

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

На правах рукописи



Панин Евгений Васильевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАЦЕЛИИ
ПИЖМОЛИСТНОЙ (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ
ЛЕСОСТЕПИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 1.5.20. Биологические ресурсы

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор
Высоцкая Елена Анатольевна

ВОРОНЕЖ – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение.....	5
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ.....	13
1.1.	Ресурсные виды сидеральных культур в сельскохозяйственных экосистемах.....	13
1.2.	Влияние сидератов на агроэкологическое состояние почвенного покрова.....	19
1.3.	Мёдопродуктивность сидератов, как показатель биологического ресурса.....	27
1.4.	Использование фацелии в сельскохозяйственных экосистемах.....	31
2.	Объекты и методы исследования.....	38
2.1.	Объекты исследования.....	38
2.1.1.	Административно-территориальная характеристика Каширского района. Климат.....	38
2.1.2.	Рельеф и гидрология.....	45
2.1.3.	Геологические условия и почвообразующие породы.....	49
2.1.4.	Почвенный покров.....	52
2.1.5.	Биоресурсы и биоразнообразие района исследования.....	54
2.2.	Методики, способы и техники отбора, анализа и интерпретации полученных результатов.....	57
3.	ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.).....	68
3.1.	Продолжительность вегетационного периода исследуемых сортов фацелии.....	68
3.2.	Морфо-биологические показатели фацелии сортов Наталия и Услада.....	73
3.3.	Особенности цветения.....	81

3.4.	Динамика веса наземной и подземной биомассы фацелии по фазам вегетации.....	83
3.4.1.	Биопродуктивность фацелии в период бутонизации.....	83
3.4.2.	Анализ биомассы фацелии в фазу цветения.....	89
3.4.3.	Урожайность наземной и подземной биомассы фацелии в период начала созревания семян (перед заделкой в почву).....	95
3.5.	Нектаропродуктивность и мёдопродуктивность фацелии пижмолистной.....	101
4.	АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.) В СЕВООБОРОТАХ.....	110
4.1.	Агроэкологическая оценка черноземов типичных ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. Каширского района Воронежской области.....	110
4.2.	Влияние фацелии на агрофизические и агрохимические свойства черноземов типичных Каширского района Воронежской области.....	116
4.2.1.	Динамика запасов доступной влаги при выращивании фацелии.....	117
4.2.2.	Влияние выращивания сидеральной культуры на почвенную кислотность исследуемого чернозема типичного.....	120
4.2.3.	Влияние выращивания фацелии в качестве сидерата на содержание гумуса в черноземе типичном.....	123
4.2.4.	Влияние запашки фацелии на содержание элементов минерального питания (азота, фосфора, калия) в черноземе типичном.....	126
5.	БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ФАЦЕЛИИ	

ПИЖМОЛИСТНОЙ (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.) В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КАШИРСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	133
Выводы.....	149
Предложения производству.....	152
Перспективы дальнейшей разработки темы.....	152
Список литературы.....	153
Приложения.....	177

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Современное состояние аграрного производства предполагает практическое внедрение биологических методов повышения продуктивности экосистем, базирующихся на экологических принципах организации территории по производству сельскохозяйственной продукции. Изучая продуктивность ресурсных видов в условиях различных экосистем (к их числу относятся и агроэкосистемы) необходимо определять основные направления их развития. При этом продовольственная безопасность требует не только обеспечения населения продуктами питания, но и сохранения агресурсов, почвенного покрова, видового биоразнообразия. Важно сохранить стабильность и высокую продуктивность базовых компонентов сельскохозяйственных экосистем, сохраняя устойчивость хрупкого экологического равновесия (Е.А. Высоцкая, 2013) [25]. Перевод аграрного производства на принципы бережливости, в основе которых лежат концепции экологического императива, является единственно возможным решением этой проблемы (Е.В. Панин, Е.А. Высоцкая, 2024) [159].

