0	0,8	27,2	56,8
ГТК	0,3	0,4	0,0	0,4	0,3

1	2	3	4	5	6
2023					
сумма активных температур, °С	324	537,4	679	759,1	2299,5
сумма осадков, мм	84,2	84,4	32,8	52,4	253,8
ГТК	2,6	1,6	0,5	0,7	1,1
2021–2023					
сумма активных температур, °С	328,7	512,9	673,3	765,6	2280,5
сумма осадков, мм	51,5	51,5	28,3	39,9	171,1
ГТК	1,6	1,0	0,4	0,5	0,8

Однако если сравнить средние значения за 2021–2023 гг. со средними многолетними, то по влагообеспеченности отклонения составляют не более 20%, а температурному режиму не более 2%.

Распределение осадков по декадам носит крайне неравномерный характер за весь период наблюдений. В 2021 году превышение нормы в 2–3 раза зафиксировано в I декаду апреля, во II декаду мая, в I декаду июня, в III декаду июля. В 2022 году в период формирования вегетативной массы с III декады апреля по I декаду июня выпало всего 29,6 мм осадков. В период цветения и созревания осадков почти не наблюдалось и лишь ближе уборке выпало 27,2 мм (рисунок 2). В 2023 году обильные осадки сдвинули сроки посева нута на 15.05, во вторую декаду мая осадков не было, что позволило почве достигнуть физической спелости и провести посевные работы. Последующие осадки в III декаду мая способствовали активному развитию вегетативной массы нута. В период бутонизация – полная спелость выпало 61,6 мм осадков (рисунок 3).

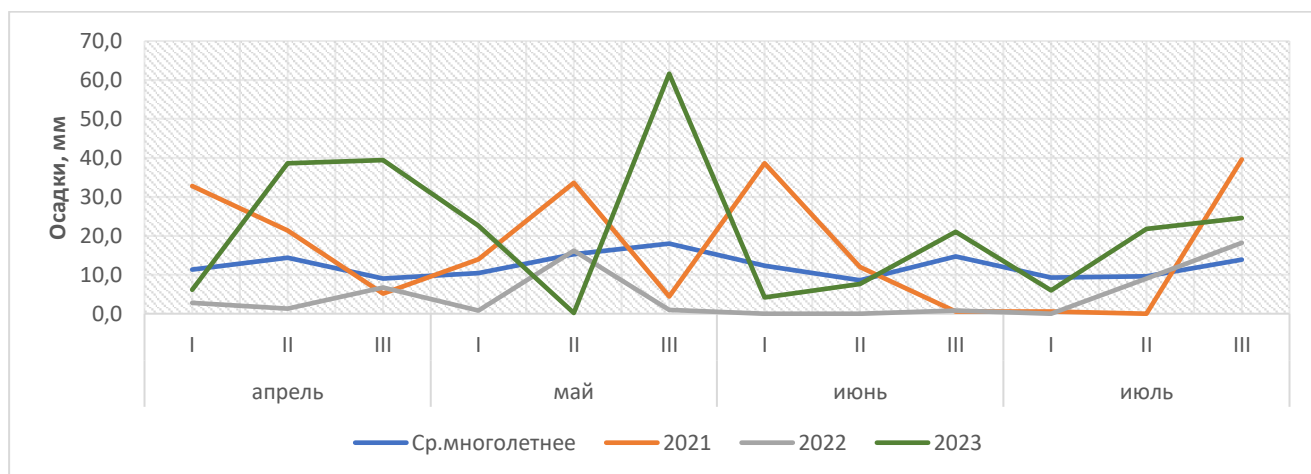


Рисунок 3 – Распределение осадков по декадам в период вегетации нута, 2021–2023

В фазу бутонизации запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см характеризовались как средние (2021), удовлетворительные (2022) и хорошие (2023) (Муха, 2013) (таблица 4).

Таблица 4 – Влажность почвы в слое 0–100 см и запасы продуктивной влаги в фазу бутонизации нута, 2021–2023 г.

Горизонт г, см	2021		2022		2023	
	Влажность, %	Запасы продуктивн ой влаги, мм	Влажность, %	Запасы продуктивн ой влаги, мм	Влажность, %	Запасы продуктивн ой влаги, мм
0-10	27,1	14,32	34,2	22,20	28,05	15,37
10-20	30,7	36,63	31,2	37,74	27,01	28,44
20-30	27,7	44,96	28,3	46,95	28,14	46,42
30-40	29,1		28,8		28,72	
40-50	28,2	77,70	28,6	79,92	28,25	77,98
50-60	26,2		28,1		26,97	
60-70	25,9		27,6		26,80	
70-80	25,5		26,8		26,28	
80-90	24,4		26,4		26,13	
90-100	24,3	112,11	26,1	132,09	25,26	122,77

Нут является теплолюбивой культурой, оптимальная температура для прорастания семян +9...+12 °С. В 2021 году оптимальная температура для прорастания семян наступила во II декаду апреля, суточные колебания составили от 4,1 до 18,5 °С, в 2022 году колебания температуры воздуха в течение суток составили от 0,4 до 23,8 °С в I декаду и от 3,7 до 26,2 °С в III декаду. Оптимальная температура для формирования генеративных органов 16–17°С, в I и II декаду июня (фазы бутонизации и цветения) среднесуточная температура составила 21,0–23,2 °С, и поднималась до максимальной отметки 32,2°С. В 2023 году при обильных весенних осадках оптимальная температура установилась в мае, колебания температуры воздуха в течение суток составили от 3,5 до 25,9°С в II декаду. Оптимальная температура для формирования генеративных органов 16–17°С, в II и III декаду июня (фазы бутонизации и цветения) среднесуточная температура составила 20,0–20,8°С, и поднималась до максимальной отметки 28,8°С (рисунок 4).

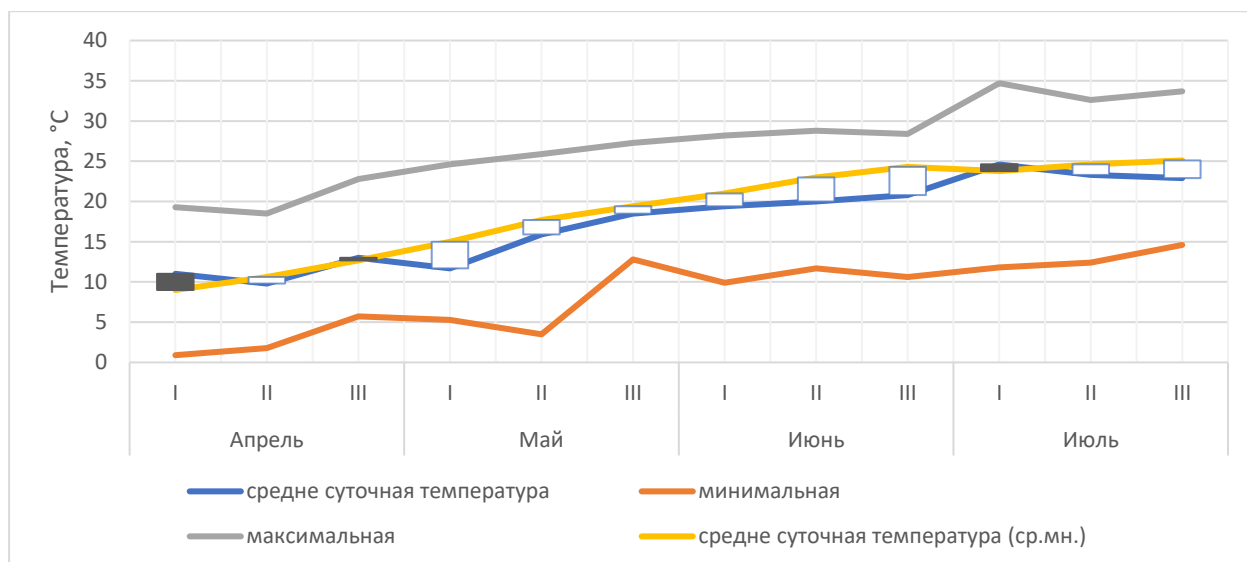


Рисунок 4 – Динамика температуры воздуха по декадам в период вегетации нута, 2023 г.

3.2 Влияние гуминовых препаратов на динамику элементов питания

В соответствии с календарным планом проведен комплекс полевых работ, в том числе внесение минеральных удобрений и гуминовых препаратов. Для борьбы с сорными растениями применен почвенный гербицид, который вносили в почву до посева, а также проведен комплекс почвенных обработок: предпосевная культивация и послеуборочное боронование. Для лабораторных исследований отобраны почвенные образцы до внесения минеральных удобрений, до обработки гуминовыми препаратами в фазу бутонизации (совмещение с обработкой фунгицидами и инсектицидами), а также в фазу полного созревания. В образцах определены показатели почвенного плодородия: подвижные формы азота ($N-NH_4$, $N-NO_3$), подвижный фосфор, обменный калий, гумус (приложение А).

Содержание подвижных форм элементов питания на опытном участке характеризуется равномерным распределением, имеющиеся различия находятся на уровне ошибки опыта (таблица 5). Содержание подвижных форм азота составляет 8,3 мг/кг, что оценивается как низкое (Гамзиков, 2018). Внесение минеральных удобрений проводилось осенью под основную обработку почвы.

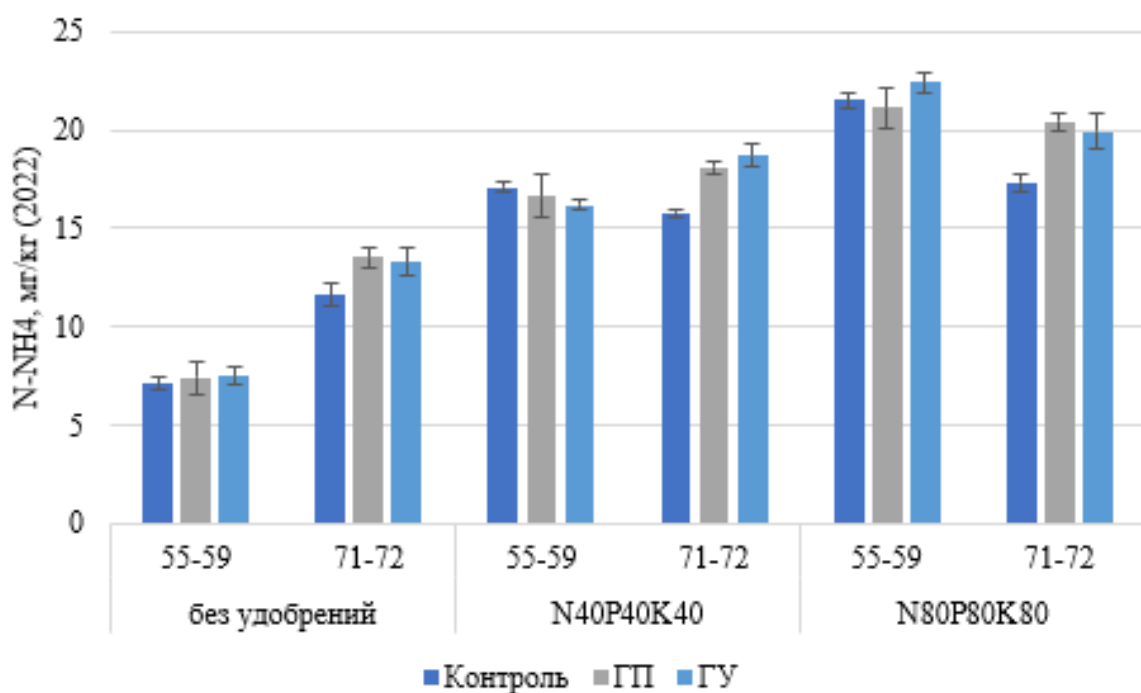
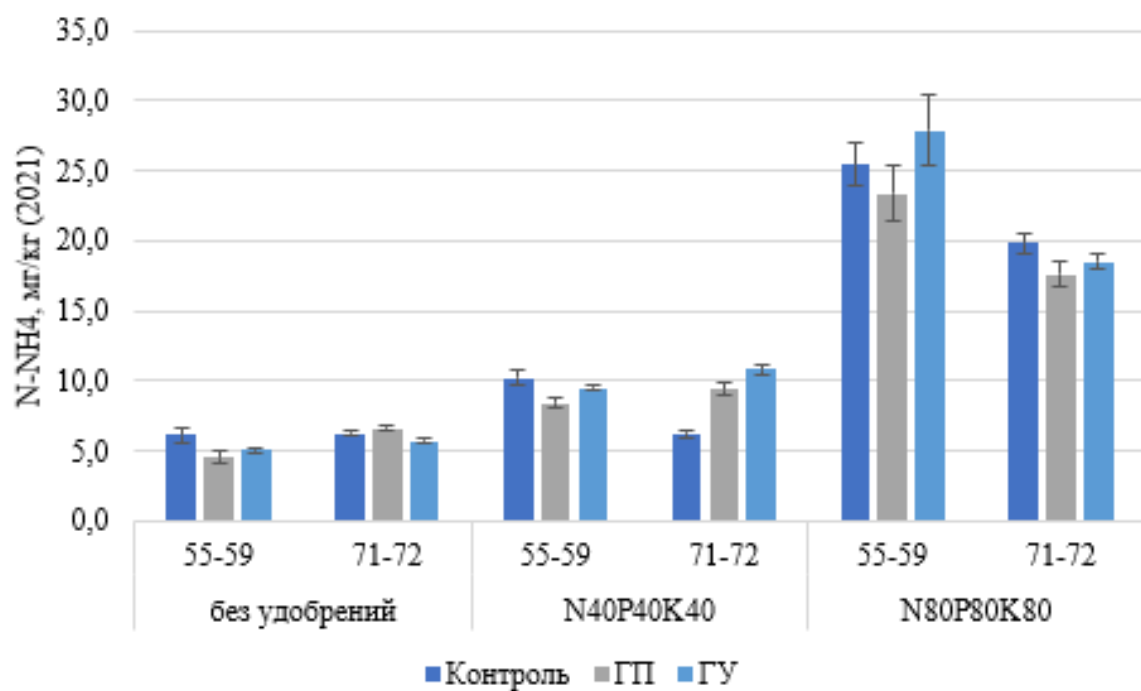
Таблица 5 – Обеспеченность почвы подвижными элементами питания и гумусом до проведения эксперимента, 2021–2023 г.

N-NH ₄	N-NO ₃	∑N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус
мг/кг					%
5,5±0,3	2,8±0,2	8,3±0,2	23,0±1,1	346±4,9	3,8±0,03

3.2.1 Влияние гуминовых препаратов на динамику подвижных форм азота

Необходимо отметить, что минеральный азот является динамичной формой азота, легко вовлекается в биохимические процессы, кроме этого, его содержание в почве зависит от количества выпавших осадков. Их неравномерность в период наблюдений оказала влияние на его динамику в почве. В среднем весной содержание минерального азота (NH₄+NO₃) в фазу бутонизации (по шкале ВВСН 55-59) на контроле без удобрений 7,2–9,7 мг/кг (очень низкое), на среднем фоне (N₄₀P₄₀K₄₀) 17,4–19,1 мг/кг (низкое), а на высоком фоне (N₈₀P₈₀K₈₀) 32,0–32,8 мг/кг (среднее). Однако в условиях обильных весенних осадков в 2023 года на всех уровнях питания наблюдается низкое содержание аммонийного азота: 2,2–7,2 мг/кг на контроле, 4,4–6,0 мг/кг на среднем и 4,5–8,8 мг/кг на высоком. Общая тенденция по минеральному азоту следующая: на контроле к фазе формирования 10–20 % бобов (ВВСН 71-72) обеспеченность сохраняется очень низкой, но его содержание возрастает на 30–70% от исходного, на среднем уровне питания содержание азота сохраняется в пределах низкой обеспеченности, но на вариантах с использованием гуминовых препаратов отмечается положительная динамика на 10–18 %, на высоком уровне питания обеспеченность снижает от средней к низкой, при этом на вариантах с гуматами снижение составляет 12–15%, а на фоне (N₈₀P₈₀K₈₀) – на 20%.

Динамика аммонийной формы представлена на рисунке 5.



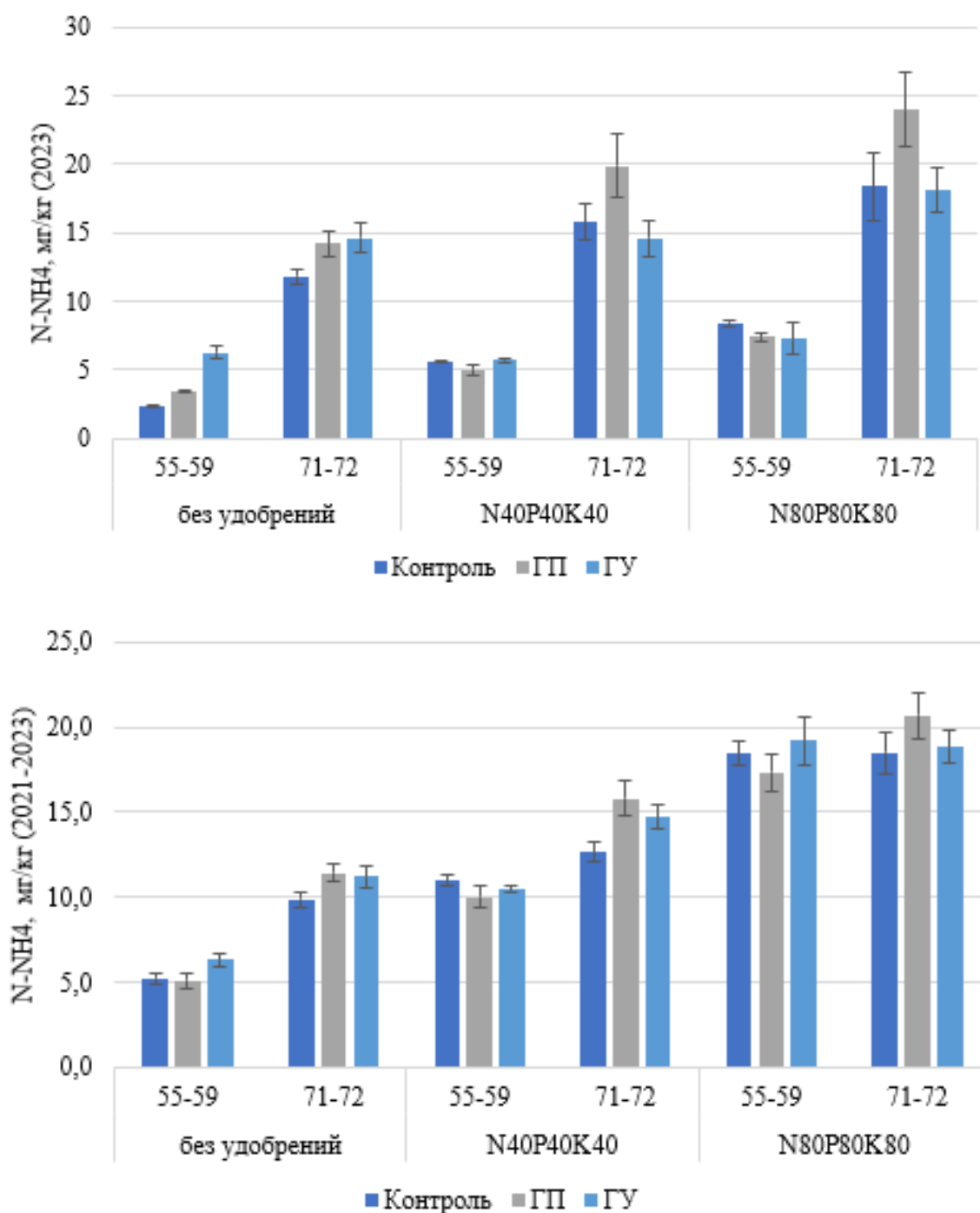


Рисунок 5 – Динамика аммонийного азота в слое почвы 0–20 см по вариантам опыта, 2021–2023 гг. (по шкале ВВСН 55–59 – фаза бутонизации, 71–72 – фаза формирования бобов)

На графике (2021–2023) показаны средние данные содержания иона-аммония в почве. На варианте без удобрений зафиксирована положительная динамика: его содержание увеличивается на 77–124% (от 5,1 до 11,4 мг/кг). Наибольшее значение соответствует варианту с препаратом ВЮ-Дон, на среднем фоне наблюдается рост на 14,9 % (от 11,0 до 12,6 мг/кг), а на вариантах с гуминовыми препаратами на 40–

58%, до 15,8 мг/кг. На высоком фоне практически не меняется (изменения в пределах ошибки опыта), а с применением препарата ВЮ-Дон фиксируется положительная динамика на 20%. По результатам дисперсионного анализа различия по фактору Б значимы ($F_{\phi} (10,0) > F_{\tau} (3,6)$).

Проведен анализ динамики содержания иона аммоний по годам исследования из-за существенных колебаний агрометеорологических условий.

В 2021 году содержание иона аммония на вариантах без внесения минеральных удобрений в фазу бутонизации составляло 4,5–6,1 мг/кг, после проведения обработки гуминовыми препаратами в фазу созревания его содержание варьировало от 5,7 до 6,6 мг/га. Имеющиеся различия находятся в пределах ошибки опыта. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ наблюдалось повышение содержания подвижных форм азота до 20,7–23,7 мг/кг, что оценивается как среднее, при этом содержание иона аммония составляло 8,4–10,2 мг/кг. В фазу созревания при использовании гуминовых препаратов содержание иона аммония составляло 9,4–10,8 мг/кг, в то время как на контрольном варианте заметно снижается – до 6,2 мг/кг. При этом в фазу созревания общее содержание подвижного азота уменьшается до 10,7–16,8 мг/га. Общее снижение вполне естественно, часть азота усваивается растением, часть выносится в нижние слои почвы за счет осадков в период вегетации. Более сильный вынос азота на контрольном варианте возможно вызван торможением процесса азотфиксации из-за высокой дозы азота.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ обеспеченность минеральным азотом возрастает до 46,3–48,6 мг/кг, что характеризуется как среднее. При осмотре корневой системы нута в фазу цветения было установлено, что клубеньки плотные, хорошо сформированные, но обладают светло-зеленой окраской, что говорит об их неактивности (рисунок 6).

В фазу созревания на высоком уровне минерального питания обеспеченность азотом становится низкой – 27,8–31,6 мг/кг. Наблюдается вынос аммонийного азота по всем вариантам опыта. При этом более сильно он проявляется на вариантах с использованием гуминовых препаратов, содержание иона аммония при

использовании гумата натрия и калия составило 17,6 и 18,5 мг/кг соответственно. По результатам дисперсионного анализа установлено значимое влияние факторов $B F_f(7,5) > F_t(3,2)$.

В 2022 году содержание иона аммония на вариантах без внесения минеральных удобрений в фазу бутонизации составляло 9,2–10,1 мг/кг, после проведения обработки гуминовыми препаратами в фазу формирования бобов его содержание варьировало от 12,1 до 13,8 мг/га. Отмечается положительная динамика данной формы азота, это связано с биологическими особенностями бобовых культур, способных к симбиотическому связыванию атмосферного азота в аммиачную форму. При осмотре клубеньков установлено, что они обладают характерной розовой окраской, что говорит об их активности. Также отмечается, что на вариантах с использованием гуминовых препаратов содержание аммиачной формы несколько выше по сравнению с контролем: на контроле 11,6 мг/кг, на вариантах с гуматами в среднем 13,4 мг/кг.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ наблюдается низкое содержание подвижных форм азота до 23,8–25,4 мг/кг, при этом содержание иона аммония составляет 16,2–17,1 мг/кг. В фазу созревания после использования гуминовых препаратов содержание иона аммония составляет 18,1–18,7 мг/кг, в то время как на контрольном варианте заметно снижается – до 15,8 мг/кг. При этом в фазу созревания общее содержание подвижного азота составляет 20,7–22,8 мг/га, что оценивается как хорошее. Общее снижение закономерно, так как часть азота усваивается растением, часть выносится в нижние слои почвы осадками в период вегетации. Более сильный вынос азота на контрольном варианте возможно вызван торможением процесса азотфиксации из-за азота минерального удобрения. Тем не менее, на вариантах с использованием гуминовых препаратов отмечаются значения, превышающие контрольный показатель.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ обеспеченность азотом возрастает до 35,0–36,2 мг/кг, что характеризуется как среднее. В фазу формирования бобов на высоком уровне минерального питания обеспеченность азотом становится низкой – 26,9–28,9 мг/кг. Наблюдается вынос аммонийного

азота по всем вариантам опыта. При этом более сильно он проявляется на контрольном варианте, его содержание составляет 26,9 мг/кг, а на вариантах с использованием гуминовых препаратов содержание иона аммония составило 28,6 и 28,9 мг/кг соответственно. По результатам установлено значимое влияние гуминовых препаратов, по фактору Б $F_{\phi} (18,3) > F_{\tau} (3,6)$.

В 2023 году на контрольном варианте без внесения минеральных удобрений обеспеченность азотом в период вегетации не превышает низкого значения, варьирует от 2,4 до 19,4 мг/кг. В фазу бутонизации его количество составляло 2,2–7,2 мг/кг, после проведения обработки гуминовыми препаратами в фазу созревания его содержание варьировало от 11,1 до 16,5 мг/га.

Таким образом, прослеживается четкая положительная динамика, уже через месяц содержание иона аммония на контроле естественным образом увеличивается на 9,4 мг/кг. С использованием гуминовых препаратов его содержание достигает 14,2–14,6 мг/кг. Это связано с биологическими особенностями бобовых культур, способных к симбиотическому связыванию атмосферного азота в аммиачную форму. При осмотре клубеньков установлено, что они обладают характерной розовой окраской, что говорит об их активности (рисунок 6). Примечательно, что самые мощные клубеньковые образования были на вариантах без внесения минеральных удобрений, и с повышением уровня питания их количество уменьшалось, что вполне согласуется с литературными данными, свидетельствующими: при большом количестве доступного азота их активность подавляется (Чиканова, 1988).

На среднем уровне питания в фазу созревания обеспеченность подвижными формами азота составляла 20,7–24,2 мг/кг, что оценивается как низкое, при этом содержание иона аммония достигает 15,8 мг/кг. В фазу созревания при использовании гумата натрия (ВЮ-Дон) его количество повышается до 19,9 мг/кг, а с использованием гумата калия, наоборот, снижается до 14,6 мг/кг. Аналогичная ситуация складывается и на высоком фоне. Обеспеченность подвижными формами азота несколько выше и составляет 20,0–26,8 мг/кг, при использовании гуминового препарата ВЮ-Дон достигает 24,0 мг/кг, а гумата калия – 18,1 мг/кг.



а)

б)

в)

Рисунок 6 – Клубеньки корневой системы нута, 2023 г.

а) контроль (без удобрений), б) $N_{40}P_{40}K_{40}$, в) $N_{80}P_{80}K_{80}$

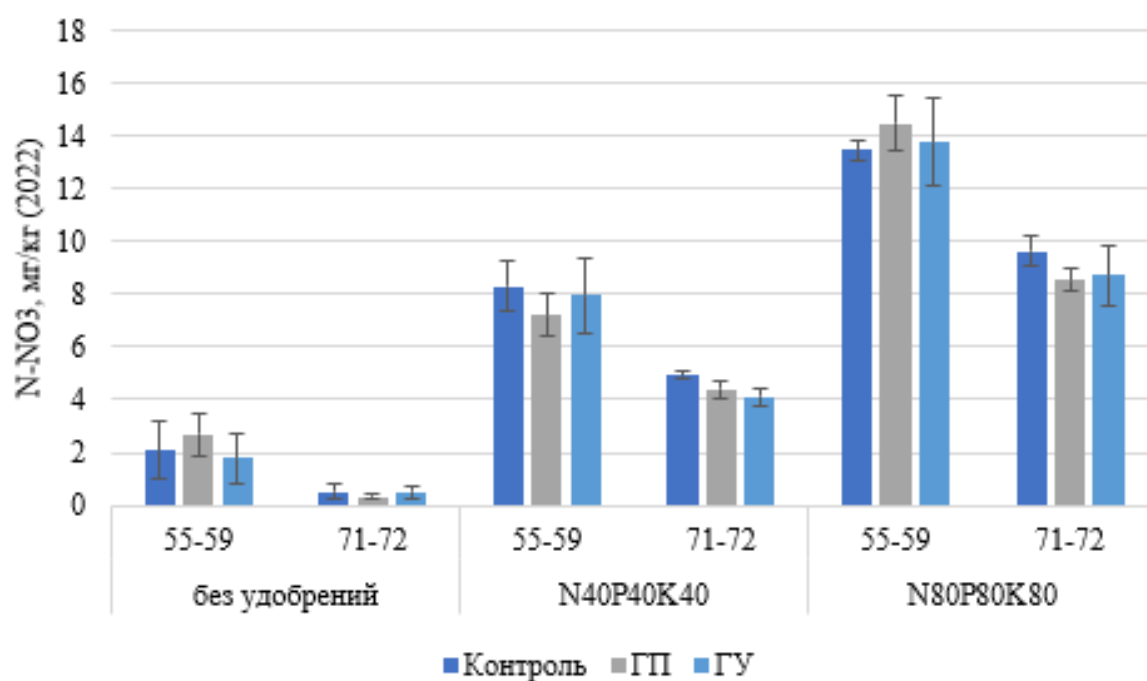
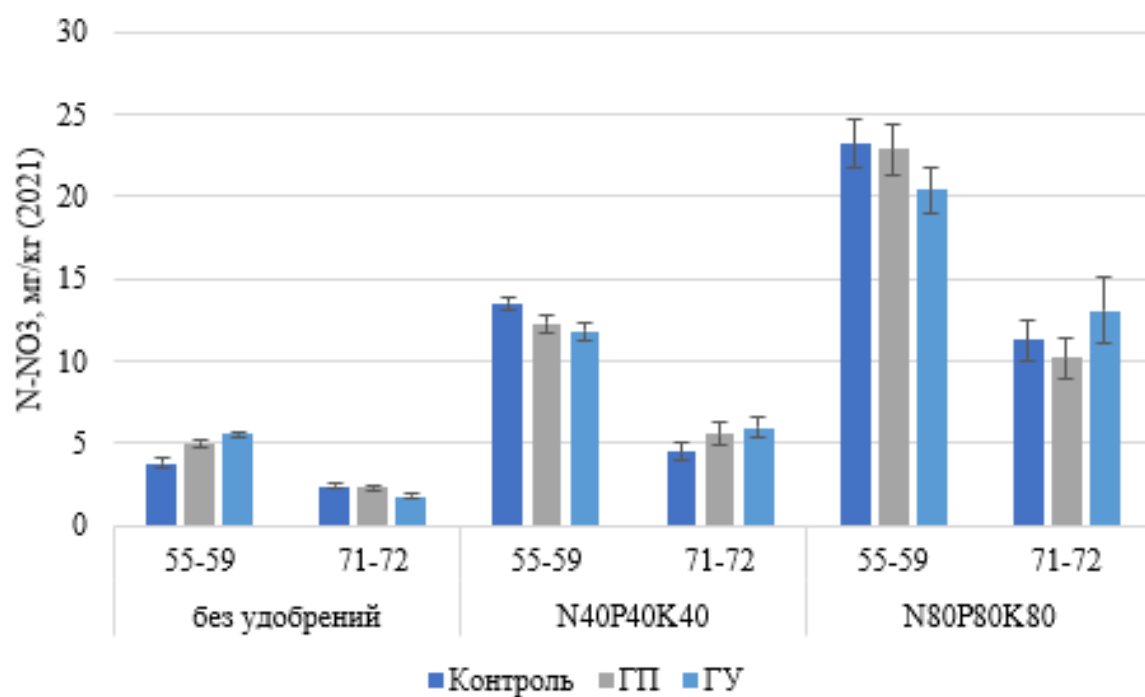
С учетом того, что клубеньки нута меньше развиты по сравнению с контролем (без удобрений), то повышение на 10 мг/кг на контроле (без гуматов) связано с движением почвенной влаги по капиллярам вверх по профилю и «подтягиванию» подвижных форм азота (рисунок 6). При использовании ВЮ-Дона содержание аммония достоверно повышается, а изменения на варианте с гуматом калия находятся в пределах погрешности. Результат дисперсионного анализа: по фактору Б $F_{\phi}(4,7) > F_{T}(3,6)$.