Исследование фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) в качестве ресурсного вида в ЦЧР в основном связано с вопросами сидерации (Н.И. Зезюков, 1993) [82]. При этом нет широкого внедрения культуры в сельскохозяйственное производство из-за недостаточной изученности вопроса. Вместе с этим фацелия является ценной нектаропродуктивной и медопродуктивной культурой. По мнению Н.И. Велковой (2004), медопродуктивная растительность является единственным естественным кормовым ресурсом для мёдоносных пчел [21]. Поскольку фацелия является хорошим мёдоносом, то с ее помощью можно увеличить мёдоносную базу и повысить продуктивность пчеловодства изучаемого региона.

Соблюдение вышеотмеченных положений, грамотное управление параметрами биоресурсного потенциала базовых компонентов агроэкосистемы и повышение продуктивности её ресурсных видов будет способствовать не

только увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, но и экологическому балансу территории (Е.В. Панин, Е.А. Высоцкая, 2022) [160].

Согласно исследованиям Е.К. Алексеева (1959) [6], В.В. Бузмакова (1988) [16], К.И. Довбана, В.К. Довбан, Ф.Г. Бердникова (1992) [65], В.Г. Лошакова (1980, 2003) [136, 137], А.Л. Тойгильдина (2018) [191], Н.А. Комаровой (2019) [112], Д.А. Болучевского (2014) [12], А.В. Дедова (1999) [57], А.В. Дедова, Н.А. Драчева (2010) [51], А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, А.А. Дедова, Л.А. Новиковой, А.А. Пушиной (2010, 2016, 2019) [47, 60], Н.И. Зезюкова (1993) [82], Н.И. Клостер (2022) [109], С.И. Коржова, В.В. Верзилина, Н.Н. Королева, Т.А. Трофимовой, А.П. Солодовникова, Н.П. Молчановой, Г.В. Котова (2006, 2011, 2017, 2018) [114-117], В.П. Савеноква (2015) [175], В.И. Турусова, О.А. Богатых, Н.В. Дроновой, Е.А. Балюновой (2014, 2019) [193, 194], В.М. Передериевой, Г.Р. Дорожко, О.И. Власовой (2012) [164] и многих других авторов, внедрение в качестве ресурсных видов сидеральных культур в севообороты является одним из ведущих способов увеличения общего биоресурсного потенциала агроэкосистемы, стабилизации почвенного компонента и в целом улучшения экологического состояния агрофитоценоза.

Степень разработанности темы. Вопросы повышения продуктивности за счет применения ресурсных видов описываются во многих трудах. Н.И. Зезюкова (1993), Н.И. Зезюкова, А.В. Дедова, Г.О. Харьковского (2000), отмечают важную роль многолетних трав в повышении плодородия черноземов [82, 83]. A.R. Barzegar, A. Yousefi, A. Daryashenas (2002) оценивают влияние внесения ресурсных видов растений на физические свойства почвы и урожайность пшеницы [206]. Г.Г. Тарабрина (2005) подчеркивает влияние биологизации на показатели плодородия чернозема выщелоченного и урожайность культур севооборота [185], В.А. Hooker, T.F. Morris, R.Peters (2005) исследовали эффективность сидерации с точки зрения обогащения почвы углеродом [211]. В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев (2008) занимались экологическими аспектами почвенного плодородия [20]. А.В. Зеленев (2009) подробно исследовал агробиологические приемы сохранения

плодородия каштановых почв [86]. Биологизацией земледелия в основных земледельческих регионах России занимались В.А. Семькин с соавторами (2009) [177], Г.Р. Дорожко с соавторами (2013) [66], Ю.С. Ларионов (2013) [131], Е.Е. Борисова (2016) [13], А.А. Дедов, М. А. Несмеянова, А.В. Дедов (2016) [47], Т.Ф. Жарова (2016) [73, 74], М.Р. Ахметзянов (2017) [9], С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, Г.В. Котов (2017) [116], С.В. Лукин (2017) [141], С.А. Ерофеев (2018) [71]. Вопросы адаптивно-ландшафтных систем земледелия поднимались в работах А.В. Зеленева, А.И. Беленкова (2018) [87], А.В. Кислова, А.П. Глинушкина, А.В. Кашеева (2018) [106, 107], А.А. Shatokhin, O.G. Chamurliev, A.V. Zelenev (2020) [215]. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов отмечается в работах С.В. Лукина (2021) [140], A.V. Zelenev, O.G. Chamurliev, Yu.A. Laptina (2021) [218], A.V. Zelenev, O.G. Chamurliev, I.V. Krivtsov (2022) [219].

В исследуемом регионе применение ресурсных видов культур для повышения продуктивности довольно широко освещено в работах Н.И. Зезюкова (1993) [82], А.В. Дедова (1999) [57], С.И. Коржова (2006) [114], А.В. Дедова, Н.А. Драчева (2010) [51], А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, Л.А. Новиковой, А.А. Пушиной (2010) [60], С.И. Коржова, В.В. Верзилина, Н.Н. Королева (2011) [117], В.М. Передериевой, Г.Р. Дорожко, О.И. Власовой (2012) [164], Д.А. Болучевского (2014) [12], В.И. Турусова (2014) [193], В.П. Савеноква (2015) [175], А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, А.А. Дедова (2016) [56], С.И. Коржова, Т.А. Трофимовой, А.П. Солодовникова, Н.П. Молчановой (2018) [115], А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой (2019) [58], В.И. Турусова, О.А. Богатых, Н.В. Дроновой, Е.А. Балюновой (2019) [194], А.В. Дедова (2022) [54], Н.И. Клостер (2022) [109], А.В. Дедова, Г.М. Крюкова (2024) [52, 53] и многих других авторов.

Соблюдение вышеотмеченных положений, грамотное управление параметрами биоресурсного потенциала базовых компонентов агроэкосистемы, обоснование способов повышения продуктивности ресурсных видов культивируемых растений, будет способствовать не только увеличению

урожайности сельскохозяйственных культур, но и экологическому балансу территории. В решении важной народнохозяйственной задачи по обеспечению собственными продуктами пчеловодства и одновременной биологизации земледелия, снижению химической нагрузки на сельскохозяйственные экосистемы за счет сидерации, применение ресурсного вида фацелии в аграрном производстве, как мёдоноса, так и сидеральной культуры в агроклиматических условиях Воронежской области является малоизученным направлением. Обоснование всестороннего использования в сельскохозяйственных экосистемах биологического ресурса фацелии пижмолистной способствует созданию стабильного мёдоносного конвейера в регионе, увеличению общей продуктивности сидерального пара, за счет получения значимого количества биомассы.

Цель исследований: проведение комплексных исследований биоресурсного потенциала и агроэкологического значения ресурсного вида фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), как сидеральной и мёдоносной культуры в сельскохозяйственных экосистемах лесостепной части Воронежской области.

В соответствии с поставленной целью нами решались следующие задачи.

Задачи исследования:

1. Установить влияние климатических факторов на морфо-биологические показатели, динамику роста и развития фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) в сельскохозяйственных экосистемах Воронежской области.
2. Определить возможность использования фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), в качестве сидеральной культуры для улучшения показателей почвенного плодородия агроэкосистем при введении биологизированных приемов земледелия в условиях лесостепи ЦЧР.
3. Выявить продукционный потенциал нектаропродуктивности и мёдопродуктивности сортов ресурсного вида фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) в условиях конкретного региона при создании мёдоносного конвейера.

4. Оценить возможность бисортовых посевов Наталия и Услава фацелии пижмолистной, как биологического способа повышения показателей продуктивности сидерального пара в условиях сельскохозяйственных экосистем лесостепи Воронежской области.