Изучение динамики нитрат-иона в период вегетации нута показало существенное влияние минерального удобрения. Если на контрольном варианте без удобрений его содержание составляло до 1,2–3,4 мг/кг, то при внесении $N_{40}P_{40}K_{40}$ повысилось до 8,7 мг/кг, а при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ – до 15,4 мг/кг, тем не менее, эти значения находятся в пределах низкой обеспеченности (Гамзиков, 2018). Общая тенденция такова, что на всех фонах наблюдается отрицательная динамика, на контроле без удобрений небольшой рост, но в пределах ошибки опыта, на гуматах, наоборот, снижение до 50 % к исходному, на среднем фоне – снижение на 29–35%, на высоком фоне – до 51%. Влияние гуминовых препаратов

незначительно, $F_f(1,4) > F_{T,0,05}(3,6)$.

В 2021 году на контрольном варианте без удобрений содержание нитрат-иона составляло 3,8–5,6 мг/кг, то при внесении $N_{40}P_{40}K_{40}$ повысилось до 11,8–13,5 мг/кг, а при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ – до 20,4–23,2 мг/кг (рисунок 7). К фазе формирования плодов на всех вариантах отмечается отрицательная динамика. В засушливый 2022 год на контрольном варианте без удобрений его содержание составляло до 3,5 мг/кг, то при внесении $N_{40}P_{40}K_{40}$ повысилось до 9,6 мг/кг, а при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ – до 14,2 мг/кг, в фазе формирования бобов (ВВСН 71-72) на вариантах с гуминовыми препаратами фиксируется тенденция к более сильному выносу, однако по результатам дисперсионного анализа влияние несущественно, $F_f(0,27) < F_T(3,6)$.

В 2023 г. на контрольном варианте (без гуматов и удобрений) наблюдался резкое увеличение содержания нитратов от 0 до 4,6 мг/кг через 14 дней после обработки, что вполне может быть связано с нитрификационной деятельностью микроорганизмов, на варианте с препаратом ВЮ-Дон также наблюдается увеличение до 5,2 мг/кг, но в сравнении с контролем – влияние на уровне ошибки опыта. А на варианте с гуматом калия содержание нитратов достоверно ниже, и находится на прежнем уровне. На среднем уровне питания на контроле (без гуматов) также наблюдается скачок в содержании нитратов от 2,7 до 6,6 мг/кг, но его содержание на варианте с гуматом калия находится на уровне контроля, а вариант с ВЮ-Доном обладает тенденцией к снижению, но эти изменения из-за относительно широкого варьирования признака находятся в пределах погрешности. На высоком уровне питания, наоборот, отмечается отрицательная динамика по всем вариантам. Результаты дисперсионного анализа показывают влияние удобрений на содержание нитрат-иона $F_f(5,7) > F_T(3,6)$, также по фактору Б значимых различий не установлено $F_f(0,4) > F_{T,0,05}(3,6)$.



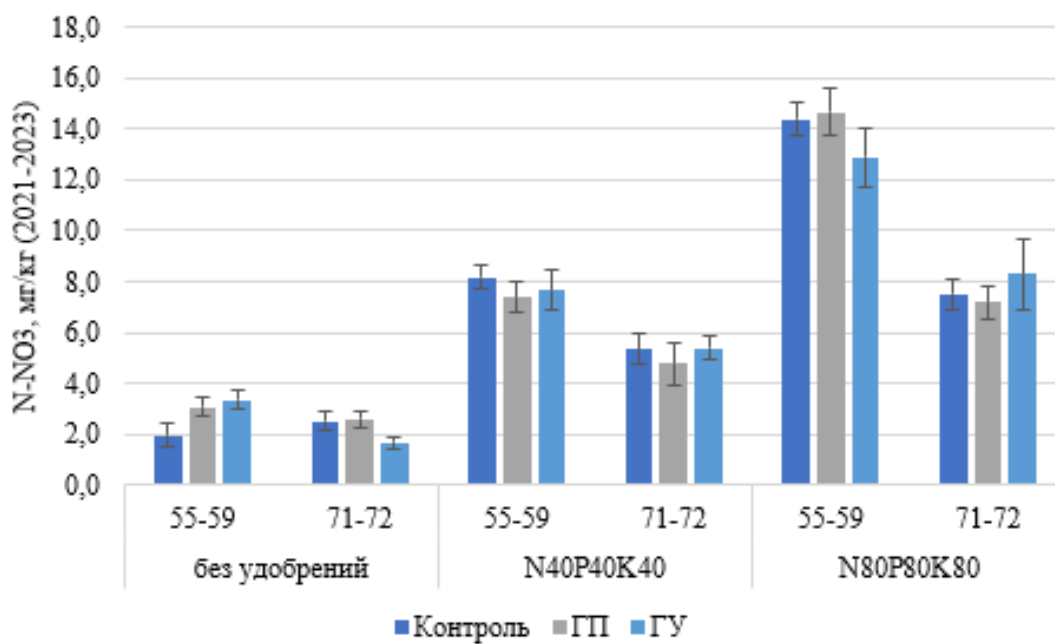
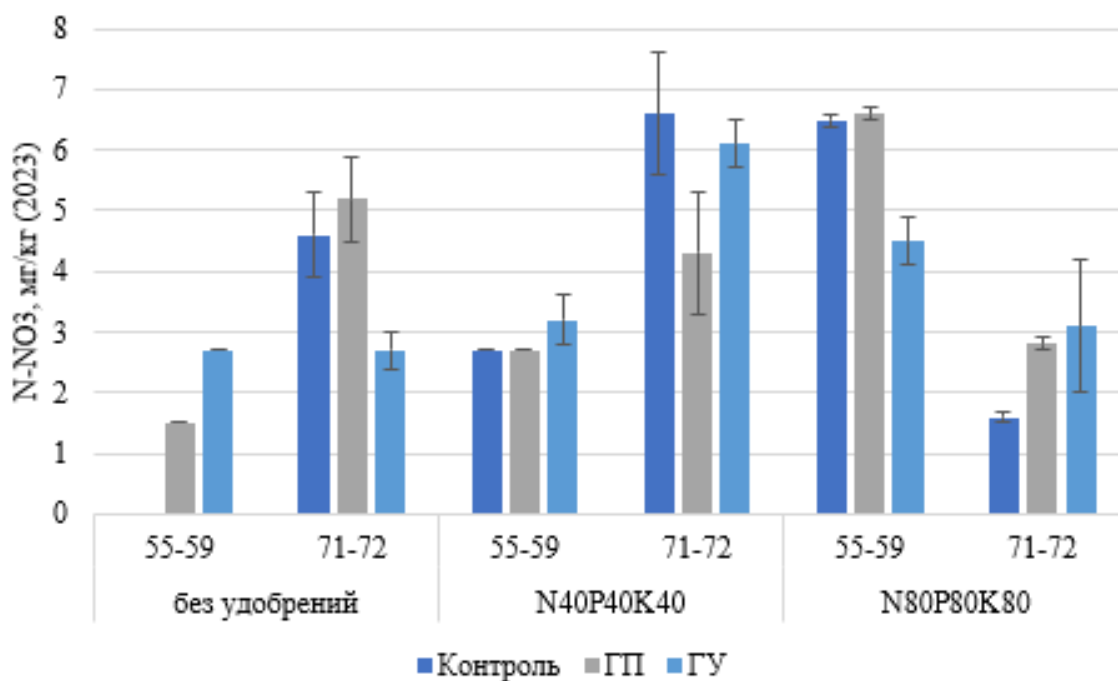
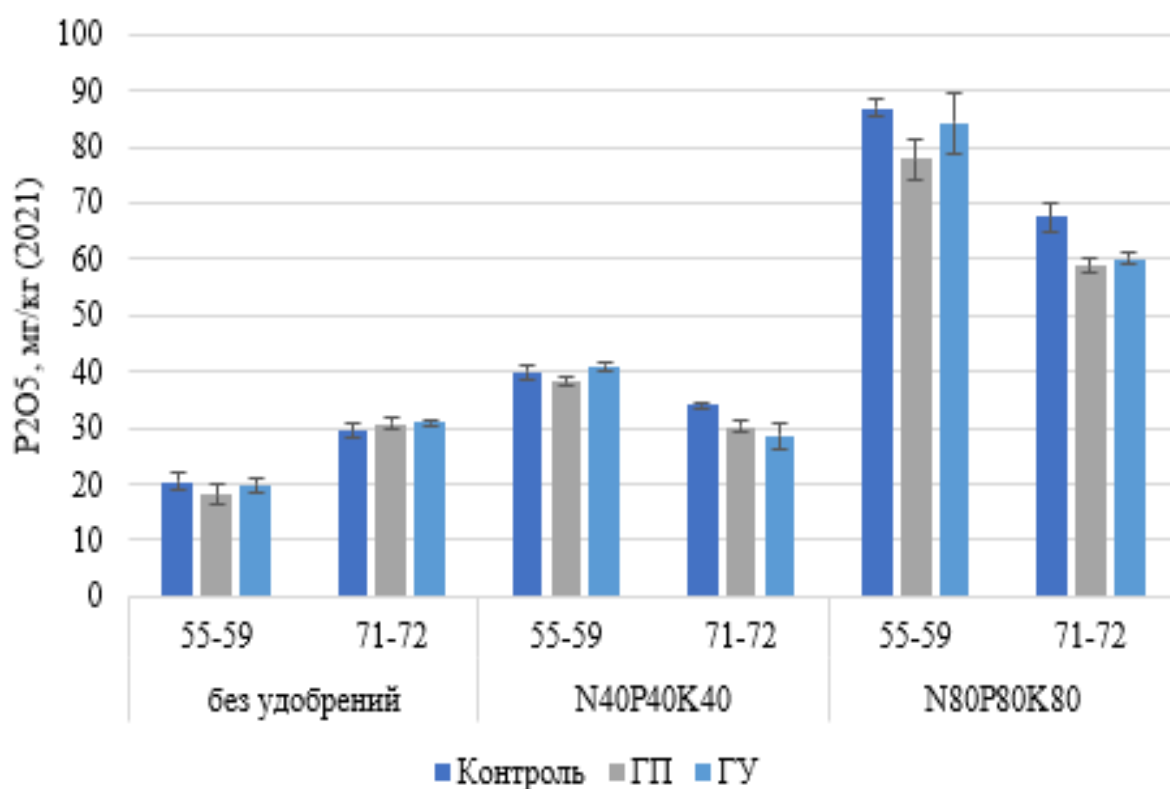
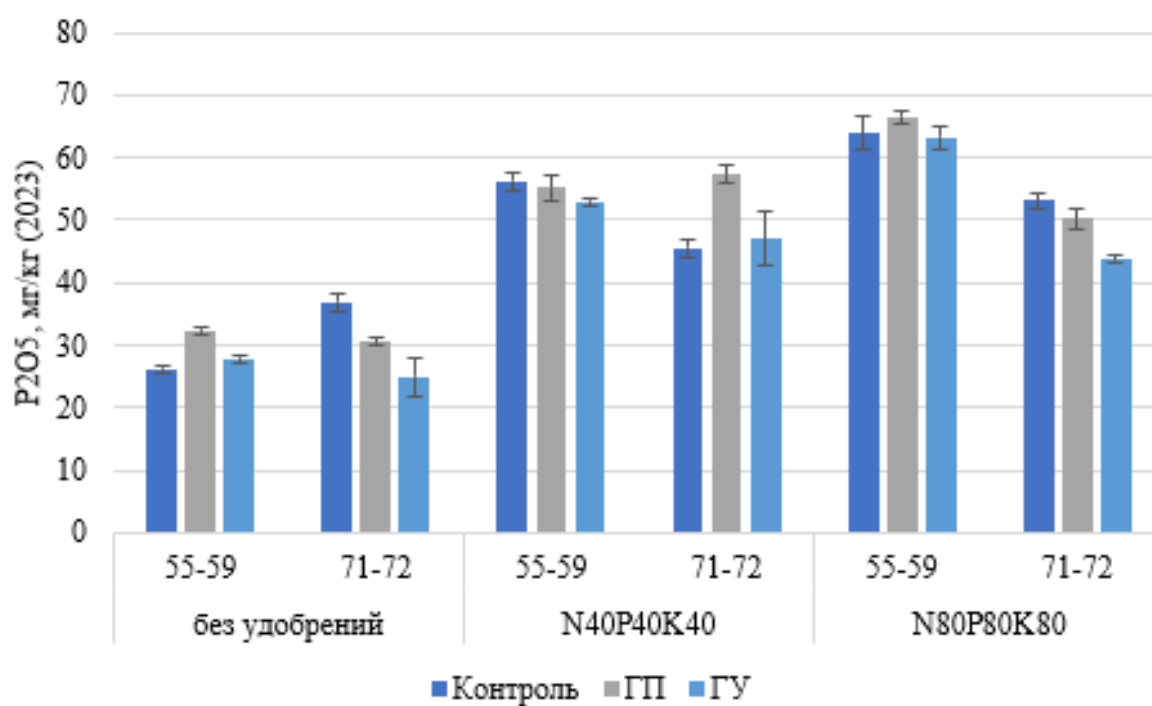
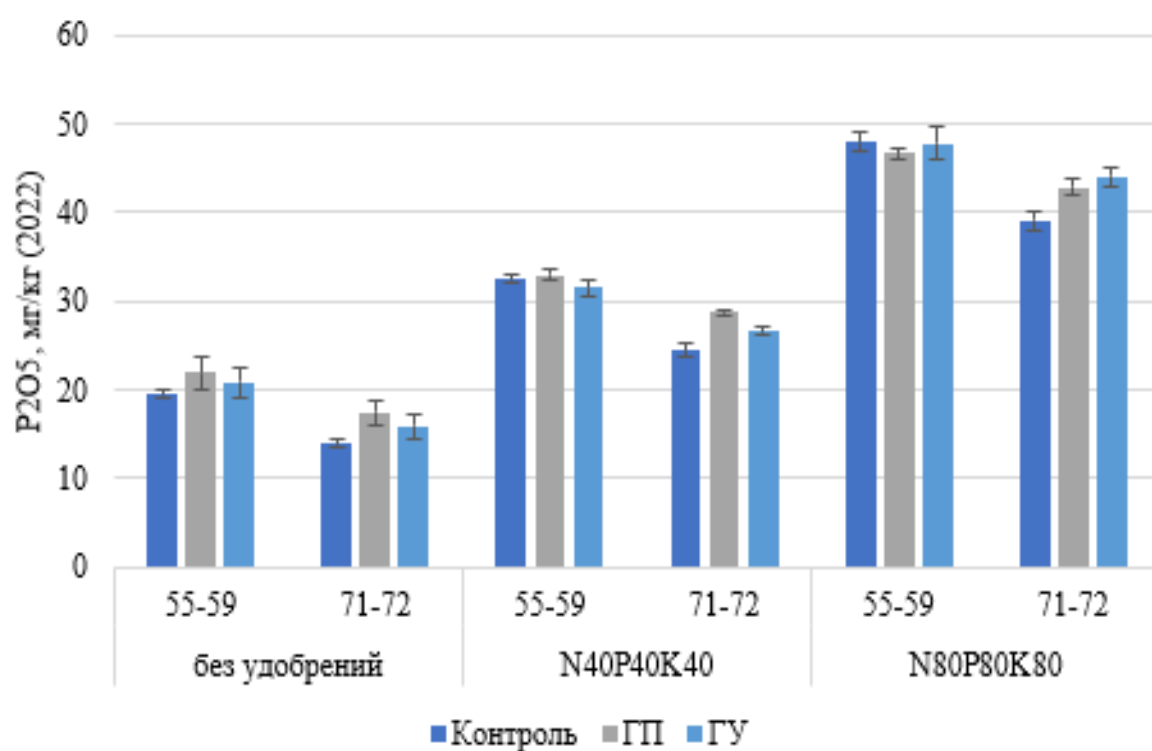


Рисунок 7 – Динамика нитратного азота в слое почвы 0–20 см по вариантам опыта, 2021–2023 гг. (по шкале ВВСН 55–59 – фаза бутонизации, 71–72 – фаза формирования бобов)

3.2.2 Влияние гуминовых препаратов на динамику подвижных форм фосфора

По содержанию подвижных форм фосфора почва характеризуется средним содержанием – 23,0 мг/кг. При внесении азофоски в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ его содержание возрастает до 42,3 мг/кг и оценивается как повышенное, а при внесении минерального удобрения в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ – до 65,0 мг/кг и оценивается как высокое (рисунок 8).





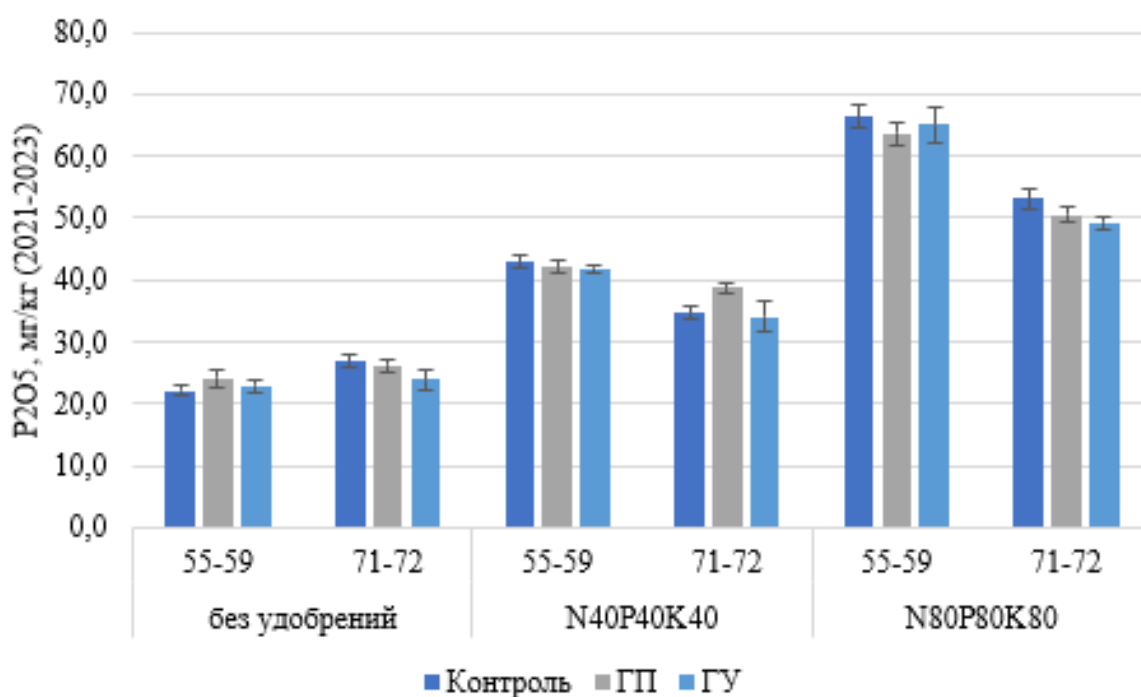


Рисунок 8 – Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см по вариантам опыта, 2021–2023 (по шкале ВВСН 55-59 – фаза бутонизации, 71-72 – фаза формирования бобов)

Необходимо отметить, что при различном увлажнении на контроле (без удобрений) динамика отличается. В год оптимального увлажнения к фазе формирования плодов содержание подвижных форм фосфора увеличивается до 29,5 мг/кг (на границе перехода в группировку повышенной обеспеченности), при использовании гуматов его значение увеличивается до 30,7–30,9 мг/кг (по фактору Б это повышение статистически достоверно – $НСР_{05} = 3,0$ мг/кг).

В условиях засушливого года, наоборот, наблюдается снижение: на контроле до 14,0 мг/кг, а при использовании гуматов до 15,9–17,4 мг/кг (по фактору Б это повышение статистически достоверно – $НСР_{05} = 1,7$ мг/кг, $F_{ф} (12,5) > F_{т} (3,6)$). А в условиях хорошего увлажнения на контроле к фазе формирования плодов содержание подвижных фосфатов увеличивается до 36,9 мг/кг, а при использовании гуматов, наоборот, снижается, на варианте с гуматом натрия до 30,6 мг/кг, а на гумате калия – 24,9 мг/кг (по фактору Б это повышение статистически достоверно – $НСР_{05} = 3,6$ мг/кг, $F_{ф} (11,3) > F_{т} (3,6)$).

При рассмотрении динамики за три года определяется общая тенденция

снижения содержания подвижных фосфатов, что обусловлено стимулирующим характером действия гуматов на растение, они активизируют биохимические процессы внутри клетки растения, это вызывает усиленное поглощение необходимых элементов.

3.2.3 Влияние гуминовых препаратов на динамику обменного калия

Нут – культура, требовательная к фосфорно-калийным удобрениям, и в условиях нехватки данного макроэлемента создает условия для извлечения его из почвы. Черноземы обыкновенные карбонатные достаточно богаты фосфором (по валовому содержанию), но для растений он находится в недоступном состоянии. При внесении минеральных удобрений обеспеченность подвижным фосфором увеличивается за счет фосфора удобрений, однако существенная часть этого фосфора связывается в недоступное состояние за счет насыщенности почвенного поглощающего комплекса кальцием, и наличия карбонатов. При включении в технологическую схему гуматов ситуация меняется. Стимуляция растений при их фолиарной обработке гуминовым препаратом приводит к активизации корневых выделений. В исследованиях, проведенных на озимой пшенице, установлено, что за счет корневых выделений повышается активность аммонификаторов (группа микроорганизмов, которые усваивают органический азот) и, как следствие, при подкислении среды происходит высвобождение фосфора (Безуглова и др., 2015). Если же гуминовое удобрение вносится в почву, то оно непосредственно влияет на активность почвенных микроорганизмов, в итоге также в среде возрастает количество подвижного фосфора.

На среднем уровне минерального питания на контроле (без гуматов) наблюдается отрицательная динамика, что обусловлено поглощением в период вегетации, на варианте с гуматом натрия содержание подвижного фосфора сохраняется высоким, несколько превышает начальное значение и составляет 38,7 мг/кг. Это явление обусловлено повышенной секрецией корневых экссудатов, которые стимулируют ризосферную микрофлору. В состав корневых выделений

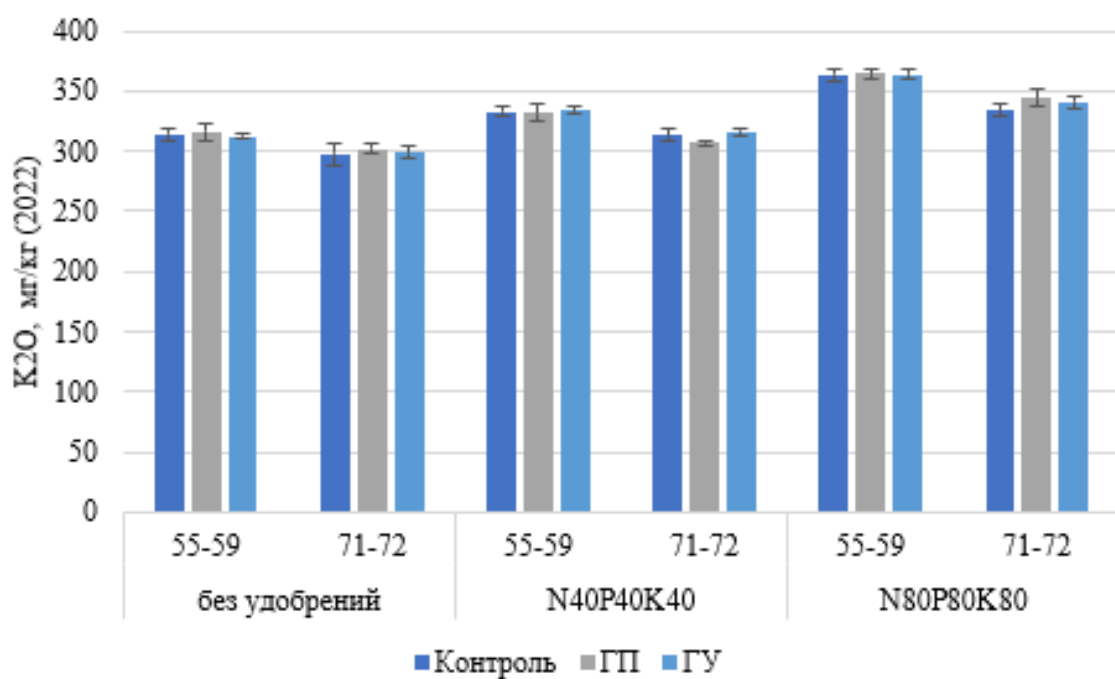
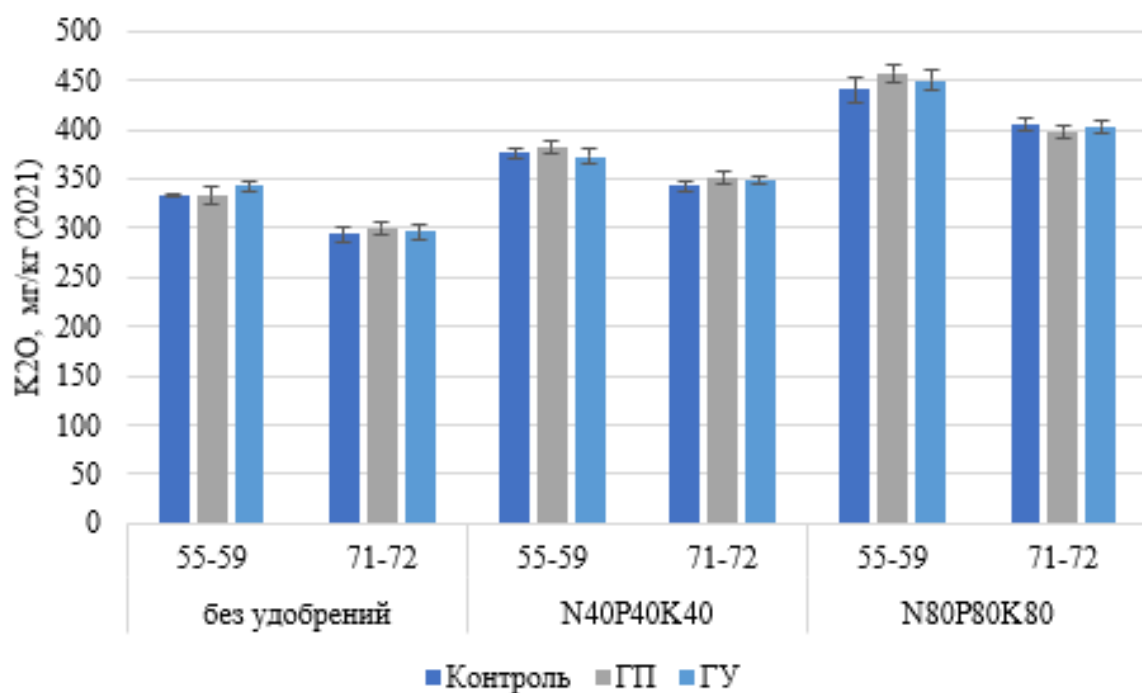
входят органические кислоты, в частности увеличивается синтез щавелевой, лимонной, винной кислот (на 75–210%) (Canellas, 2008), которые подкисляют pH среды, тем самым переводя прочносвязанные фосфаты в более подвижные формы. Однако на варианте с гуматом калия его количество соответствует контролю.

На высоком уровне питания на всех вариантах наблюдается отрицательная динамика, хотя обеспеченность фосфором все равно оценивается как высокая, на контроле снижается до 53,3 мг/кг, на гумате натрия до 50,6 мг/кг, на гумате калия до 49,3 мг/кг. По результатам дисперсионного анализа различия значимы, по взаимодействию АБ $F_{\phi} (5,6) > F_T (2,9)$, по фактору А $F_{\phi} (77,5) > F_T (3,6)$, по фактору Б $F_{\phi} (11,3) > F_T (3,6)$.

Почва опытного участка характеризуется на контроле (без удобрений) повышенным содержанием обменного калия – 346 мг/кг (таблица 5). Внесение минерального удобрения в дозе K_{80} повышает его содержание до 409 мг/кг, и обеспеченность этим элементом становится высокой (рисунок 9).

В процессе вегетации наблюдается колебания содержания обменного калия, если на контроле (без удобрений и без гуматов) его содержание к фазе формирования плодов остается на уровне 340 мг/кг, то при использовании гуматов снижается до 328–336 мг/кг.

На среднем фоне питания на контроле (без гуматов) снижается до 356 мг/кг, при использовании гуматов также снижается, но держится на уровне выше контроля на 10 мг/кг. На высоком фоне, наоборот, на контроле (без гуматов) отмечается небольшая положительная динамика, до 417 мг/кг, а при использовании гуматов наоборот, снижается до 397 мг/кг. Результат дисперсионного анализа указывает на существенное влияние минеральных удобрений, F_{ϕ} по фактору А 9,45 ($F_T = 2,93$), по влиянию гуматов – несущественно, F_{ϕ} по фактору Б 2,52 ($F_T = 3,55$).



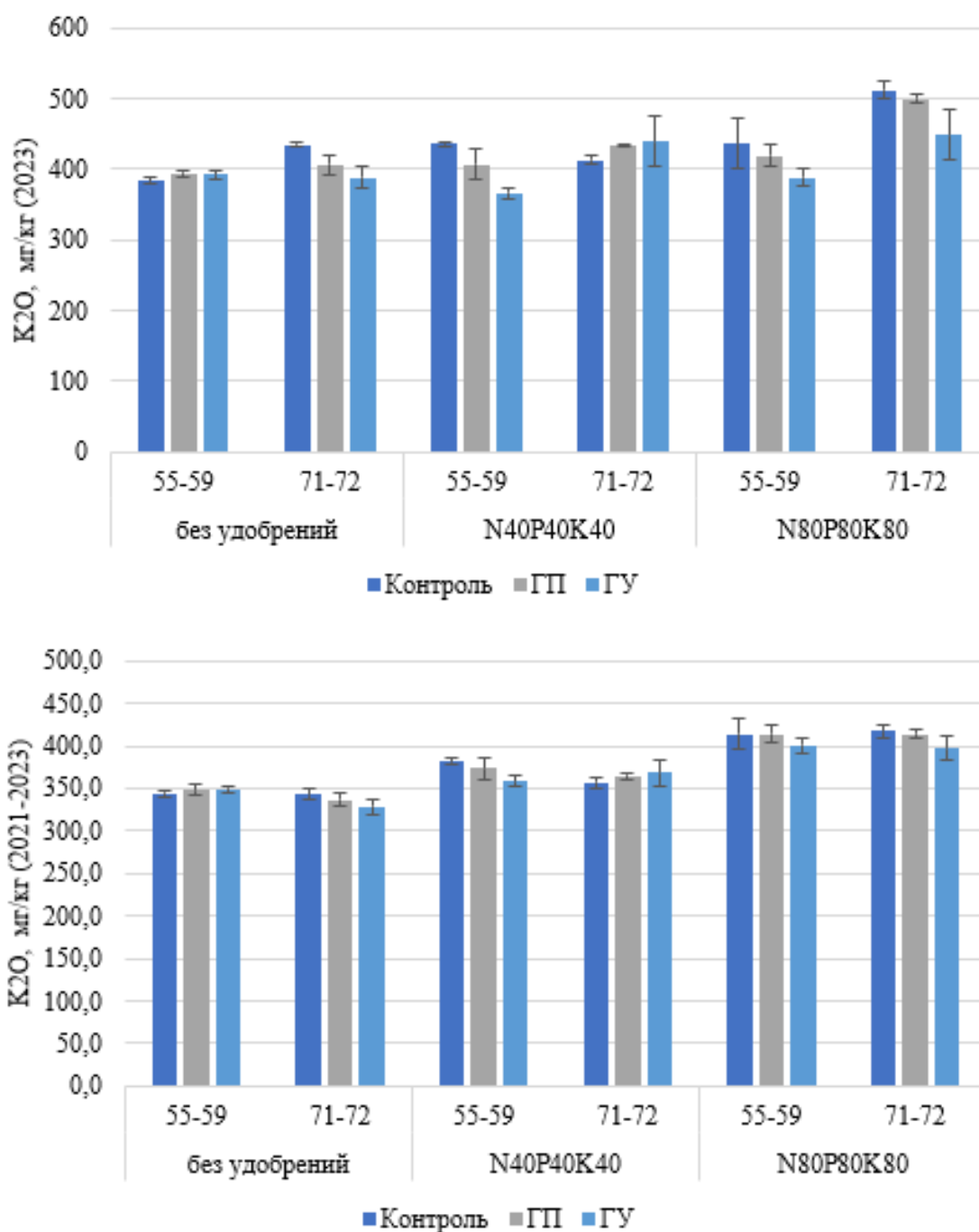


Рисунок 9 – Динамика обменного калия в слое почвы 0–20 см по вариантам опыта, 2021–2023 гг. (по шкале ВВСН 55–59 – фаза бутонизации, 71–72 – фаза формирования бобов)

3.2.4 Влияние гуминовых препаратов на динамику гумуса

Результаты исследования содержания гумуса представлены на рисунке 10.

В период проведения исследования зафиксировано варьирование содержания гумуса в слое 0–20 от 3,5 до 4,2 %. Его среднее содержание по опытными вариантам до проведения эксперимента составило $3,8 \pm 0,03$ %. На контрольном

варианте без внесения удобрений в фазу бутонизации составляло 3,9 %, а в фазу формирования бобов отмечается увеличение до 4,0%, с внесением гуминовых препаратов составляет 4,1 и 3,9 %.

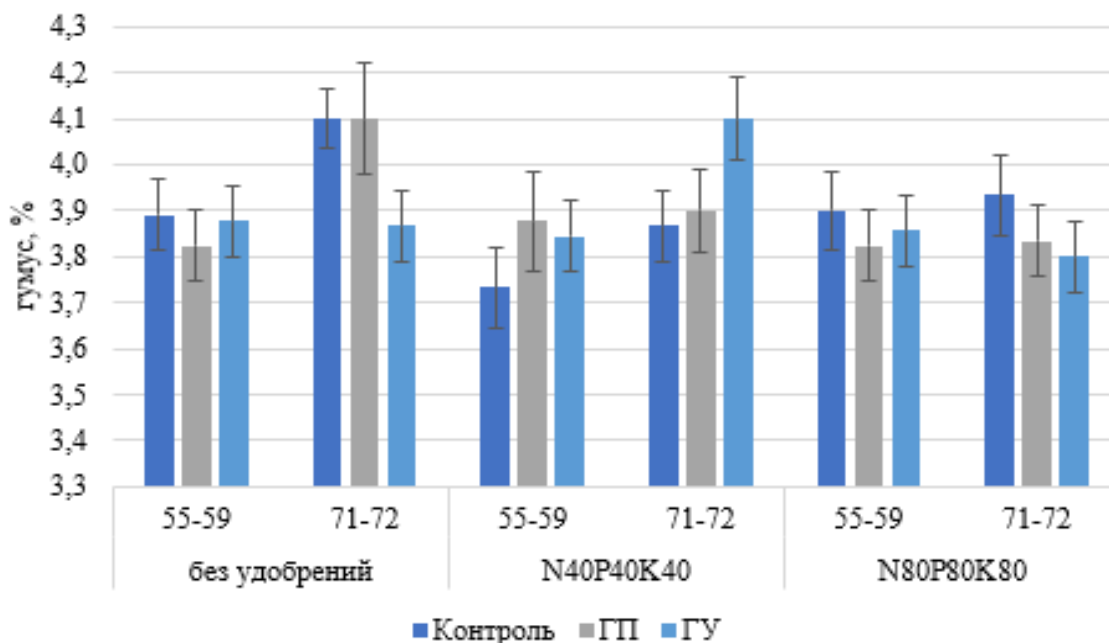


Рисунок 10 – Динамика гумуса в слое почвы 0–20 см по вариантам опыта, 2021–2023 гг. (по шкале ВВСН 55–59 – фаза бутонизации, 71–72 – фаза формирования бобов)

На среднем уровне питания в фазу бутонизации содержание гумуса составило 3,7%, а в фазу формирования бобов – 3,9% при использовании гуматов варьирует в пределах 3,9–4,1 %. На высоком уровне питания содержание гумуса в период исследования составило 3,9 %. Таким образом прослеживается некоторая положительная сезонная динамика, но влияние гуминовых препаратов на динамику гумуса незначительное, а отмеченные колебания в уровне гумусированности находятся в пределах ошибки.

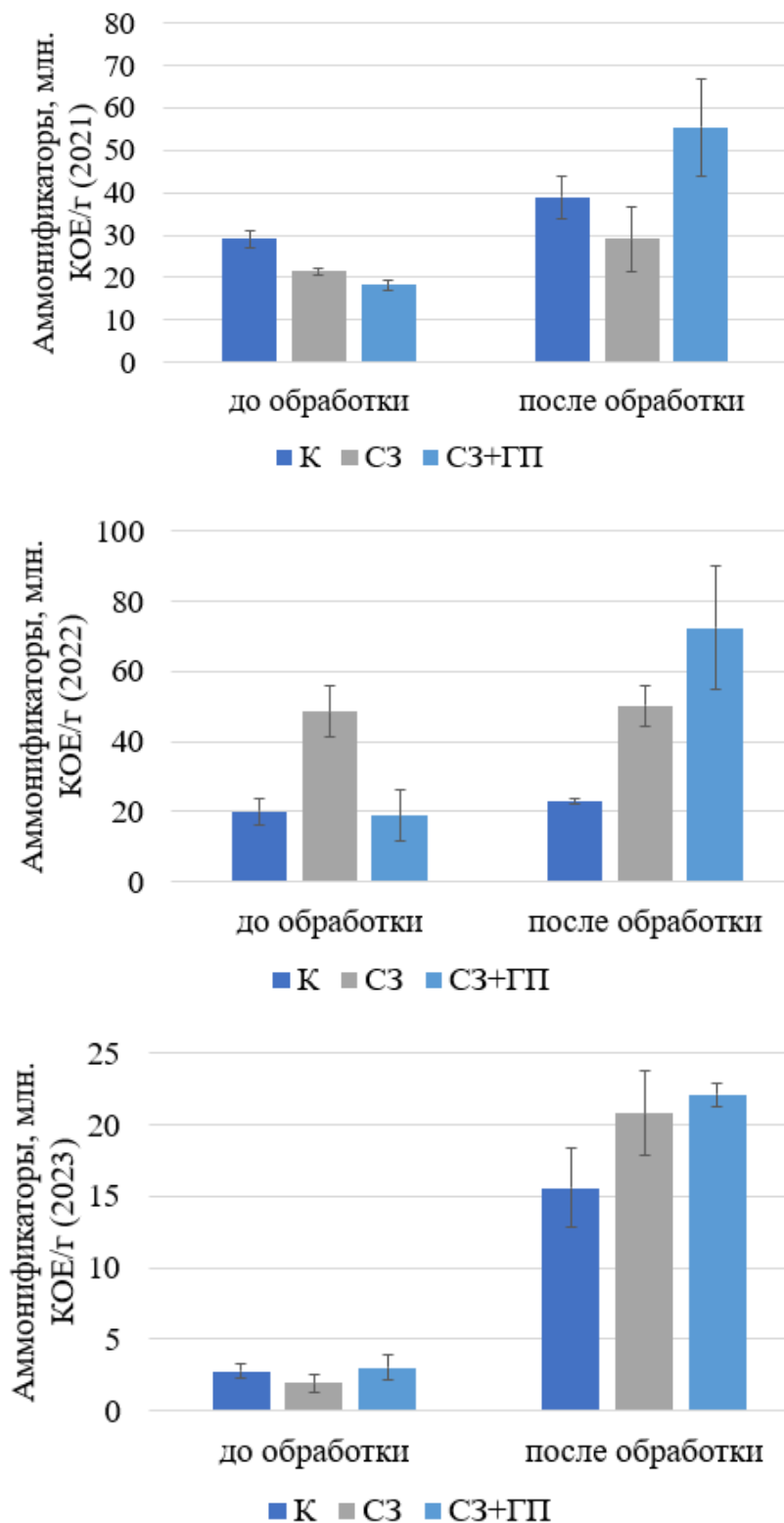
3.3 Влияние гуминовых препаратов на микробиологическую активность

В ходе опыта также исследованы биологические свойства: численность некоторых эколого-трофических групп микроорганизмов: аммонификаторов, аминоавтотрофов, аэробных спорообразующих бактерий, почвенных микромицетов (приложение Б). Данные по их численности были получены в динамике: сравнивалась исходная численность каждой группы в почве с численностью после обработки гуминовым препаратом (на 14-й день). Средства химической защиты оказывают существенное влияние на почвенные микроорганизмы, поэтому результаты оценивались в сравнении с динамикой на контроле без применения пестицидов: такой подход позволяет учесть сезонные изменения, не зависящие от условий эксперимента.

Необходимо отметить, что условия увлажнения значительно влияют на численность микроорганизмов, а также на соотношение эколого-трофических групп. В 2023 году аномальное количество атмосферных осадков в весенний период спровоцировало сильный рост плесневых грибов, на фоне этого актиномицеты встречались в единичных экземплярах, поэтому в 2023 году не учитывались.

Варьирование численности аммонификаторов в среднем за весь период исследований составило 13,12–25,25 млн. КОЕ/г., в 2021 году их количество находилось в пределах 18,28–29,16 млн КОЕ/г, в 2022 – 18,77–48,56 млн КОЕ/г. В 2023 году их численность колебалась в пределах 2,31–5,73 млн КОЕ/г., что можно считать аномально низким значением из-за большого количества осадков. Под влиянием корневых экссудатов, которые могут содержать органический азот (Ларикова, 2021; Оторошко, 2016; Mergel, 1992), провоцируя тем самым существенный рост аммонифицирующих бактерий, на контрольном варианте опыта через две недели после обработки численность аммонификаторов составила $25,82 \pm 2,87$ млн. КОЕ/г почвы, что соответствует 49% изменению численности (рисунок 11). Прирост численности существенно варьирует по годам исследований – от 14 до 462%, наименьшее значение соответствует засушливым условиям,

наибольшее – более влажным. На фоне применения химических средств защиты зафиксировано изменение до 230 %, отмечено существенное варьирование, что также связано с увлажнением: в более засушливых условиях микроорганизмы более чувствительны к действию пестицидов.



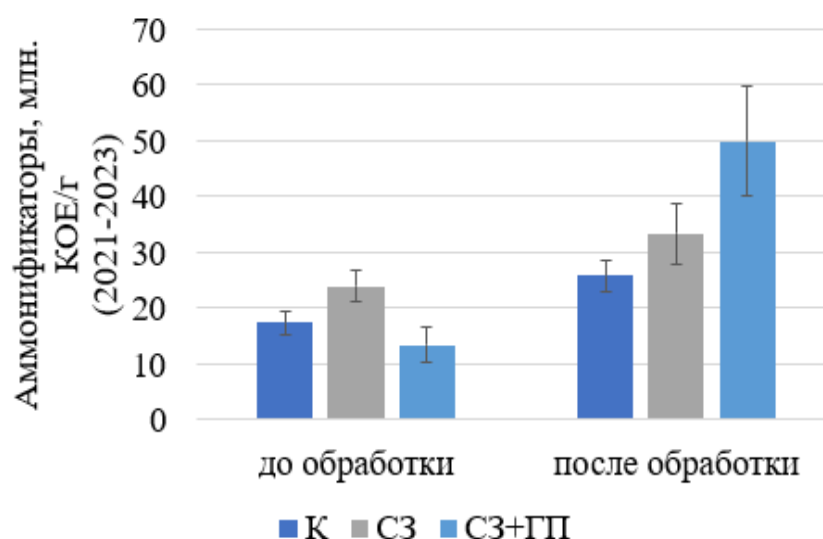


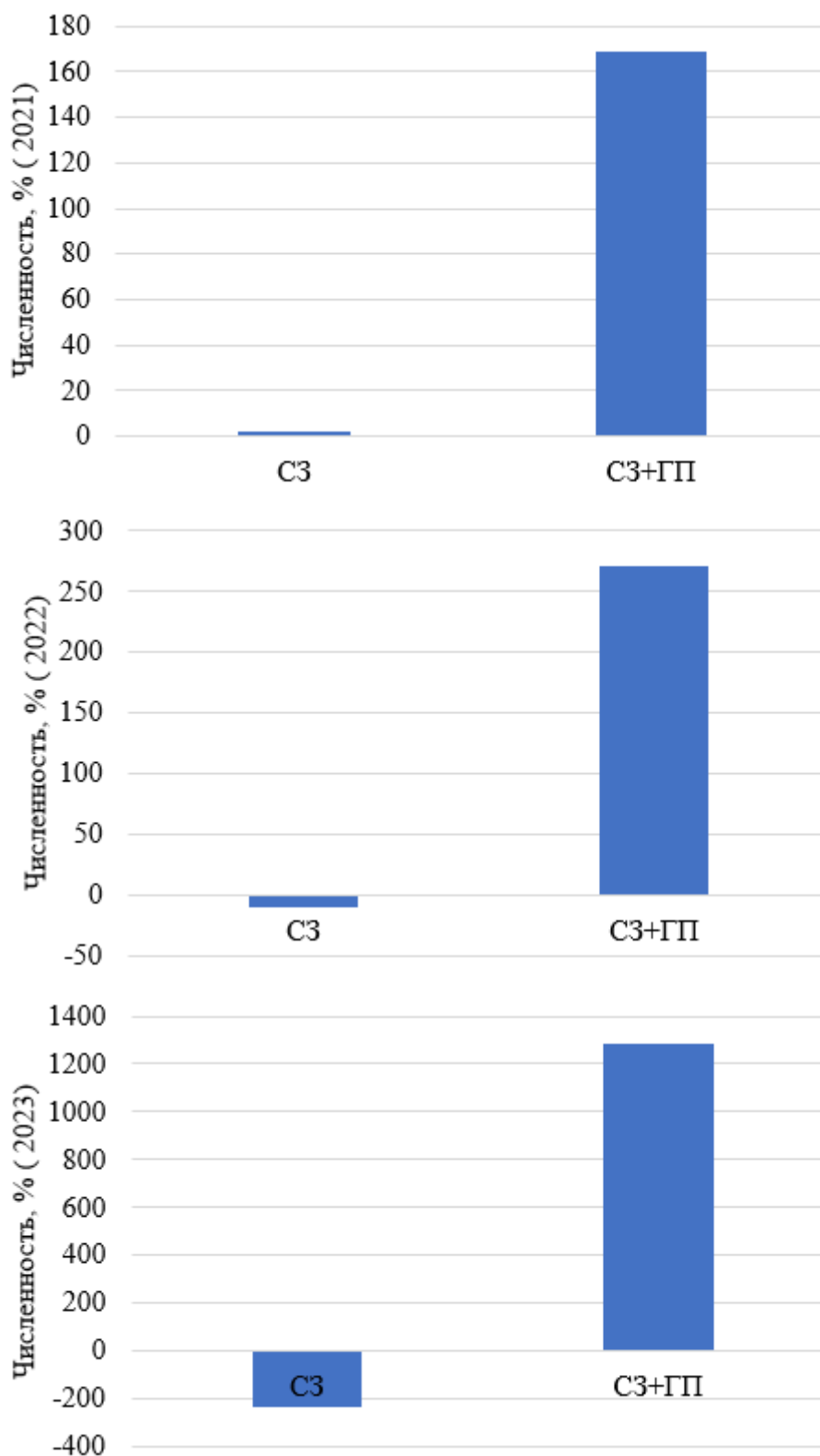
Рисунок 11 – Общая численность аммонифицирующих бактерий в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом (МПА – общая численность), 2021–2023 г. (Примечание: К – без применения пестицидов, СЗ – система защиты нута, СЗ + ГП – система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10)

При использовании гуминового препарата численность этой группы микроорганизмов увеличилась в среднем относительно контроля на 333 % и составила $56,79 \pm 12,14$ млн. КОЕ/г почвы. Гуматы оказывают стимулирующее действие на растения, в результате которого увеличивается количество корневых экссудатов в почве и особенно в ризосферной области (Пищик и др., 2019; Puglisi, 2013), однако в условиях избыточного увлажнения негативное действие средств защиты нивелировано (рисунок 11).

Как видно из приведенной диаграммы, сезонные изменения численности были выражены в разной степени в зависимости от вариантов опыта. При этом обработка средствами защиты оказывает значительное влияние, накладываясь на действие абиотических факторов среды.

Изменения численности микроорганизмов, нормализованные относительно контроля, представлены на рисунке 12. Для защиты нута были выбраны современные химические препараты, которые не оказали угнетающего действия на почвенные микроорганизмы. Обработка гуматом вызвала существенный прирост численности аммонификаторов, что составило 284% относительно контроля без

применения пестицидов. Такой эффект зафиксирован в работе Е.А. Полиенко (2016), где показано, что под влиянием компонентов препарата ВЮ-Дон усиливалась секреция корневых выделений. Это способствует быстрому росту численности данной группы микроорганизмов, которые используют сложные азотсодержащие органические соединения почвы.



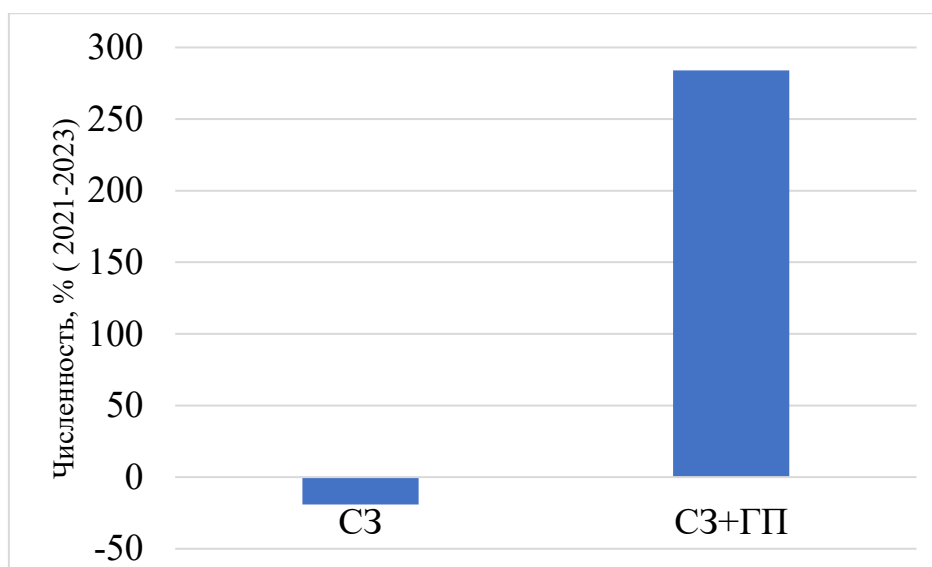
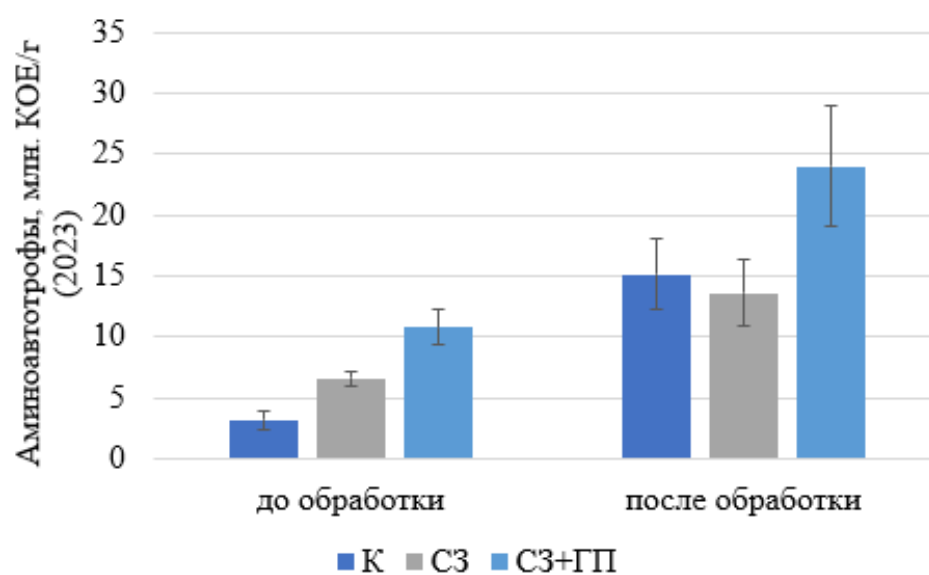
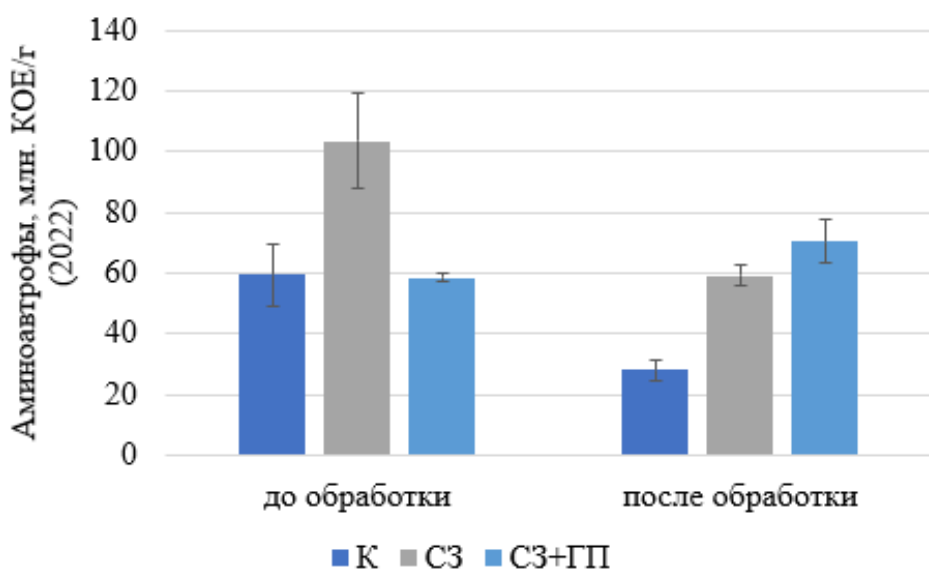
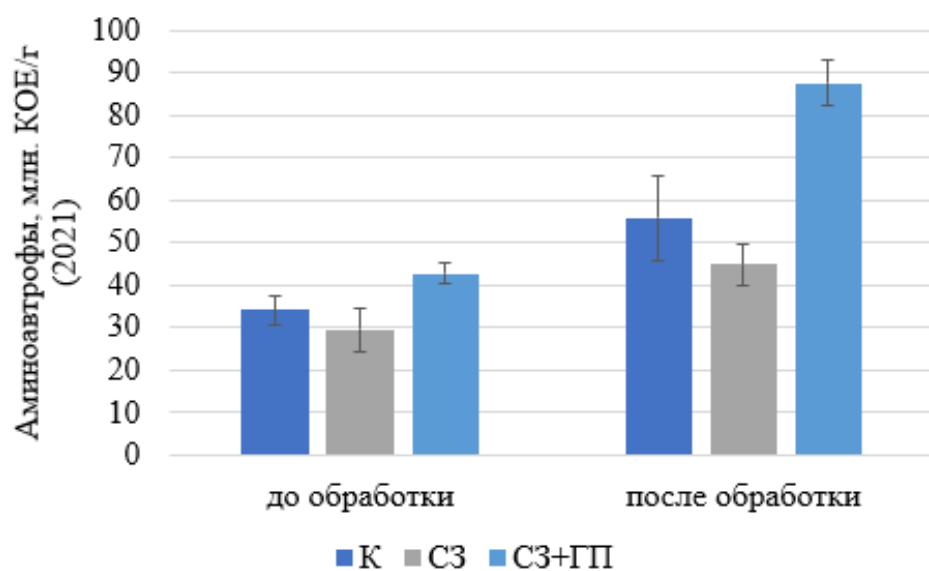


Рисунок 12 – Изменения числа аммонифицирующих бактерий в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом (МПА, нормализовано относительно контролей), 2021–2023 гг. (Примечание: К – без применения пестицидов, СЗ – система защиты нута, СЗ + ГП – система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10)

Динамика численности аминокислототрофов за весь период исследований приведена на рисунке 13. На момент первого отбора почвы численность данной группы составила 35,43 млн КОЕ/г в 2021 году, 73,73 млн КОЕ/г в 2022 году, 6,84 млн КОЕ/г в 2023 году. На контрольном варианте наблюдалось увеличение численности данной группы бактерий после проведения обработки от 64 до 380% при хорошем увлажнении и, наоборот, снижение, до 53% в засушливый год. На фоне применяемых пестицидов отмечается снижение численности от 12 до 273%. В засушливый год снижение численности от исходного количества составило 43%. На вариантах с использованием гумата наблюдается прирост численности аминокислототрофов на 41–73%.

Как и в случае с аммонификаторами наблюдается рост численности аминокислототрофов, но он не такой резкий. Можно сделать вывод, что к моменту отбора в почву поступило значительное количество легкодоступной органики, что связано с фазой развития растений нута. Известно, что для растений нута характерно чрезвычайно активное выделение органических кислот как листьями, так и корневой системой.



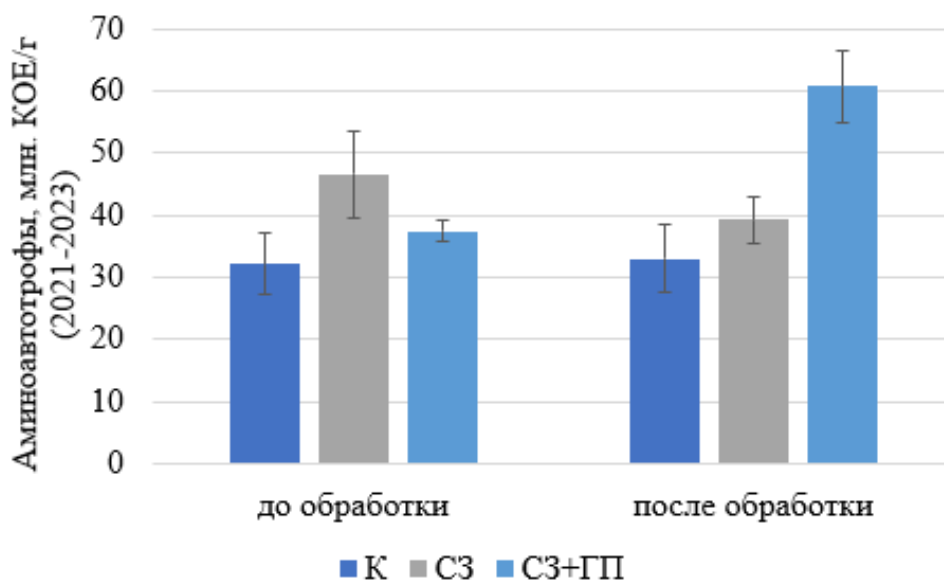
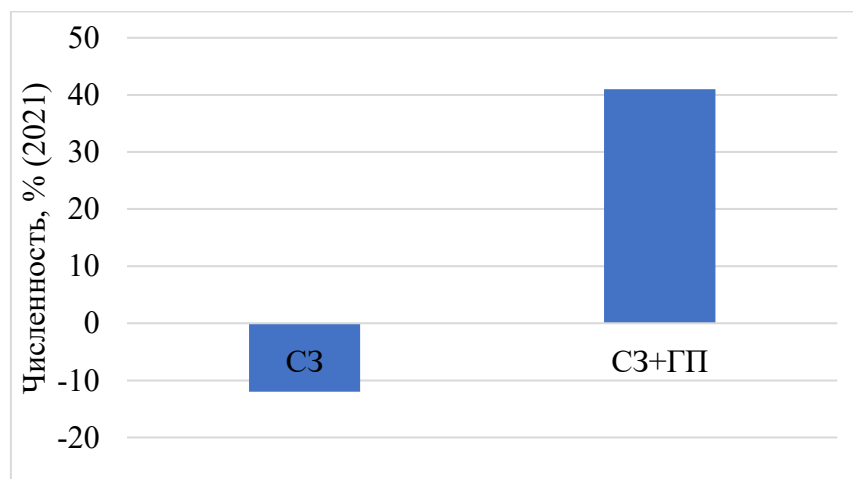


Рисунок 13 – Общая численность аминоавтотрофных бактерий в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом (КАА – общая численность), 2021–2023 г. (Примечание: К - без применения пестицидов, СЗ – система защиты нута, СЗ + ГП - система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10)

По сравнению с соей, нут выделяет в 35 раз больше лимонной и в 16 раз больше яблочной кислоты (Ohwaki, 1990). Такое массовое поступление в почву легкодоступной органики и приводит, по-видимому, к росту численности аммонификаторов и одновременному снижению количества аминоавтотрофов в исследуемых почвах. При этом, если нормализовать данные относительно контроля, то есть не учитывать влияние сезонности или фазы развития растений, то для аминоавтотрофов наблюдается весьма сходная с наблюдавшейся для аммонификаторов картина (рисунок 14).