Научная новизна работы. Впервые изучена динамика роста и развития ресурсного вида фацелии пижмолистной (сортов Наталия и Услава) в сельскохозяйственных экосистемах Каширского района Воронежской области ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. Исследовано влияние фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), как ресурсного вида на агроэкологическое состояние черноземов типичных среднемошных среднегумусных глинистых на покровных карбонатных суглинках в условиях Воронежской области, как представительного района лесостепи ЦЧР. Выявлены оптимальные сроки посева исследуемых сортов фацелии с целью создания мёдоносного конвейера, а также последующей сидерации культуры. Дана оценка комбинации различных сортов ресурсного вида фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), как биологического способа повышения продуктивности культуры в условиях сельскохозяйственной экосистемы лесостепи Воронежской области, в том числе при получении сидеральной биомассы.

Теоретическая и практическая значимость. Введено понятие бисортовые посевы, под которым понимается совместное выращивание сортов сельскохозяйственной культуры за счет посева смеси ее семян в пределах одного агроценоза. Практическая значимость исследования заключается в доказательстве взаимного влияния различных сортов в бисортовых посевах ресурсного вида фацелии пижмолистной с целью повышения их продуктивности в условиях лесостепи Воронежской области. Полученные результаты позволяют планировать оптимальные сроки посева ресурсного вида фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) для создания мёдоносного конвейера в условиях лесостепной части Воронежской области, что повышает продуктивность ее использования, при последующей запашке биомассы на глубину 10-12 см и улучшает общее агроэкологическое состояние

сельскохозяйственной экосистемы, стабилизируя органическую составляющую почвенного компонента. Установлен положительный эффект совмещенного посева сортов Наталия и Улада фацелии для увеличения продуктивности сидерального пара агроценоза.

Объект и предмет исследований. Объектом исследования является биологический ресурс фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) сортов Наталия и Улада, предметом – продукционный потенциал и агроэкологическое значение ресурсного вида культуры в агроклиматических и почвенных условиях сельскохозяйственного предприятия Каширского района Воронежской области ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А., как представительного района лесостепи ЦЧР.

Методология и методы исследований. Методология теоретических исследований основана на детальном анализе новейшей отечественной и зарубежной литературы, а также изучении классических изданий и исследований. Экспериментальные методы включали полевые, лабораторные и статистические методы исследований с использованием общепринятых и ГОСТИрованных методик, современного сертифицированного оборудования. Статистические методы реализовывались с помощью применения современных компьютерных программ STATISTICA 10 и Microsoft Excel.

Положения, выносимые на защиту:

1. Биологические особенности и динамика роста и развития ресурсного вида фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) в сельскохозяйственных экосистемах лесостепной части Воронежской области показали достоверные различия между сортами в фазу цветения, которая у сорта Наталия наступала на 50 сутки, у сорта Улада на 42 сутки, что позволяет планировать мёдоносный конвейер.

2. Агроклиматические показатели Воронежской области, вне зависимости от значений показателя ГТК в период массового цветения фацелии пижмолистной, позволяют реализовать биологический ресурс культуры с учетом сортовых особенностей, получая стабильно высокие показатели

нектаропродуктивности в среднем 667,4 кг/га и мёдопродуктивности – 403,9 кг/га.

3. Совмещение сортов фацелии пижмолистной Услава и Наталия за счет увеличенного количества биомассы сидерального пара дает наибольший агрономический эффект. Продуктивность бисортовых посевов в среднем на 69 ц/га выше, чем продуктивность каждого сорта по отдельности.