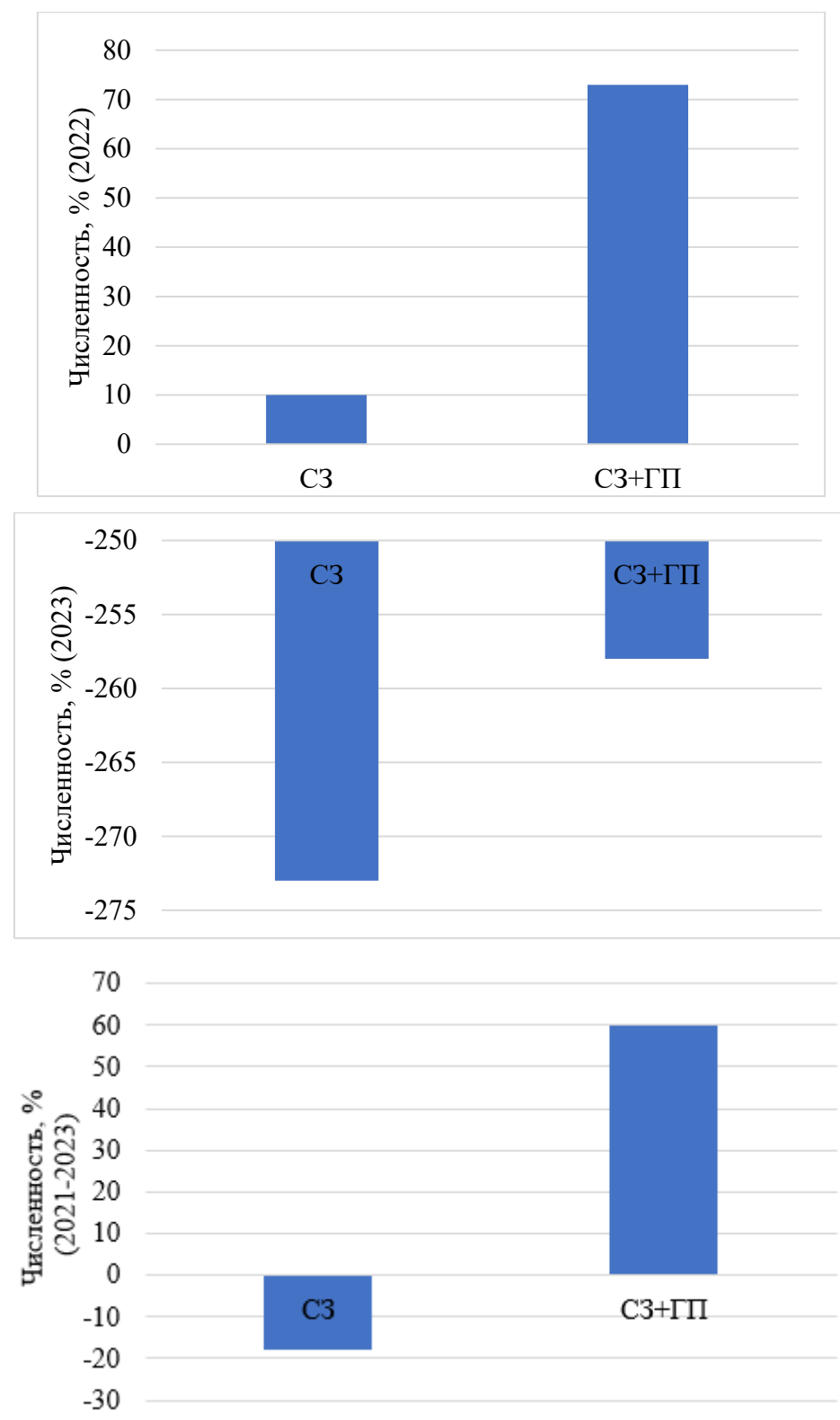
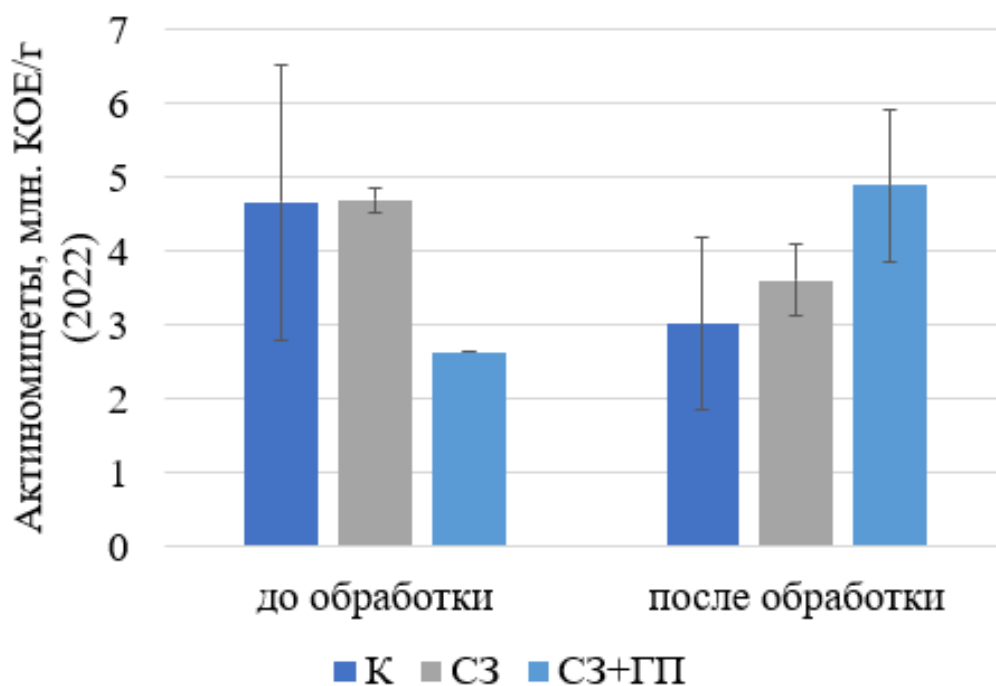
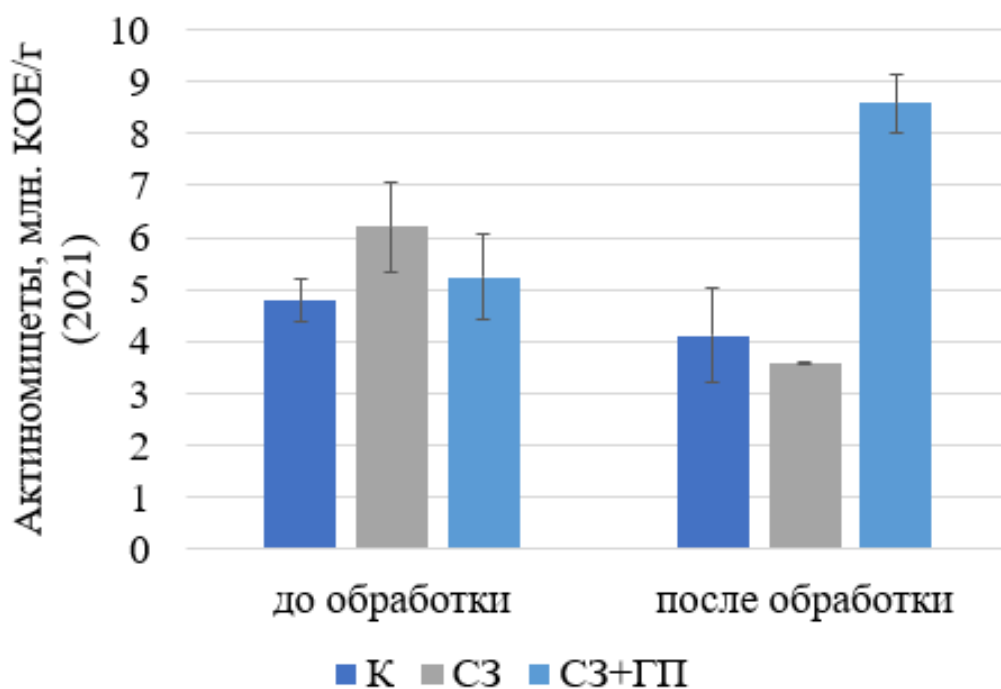


Рисунок 14 – Изменения числа аминоавтотрофных бактерий в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом (КАА, нормализовано относительно контролей), 2021–2023 гг.

Таким образом, прирост численности аммонификаторов через некоторое время может приводить к условиям, в которых начинается рост группы

аминоавтотрофов. С другой стороны, данные группы микроорганизмов могут конкурировать за источники углерода в почве, и при активном развитии аммонификаторов прирост аминоавтотрофов может за счет этого замедляться. В результате проведенных исследований, установлено, что при применении гуматов прирост данной группы микроорганизмов составил 60%.

Динамика численности актиномицетов приведена на рисунке 15. На контрольном варианте численность данной группы составила 4,7–4,8 млн КОЕ/г.



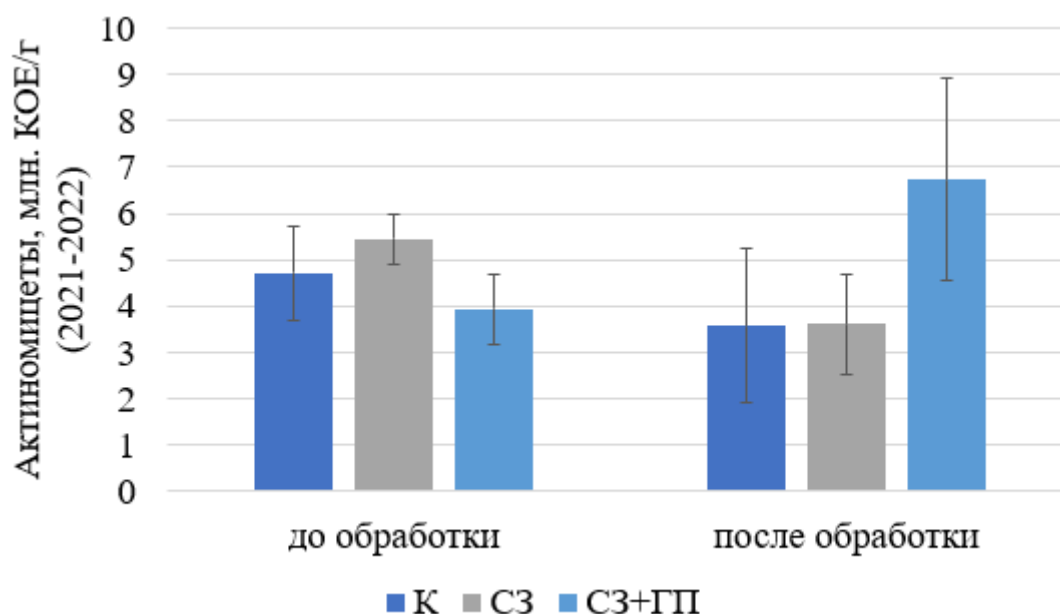


Рисунок 15 – Число актиномицетов в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом, 2021–2023 гг.
Примечание: К – без применения пестицидов, С3 – система защиты нута, С3 + ГП – система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10

Численность актиномицетов демонстрировала отрицательную динамику, снижение относительно исходного значения составило в 2021 году 14%, в более засушливом 2022 году – 35%. На вариантах с применением средств защиты также наблюдалось снижение численности на 42% (2021) и на 23% (2022). Это можно объяснить наблюдавшимся ростом как численности аммонификаторов, так и аминоавтотрофов и конкурентным давлением этих двух быстро растущих групп микроорганизмов на медленно растущую группу актиномицетов. Прирост численности актиномицетов наблюдался лишь при применении гуминового препарата, он составил 64–86%.

Аналогичная картина наблюдается, если проанализировать изменения, нормализованные относительно контроля. Можно отметить, что обработка гуматами способствует повышению численности актиномицетов на 106–121% относительно контроля (рисунок 16).

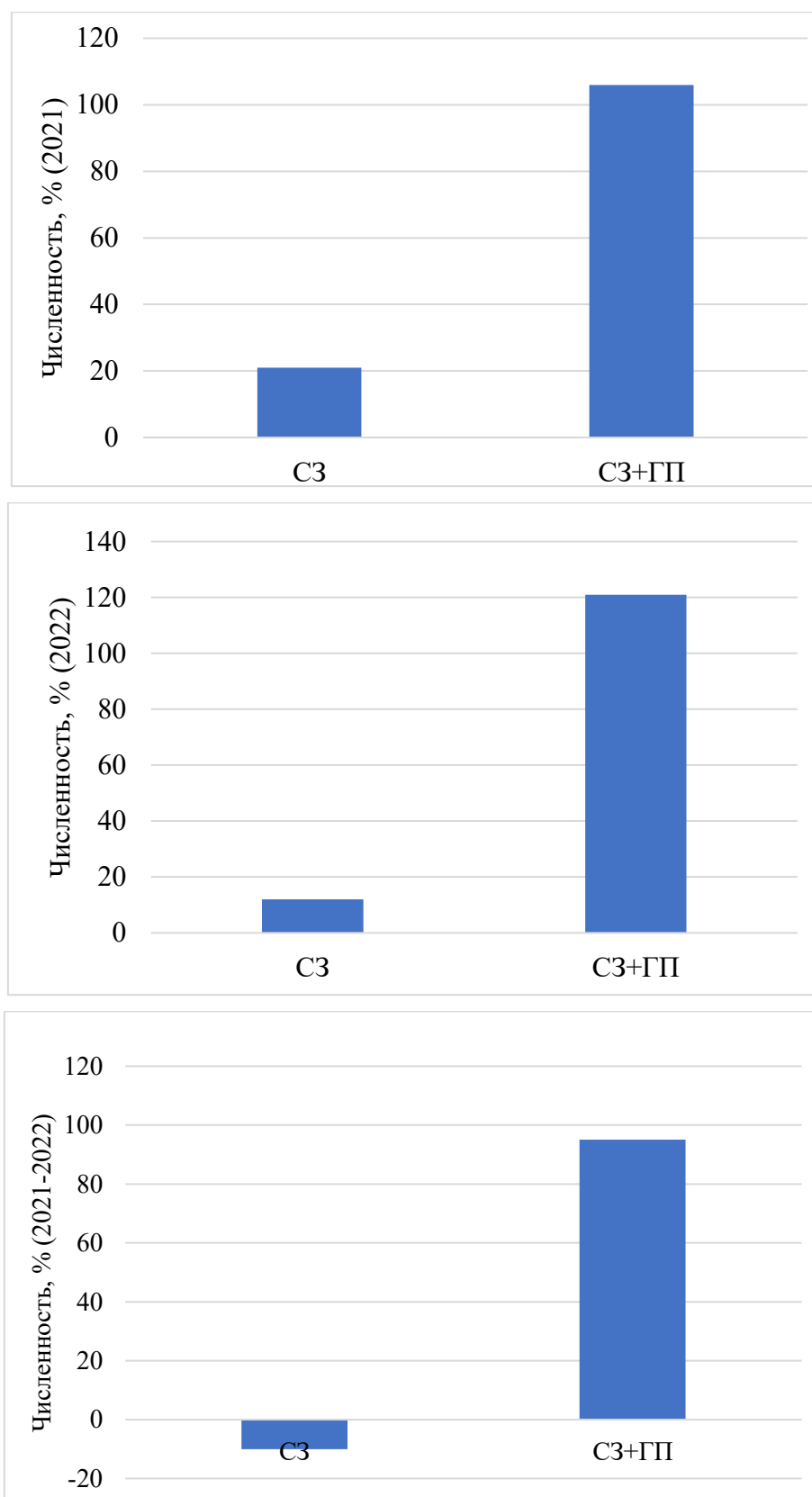
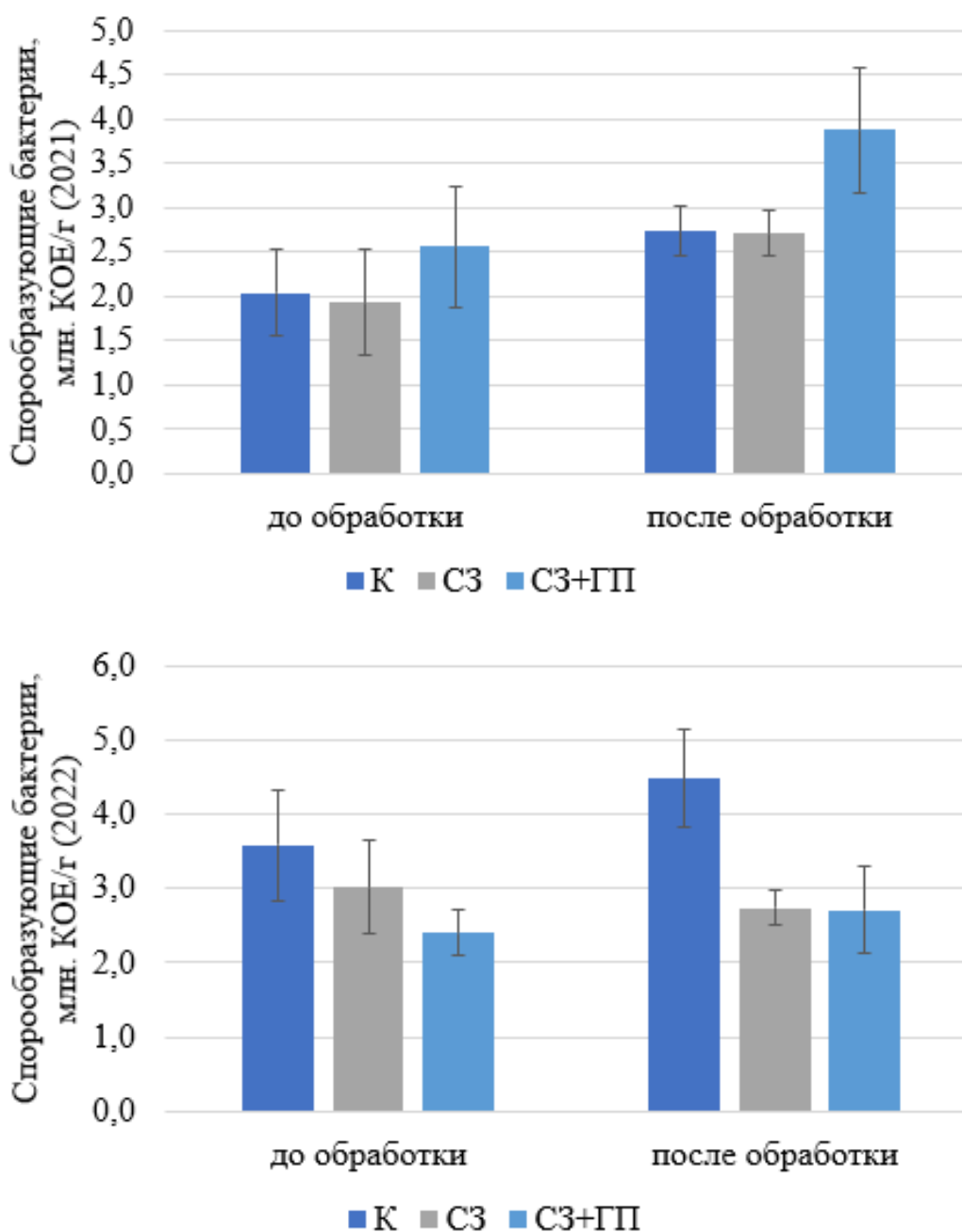


Рисунок 16 – Изменения числа актиномицетов в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом (нормализовано относительно контролей)

Масштабы сезонных изменений для группы спорообразующих бактерий, как и для более широкой группы аммонификаторов, в которую они входят, демонстрируют зависимость от погодных условий от 25 до 194%.

При этом отмечается, что в оптимальных условиях в 2021 они проявляют устойчивость к пестицидам, прирост численности к исходному состоянию составляет 40%, а относительно контроля – 7%. В засушливых и аномально влажных условиях, наоборот, отмечается отрицательная динамика численности – снижение на 9 и 43%, а относительно контроля – на 34 и 237% (рисунок 17).



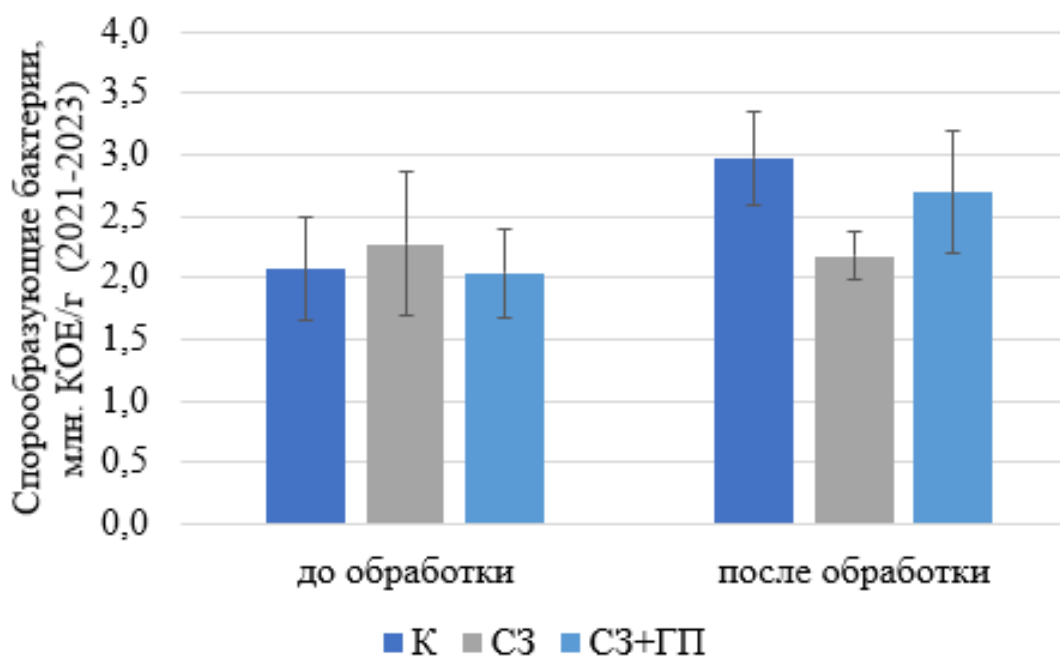
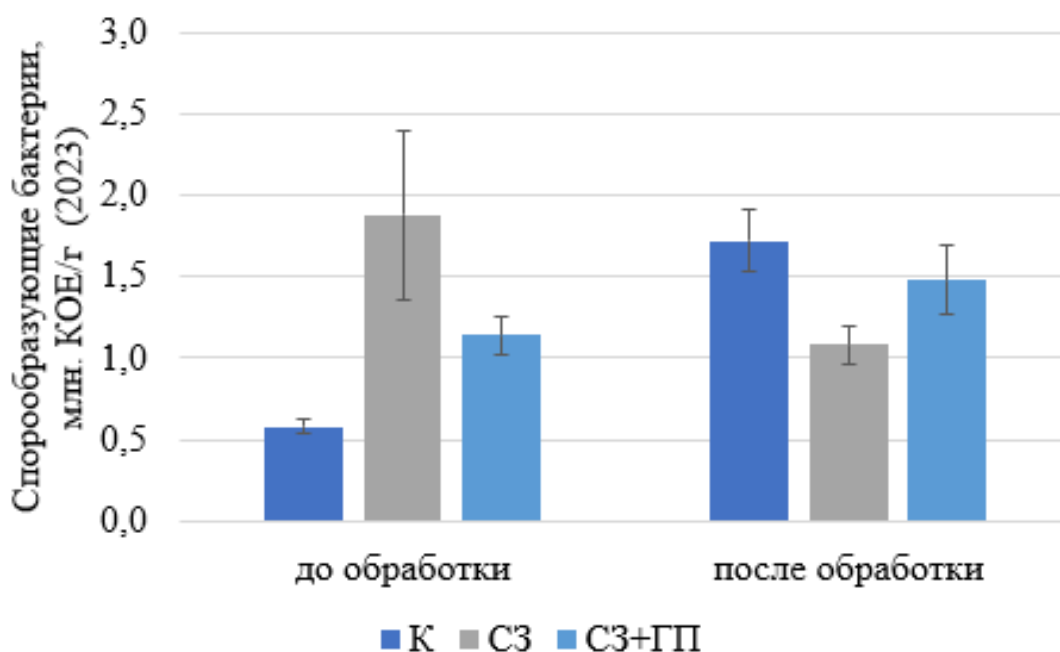
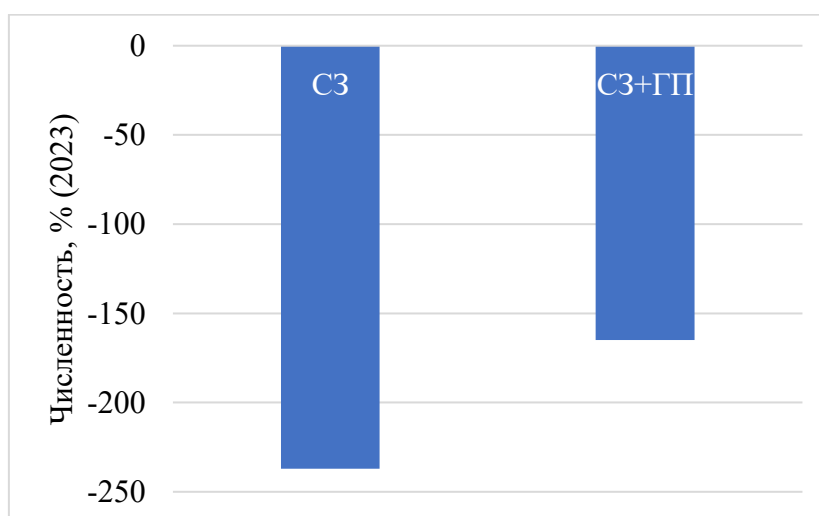
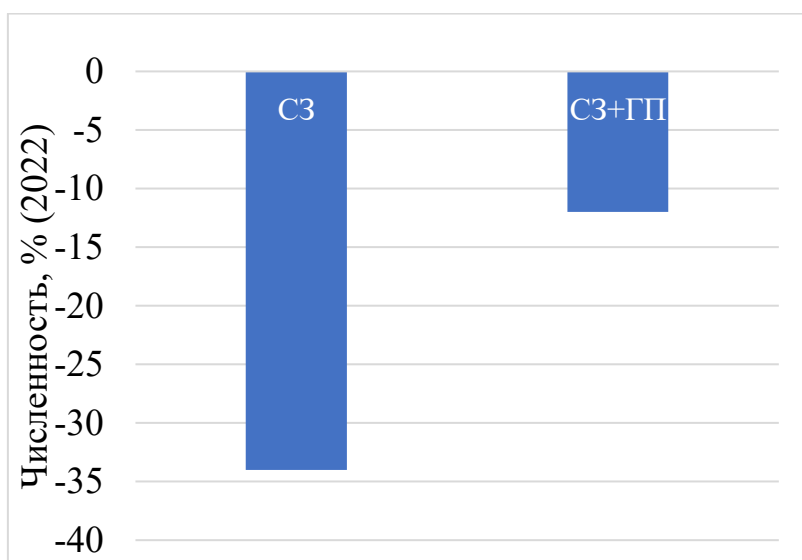
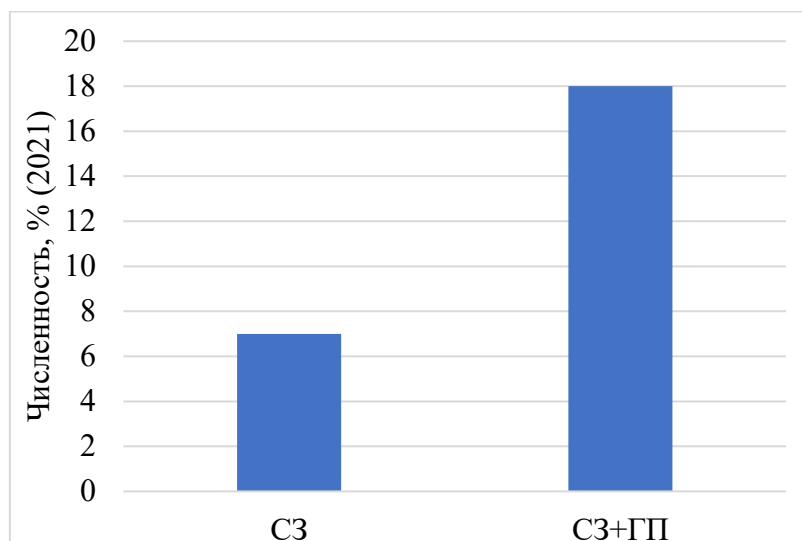


Рисунок 17 – Число спор аэробных спорообразующих бактерий в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом, 2021–2023
 Примечание: К – без применения пестицидов, СЗ – система защиты нута, СЗ + ГП – система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10.

Применение гуминового препарата сглаживает негативное действие пестицидов, несмотря на положительную динамику, прирост численности данной группы микроорганизмов в неблагоприятных условиях ниже контроля на 12 и 165%. При оптимальных погодных условиях прирост численности при использовании гумата на фоне пестицидов составляет 51% от исходного состояния

и 18% относительно контроля (рисунок 18).



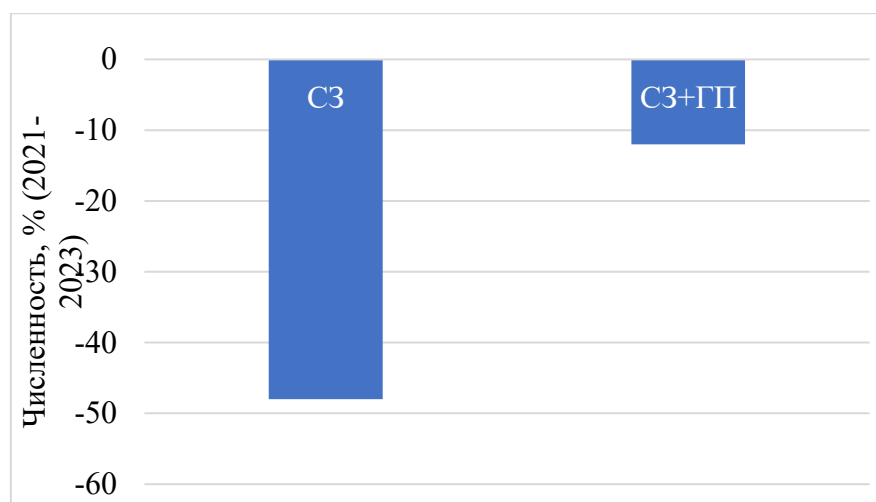
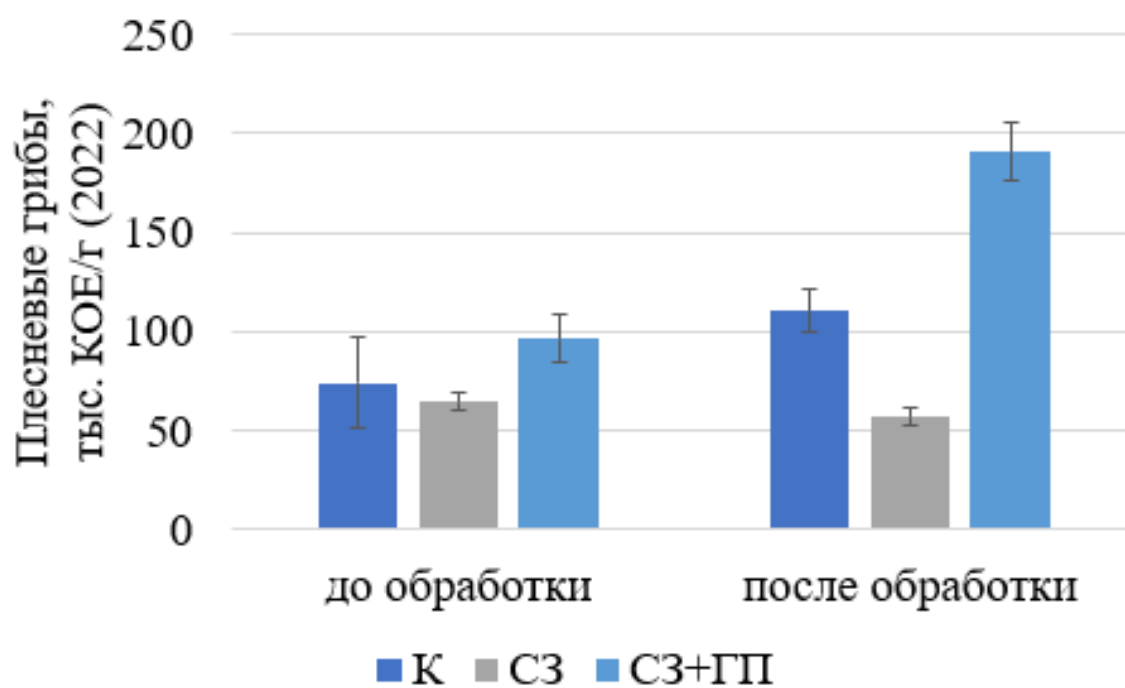
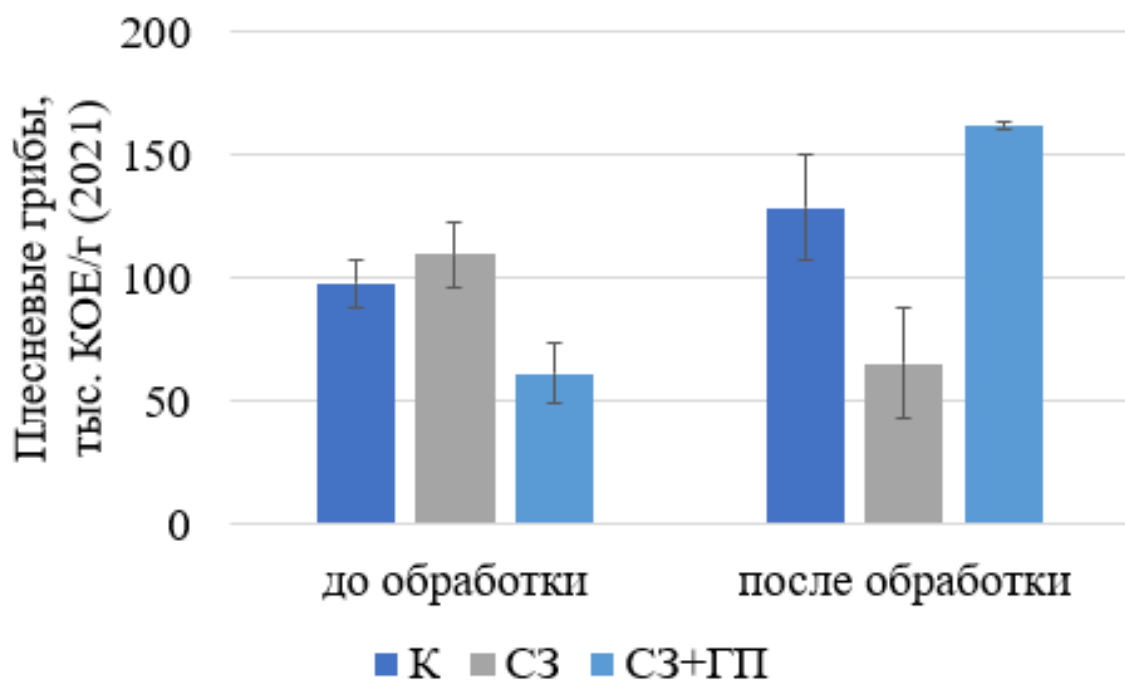


Рисунок 18 – Изменение численности аэробных спорообразующих бактерий в почве под посевами нута при обработке средствами защиты растений и гуминовым препаратом (нормализовано относительно контролей), 2021–2023 гг.

Такое изменение в динамике говорит о чувствительности спорообразующих бактерий не только к абиотическим факторам, но и к изменениям, обусловленным корневыми выделениями самого растения.

Число плесневых грибов в начале опыта в среднем варьировало в пределах 71,98–86,48 тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы. На контроле на протяжении всего периода исследования зафиксировано положительная сезонная динамика численности данной группы. В 2021 году она составила 31% относительно исходного состояния, в 2022 году – 71%, а в самый влажный 2023 год – 150%. (рисунок 19). Использование пестицидов снижало численность почвенных грибов на 23–40%, а применение на их фоне гуматов сопровождалось ростом численности плесневых грибов на 66–164%,



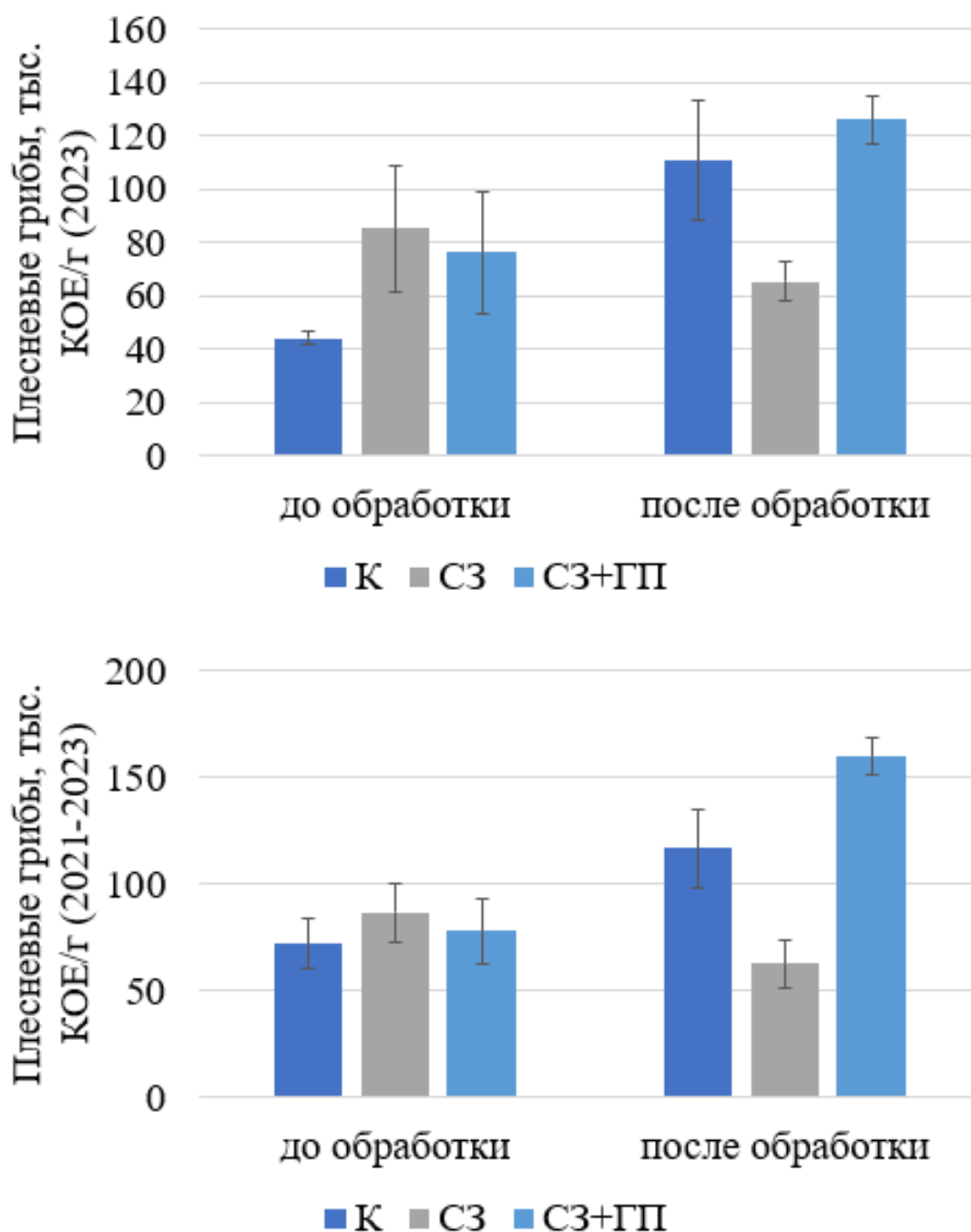
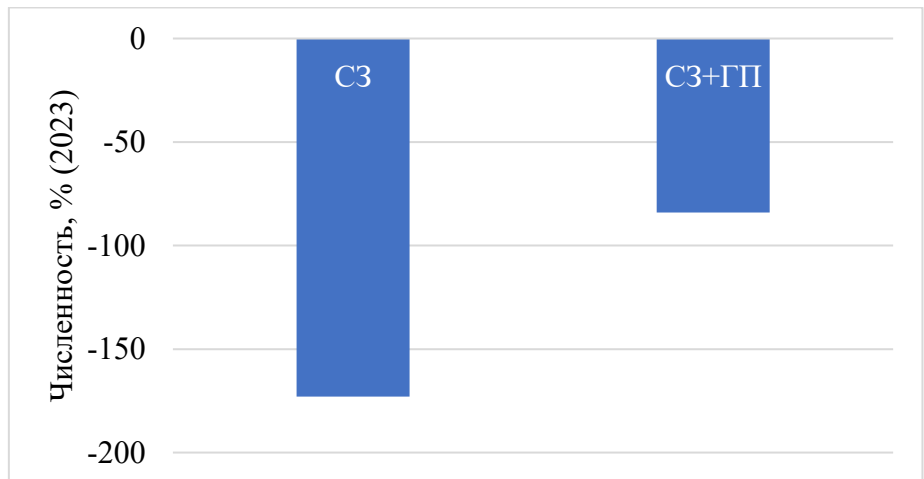
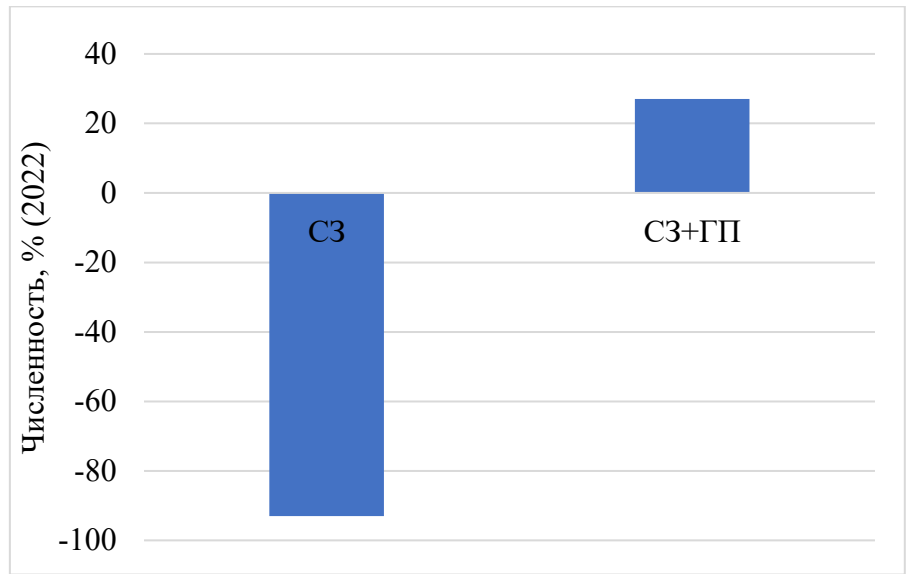
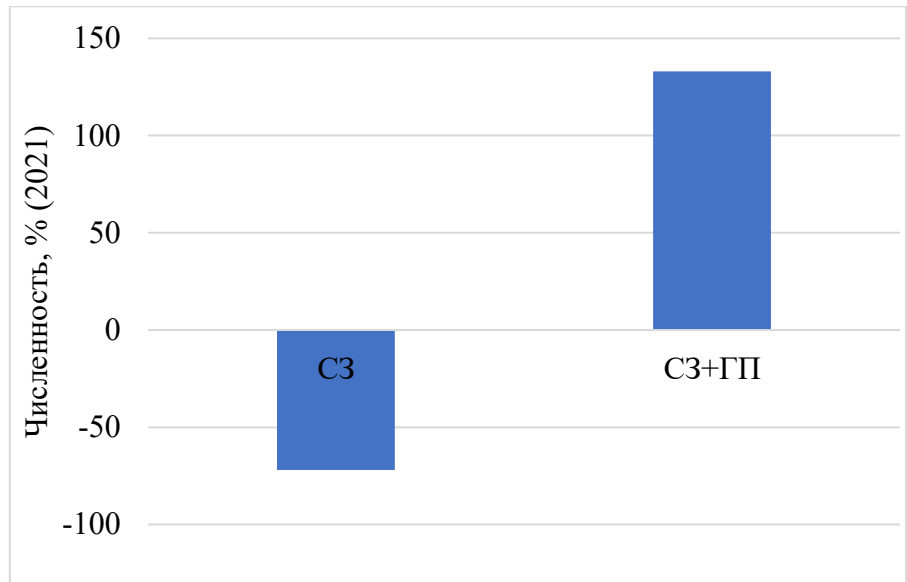


Рисунок 19 – Число плесневых грибов в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом, 2023 г.

Примечание: К – без применения пестицидов, СЗ – система защиты нута, СЗ + ГП – система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10

Изменения численности плесневых грибов, нормализованные относительно контроля, представлены на рисунке 20. Для защиты нута от болезней используется фунгицид Синклер, СК на основе флудиоксона, который ингибирует рост мицелия, по-видимому, с этим связано сильное снижение численности плесневых грибов на варианте с пестицидами – на 72–173 % относительно контроля.



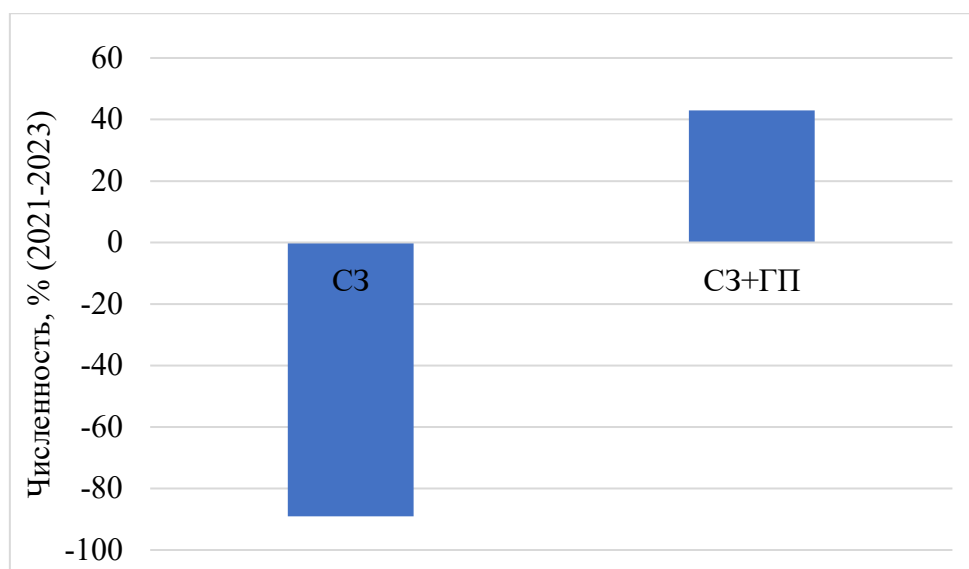


Рисунок 20 – Изменения числа плесневых грибов в почве под посевами нута при обработке пестицидами и гуминовым препаратом ВЮ-Дон (нормализовано относительно контролей)

Обработка гуминовым препаратом оказывала стимулирующее влияние на эту группу микроорганизмов: даже на фоне фунгицида прирост составил в 2021 году 133%, а в более засушливый 2022 год – 27%. Во влажных условиях 2023 года при бурном росте плесневых грибов на контроле гуминовые препараты продемонстрировали снятие химического стресса и снижение численности лишь на 84% по сравнению с вариантом химической защиты, где снижение составило 173%.

По результатам проведенных микробиологических исследований подтверждаются основные выводы, а именно то, что использование гуматов при обработке растений в период вегетации стимулирует микроорганизмы корнеобитаемого слоя почвы, а также применение гуматов на фоне средств химической защиты снижает негативное влияние последних на микробное сообщество. При использовании гуматов с пестицидами прирост всех исследованных групп бактерий превышает контрольные значения.

Таким образом, по характеру изменений в микробном сообществе почвы можно предполагать адаптогенное и протекторное действие гуматов при их применении с пестицидами. Улучшение физиологического состояния растений

нута отражается на их способности к стимулированию почвенного микробного сообщества посредством усиления развития корневых систем, увеличения продукции фотосинтеза и объема корневой секреции.

3.4 Влияние гуминовых препаратов на урожайность нута

Опыт по изучению эффективности применения гуминовых препаратов как элемента технологии выращивания нута был заложен в рамках производственного стационара на нескольких уровнях минерального питания. В годы проведения эксперимента агрометеорологические условия характеризовались существенной изменчивостью, что отразилось на величине урожайности нута, варьирование составляет 13–22% (таблица 6).

Это приводит к расширению величины доверительного интервала и снижению значимости различий между средними, главным образом, для вариантов с применением гуматов, прибавка по фактору Б не превышает $НСР_{05} = 2,0$ ц/га (таблица 6).

Уровень минерального питания безусловно оказывает существенное влияние на урожайность нута, без использования минеральных удобрений урожайность нута составила 13,7 ц/га, внесение $N_{40}P_{40}K_{40}$ повышает урожайность нута на 32% до 18 ц/га, а в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ – на 57,6% до 21,5 ц/га.

Так как гуминовые препараты являются стимуляторами и адаптогенами, то целесообразно оценить их действие в условиях меняющихся агрометеорологических условий. Результаты урожайности по годам исследования представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Средняя урожайность нута Донплаза при использовании гуминовых препаратов на разных уровнях питания, 2021–2023 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га				прибавка к контролю		прибавка по фактору Б		прибавка по фактору А	
	2021	2022	2023	ср	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль (без минеральных удобрений)	14,2	10,4	16,4	13,7	-	-	-	-	-	-
БИО-Дон10 – 0,3 л/га	15,3	11,2	18,6	15,0	1,4	10,0	1,4	10,0	-	-
Гумат калия жидкий торфяной – 0,5 л/га	15,5	11,2	17,3	14,7	1,0	7,3	1,0	7,3	-	-
Фон 1 (N40P40K40)	18,3	13,5	22,3	18,0	4,4	32,0	-	-	4,4	32,0
Фон 1 (N40P40K40) + БИО-Дон10 (0,3 л/га)	19,5	14,6	24,2	19,4	5,8	42,2	1,4	7,8	4,4	29,3
Фон 1 (N40P40K40) + Гумат калия жидкий торфяной (0,5 л/га)	19,7	14,4	23,8	19,3	5,6	41,2	1,3	7,0	4,6	31,6
Фон 2 (N80P80K80)	21,2	18,5	24,9	21,5	7,9	57,6	-	-	7,9	57,6
Фон 2 (N80P80K80) + БИО-Дон10 (0,3 л/га)	22,6	18,7	26,1	22,5	8,8	64,4	0,9	4,3	7,4	49,4
Фон 2 (N80P80K80) + Гумат калия жидкий торфяной (0,5 л/га)	22,4	19,1	25,7	22,4	8,7	63,9	0,9	4,0	7,7	52,7
НСП ₀₅					3,5		2,0		2,0	

Таблица 7 – Урожайность нута Донплаза при обработки гуминовыми препаратами в разные годы исследования, 2021–2023 гг.

№ п/п	Урожайность, ц/га				прибавка к контролю		прибавка по фактору Б		прибавка по фактору А	
	1	2	3	ср	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2021										
1	14,6	14,4	13,7	14,2	-	-	-	-	-	-
2	15,5	15,7	14,8	15,3	1,1	7,7	1,1	7,7	-	-
3	15,9	15	15,6	15,5	1,3	8,9	1,3	8,9	-	-
4	18,6	18	18,2	18,3	4,0	28,3	-	-	4,0	28,3
5	19,6	19,1	19,9	19,5	5,3	37,2	1,3	6,9	4,2	27,4
6	19,8	20,1	19,3	19,7	5,5	38,6	1,5	8,0	4,2	27,3
7	21,3	21,9	20,5	21,2	7,0	49,2	-	-	7,0	49,2
8	23,1	22,2	22,4	22,6	8,3	58,5	1,3	6,3	7,2	47,2
9	22,1	22,8	22,2	22,4	8,1	57,1	1,1	5,3	6,9	44,3
НСР ₀₅					0,8		0,5		0,5	
2022										
1	10,4	10,1	10,6	10,4	-	-	-	-	-	-
2	11,2	10,9	11,4	11,2	0,8	7,7	0,8	7,7	-	-
3	11,4	11,2	10,9	11,2	0,8	7,7	0,8	7,7	-	-
4	13,5	13,4	13,7	13,5	3,2	30,5	-	-	3,2	30,5
5	14,6	14,4	14,8	14,6	4,2	40,8	1,1	7,9	3,4	30,7
6	14,2	14,4	14,5	14,4	4,0	38,6	0,8	6,2	3,2	28,7
7	18,3	18,4	18,7	18,5	8,1	78,1	-	-	8,1	78,1
8	18,6	18,9	18,5	18,7	8,3	80,1	0,2	1,1	7,5	67,2
9	19,1	18,9	19,3	19,1	8,7	84,2	0,6	3,4	7,9	71,0
НСР ₀₅					0,4		0,2		0,2	
2023										
1	16,8	16,2	16,3	16,4	-	-	-	-	-	-
2	19,1	18,4	18,2	18,6	2,1	13,0	2,1	13,0	-	-
3	17,1	17,9	17	17,3	0,9	5,5	0,9	5,5	-	-
4	22,6	22,1	22,2	22,3	5,9	35,7	-	-	5,9	35,7
5	24,5	24,4	23,8	24,2	7,8	47,5	1,9	8,7	5,7	30,5
6	24,2	23,6	23,7	23,8	7,4	45,0	1,5	6,9	6,5	37,5
7	25,2	24,6	24,8	24,9	8,4	51,3	-	-	8,4	51,3
8	26,4	25,7	26,2	26,1	9,7	58,8	1,2	5,0	7,5	40,6
9	26,1	25,4	26,6	26,0	9,6	58,4	1,2	4,7	8,7	50,2
НСР ₀₅					0,7		0,4		0,4	

Примечание: 1. Контроль (без минеральных удобрений), 2. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 3. Органическое удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 4. Фон 1 (N40P40K40), 5. Фон 1 (N40P40K40) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 6. Фон 1 (N40P40K40) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 7. Фон 2 (N80P80K80), 8. Фон 2 (N80P80K80)+ ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 9. Фон 2 (N80P80K80) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га)

В условиях относительно оптимального 2021 года применение гуминовых препаратов обеспечило достоверную прибавку 1,1–1,5 ц/га (НСР₀₅ = 0,5 ц/га), что

составляет 5,3–8,9% относительно фона. При это необходимо отметить, что на более высоком уровне питания эффективность наименьшая и составляет 5,3–6,3 %. В условиях засушливого 2022 года гуминовые препараты также обеспечили достоверную прибавку к урожайности. На контроле и среднем уровне питания прибавка составила 0,8–1,1 ц/га, что соответствует 6,2–7,9% относительно фона. При высоком уровне питания их эффективность была минимальной – 1,1–3,4%, что составляет 0,2–0,6 ц/га. В условиях влажного 2023 года также была получена прибавка к урожайности на уровне 0,9–2,0 ц/га, что составляет 4,7–13,0% ($НСР_{05}=0,4$ ц/га).

Таким образом, гуминовые препараты оказывают положительное влияние на величину урожайности нута, их эффективность составляет 5–10%. По сравнению с минеральными удобрениями, которые обеспечивают питание растений и формируют основу будущего урожая, гуматы значительно уступают по эффективности (в 3–6 раз), тем не менее они в различные по агрометеорологическим условиям годы обеспечивают получение дополнительно до 1,1–2,1 ц/га.

В целях выявления зависимостей одних показателей от других был проведен анализ методом главных компонент в программе Statistica 12. Для начала были оценены все данные за 2021–2023 гг. На рисунке 21 представлены собственные значения корреляционной матрицы, так называемый график «каменистой осыпи», по которому выделяют число факторов.

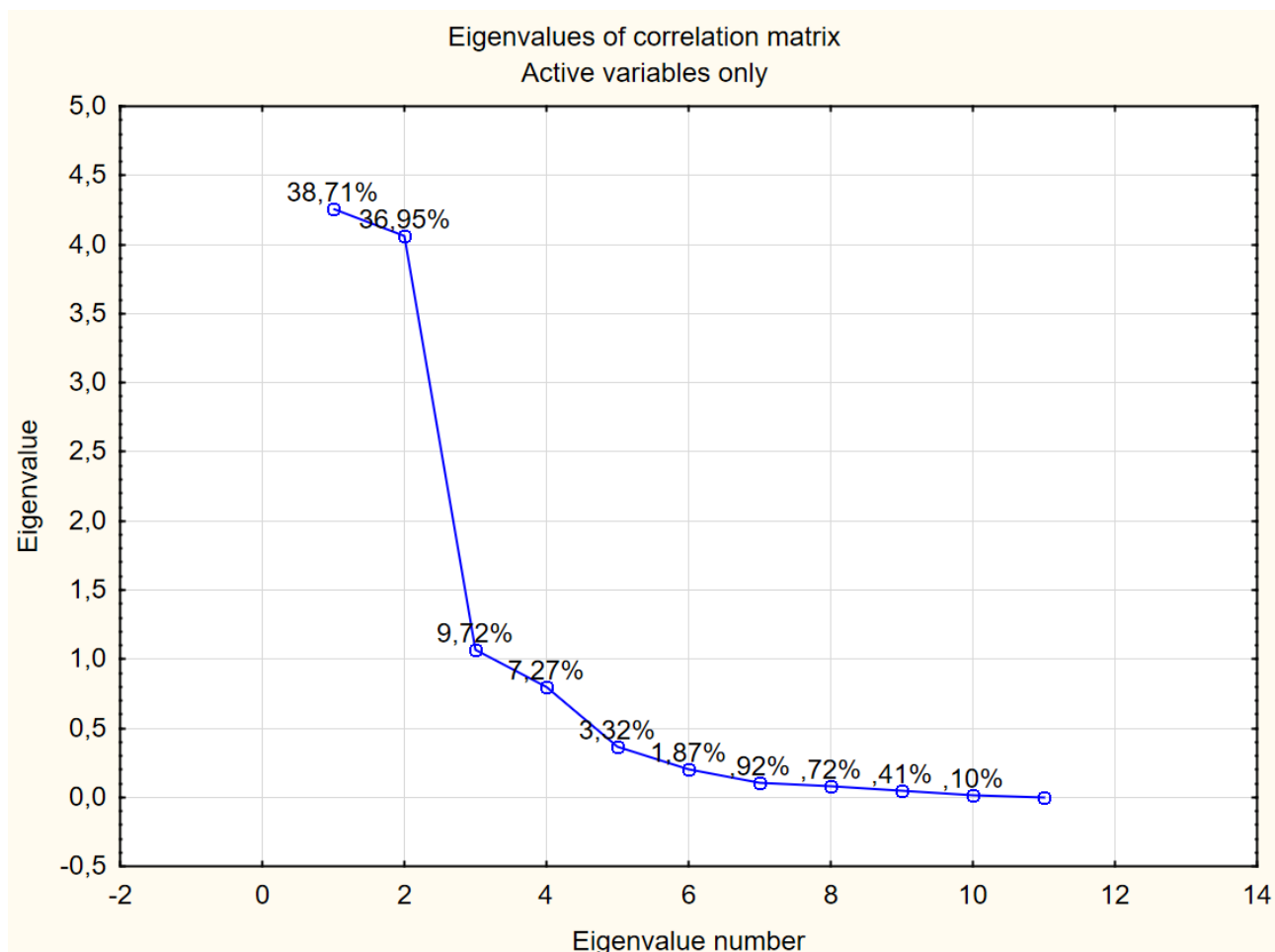


Рисунок 21 – График собственных значений корреляционной матрицы по результатам 2021–2023 гг.

Согласно рисунку 21 можно выделить до семи факторов, но в данном случае наиболее значимые – два, которые объясняют более 75 % общей дисперсии. На рисунке 22 представлена проекция переменных различных лет на факторную плоскость, где прослеживается четкое группирование данных по годам. Так как погодные условия в период проведения исследования крайне различны, то можно сделать вывод, что на полученные результаты главным образом оказали влияние условия увлажнения и минеральные удобрения.

В условиях 2021 года при оптимальных условиях увлажнения в период вегетации нута (ГТК 0,9) четко можно выделить два фактора с общей дисперсией 71,14 и 25,83 %, что соответствует схеме опыта: фактор А – минеральные удобрения, фактор Б – гуминовые препараты (рисунок 23).