4. Использование ресурсного вида фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) как биологического способа повышения продуктивности сельскохозяйственных экосистем способствует трансформации почвенного компонента, в результате повышения показателя содержания запасов доступной влаги в слоях почвы 0-30 см и 0-100 см соответственно до 60 мм и до 157 мм. Отмечается стабилизация органической составляющей и в содержании элементов минерального питания в почвенном компоненте.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных экспериментальных данных определяется большим объемом проведенных исследований; подбором современных методик полевых и лабораторных анализов; ГОСТированными методами сбора, обработки и диагностики информации; статистической обработкой полученных данных, а также ее апробацией в условиях ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. Каширского района Воронежской области. Результаты исследования и основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях различного уровня: на международной научно-практической конференции, посвященной 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова (г. Саратов, 2023), на IV национальной научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (г. Белгород, 2023), на V национальной научно-практической конференции «Достижения и перспективы в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции», посвященной 75-летию Г.С. Походни (г. Белгород, 2024), всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научное обеспечение интенсификации

сельскохозяйственного производства в современных условиях» (г. Белгород, 2024), IV международной научно-практической конференции «Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК», посвященной 73-летию Курского ГАУ (г. Курск, 2024), XVIII международной научно-практической конференции «Приоритеты научно-технического развития АПК в современных условиях» (г. Казань, 2024), международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика», посвященной юбилею 80-летию агрономического факультета (г. Киров, 2024), а также на ежегодных научно-практических конференциях регионального и международного уровня Воронежского ГАУ и ряде других научных мероприятиях.

Публикация результатов исследований. По материалам исследований опубликовано 14 работ, в том числе 4 - в изданиях, рекомендованных ВАК, 10 статей и тезисов докладов, включенных в систему цитирования РИНЦ.

Личный вклад автора: Автор принимал активное участие в составлении программы исследования. Самостоятельно подобрал литературные источники и проводил теоретическое изучение проблемы. Проводил закладку полевых опытов, сбор полевого материала, лабораторные исследования, проанализировал и обобщил полученные экспериментальные данные. Математически обработал цифровой материал. Принимал активное участие в опубликовании и апробации полученных результатов. Личный вклад автора составил более 85%.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений производству и списка литературы. Список литературы включает 220 источников, из них 15 - на иностранном языке. Диссертация изложена на 198 страницах компьютерного текста. Содержит 20 таблиц, 47 рисунков и 19 приложений.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ

1.1 Ресурсные виды сидеральных культур в сельскохозяйственных экосистемах

Современное состояние сельскохозяйственного производства в России испытывает ряд трудностей, которые в большей мере связаны с довольно длительным периодом снижения почвенного плодородия и биопродуктивности агроэкосистем. А.Л. Иванов и А.А. Завалин (2010) связывают такое критическое состояние с безвозвратным выносом питательных элементов из почвенного компонента [99]. Н.В. Кузнецова (2015) подчеркивает, что одной из причин почвоутомления является интенсивный вынос органического вещества и невозполнение его органическими удобрениями [121]. Отмеченная проблема регулярно и широко освещается в научных изданиях, почвоутомление является неоспоримым фактом. Ведущее значение уделяется сохранению почвенного плодородия, а также повышению биологической продуктивности агроэкосистем за счет безопасных методов биологизации земледелия, важность применения которых описывается в трудах М.Р. Ахметзянова (2017) [9], Е.Е. Борисовой (2016) [13], В.Ф. Валькова, Т.В. Денисовой, К.Ш. Казеева [20], А.А. Дедова, М. А. Несмеяновой, А.В. Дедова (2016) [56], М.А. Несмеяновой, А.В. Дедова (2022) [152], Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчукова, В. М. Передериевой (2013) [66], С.А. Ерофеева (2018) [71], Т.Ф. Жаровой (2016) [73, 74], Н.И. Зезюкова (1993, 2000) [82, 83], А.В. Зеленева (2009) [86], А.В. Зеленева, А.И. Беленкова (2018) [87], А.В. Кислова, А.П. Глинушкина, А.В. Кашеева (2018) [106, 107], С.И. Коржова, Т.А. Трофимовой, Г.В. Котова (2017) [116], Ю.С. Ларионова (2013) [131], С.В. Лукина (2017, 2021) [140, 141], В.А. Семькина, Н.И. Картамышева, В.Ф. Мальцева (2009) [177], Г.Г. Тарабриной (2005) [185], A.R. Barzegar, A. Yousefi, A. Daryashenas (2002) [206], B.A. Hooker, T.F. Morris, R.Peters (2005) [211] A.V. Zelenov, O.G. Chamurliev, I.V. Krivtsov (2022) [219],

A.V. Zelenev, O.G. Chamurliev, Yu.A. Laptina (2021) [218], A.A. Shatokhin, O.G. Chamurliev, A.V. Zelenev (2020) [215].