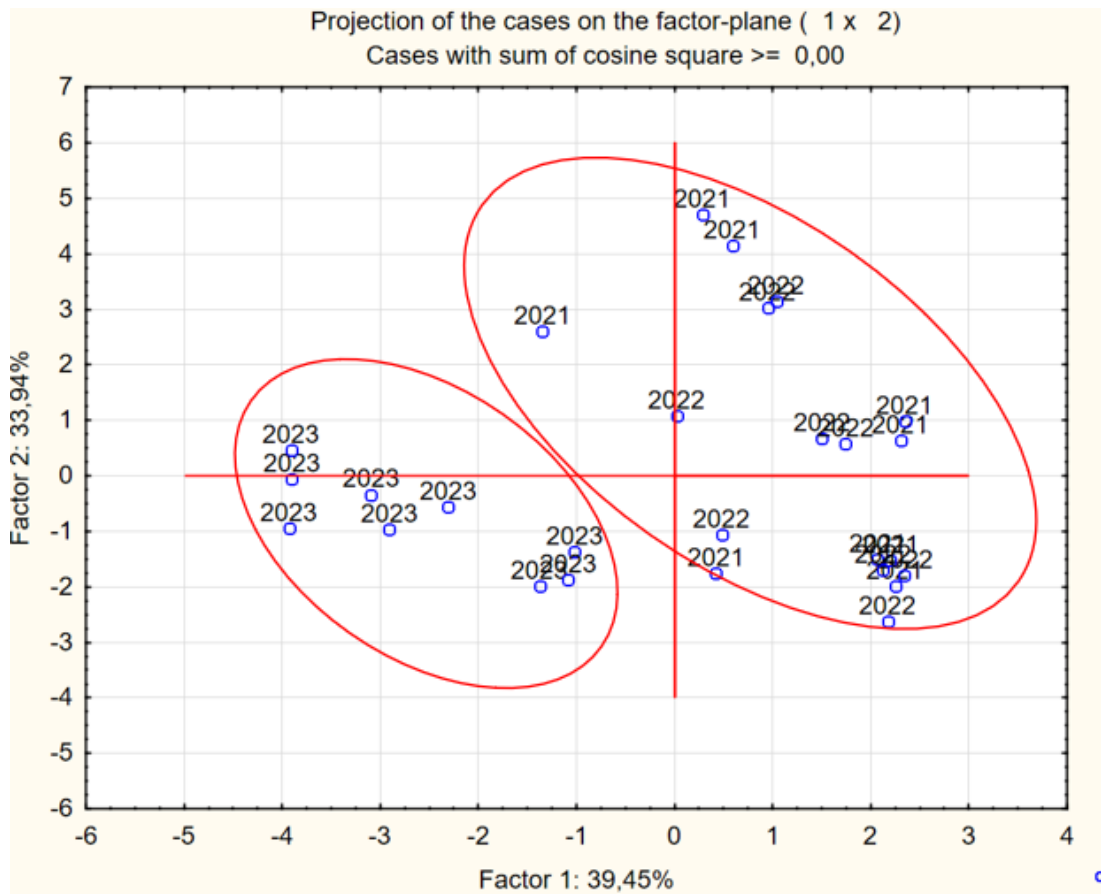


Рисунок 22 – проекция переменных на факторную плоскость по фактору 1 и 2, 2021–2023 гг.

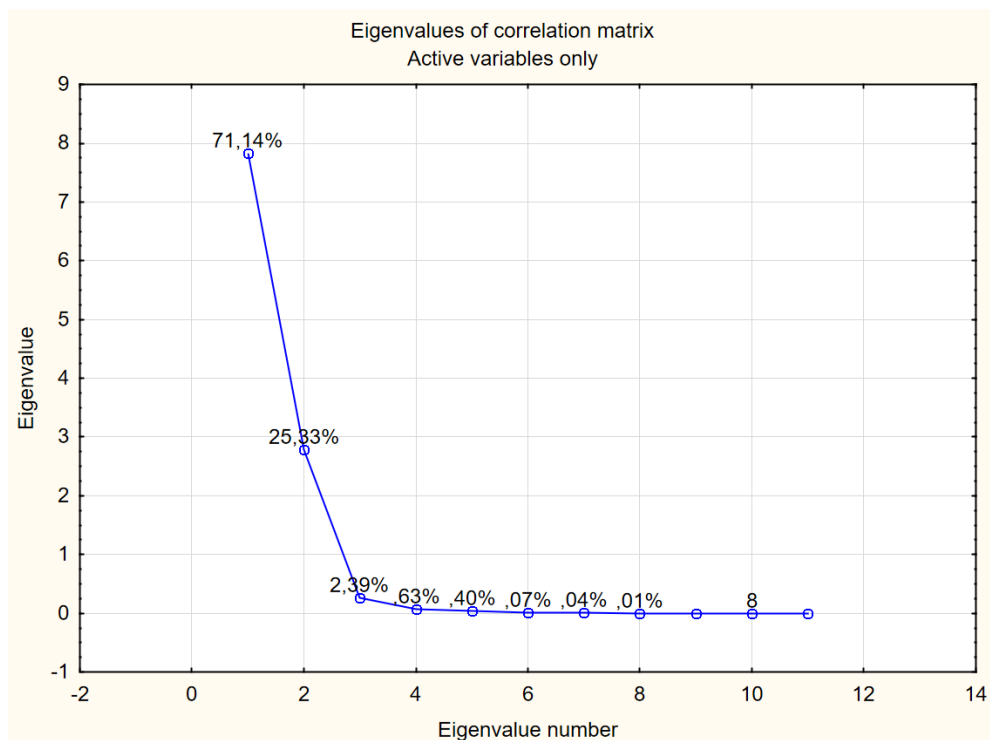


Рисунок 23 – График собственных значений корреляционной матрицы по результатам 2021 г.

При анализе факторных координат переменных (рисунок 24) видно, что урожайность, содержание доступных форм азота, фосфора, калия, а также численность различных групп микроорганизмов отрицательно скоррелированы между собой по первому фактору, а по второму фактору – показатели активности микроорганизмов – положительно, а урожайность и элементы питания отрицательно, при этом корреляция оценивается как сильная, так как точки находятся практически на окружности.

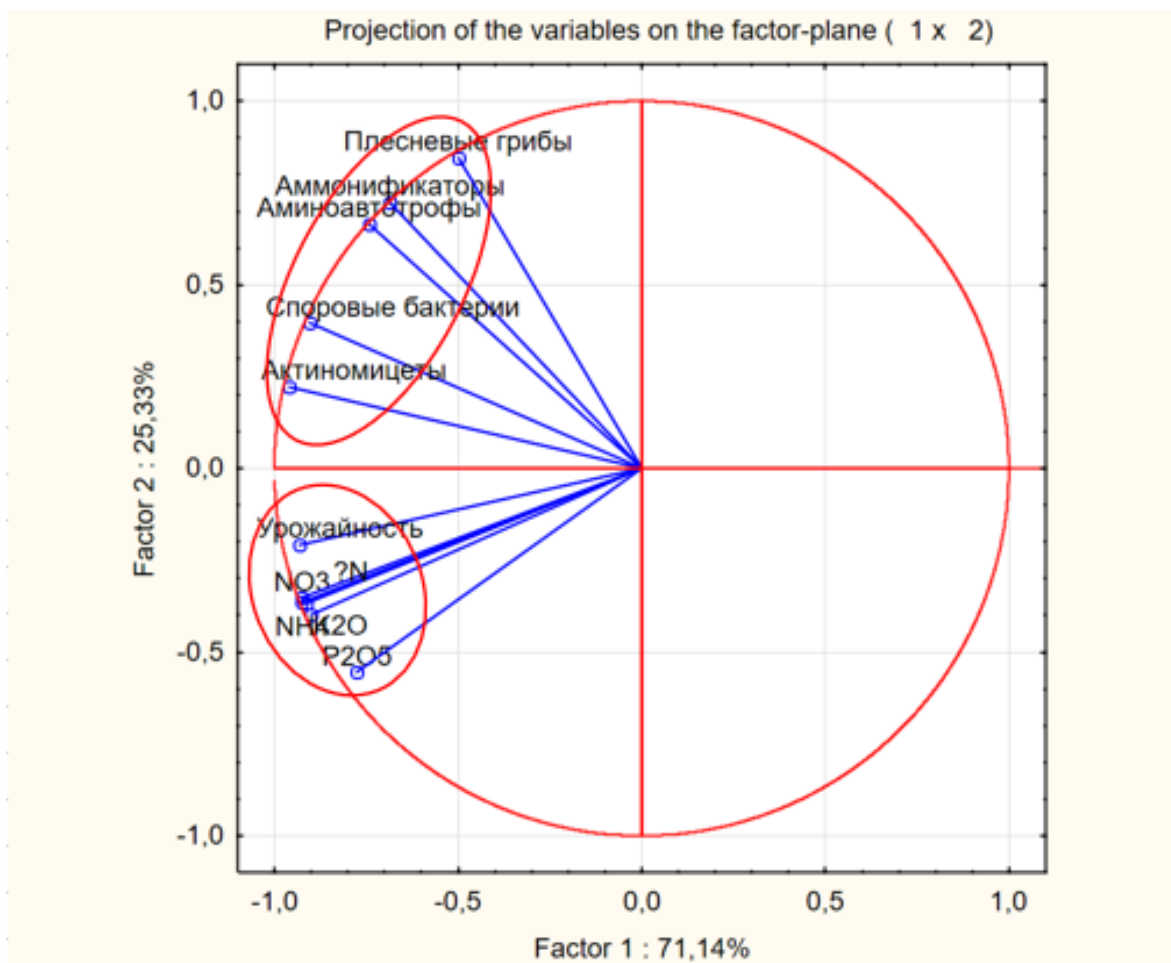


Рисунок 24 – Анализ главных компонент агрохимических и микробиологических показателей чернозёма обыкновенного карбонатного при возделывании нута

Гуминовые препараты положительно коррелируют с почвенными микроорганизмами, связь сильная. При изучении влияния гуматов на активность различных групп микроорганизмов было установлено, что они оказывают стимулирующее влияние, которое проявляется и на фоне применения пестицидов.

При анализе положения распределения исследуемых участков наблюдения

в факторной плоскости видно, что варианты с гуминовыми препаратами демонстрируют положительную корреляцию с фактором 1. Необходимо обратить внимание, что по фактору 2 корреляция отрицательная при использовании гуматов без удобрений и положительная – на фоне минерального питания. Таким образом можно сделать вывод, что обработка растений гуминовыми препаратами оказывает сильное влияние на микроорганизмы ризосферной зоны на фоне использования минеральных удобрений (рисунок 25).

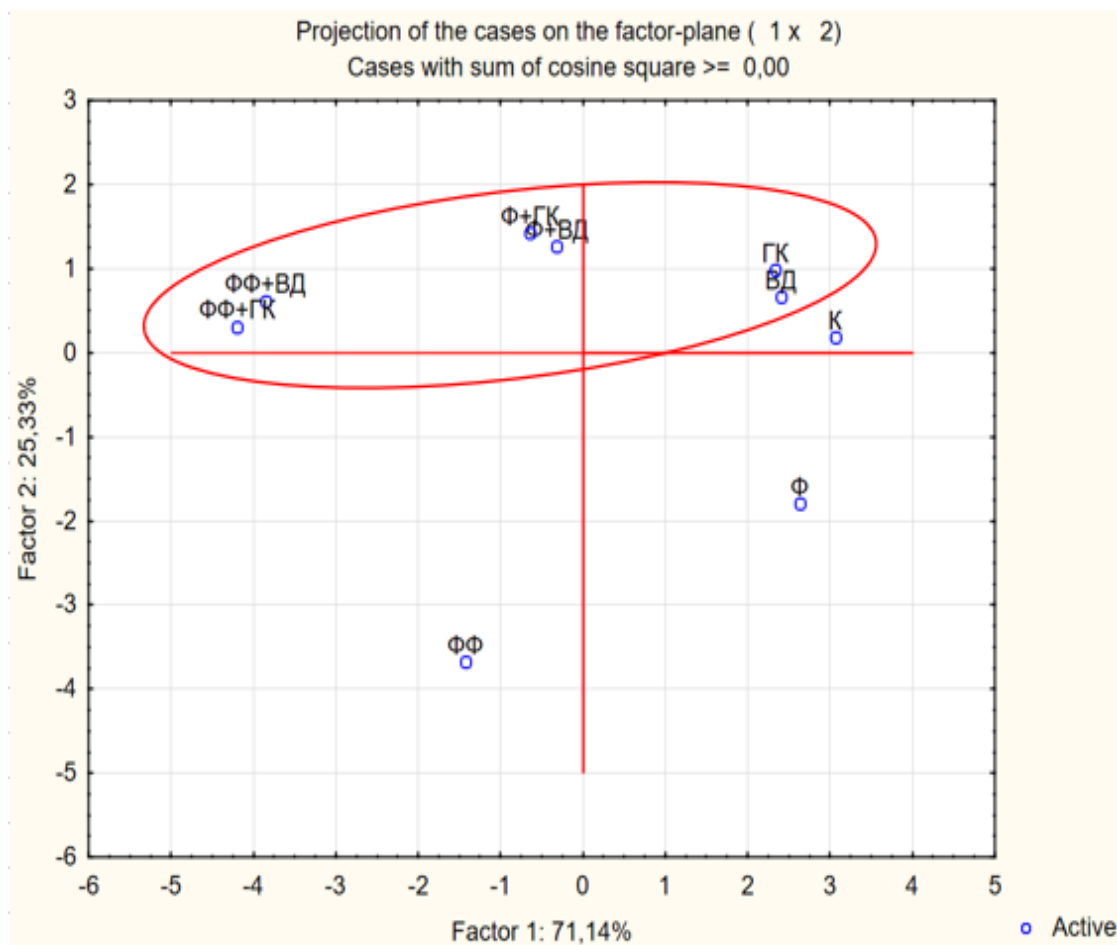
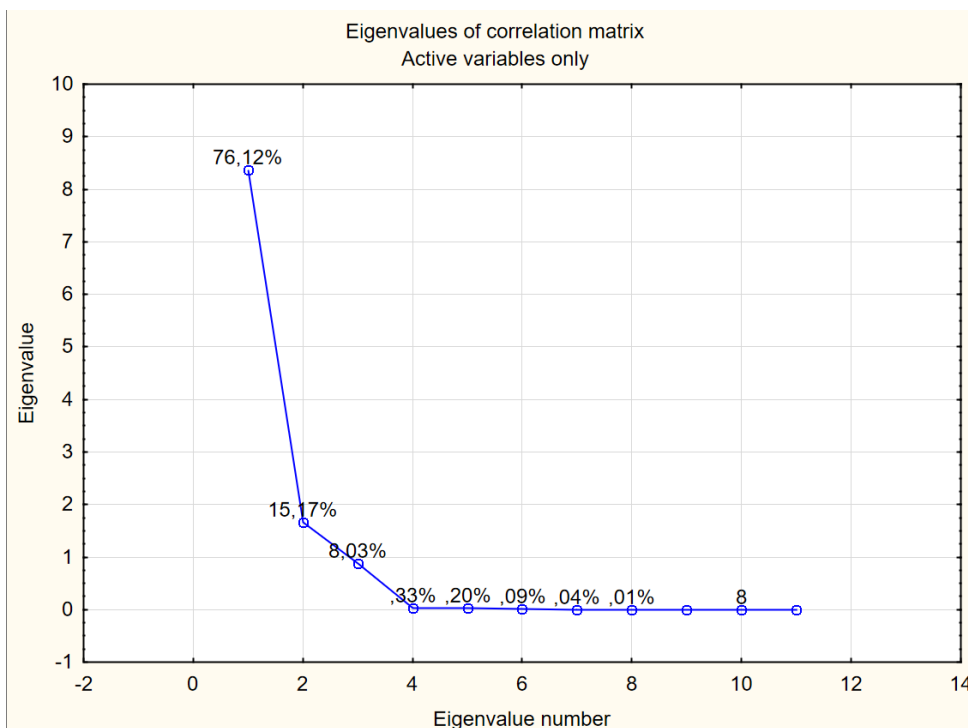
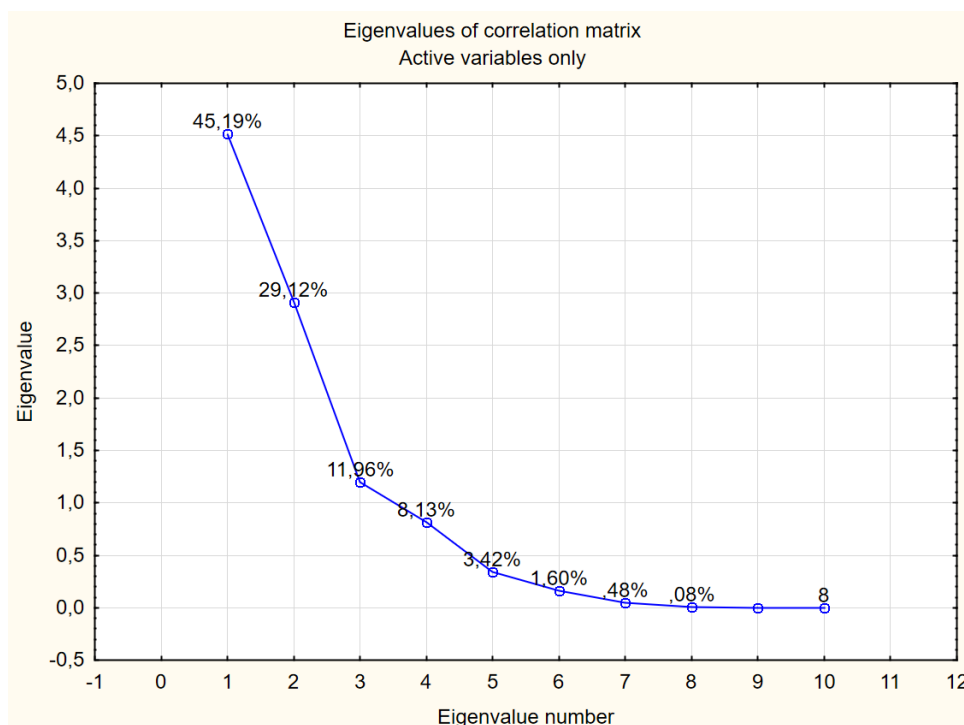


Рисунок 25 – Положение вариантов опыта в факторной плоскости первых двух главных компонент

При анализе результатов 2022 и 2023 годов, которые отличаются неблагоприятными условиями, доля влияния первых двух факторов существенно изменяется 76,12 и 15,17 % в 2022 году и 45,19 и 29,12 % в 2023 г. (рисунок 26).



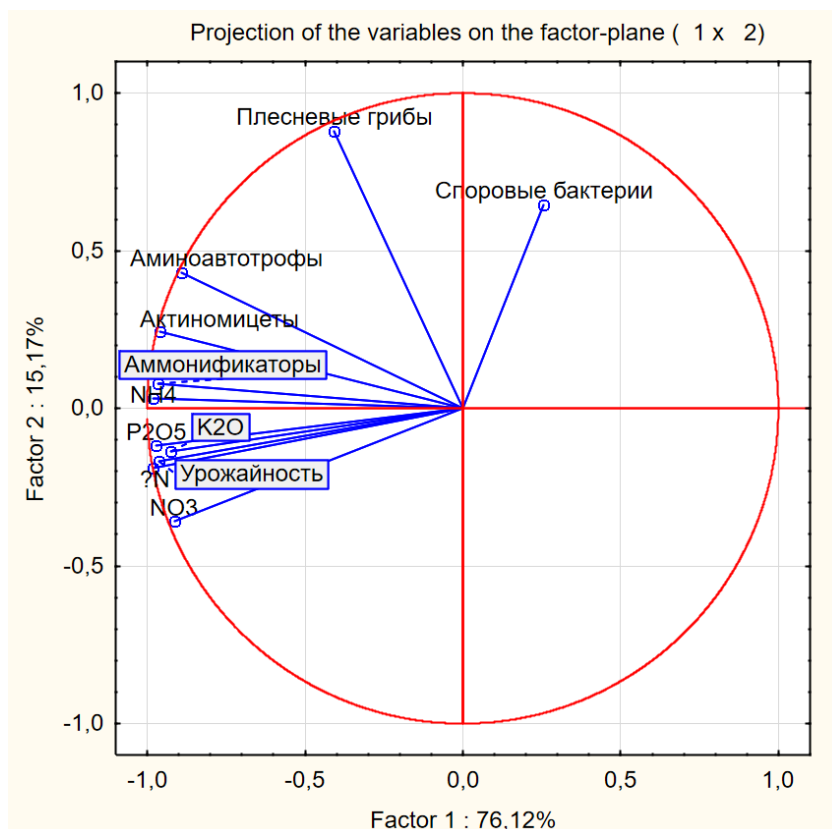
2022



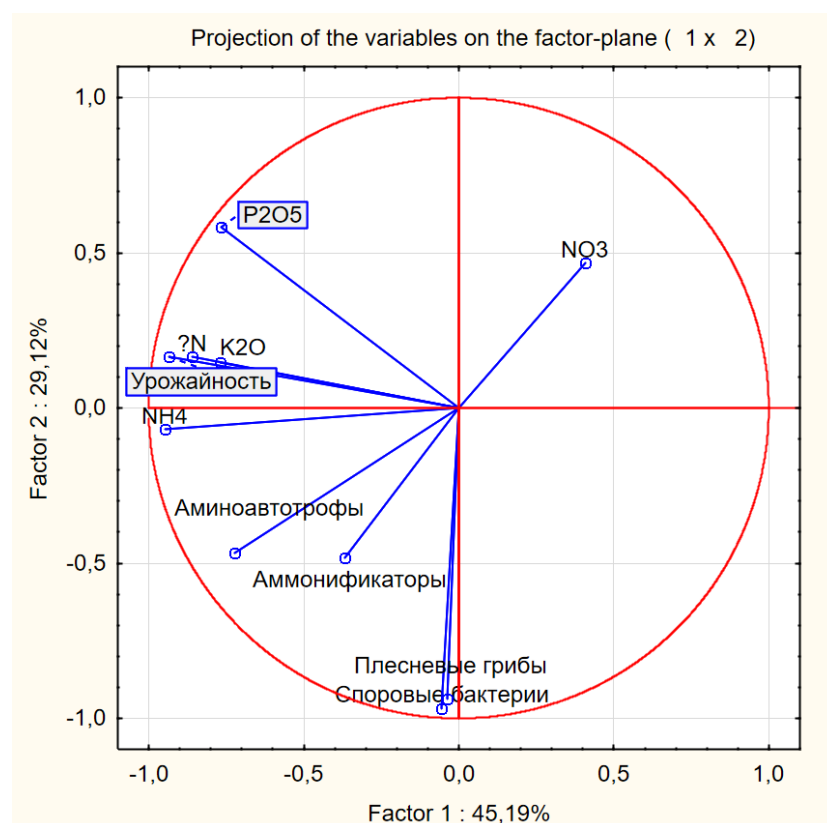
2023

Рисунок 26 – Графики собственных значений корреляционной матрицы по результатам 2022, 2023 гг.

При анализе факторных координат переменных (рисунок 27) видно, что в 2022 г. урожайность, агрохимические и микробиологические показатели находятся даже в более тесной взаимосвязи, чем в 2021 году.



2022



2023

Рисунок 27 – Анализ главных компонент агрохимических и микробиологических показателей чернозёма обыкновенного карбонатного при возделывании нута

При этом в 2022 году сохраняется тенденция: отрицательная корреляция по фактору 1, и по фактору 2, положительная – по микроорганизмам, за исключением споровых бактерий, и отрицательная – по урожайности и агрохимическим показателям. А в 2023 году, при обильном увлажнении, урожайность, содержание подвижных форм азота и фосфора положительно коррелируют с фактором 1, то есть элементы питания, поступающие с удобрениями, более доступны для растений. По фактору 2 микроорганизмы коррелируют отрицательно, но это связано, главным образом, с активным развитием плесневых грибов, которые в условиях избыточного увлажнения подавляли остальные группы микроорганизмов.

3.5 Экономическая эффективность применения гуминовых препаратов

Результаты расчета экономической эффективности представлены в таблице 8 (приложение В). Стоимость нута в период проведения испытания с каждым годом увеличивалась, в 2021 году составляла 36 000 руб./т, в 2022 году – 42 000 руб./т, а в 2023 году – 45 000 руб./т. Затраты на минеральные удобрения увеличились на 2%, прямые затраты рассчитывались по технологическим картам с учетом всех проводимых операций и используемых фоновых обработок средств химической защиты.

Таблица 8 – Экономическая эффективность применения гуминовых препаратов на различных уровнях минерального питания, 2021–2023 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Стоимость урожая, р/га,	Условно чистый доход, р/га	Цена препарата, р/га	Минеральное удобрение, р/га	Прямые затраты с учетом амортизации, р/га	Всего затрат	Рентабельность, %	Окупаемость, руб./руб.
Контроль (без удобрений)									
1	13,7	56033	23033			33000	33000	169,8	1,70
2	15,0	61637	28388	249		33000	33249	185,4	1,85
3	14,7	60133	26978	155		33000	33155	181,4	1,81
Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀)									
4	18,0	73937	31887		9050	33000	42050	175,8	1,76
5	19,4	79677	37378	249	9050	33000	42299	188,4	1,88
6	19,3	79130	36925	155	9050	33000	42205	187,5	1,87
Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀)									
7	21,5	88287	37187		18100	33000	51100	172,8	1,73
8	22,5	92113	40764	249	18100	33000	51349	179,4	1,79
9	22,4	91840	40585	155	18100	33000	51255	179,2	1,79

Примечание: 1. Контроль (без минеральных удобрений), 2. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 3. Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 4. Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀), 5. Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 6. Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 7. Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀), 8. Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 9. Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га)

Рентабельность возделывания нута без использования минеральных

удобрений, но с проведением защитных мероприятий составила 169,8%, а окупаемость – 1,70 руб./руб., при этом условно чистый доход составил 23 033 руб./га. Применение гуматов при минимальных затратах повышает условно чистый доход до 28 388 руб./га, а рентабельность до 185,4 %.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ требует дополнительных затрат в размере 9050 руб./га, но это способствует повышению урожайности и, соответственно, увеличению условно чистого дохода до 31 887 руб./га, рентабельность при этом составляет 175,8%. Использование гуматов повышает показатели до 37 378 руб./га и 188% соответственно.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ затраты увеличиваются до 18 100 руб./га, но окупаемость составляет 1,73 руб./руб., что находится на уровне контроля 1,70 руб./руб. Дополнительное использование гуматов повышает эффективность использования минеральных удобрений, рентабельность повышается до 179%, а окупаемость до 1,79 руб./руб.

Таким образом, по результатам расчетов экономической эффективности установлено, что применять высокие дозы удобрений нецелесообразно, несмотря на увеличение урожайности до 57%, окупаемость на уровне варианта без удобрений (1,70 руб./руб.). Наиболее рентабельно возделывать нут на среднем уровне питания (175%), лучший результат получен с применением гуминового препарата в составе баковой смеси со средствами защиты, рентабельность составила 188%.

ВЫВОДЫ

1. По результатам почвенной диагностики, проведенной до закладки опытного участка, установлено, что в черноземе обыкновенном карбонатном содержание подвижных форм азота оценивалось как низкое – 8,3 мг/кг, подвижных форм фосфора – среднее 23,0 мг/кг, обменного калия – повышенное 346 мг/кг, по содержанию гумуса – 3,8% – это средне гумусированный вид. Внесение минеральных удобрений улучшает обеспеченность растений элементами питания: при внесении средней нормы содержание минерального азота повышается до 18 мг/кг, но оценивается как низкое, содержание подвижных форм фосфора увеличивается до 42 мг/кг и оценивается как повышенное, наблюдается увеличение содержания обменного калия до 370 мг/кг, но обеспеченность остается средней. При внесении высокой нормы обеспеченность минеральным азотом возрастает до средней (32 мг/кг), фосфором – до очень высокой (65 мг/кг), калием – высокой (409 мг/кг).

2. Содержание минерального азота в слое почвы 0–20 см зависит от количества атмосферных осадков и интенсивности биологических процессов, обеспеченность подвижными формами азота в фазу бутонизации за 2021–2023 гг. оценивалась на контроле без удобрений как очень низкая (7,2–9,7 мг/кг), на среднем фоне (N₄₀P₄₀K₄₀) как низкая (17,4–19,1 мг/кг), на высоком фоне (N₈₀P₈₀K₈₀) как средняя (32,0–32,8 мг/кг). Применение гуминового препарата ВЮ-Дон10 оказывает положительное влияние на динамику аммиачной формы азота: на контроле без удобрений его содержание увеличивается на 124 %, на среднем фоне – на 58 %, на высоком фоне – на 19 %. Отмечается тенденция к снижению содержания нитрат-иона на всех фонах при использовании гуминовых препаратов: на контроле без удобрений до 50% к исходному, на среднем фоне – на 29–35 %, до 51% – на высоком фоне.

3. На динамику подвижных форм фосфора оказывают влияние условия увлажнения. В год оптимального увлажнения к фазе формирования бобов

содержание подвижных форм фосфора увеличивается до 29,5 мг/кг, при использовании гуматов его значение увеличивается до 30,7–30,9 мг/кг. В условиях засушливого года наблюдается, наоборот, снижение, на контроле до 14,0 мг/кг, а при использовании гуматов до 15,9–17,4 мг/кг ($НСР_{05} = 1,7$ мг/кг). В условиях хорошего увлажнения на контроле к фазе формирования плодов содержание подвижных фосфатов увеличивается до 36,9 мг/кг, а при использовании гуматов, наоборот, снижается: на варианте с ВЮ-Доном до 30,6 мг/кг, а на гумате калия – до 24,9 мг/кг. За весь период исследований наблюдается тенденция снижения содержания подвижных фосфатов на вариантах с гуматами, что обусловлено их повышенным потреблением вследствие стимулирующего действия последних на растения.

4. В процессе вегетации наблюдаются колебания в содержании обменного калия: если на контроле (без минеральных удобрений и без гуматов) его содержание к фазе формирования плодов остается на уровне 340 мг/кг, то при использовании гуматов снижается до 328–336 мг/кг. На среднем фоне питания на контроле (без гуматов) снижается до 356 мг/кг, то при использовании гуматов также снижается, но становится выше контроля на 10 мг/кг. На высоком фоне, наоборот, на контроле (без гуматов) отмечается небольшая положительная динамика, до 417 мг/кг, а при использовании гуматов, наоборот, снижается до 397 мг/кг.

5. В период проведения исследования зафиксировано варьирование содержания гумуса в слое 0–20 от 3,5 до 4,2 %. Его среднее содержание по фонам питания в фазу бутонизации составляло 3,8–3,9 %. На контрольных вариантах без внесения удобрений в фазу формирования бобов отмечается тенденция к увеличению до 4,1%, а при использовании удобрений, наоборот, тенденция к снижению до 3,9 % (средний фон) и 3,8 % (высокий фон), что связано с активностью микроорганизмов, тем не менее влияние гуминовых препаратов на динамику гумуса несущественное.

6. По результатам проведенных микробиологических исследований подтверждаются основные выводы, а именно то, что использование гуматов при

обработке растений в период вегетации стимулирует микроорганизмы ризосферы, а также применение гуматов на фоне средств химической защиты снижает негативное влияние последних на микробное сообщество. При использовании гуматов с пестицидами прирост всех исследованных групп бактерий превышает контрольные значения. По результатам проведенных микробиологических исследований отмечается, что пестициды оказывают угнетающее действие на микроорганизмы, использование гуматов совместно со средствами защиты снижает негативное влияние пестицидов, в среднем за период исследований изменение численности относительно контроля составило: для аммонификаторов – 284 %, аминоавтотрофов – 60 %, актиномицетов – 95 %, плесневых грибов – 43 %, спорообразующих бактерий – 48 %. Применение гуматов сглаживает отрицательный эффект.

7. Гуминовые препараты оказывают положительное влияние на величину урожайности нута, их эффективность составляет 5–10%. По сравнению с минеральными удобрениями, которые обеспечивают питание растений и формируют основу будущего урожая, гуматы по эффективности значительно (в 3–6 раз) уступают минеральным удобрениям, тем не менее они в различные по агрометеорологическим условиям годы обеспечивают получение до 1,1–2,1 ц/га дополнительной продукции.

8. По результатам расчетов экономической эффективности установлено, что применять высокие дозы удобрений под нут нецелесообразно, несмотря на увеличение урожайности до 57 %, окупаемость остается на уровне варианта без удобрений (1,70 руб./руб.). Наиболее рентабельно возделывать нут на среднем уровне питания (175 %), лучший результат получен с применением гуминовых препаратов в составе баковой смеси со средствами защиты, рентабельность составила 187,5 и 188,4 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеенко А.П. Агробиологические основы создания биологизированных систем земледелия в Ростовской области / А.П. Авдеенко, Н.А. Зеленский, Е.П. Луганцев // РусьАгроЮг. – 2009. – № 12. – Режим доступа: <http://www.rusagroug.ru/articles/31>
2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с
3. Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов / И.В. Александрова // Органическое вещество целин и освоенных почв. – М., 1972. – С. 30–69.
4. Алехин В.Т. Защита растений рентабельна/ В.Т. Алехин, В.М. Слободянюк // Защита и карантин растений. – 2005. – № 5. – С. 10–11.
5. Алиев С.А. Азотфиксация и физиологическая активность органического вещества почв / С.А. Алиев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 145 с.
6. Андреев Н.Г. Луговое и полевое кормопроизводство / Н.Г. Андреев/ – М.: Колос, 1975. – С. 386–387.
7. Артюков Н.А. Нут в новых районах / Н.А. Артюков. – Алма-Ата, 1958. – 21 с.
8. Артюков Н.А. Посевы нута в Казахстане / Н.А. Артюков // Сельское хозяйство Казахстана – 1959. – №1, – С. 47–50.
9. Балашов В.В. Способы и нормы посева нута на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья/ В.В.Балашов, А.И. Куликов, В.И. Сафронов, В.Н. Павленко// Селекция и семеноводство полевых культур в условиях сухого земледелия Нижнего Поволжья/ Ниж.-Волж. НИИ с.-х. – Волгоград, 1990. – С. 55–59.
10. Балашов В.В. Индустриальная технология возделывания нута / В.В. Балашов //Сб. научных труд. Волгоградского СХИ. – 1983. – Т. 82. – С. 86–90.
11. Балашов В.В. Нут – зерно здоровья: учебное пособие / В.В. Балашов, А.В. Балашов, И.Т. Патрин. – Волгоград: Перемена, 2002. – 88 с.
12. Балашов В.В. Нут – на поля аридных зон России / В.В. Балашов, О.А. Арензон, А.В. Балашов // Проблемы социально-экономического развития

аридных территорий России. – М.: Изд-во Современные тетради. – 2001. – С. 227–229.

13. Балашов В.В. Нут в Нижнем Поволжье: монография / В.В. Балашов, А.В. Балашов. – Волгоград: ИПК ВГСХА Нива, 2009. – 192 с.

14. Балашов В.В. Особенности биологии, селекции и технологии возделывания нута в условиях Нижнего Поволжья: автореф. дис...д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / Василий Васильевич Балашов. – Волгоград, 1985. – 37 с.

15. Барабанов Е.И. Ботаника: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Е.И. Барабанов, С.Г. Зайчикова. — М: Издательский центр «Академия», 2006. — С. 448 с

16. Безуглова О.С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: издательство «Феникс». – 2003. – 384 с.

17. Безуглова О.С. Гуминовые вещества в биосфере / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2009. – 120 с.

18. Безуглова О.С. Путеводитель научно-полевой экскурсии на длительный опыт контурно-ландшафтного земледелия Федерального Ростовского аграрного научного центра по программе III Международной научной конференции «Современное состояние черноземов» и II Международной научной школы для молодых ученых «Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки» (г. Ростов-на-Дону, 12—17 сентября 2023) / О.С. Безуглова, Э.А. Гаевая, С.Н. Горбов, Ю.А. Литвинов, В.А. Лыхман, М.Н. Дубинина, А.В. Мищенко. – Ростов-на-Дону, 2023. – 23 с.

19. Безуглова О.С. Применение гуминового удобрения ВЮ-Don на черноземе обыкновенном под озимую пшеницу / О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, А.В. Горовцов, В.А. Лыхман // Теоретическая и прикладная экология, 2015. – № 1. – С. 89–95.

20. Благовещенская Г.Г. Микробные сообщества почв и их функционирование в условиях применения средств химизации / Г.Г. Благовещенская, Т.М. Духанина //Агрохимия. – 2004. – №. 2. – С. 80–88.

21. Блинков Г.Н. Азотфиксация клубеньковых бактерий в симбиозе с бобовыми растениями и ее значение / Г.Н. Блинков // Сб.: Микрофлора почв и водных бассейнов Сибири и Дальнего Востока. Томск, 1976. – С. 11–17.
22. Бобырь Л.Ф. Фотосинтетические процессы в растениях при введении гумата натрия в питательный раствор / Л.Ф. Бобырь, М.Ф. Трифонова, А.И. Горювая // Известия Тимирязевской сельхозакадемии. – 1992. – №2. – С. 82–94.
23. Будынков Н.И. Болезни нута на юге европейской территории России. Семенная инфекция / Н.И. Будынков, С.Н. Михалева // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 7. – С. 31–35.
24. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // ФСГС [сайт]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 21.05.2024 г.)
25. Вавилов П.П. Полевые сельскохозяйственные культуры СССР / П.П. Вавилов, Л.Н. Балышев. – М.: Колос, 1984. – 160 с.
26. Ваксман С.А. Гумус. Происхождение, состав и значение его в природе / С.А. Ваксман. – М., 1937. – 472 с.
27. Влияние гуминовых кислот на биоэлектрический потенциал у растений / Л.А. Христева, В.А. Реутов, А.Н. Старостин // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев, 1968. – Ч. 3. – С. 28–31.
28. Воронкова Н.А. Влияние приемов биологизации на запасы продуктивной влаги в почве / Н.А. Воронкова // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 11–12.
29. Вошедский Н.Н. Усовершенствованная эколого-адаптивная технология возделывания нового сорта нута Донплаза применительно к почвенно-климатическим условиям Приазовской зоны Ростовской области / Н.Н. Вошедский, И.Н. Ильинская, В.А. Кулыгин, С.В. Пасько, А.В. Федюшкин, С.А. Тарадин, Э.А. Гаевая, М.И. Рычкова, Е.Н. Нежинская, А.В. Мищенко // ФГБНУ ФРАНЦ. – п. Рассвет: изд-во ФГБНУ ФРАНЦ, 2019. – 38 с.

30. Вялых Е. А. Исследование гуминовых кислот методом сканирующей электронной микроскопии / Е.А. Вялых, С.А. Иларионов, И.А. Вялых // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. – 2013. – №. 1 (9). – С. 75–81.
31. Гамзиков Г.П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применение азотных удобрений в севооборотах/ Г.П. Гамзиков // Плодородие. – 2018. – №1. – С. 8–14.
32. Германцева Н.И. Нут – культура засушливого земледелия / Н.И. Германцева. – Саратов, 2011. – 199 с.
33. Германцева Н.И. Действие и последствие гербицидов на засоренность посевов и урожайность нута в засушливом Заволжье / Н.И. Германцева // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 31–32.
34. Годунова К.Н. Селекция, семеноводство и агротехника зернобобовых культур / К.Н. Годунова // Науч. отчет ин-та зернового хоз-ва Юго-Востока СССР за 1941-1944 гг. – М., 1944. – С. 215–225.
35. Голев Ю.И. Нут на черноземах / Ю.И. Голев // Зернобобовые культуры. – 1998. – № 2. – С. 20.
36. Голов В.И. Биологизация земледелия на Дальнем Востоке России. Перспективы и реальные возможности / В.И. Голов, М.Л. Бурдуковский // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12 (Ч. 1) – С. 118–123.
37. Голубев В.Д. Применение удобрений: принципы, системы, особенности использования удобрений в Поволжье / В.Д. Голубев. – Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1969. С. 149–151.
38. Горовцов А.В. Влияние культуры-предшественника на микробиологическую активность почвы под озимой пшеницей на фоне внесения гуминового препарата / А.В. Горовцов, О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, В.А. Лыхман // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса на современном этапе». – Рассвет, 2015а. – С. 207–213.
39. Горовцов А.В. Динамика микробиологической активности чернозема обыкновенного при культивировании свеклы на фоне обработки гуминовым

биопрепаратом / А.В. Горовцов, О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, В.А. Лыхман // Теория, практика и перспективы применения биологически активных соединений в сельском хозяйстве. XI Международная конференция “Modern concepts for agricultura, daRostim 2015”. – Сыктывкар, 2015б. – С. 44.

40. ГОСТ Р 58595-2019. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Стандартинформ. – 2008. – 7 с.

41. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – М.: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. – 1993. – 9 с.

42. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. – 1991. – 6 с.

43. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. – 1986. – 5 с.

44. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Москва: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. – 1986. – 8 с.

45. ГОСТ Р 56508-2015. Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 43 с.

46. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации/Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – 2023.

47. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 719 с.

48. Грехова И.В. Гуминовый препарат из низинного торфа // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 1. – С. 87-90.

49. Грехова И.В. Влияние гуминовых препаратов на жизнедеятельность растений // В сборнике: Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика. Материалы Третьей Всероссийской научно-

практической конференции (с международным участием) и I Всероссийской конференции молодых ученых АПК. Отв. ред. О.С. Безуглова. – 2019. – С. 27-33.

50. Гринько А.В. Борьба с сорной растительностью в посевах нута / А.В. Гринько // Научный альманах. – 2016а. – № 10–2 (24). – С. 234–237.

51. Гринько А.В. Защита нута от хлопковой совки (*Helicoverpa Armigera* Hb.) / А.В. Гринько // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016б. – № 4 (60). – С. 56–59.

52. Гукова М.М. Зависимость симбиотического усвоения азота бобовыми растениями от температуры / М.М. Гукова // Известия АН СССР. – 1962. – № 6. – С. 832–839.

53. Гусева Л.П. Культура чины и нута в условиях Правобережья Саратовской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук: / Л.П. Гусева. – Саратов, 1967. – 31 с.

54. Демин В. Вероятный механизм действия гуминовых веществ на живые клетки / В. Демин, В. Терентьев, Ю. Завгородняя // Тр. II Международ. конф. «Гуминовые вещества в биосфере». – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 37–40.

55. Дзоблаев М.Г. Способ инокуляции растений нута ризоторфином. Горьковский Гос. аграрный университет / М.Г. Дзоблаев, Б.Б. Тогузов // Кормопроизводство, 1994. – № 4. – С. 20–24.

56. Дмитриев А.М. Стимуляция роста растений / А.М. Дмитриев, Л.К. Страцкевич. – Мн.: Ураджай, 1986. – 118 с.

57. Долженко В.И. Фитосанитарные технологии возделывания зерновых культур / В.И. Долженко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Мат. IV межд. науч.–практ. конф./ Отв. редактор М.И. Зазимко. Краснодар, 2007. – 441 с.

58. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

59. Дрыгина И. Нут – ценная бобовая культура сухих степей / И. Дрыгина // Сельскохозяйственное производство Урала. – 1966. – №1. – С. 16–17.

60. Емцов В.Г. Микробиология/ Емцов В.Г., Шильникова В.К. // М.: Агропромиздат. –1990. – 191 с.
61. Енкина О.В. Биологическая активность почв при внесении нитрофора, трефлана и 2,4-Д / О.В. Енкина // Применение гербицидов на посевах масличных культур. – Краснодар. – 1975. – С. 119–123.
62. Захаренко В.А. Экономика защиты растений в рыночной системе аграрного сектора: Теория и практика / В.А. Захаренко // II Всерос. съезд по защите растений. СПб, 5-10 декабря 2005. Фитосанитарное оздоровление экосистем (Материалы съезда в 2-х томах). – Т.2. – СПб, 2005. – С. 482–484.
63. Зеленский Н.А. Биологизация земледелия на ландшафтной основе в Ростовской области и Краснодарском крае / Н.А. Зеленский, Е.П. Луганцев, А.П. Авдеенко // РусьАгроЮг. 2009а. – №12. – Режим доступа: <http://www.rusagroug.ru/articles/51>.
64. Зеленский Н.А. Проблема сохранения и повышения плодородия почв Южного Федерального округа / Н.А. Зеленский // РусьАгроЮг. – 2009б. – №12. – Режим доступа: <http://www.rusagroug.ru/articles/55>
65. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / составлен ФГБНУ ФРАНЦ и Министерством СХиП РО. – Ростов-на-Дону, 2022. – 736 с.
66. Зыкова М.В. К вопросу об исследованиях биологической активности гуминовых кислот / М.В. Зыкова // Болота и Биосфера: Материалы VIII Всерос. конф. с международным участ. Науч. ред. Л.И. Инишева. – Томск, 2012. – С. 47–55.
67. Изосимов А.А. Физико-химические свойства, биологическая активность и детоксицирующая способность гуминовых препаратов, отличающихся генезисом органического сырья: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Алексей Анатольевич Изосимов. – М., 2016. – 156 с.
68. Интегрированная технология защиты посевов полевых культур от болезней, вредителей и сорняков на основе биологических и химических методов. Практические рекомендации / Отв. ред. Н.И. Стрижков. – Саратов – 2017. – 56 с.

69. Итоги круглого стола по терминологии почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия, 2021 / Агроэкомиссия [сайт]. – Режим доступа: <https://agriecomission.com/base/itogi-kruglogo-stola-po-terminologii-pochvozashchitnogo-i-resursosberegaushchego-zemledeliya> (дата публикации: 12.04.2021 г.)
70. Классификация и диагностика почв России / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, Рос. акад. с.-х. наук, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Докучаевское общество почвоведов. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
71. Комиссаров И. Д. Гуминовые вещества в биосфере / И.Д. Комиссаров, Л.Ф. Логинов. – М.: МГУ, 1993. – 215 с.
72. Комиссаров, И.Д. Влияние гуминовых препаратов на фотосинтез и дыхание растений / И.Д. Комиссаров, А.А. Климова, Л.Ф. Логинов // Гуминовые препараты. Тр. Тюменского СХИ. – Тюмень, 1971. Т.14. – С. 200–212.
73. Кононова М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: АН СССР, 1963. – 314 с.
74. Корбут К.Р. Нут в засушливой зоне / К.Р. Корбут // Земледелие. – 1974, №5. – С. 4.
75. Корнилов А.А. Соя, пелюшка, нут, чина в Ставропольском крае / А.А. Корнилов. – Ставрополь: Кн. изд-во, 1960. – 56 с.
76. Корнилов А.А. Сравнительная засухоустойчивость и солевыносливость сортов гороха, нута и чины / А.А. Корнилов, А.И. Асалиев, Ю.А. Сысоев // Устойчивость зернобобовых и крупяных культур к неблагоприятным факторам среды и пути ее повышения. – Орел, 1982. – С. 27–34.
77. Косульников Ю.В. Изучение токсичности ряда протравителей зернобобовых культур для клубеньковых бактерий сои и люпина / Ю.В. Косульников // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 54. – С. 52-56.
78. Котелев В.В. Роль микроорганизмов в разложении фосфатов и передвижении фосфора в почве: автореф. дис. д.б.н. / В.В. Котелев. – М., 1964. – 26 с.

79. Кравцова Л.В. Влияние физиологическт активных гумусовых веществ на почвенные микроорганизмы / Л.В. Кравцова, А.С. Саво, И.И. Ярчук // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Т.7. – Днепропетровск, 1980. – С. 226–234.
80. Кудрина Е.С. Влияние гуминовой кислоты на некоторые группы почвенных микроорганизмов и ее значение для этих организмов как источника питательных веществ / Е.С. Кудрина // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М.,1951. – Т.38. – С. 185–253.
81. Кунгурцева О.В. Ассортимент фунгицидов для защиты от болезней бобовых культур / О.В. Кунгурцева // В сборнике: Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета. ответственный редактор Замотайлов А.С., 2017. – С. 249–252.
82. Лабынцев А.В. Симбиотическая азотфиксация бобовых в севооборотах при систематическом внесении минеральных и органических удобрений / А.В. Лабынцев, И.М. Шапошникова // Агрехимия. – 1997. – № 11. – С. 42–50.
83. Лактионов Ю.В. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий сои к рекомендуемым химическим фунгицидам / Ю.В. Лактионов, Ю.В. Косульников, Д.В. Дудникова, В.В. Яхно, А.П. Кожемяков // Зерновое хозяйство России. –2019. –№1 (61). – С. 62–67.
84. Ларикова Ю. С., Волобуева О. Г. Современные представления об эколого-физиологической роли корневых экссудатов растений (обзорная статья) //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №. 4 (40). – С. 93-101.
85. Ливанов К.В. Нут на Юго-Востоке / К.В. Ливанов. – Саратов.: Приволж. кн. изд-во, 1963. – 48 с.
86. Лобачева Т.И. Эффективность сельскохозяйственного производства: лекции / Т.И. Лобачева. – М.: ФГБОУ ВПО МГАВМи, 2012. – 25 с.

87. Лопачев Н.А. Теоретические основы биологизации земледелия / Н.А. Лопачев, В.А. Наумник, В.А. Петров // *Агрехимический вестник*. – 1998. – № 5–6. – С. 32–33.
88. Лысак А.П. Культура нута в условиях степи Башкирии / А.П. Лысак // *Культура зернобобовых растений*. – М., 1967а. – С. 190–194.
89. Лысак А.П. Нормы высева нута / А.П. Лысак // *Сб. науч. тр. Башкирского НИИСХ*. – 1963. – Вып. 1. – С.198–202.
90. Лысак А.П. Сравнительная оценка однолетних бобовых культур и основные приемы агротехники возделывания нута в степи Башкирии: Автореф. дис....канд. с.-х. наук / А.П. Лысак. – Уфа, 1967б. – 24 с.
91. Майсурян Н.А. Практикум по растениеводству / Н.А. Майсурян. – М.: Колос, 1970. – 446 с.
92. Мамиев Д.М. Влияние некоторых элементов возделывания на продуктивность нута / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А. Тедеева // *Научная жизнь*. – 2018. – № 11. – С. 31–39.
93. Мамсиров, Н.И. Значение биологизированного кормового севооборота в повышении плодородия слитых черноземов / Н.И. Мамсиров, Р.К. Тугуз, Ю.А. Сапиев // *Аграрная Россия*. – 2010. – № 5. – С. 55–58.
94. Масютенко Н.П. Оценка влияния степени агрогенного воздействия на экологическое состояние почвы // В сборнике: *Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования. Материалы докладов*. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Факультет почвоведения; Министерство образования и науки Российской Федерации; Составители: Кулачкова С.А., Макаров О. А., 2010. – С. 115–117.
95. Метлина Г.В. Рекомендации по возделыванию нута в южной зоне Ростовской области / Г.В. Метлина, С.А. Васильченко, А.Р. Ашиев / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской». – Саратов, 2021. – 28 с.

96. Мирошниченко И.И. Нут / И.И. Мирошниченко, А.М. Павлова. – М.-Л.: Сельхозгиз. 1953. – 110 с.
97. Мишустин Е.Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. – М.: Наука, 1968. – 532 с.
98. Муковникова Е.К. Влияние нитрагинизации и органических удобрений на симбиотическую азотфиксацию и продуктивность семенной люцерны на светло-каштановых почвах при орошении: автореф. дис....канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Е.К. Муковникова. – Волгоград, 1995 – 25 с.
99. Муха В.Д. Практикум по агрономическому почвоведению: Учебное пособие / В.Д. Муха, Д.В. Муха, А.Л. Ачкасов. - 2-е изд., перераб. - СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 480 с.
100. Наумкин В.Н. Биологизация систем земледелия / В.Н. Наумкин // Достижения науки и техники АПК. – 1998а. – № 4. – С. 35–38.
101. Наумкин, В.Н. Биологизированные севообороты – основа современных систем земледелия / В.Н. Наумкин, Н.А. Лопачев, Л.П. Наумкина // Земледелие. – 1998б. – № 5. – С. 16.
102. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ. – 1990. – 332 с.
103. Основы агрономии / Н.Н. Третьяков, Б.А. Ягодин, А.М. Туликов и др. – М.: ПрофОбрИздат, 2002. – 360 с.
104. Отрошко Д.Н., Волченко, Н.Н., Самков, А.А., Худокормов, А.А. Состав корневых выделений люцерны, пшеницы и редиса и их влияние на прирост биомассы *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017D // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 115. – С. 333-345.
105. Патрикеев Е.С. Эффективность почвенных гербицидов на посевах нута / Е.С. Патрикеев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. № 2. – С. 111–113.
106. Пимонов К.И. Применение гербицидов в посевах нута / К.И. Пимонов, Д.С. Бочаров, А.М. Трегубов // В сборнике: Инновации в технологиях

возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. С. 112–117.

107. Пищик В.Н. Влияние гуминовых веществ на растения и ризосферные микроорганизмы в растительно-микробных системах / В.Н. Пищик, Л.В. Бойцова, Н.И. Воробьев //Агрохимия. – 2019. – №. 3. – С. 85–95.

108. Потапов Р. Гербициды для защиты нута / Р. Потапов // Livejournal [сайт] – Режим доступа: <https://agronomius.livejournal.com/41927.html> (дата публикации: 13.06.2019 г.)

109. Полевое растениеводство степного Поволжья: учебное пособие: учебно-практ. руководство по выращиванию зернобобовых культур. Ч. 4. Зерновые бобовые культуры / Л.П. Шевцова и др. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2012. – С. 53–89.

110. Полиенко Е.А. Экологическая оценка влияния гуминовых препаратов на состояние почв и растений: дис....канд. с.-х. наук: 03.02.08 / Елена Александровна Полиенко. – Ростов-на-Дону, 2016. – 152 с.

111. Полиенко Е.А. Повышение эффективности инсектицидов в посевах нута при использовании гуминовых веществ / Е.А. Полиенко, О.С. Безуглова, А.В. Гринько, В.А. Лыхман, Е.С. Патрикеев // Земледелие. – 2020. № 8. – С. 42–47.

112. Полянская Л.М. Распределение численности и биомассы микроорганизмов по профилю зональных типов почв / Л.М. Полянская, В.В. Гейдебрехт, А.Л. Степанов, Д.Г. Звягинцев //Почвоведение. – 1995. – №. 3. – С. 322–328.

113. Попова Л.М. Химические средства защиты растений. Учебное пособие / Л.М. Попова. – СПб.: СПбГТУРП, 2009. – 96 с.

114. Посыпанов Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка / Г.С. Посыпанов – Изд-во МСХА. – М. 1993. – 272 с.

115. Посыпанов Г.С. Особенности расчета доз удобрений под бобовые культуры на планируемый урожай / Г.С. Посыпанов // Агрохимия. – 1982. – № 9. – С. 77–83.

116. Приемы использования усовершенствованного ассортимента химических средств защиты зернобобовых культур в Ростовской области совместно с биопрепаратом гуминовой природы (Рекомендации) / Гринько А.В., Безуглова О.С., Полиенко Е.А. и др. / ФГБНУ ФРАНЦ – п. Рассвет: Изд-во ФГБНУ ФРАНЦ, 2019. – 24 с.

117. Пугач Е.И. Применение минеральных и бактериальных удобрений под нут на черноземе обыкновенном Ростовской области: диссертация... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Елена Ивановна Пугач. – п. Персиановский: ДонГАУ, 2005. – 167 с.

118. Пылов А.П. Нут в совхозе «Диевский» / А.П. Пылов // Зерновое хозяйство. – 1973. – №11. – С. 32–33.

119. Радевич Е.В. Химическая защита нута от сорняков / Е.В. Радевич // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 4 (60). С. 112–115.

120. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Коренев и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова. – М.: КолосС, 2007. – 612 с.

121. Рахмонов Ж.Х. Болезни нута в Узбекистане / Ж.Х. Рахмонов // Защита и карантин растений. 2016. № 10. С. 43–44.

122. Ржанова Е.И. Особенности физиологических процессов зернобобовых растений / Е.И. Ржанова, В.А. Ахундова, О.Н. Шалыганова // Физиология сельскохозяйственных растений в 12 т./ Отв. ред. Н.С. Туркова. – Т. 6. Изд. МГУ. – 1970. – С. 98–215.

123. Рыбалкина А.В. Влияние гуминовой кислоты на развитие *Clostridium Pasterianum* / А.В. Рыбалкина // Тр. ин-та Микробиологии АН СССР. – 1958. Вып.5. – С.136

124. Саданов А.К. Критерии отбора штаммов клубеньковых бактерий в состав биопрепаратов для обогащения почвы биологическим азотом и повышения урожайности бобовых культур / А.К. Саданов, Н.Н. Гаврилова, Т.Н. Даданова, И.А. Ратникова // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. – 2015. – Т. 1. – С. 115–124.

125. Семенов В.М. Гумификационные и негумификационные пути стабилизации органического вещества в почве (обзор) / В.М. Семенов, А.С. Тулина, Н.А. Семенова, Л.А. Иванникова // Почвоведение. – 2013. – № 4. – С. 393–393.

126. Синих Ю.Н. Пути биологизации и экологизации севооборотов в современном земледелии / Ю.Н. Синих // Аграрная наука. – 2010. – № 9. – С. 19–21.

127. Сысоев Ю.А. Биологические особенности нута и агротехника его возделывания в засушливой степи Ставропольского края: автореф. дис....канд. с.-х. наук / Ю.А. Сысоев. – Ставрополь, 1977. – 21 с.

128. Таспаев Н.С. Продуктивность нута в зависимости от сроков посева, норм высева и удобрений на каштановых почвах Саратовского Заволжья: диссертация ... к.с.-х. наук: 06.01.01 / Нурлан Султангалиевич Таспаев. – Саратов, 2018. – 181 с.

129. Тедеева В.В. Влияние гербицидов на засоренность нута / В.В. Тедеева, Н.Т. Хохоева, А.А. Тедеева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 4. – С. 34–38.

130. Тихонов В.В., Якушев А.В., Завгородняя Ю.А., Бызов Б.А., Демин В.В. Действие гуминовых кислот на рост бактерий / В.В. Тихонов, А.В. Якушев, Ю.А. Завгородняя, Б.А. Бызов, В.В. Демин // Почвоведение. – 2010. – № 3. – С. 333–341.

131. Токарева С.П. Эффективность использования препарата биосил при выращивании подсолнечника / С.П. Токарева // РусьАгроЮг. – 2010. – № 9. – Режим доступа: <http://www.rusagroug.ru/articles/581>

132. Торопова Е.Ю. Повышение биологического разнообразия агроэкосистем как фактор контроля фитопатогенов / Е.Ю. Торопова // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 18–19.

133. Тюрин И.В. Органическое вещество почв / И.В. Тюрин. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 287 с.

134. Улучшенная технология возделывания перспективных сортов нута в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа / В.В. Тедеева, А.А. Абаев, Н.Т. Хохоева, А.А. Тедеева, И.Г. Казаченко. – Владикавказ, 2014. – 44 с.

135. Фартуков С.В. Совершенствование технологии возделывания нута на черноземе южном Саратовского Правобережья: диссертация ... к.с.-х. наук: 06.01.01. / Сергей Владимирович Фартуков. – Саратов, 2018. – 198 с.
136. Федоров М.В. Биологическая фиксация азота атмосферы / М.В. Федоров. – М., 1952. – 292 с.
137. Федотов Г.Н. Структурная организация кластеров из супрамолекул гумусовых веществ в почвах / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев // Лесной вестник/Forestry bulletin. – 2011. – №. 4. – С. 181–186.
138. Федотов Г.Н. О природе гумусовых веществ / Г.Н. Федотов, С.А. Шоба // Почвоведение. – 2015. – № 12. С. 1424–1432.
139. Федотова О.В., Грехова И.В. Оптимальная доза препарата росток в баковой смеси с гербицидом на яровой пшенице // Мир Инноваций. – 2018. – № 1-2. – С. 90-94.
140. Федюшкин А.В. Продуктивность нута в зависимости от нормы высева и фона минерального питания / А.В. Федюшкин, С.В. Пасько // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 2–1. – С. 69–71.
141. Федюшкин А.В. Эффективность возделывания нута на черноземе обыкновенном в зависимости от способа посева и фона минерального питания / А.В. Федюшкин, С.В. Пасько // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 5. – С. 28–32.
142. Христева Л.А. Действие физиологически активных гуминовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях / Л.А. Христева, // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. – Днепропетровск, 1973. – Т.4. – С. 5–23.
143. Христева Л.А. О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений / Л.А. Христева // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев: Урожай, 1968б. – С. 13–27.

144. Христева Л.А. Природа непосредственного воздействия гуминовой кислоты на рост и развитие растений / Л.А. Христева, А.В. Манойлова // Доклады ВАСХНИЛ. 1950. – Вып.11. – С. 10–16.
145. Христева Л.А. Роль гуминовой кислоты в питании растений и гуминовые удобрения / Л.А. Христева // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Т. 38. – М.: АН СССР, 1951. – С. 108–184.
146. Христева Л.А. Роль физиологически активных веществ почвы - гуминовых кислот, битумов и витаминов В2, С, Р-Р, А и D в жизни растений и пути их пополнения / Л.А. Христева, Н.В. Лукьяненко // Почвоведение. 1962. – №10. – С.18-27.
147. Чиканова В.М. Технология возделывания зернобобовых и крупяных культур / Чиканова В.М.// Сб. науч. тр. /ВАСХНИИЛ, ВНИИ Зернобобовых и крупяных культур: Ред. В.М. Чиканов. – Орёл: ВНИИЗБК. – 1988. – 155 с.
148. Шапошников А.И. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: Механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов / А.И. Шапошников, А.А. Белимов, Л.В. Кравченко, Д.М. Виванко // Сел.-хоз. биол. – 2011. – № 3. – С. 16–22.
149. Шевцова Л.П. Продуктивность инокуляции нута разными штаммами ризоторфина / Л.П. Шевцова // Селекция и семеноводство полевых культур: сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2002. – С. 22–32.
150. Шевцова Л.П. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов зернобобовых культур в засушливом Поволжье // дис. ... д.с.-х.н.: 06.01.09 / Лариса Павловна. – Саратов, 2000. – 509 с.
151. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Штуц Р.В., Есипенко С.В. Агрохимия регуляторов роста гуминовой природы в рисоводстве // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С. 550-567.
152. Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Луценко И.М. Агрохимическая оценка применения лигногумата в посевах озимой пшеницы в условиях Северо-Западного Предкавказья // Агрохимия. – 2022. – № 3. – С. 31-40.

153. Шульга Д.В. Влияние способа посева, обработки семян нитрагином и физиологически активными веществами на урожайность и симбиотическую азотфиксацию бобовых трав в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области: автореф. дис... канд.с.-х. наук: 06.01.09 / Дмитрий Викторович. – Волгоград, 2001. – 24 с
154. Шьюрова Н.А. Продуктивность и симбиотическая активность нута в зависимости от приемов выращивания в степной и сухостепной зонах Саратовской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Наталья Александровна Шьюрова. – Саратов, 2004. –23 с.
155. Baldri D.V. Regulation and function of root exudates / D.V. Baldri, J.M. Vivanco // *Plant Cell Environ.* – 2009. – V. 32. – Iss. 6. – P. 666–681. doi 10.1111/j.1365–3040.2008.01926.x
156. Bhardwaj K.R. Growth promoting effect of humic substances on *Rhizobium trifoli* / K.R. Bhardwaj, A.C Gaur. // *Ind. J. Microbiol.* – 1972. – V. 12. № 1. –P. 19–21
157. Olga Bezuglova Molecular structure of humus acids in soils // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, First Online April 30, 2019. Volume 182, Issue 2. 676—682: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.201900043>.
158. Canellas L.P. Humic acids crossinteractions with root and organic acids / L.P. Canellas, L.R.L. Teixeira Junior, L.B. Dobbss, C.A. Silva, L.O. Medici, D.B. Zandonadi, A.R. Façanha // *Ann. Appl. Biol.* – 2008. V. 153. – P. 157–166. DOI 10.1111/j.1744-7348.2008.00249.x
159. Flaig W. Effect of lignin degradation products on plant growth / W. Flaig // *Isotopes and radiation in soil plant nutrition studies*. Intern. atomic energy agency. – Vienna, 1965. – P. 3–19.
160. Flaig W. Einwirkung von Ligninabbaproducten auf das plantzenwachstuv. *Qualitas plantarum et Material vegetabilis* / W.Flaig. – v.14,10-1. 1967. №1-2.
161. A. Polyamines as clinical laboratory tools / A. Gugliucci // *Clinica chimica acta.* – 2004. – T. 344. – №. 1-2. – С. 23–35.

162. Guminski S. The effect of humus compounds on some physiological processes and plant nutrition / S. Guminski // *Transact. Intern. symp. "Humus et Planta IY"*. – Prague, 1967. – P.255
163. Guminski S. Znaczenie humianu sodowego w kulturze wodney w obecnoishi dwutlenku wegla, dwuweglanow i siarkowodoru w poziwce / S. Guminski, M. Badurova // *Acta sociatatus Botanicorum poloniat*, 1968. – №1 – V.34.
164. Igarashi K. Physiological functions of polyamines and regulation of polyamine content in cells / K. Igarashi // *Yakugaku Zasshi*. — 2006. — Vol. 126. — P. 455—471
165. Jannin L. Microarray analysis of humic acid effects on Brassica napus growth: involvement of N, C and S metabolisms / L. Jannin, M. Arkoun, A. Ourry, P. Laîné, D. Goux, M. Garnica, M. Fuentes, S.S. Francisco, R. Baigorri, F. Cruz, F. Houdusse, J.M. Garcia-Mina, J.C. Yvin, P. Etienne // *Plant Soil*. 2012. V. 359. № 1–2. P. 297–319. doi 10.1007/s11104-012-1191-x
166. Kulikova N.A. Label Distribution in tissues of wheat seedlings cultivated with tritium-labeled leonardite humic acid / N.A. Kulikova, D.P. Abroskin, G.A. Badun, M.G. Chernysheva, V.I. Korobkov, A.S. Beer, Eu.A. Tsvetkova, S.V. Senik, O.I. Klein, I.V. Perminova // *Scientific Reports*. – 2016. – № 6. – Art. № 28869. – P. 1–10. doi 10.1038/srep28869
167. Lombardo M.C. Nitric oxide is essential for vesicle formation and trafficking in Arabidopsis root hair growth / M.C. Lombardo, L. Lamattina // *Journal of Experimental Botany*. – 2012. – V. 63. – № 13. – P. 4875– 4885. doi 10.1093/jxb/ers166
168. Mahoney J.E. Broadleaf weed control in chickpeas / J.E. Mahoney // *Int. Chickpea Newslett*. – 1984. – № 10. – P. 8–10.
169. Mergel, A. A., Timchenko, A. V., Leoshko, V. A., Kudeyarov, V. N. Участие азота корневых выделений в трансформации азота в почве и в процессе образования экстра-азота // *Агрохимия*. – 1992. – №. 9. – С. 3-13.
170. Mora V. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber / V. Mora, R. Baigorri, V. Bacaicoa, A. Zamarreño, J.M. García-Mina

// Environmental and Experimental Botany. – 2012. – V. 76. – № 1. – P. 24–32 Doi 10.1016/j.envexpbot.2011.10.001

171. Muscolo A. IAA detection in humic substances / A. Muscolo, S. Cutrupi, S. Nardi // Soil Biology and Biochemistry. – 1998. – V. 30. – P. 1199–1201 doi 10.1016/S0038-0717(98)00005-4

172. Nardi S. Relationship between molecular characteristics of soil humic fractions and glycolytic pathway and krebs cycle in maize seedlings / S. Nardi, A. Muscolo, S. Vaccaro, S. Baiano, R. Spaccini, A. Piccolo // Soil Biology and Biochemistry. – 2007. – V. 39. – P. 3138–3146 Doi 10.1016/j.soilbio.2007.07.006

173. Nardi S. Physiological effects of humic substances on higher plants / S. Nardi, D. Pizzeghello, A. Muscolo, A. Vianello // Soil Biology and Biochemistry. – 2002. – V. 34. – P. 1527–1536.

174. Ohwaki Y. Phosphorus absorption by chickpea (*Cicer arietinum*) as affected by VA mycorrhiza and carboxylic acids in root exudates / Y. Ohwaki, H. Hirata // Plant Nutrition—Physiology and Applications. – Springer, Dordrecht, 1990. – C. 171 - 177.

175. Phoung H.K. Activity of humic acids from peat as studied by means of some growth regulator bioassay / H.K. Phoung, V. Tichy // Biologia plantarum (Prague). – 1976. – V. 18. – Iss. 2. – P. 195–199.

176. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science / A. Piccolo // Advances in agronomy. – 2002. – V. 75. – P. 57–134.

177. Puglisi E. Combining rhizobox, reporter gene systems, and molecular analyses to assess the effects of humic substances on plant–microbes Interactions in soil rhizosphere / E. Puglisi, M. Trevisan // Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere. – 2013. V. 1–2. – P. 933–942. doi 10.1002/9781118297674.ch88

178. Quaggiotti S. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays L.*) / S. Quaggiotti, B. Ruperti, D. Pizzeghello, O. Francioso, V. Tugnoli, S. Nardi // Journal of Experimental Botany. – 2004. – V. 5. № 6. – P. 803–813. Doi 10.1093/jxb/erh085

179. Šmejkalová D. Aggregation and disaggregation of humic supramolecular assemblies by NMR diffusion ordered spectroscopy (DOSY-NMR) / D. Šmejkalová, A. Piccolo // *Environmental Science & Technology*. – 2008. V. 42. Iss. 3. P. 699–706. Doi 10.1021/es071828p
180. Sviridova O.V. Effect of new humic fertilizer on soil micro biocenosis and the yield of plants / O.V. Sviridova, V.N. Pishchik // *Program abstracts inter. conf. biotechnol. St.-Petersburg, Russia, Sept. 21–23, 1994*. – 132 p.
181. Sviridova O.V. Effect of humic preparation on plant-microbial associations / O.V. Sviridova, N.I. Vorobyov, V.N. Pishchik, L.V. Mikhaleva // *Proc. EUCARPIA 22th fodder crops amenty grasses section meet / Eds. Provorov N.A., Tikhonovich I.A., Veronesi F. / St.-Petersburg: VIR, 2000*. – P. 171–173.
182. Trevisan S. Humic substances affect Arabidopsis physiology by altering the expression of genes involved in primary metabolism, growth and development / S. Trevisan, A. Botton, S. Vaccaro, A. Vezzaroa, S. Quaggiotti, S. Nardi // *Environmental and Experimental Botany*. – 2011. – V. 74. – № 1. – P. 45–55. Doi 10.4161/psb.5.6.11211
183. Trevisan S. Humic substances induce lateral root formation and the expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis / S. Trevisan, D. Pizzeghello, B. Ruperti, O. Francioso, A. Sassi, K. Palme, S. Quaggiotti, S. Nardi // *Plant Signaling & Behavior*. – 2010. – V. 12. – Iss. – P. 604–61. doi 10.4161/psb.5.6.11211
184. Vallini G. Humic acids stimulate growth and activity of in vitro tested axenic cultures of soil autotrophic nitrifying bacteria / G. Vallini, A. Pera, M. Agnolucci, M.M. Valdrighi // *Biology and Fertility of Soils*. – 1997. – V. 24. – Iss. 3. – P. 243–248. doi 10.1007/s003740050238
185. Vaughan D. Uptake and incorporation of ¹⁴C-labelled soil organic matter by roots of *Pisum sativum* L. / D. Vaughan, B.G. Ord // *Journal of Experimental Botany*. – 1981. – V. 32. – № 4. – P. 679–687. doi 10.1093/jxb/32.4.679
186. Young C.C. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings / C.C. Young, L.F. Chen // *Plant Soil*. – 1997. – V. 195. – № 1. – P. 143–149. doi 10.1023/A:1004247302388

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты агрохимического исследования

Таблица А1 – Динамика показателей почвенного плодородия при использовании гуминовых препаратов на различных уровнях питания, 2021

№ п/п	N-NH ₄ , мг/кг			N-NO ₃ , мг/кг			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг			Гумус, %		
		ΔА	ΔБ		ΔА	ΔБ		ΔА	ΔБ		ΔА	ΔБ		ΔА	ΔБ
Фаза бутонизации															
1	6,1			3,8			20,5			333			3,8		
2	4,5	-1,6	-1,6	5,0	+1,2	1,2	18,2	-2,3	-2,3	333	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0
3	5,1	-1,0	-1,0	5,6	+1,8	1,8	19,8	-0,7	-0,7	343	10,0	10,0	3,9	+0,1	+0,1
4	10,2	+4,1		13,5	+9,7		40,0	19,5		376	43,0		3,7	-0,1	
5	8,4	+2,3	-1,8	12,3	+8,5	-1,2	38,2	17,7	-1,8	381	48,0	5,0	3,8	0,0	+0,1
6	9,5	+3,4	-0,7	11,8	+8,0	-1,7	40,9	20,4	+0,9	372	39,0	-4,0	3,9	+0,1	+0,2
7	25,4	+19,3		23,2	+19,4		86,9	66,4		440	107,0		4,0	+0,2	
8	23,4	+17,3	-2,0	22,9	+19,1	-0,3	77,7	57,2	-9,2	457	124,0	17,0	3,9	+0,1	-0,1
9	27,9	+21,8	2,5	20,4	+16,6	-2,8	84,2	63,7	-2,7	450	117,0	10,0	3,9	+0,1	-0,1
НСР ₀₅		5,8			4,2			11,6			41,1			0,2	
Фаза созревания															
1	6,2			2,4			29,5			294			4,2		
2	6,6	+0,4	+0,4	2,3	-0,1	-0,1	30,7	+1,2	1,2	300	+6,0	+6,0	4,1	-0,1	-0,1
3	5,7	-0,5	-0,5	1,8	-0,6	-0,6	30,9	+1,4	1,4	296	+2,0	+2,0	3,9	-0,3	-0,3
4	6,2	+0,0		4,5	+2,1		34,1	+4,6		343	+49,0		3,9	-0,3	
5	9,4	+3,2	+3,2	5,6	+3,2	+1,1	30,2	+0,7	-3,9	352	+58,0	+9,0	4,2	0,0	+0,3
6	10,8	+4,6	+4,6	6,0	+3,6	+1,5	28,7	-0,8	-5,4	348	+54,0	+5,0	4,2	0,0	+0,3
7	19,8	+13,6		11,3	+8,9		67,5	+38,0		406	+112,0		4,1	-0,1	
8	17,6	+11,4	-2,2	10,2	+7,8	-1,1	58,7	+29,2	-8,8	398	+104,0	-8,0	3,9	-0,3	-0,2
9	18,5	+12,3	-1,3	13,1	+10,7	+1,8	60,1	+30,6	-7,4	403	+109,0	-3,0	3,9	-0,3	-0,2
НСР ₀₅		5,0	1,2		4,9	6,3		11,7	3,0		38,3	24,7		0,4	0,1

Примечание: 1. Контроль (без минеральных удобрений), 2. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 3. Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 4. Фон 1 (N40P40K40), 5. Фон 1 (N40P40K40) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 6. Фон 1 (N40P40K40) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 7. Фон 2 (N80P80K80), 8. Фон 2 (N80P80K80) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 9. Фон 2 (N80P80K80) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га)

Таблица А2 – Динамика показателей почвенного плодородия при использовании гуминовых препаратов на различных уровнях питания, 2022

№ п/п	N-NH4			N-NO3			P2O5			K2O			Гумус		
	мг/кг	ΔА	ΔБ	мг/кг	ΔА	ΔБ	мг/кг	ΔА	ΔБ	мг/кг	ΔА	ΔБ	%	ΔА	ΔБ
Фаза бутонизации															
1	7,1			2,1			19,5			313,9			3,77		
2	7,4	0,3	0,3	2,7	0,6	0,6	21,9	2,4	2,4	316,0	2,1	2,1	3,77	0,00	0,00
3	7,5	0,4	0,4	1,8	-0,3	-0,3	20,8	1,3	1,3	312,3	-1,5	-1,5	3,83	0,06	0,06
4	17,1	10,0		8,3	6,2		32,5	13,0		333,0	19,1		3,70	-0,07	
5	16,6	9,5	-0,5	7,2	5,1	-1,1	33,0	13,5	0,5	332,0	18,1	-1,0	3,83	0,06	0,13
6	16,2	9,1	-0,9	8,0	5,9	-0,3	31,5	12,0	-1,0	334,0	20,1	1,0	3,93	0,16	0,23
7	21,5	14,4		13,5	11,4		48,0	28,5		363,7	49,8		3,90	0,13	
8	21,1	14,0	-0,4	14,5	12,4	1,0	46,6	27,1	-1,3	364,7	50,8	1,0	3,87	0,10	-0,03
9	22,4	15,3	0,9	13,8	11,7	0,3	47,8	28,3	-0,1	363,7	49,8	0,0	3,87	0,10	-0,03
НСР ₀₅		1,8	1,0		3,2	1,8		3,6	2,1		14,0	8,1		0,12	0,07
Фаза полного созревания															
1	11,6			0,5			14,0			298,0			4,1		
2	13,5	1,9	1,9	0,3	-0,2	-0,2	17,4	3,4	3,4	302,3	4,3	4,3	4,1	0,0	0,0
3	13,3	1,7	1,7	0,5	0,0	0,0	15,9	1,9	1,9	299,0	1,0	1,0	3,9	-0,2	-0,2
4	15,8	4,2		4,9	4,4		24,5	10,5		313,7	15,7		3,9	-0,2	
5	18,1	6,5	2,3	4,4	3,9	-0,5	28,7	14,7	4,2	307,3	9,3	-6,3	4,0	-0,1	0,1
6	18,7	7,1	2,9	4,1	3,6	-0,8	26,7	12,7	2,2	316,3	18,3	2,7	4,1	0,0	0,2
7	17,3	5,7		9,6	9,1		39,1	25,1		334,3	36,3		4,0	-0,1	
8	20,4	8,8	3,1	8,5	8,0	-1,1	42,8	28,8	3,8	344,7	46,7	10,3	3,9	-0,2	-0,1
9	19,9	8,3	2,6	8,7	8,2	-0,9	44,0	30,0	5,0	340,7	42,7	6,3	3,9	-0,2	-0,1
НСР ₀₅		1,6	1,0		1,5	0,8		2,9	1,7		16,4	9,4			

Примечание: 1. Контроль (без минеральных удобрений), 2. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 3. Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 4. Фон 1 (N40P40K40), 5. Фон 1 (N40P40K40) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 6. Фон 1 (N40P40K40) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 7. Фон 2 (N80P80K80), 8. Фон 2 (N80P80K80) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 9. Фон 2 (N80P80K80) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га)

Таблица А3 – Динамика показателей почвенного плодородия при использовании гуминовых препаратов на различных уровнях питания, 2023

№ п/п	N-NH4			N-NO3			P2O5			K2O			Гумус		
	мг/кг	ΔА	ΔБ	мг/кг	ΔА	ΔБ	мг/кг	ΔА	ΔБ	мг/кг	ΔА	ΔБ	%	ΔА	ΔБ
Фаза бутонизации															
1	2,4			0			26,2			384,1			4,1		
2	3,4	1	1	1,5	1,5	1,5	32,3	6,1	6,1	393,6	9,5	9,5	3,9	-0,2	-0,2
3	6,3	3,9	3,9	2,7	2,7	2,7	27,8	1,6	1,6	392	7,9	7,9	3,9	-0,2	-0,2
4	5,6	3,2		2,7	2,7		56,2	30		436,6	52,5		3,8	-0,3	
5	5	2,6	-0,6	2,7	2,7	0	55,2	29	-1	406,3	22,2	-30,3	4	-0,1	0,2
6	5,7	3,3	0,1	3,2	3,2	0,5	53	26,8	-3,2	366,5	-17,6	-70,1	3,7	-0,4	-0,1
7	8,4	6,0		6,5	6,5		64	37,8		436,7	52,6		3,8	-0,3	
8	7,4	5,0	-1	6,6	6,6	0,1	66,6	40,4	2,6	419,2	35,1	-17,5	3,7	-0,4	-0,1
9	7,3	4,9	-1,1	4,5	4,5	-2	63,3	37,1	-0,7	388,8	4,7	-47,9	3,8	-0,3	0
НСР ₀₅		2,2	1,3		1,8	1,1		5,1	3		17,5	14		0,1	0,1
Фаза полного созревания															
1	11,8			4,6			36,9			435			4		
2	14,2	2,4	2,4	5,2	0,6	0,6	30,6	-6,3	-6,3	406,3	-28,7	-28,7	4,1	0,1	0,1
3	14,6	2,8	2,8	2,7	-1,9	-1,9	24,9	-12	-12	388,8	-46,2	-46,2	3,8	-0,2	-0,2
4	15,8	4		6,6	2		45,5	8,6		413,1	-21,9		3,8	-0,2	
5	19,9	8,1	4,1	4,3	-0,3	-2,3	57,3	20,4	11,8	433,4	-1,6	20,3	3,5	-0,5	-0,3
6	14,6	2,8	-1,2	6,1	1,5	-0,5	47	10,1	1,5	439,8	4,8	26,7	4	0	0,2
7	18,4	6,6		1,6	-3,0		53,2	16,3		511,4	76,4		3,7	-0,3	
8	24,0	12,2	5,6	2,8	-1,8	1,2	50,2	13,3	-3	499,4	64,4	-12	3,7	-0,3	0
9	18,0	6,2	-0,4	3,1	-1,5	1,5	43,7	6,8	-9,5	448,1	13,1	-63,3	3,6	-0,4	-0,1
НСР ₀₅		5,3	3		2,8	1,6		6,3	3,6		36,8	21,2		0,13	0,1

Примечание: 1. Контроль (без минеральных удобрений), 2. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 3. Органоминеральное удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 4. Фон 1 (N40P40K40), 5. Фон 1 (N40P40K40) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 6. Фон 1 (N40P40K40) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 7. Фон 2 (N80P80K80), 8. Фон 2 (N80P80K80) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 9. Фон 2 (N80P80K80) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Результаты микробиологического исследования

Таблица Б1 – Общая численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп на среднем уровне питания при использовании гуминового препарата на нуте

Вариант	До обработки	После обработки	Изменение численности	Изменение численности относительно контроля
1	2	3	4	5
2021				
аммонификаторы, млн. КОЕ/г.				
К	29,16±2,00	39,00±5,06	+34%	0%
СЗ	21,46±0,67	29,03±7,60	+35%	2%
СЗ+ГП	18,28±1,13	55,33±11,34	+203%	169%
аминоавтотрофы, млн. КОЕ/г.				
К	34,09±3,53	55,89±10,02	+64%	0%
СЗ	29,44±5,23	44,76±4,78	+52%	-12%
СЗ+ГП	42,75±2,41	87,52±5,28	+105%	41%
актиномицеты, млн. КОЕ/г.				
К	4,77±0,41	4,12±0,90	-14%	0%
СЗ	6,20±0,86	3,60±0,02	-42%	21%
СЗ+ГП	5,24±0,83	8,58±0,55	+64%	106%
спорообразующие бактерии, млн. КОЕ/г.				
К	2,04±0,48	2,73±0,28	+34%	0%
СЗ	1,93±0,60	2,71±0,25	+40%	7%
СЗ+ГП	2,56±0,68	3,87±0,70	+51%	18%
плесневые грибы, тыс. КОЕ/г.				
К	97,74±9,54	128,42±21,40	+31%	0%
СЗ	109,66±13,27	65,31±22,58	-40%	-72%
СЗ+ГП	61,19±12,00	161,75±1,67	+164%	133%
2022				
аммонификаторы, млн. КОЕ/г.				
К	20,07±3,68	22,86±0,74	14%	0%
СЗ	48,56±7,18	50,20±5,76	3%	-11%
СЗ+ГП	18,77±7,30	72,36±17,54	285%	271%
аминоавтотрофы, млн. КОЕ/г.				
К	59,26±10,15	27,88±3,30	-53%	0%
СЗ	103,45±15,68	59,21±3,62	-43%	10%
СЗ+ГП	58,47±1,35	70,45±7,21	20%	73%

Продолжение приложения Б1

актиномицеты, млн. КОЕ/г.				
К	4,66±1,86	3,02±1,17	-35%	0%
СЗ	4,69±0,17	3,61±0,48	-23%	12%
СЗ+ГП	2,63±0,00	4,89±1,03	86%	121%
спорообразующие бактерии, млн. КОЕ/г.				
К	3,58±0,74	4,48±0,67	25%	0%
СЗ	3,02±0,63	2,74±0,23	-9%	-34%
СЗ+ГП	2,40±0,30	2,71±0,58	13%	-12%
плесневые грибы, тыс. КОЕ/г				
К	73,99±22,77	110,30±11,01	71%	0%
СЗ	64,52±4,78	56,99±4,29	-23%	-93%
СЗ+ГП	96,15±12,02	190,67±14,76	98%	27%
2023				
аммонификаторы, млн. КОЕ/г.				
К	2,77±0,47	15,59±2,8	463%	
СЗ	5,73±0,56	18,93±2,77	230%	-232%
СЗ+ГП	2,31±0,11	42,68±7,53	1748%	1285%
аминоавтотрофы, млн. КОЕ/г.				
К	3,15±0,78	15,11±2,92	380%	
СЗ	6,58±0,56	13,6±2,69	107%	-273%
СЗ+ГП	10,79±1,44	24,01±4,96	122%	-258%
спорообразующие бактерии, млн. КОЕ/г.				
К	0,58±0,04	1,72±0,19	194%	
СЗ	1,88±0,52	1,08±0,12	-43%	-237%
СЗ+ГП	1,14±0,12	1,48±0,21	29%	-165%
плесневые грибы, тыс. КОЕ/г				
К	44,21±2,6	110,67±22,13	150%	
СЗ	85,19±23,73	65,43±7,56	-23%	-173%
СЗ+ГП	76,15±22,76	126,06±9	66%	-84%
Примечание: К – без применения пестицидов, СЗ – система защиты нута, СЗ+ГП – система защиты нута совместно с гуминовым препаратом ВЮ-Дон10				

Приложение В Экономическая эффективность

Таблица В1 – Экономическая эффективность применения гуминовых препаратов по годам исследования, 2021–2023 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Стоимость урожая, р/га,	Условно чистый доход, р/га	Цена препарата, р/га	Минеральное удобрение, р/га	Прямые затраты с учетом амортизации, р/га	Всего затрат	Рентабельность, %	Окупаемость, руб./руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2021–2023 гг.									
Контроль (без удобрений)									
1	13,7	560333	23033			33000	33000	169,80	1,70
2	15,0	61637	28388	249		33000	33249	185,38	1,85
3	14,7	60133	26978	155		33000	33155	181,37	1,81
Фон 1 (N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀)									
4	18,0	73937	31887		9050	33000	42050	175,83	1,76
5	19,4	79677	37378	249	9050	33000	42299	188,37	1,88
6	19,3	79130	36925	155	9050	33000	42205	187,49	1,87
Фон 2 (N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀)									
7	21,5	88287	37187		18100	33000	51100	172,77	1,73
8	22,5	92113	40764	249	18100	33000	51349	179,39	1,79
9	22,4	91840	40585	155	18100	33000	51255	179,18	1,79
2021г.									
Контроль (без удобрений)									
1	14,2	51120	19520			31600	31600	161,77	1,62
2	15,3	55080	23231	249		31600	31849	172,94	1,73
3	15,5	55800	24045	155		31600	31755	175,72	1,76
Фон 1 (N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀)									
4	18,3	65880	25405		8875	31600	40475	162,77	1,63
5	19,5	70200	29476	249	8875	31600	40724	172,38	1,72
6	19,7	70920	30290	155	8875	31600	40630	174,55	1,75
Фон 2 (N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀)									
7	21,2	76320	26970		17750	31600	49350	154,65	1,55
8	22,6	81360	31761	249	17750	31600	49599	164,04	1,64
9	22,4	80640	31135	155	17750	31600	49505	162,89	1,63

2022г.									
Контроль (без удобрений)									
1	10,4	43680	7380			36300	36300	120,33	1,20
2	11,2	47040	10491	249		36300	36549	128,70	1,29
3	11,2	47040	10585	155		36300	36455	129,04	1,29
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фон 1 (N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀)									
4	13,5	56700	11500		8900	36300	45200	125,44	1,25
5	14,6	61320	15871	249	8900	36300	45449	134,92	1,35
6	14,4	60480	15125	155	8900	36300	45355	133,35	1,33
Фон 2 (N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀)									
7	18,5	77700	23600		17800	36300	54100	143,62	1,44
8	18,7	78540	24191	249	17800	36300	54349	144,51	1,45
9	19,1	80220	25965	155	17800	36300	54255	147,86	1,48
2023г.									
Контроль (без удобрений)									
1	16,4	73800	42700			31100	31100	237,30	2,37
2	18,6	83700	52351	249		31100	31349	266,99	2,67
3	17,3	77850	46595	155		31100	31255	249,08	2,49
Фон 1 (N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀)									
4	22,3	100350	59875		9375	31100	40475	247,93	2,48
5	24,2	108900	68176	249	9375	31100	40724	267,41	2,67
6	23,8	107100	66470	155	9375	31100	40630	263,60	2,64
Фон 2 (N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀)									
7	24,9	112050	62200		18750	31100	49850	224,77	2,25
8	26,1	117450	67351	249	18750	31100	50099	234,44	2,34
9	25,7	115650	65645	155	18750	31100	50005	231,28	2,31

Примечание: 1. Контроль (без минеральных удобрений), 2. Гуминовый препарат ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 3. Органическое удобрение «Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 4. Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀), 5. Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 6. Фон 1 (N₄₀P₄₀K₄₀) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га), 7. Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀), 8. Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀) + ВЮ-Дон10 (0,3 л/га), 9. Фон 2 (N₈₀P₈₀K₈₀) + Гумат калия жидкий торфяной» (0,5 л/га)

Приложение Г Акты внедрения

Документ Г1 – Акт внедрения АО «Аксайская нива»



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие:
АО «Аксайская нива»
2. Наименование мероприятия
Применение органоминерального удобрения Гумат калия жидкий торфяной (0,5 л/га) при выращивании нута
3. Наименование научной организации, проводившей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
4. Сроки внедрения
2024 г.
5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется:
Применение органоминерального удобрения Гумат калия жидкий торфяной (0,5 л/га) при выращивании нута Волжский 50 на семена (ПР-2), данный прием позволяет повысить устойчивость культурного растения к различным стрессовым факторам. В условиях аномально сухого 2024 года обработка гуматов в фазу бутонизации позволило дополнительно получить 6,5 % к урожаю.
6. Основные показатели внедряемого мероприятия:
 - а) фактический объем внедрения в натуральных показателях – 15 га
 - б) повышение урожайности на 1,1 ц/га
 - в) повышение чистого дохода на 7,3 %
7. Экономический эффект от внедрения мероприятия составляет 212 175 руб.

Разработчик: научный сотрудник лаборатории защиты растений

Научный сотрудник, аспирант

 Е.С. Патрикеев

Главный агроном
АО «Аксайская нива»

 Д.В. Лагутин

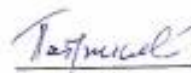
Документ Г2 – Акт внедрения НПП «Рассвет» ФГБНУ ФРАНЦ



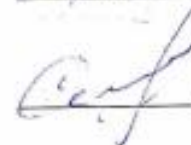
1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие:
НПП «Рассвет» ФГБНУ ФРАНЦ
2. Наименование мероприятия
Применение гуминового препарата ВЮ-Дон10 (0,3 л/га) при выращивании нута
3. Наименование научной организации, проводившей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
4. Сроки внедрения
2024 г.
5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется:
Применение гуминового препарата ВЮ-Дон10 (0,3 л/га) при выращивании нута Донглаза на семена, данный прием позволяет повысить устойчивость культурного растения к различным стрессовым факторам. В условиях аномально сухого 2024 года обработка гуматов в фазу бутонизации после выпадения 10 мм осадков позволила дополнительно получить 8,3 % к урожаю.
6. Основные показатели внедряемого мероприятия:
 - а) фактический объем внедрения в натуральных показателях – 31,5 га
 - б) повышение урожайности на 1,3 ц/га
 - в) повышение чистого дохода на 9,3 %
7. Экономический эффект от внедрения мероприятия составляет 524 506 руб.

Разработчик: научный сотрудник лаборатории защиты растений

Научный сотрудник, аспирант

 Е.С. Патрикеев

Главный агроном
НПП «Рассвет»

 А.А. Снежко