Центрально-Черноземный регион (ЦЧР) России является одним из ведущих регионов, промышленная деятельность которого тесно связана с интенсивным ведением сельского хозяйства. В настоящее время огромное внимание уделяется биологическим способам ведения агропроизводства. Согласно исследованиям Д.А. Болучевского (2014) [12], А.В. Дедова (1999) [57], А.В. Дедова, Н.А. Драчева (2010) [51] А.А. Дедова, М.А. Несмеяновой, А.В. Дедова (2017) [46, 48, 49], А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, Л.А. Новиковой, А.А. Пушиной (2019) [60], А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, Т.Г. Кузнецовой (2015) [50], Н.И. Зезюкова (1991, 1993, 1999, 2000) [82-85], Н.И. Клостер (2022) [109], С.И. Коржова (2006) [114], С.И. Коржова, В.В. Верзилина, Н.Н. Королева (2011) [117], С.И. Коржова, Т.А. Трофимовой, А.П. Солодовникова, Н.П. Молчановой (2018) [115], С.И. Коржова, Т.А. Трофимовой, Г.В. Котова (2017) [116], В.П. Савеноква (2015) [175], В.И. Турусова (2014) [193], В.И. Турусова, О.А. Богатых, Н.В. Дроновой, Е.А. Балюновой (2019) [194], В.М. Передериевой, Г.Р. Дорожко, О.И. Власовой (2012) [164] и многих других авторов, применение сидеральных культур остается наиболее актуальным и распространенным способом биологизации в ЦЧР. Важность применения зеленого удобрения в других регионах также является актуальным вопросом и освещена в работах Е.К. Алексеева (1959) [6], В.В. Бузмакова (1988) [16], К.И. Довбан, В.К. Довбан, Ф.Г. Бердникова (1992) [65], В.Г. Лошакова (1980, 2003, 2007, 2012, 2013, 2016) [133-139], А.Л. Тойгильдина (2018) [191], Н.А. Комаровой (2019) [112].

Сидерация – это процесс возделывания растений, выращиваемых с целью последующей заделки в почву для улучшения её структурного состояния, обогащения элементами минерального питания, а также угнетения роста сорняков. Сидеральные культуры (сидераты, зеленое удобрение) представляют собой растительные организмы с быстро развивающимися густой наземной биомассой, которая создаёт тень и тем самым задерживает рост сорной

растительности, кроме того, у сидератов интенсивно развивается корневая система, некоторые злаковые сидеральные культуры выделяют вещества, которые препятствуют прорастанию семян сорной растительности. Помимо интенсивно развитой наземной биомассы, сидераты имеют хорошо развитую корневую систему. В процессе роста сидератов, а также после их заделки на глубину отмечается улучшение структуры почвы, ее водопроницаемости, поскольку корневая система глубоко проникает внутрь, способствует разрыхлению уплотненных тяжелосуглинистых и глинистых почв, а при легком гранулометрическом составе корневая система сидератов способствует оструктуриванию почв, препятствует их распылению. Еще одной особенностью сидеральных культур является то, что их корневая система способна извлекать элементы минерального питания из нижних слоев и глубоких горизонтов, в процессе заделки обогащать ими корнеобитаемый слой.

Несмотря на то, что о положительном влиянии сидерации было известно довольно давно и отмечалось еще в работах: И.М. Карашук (1951) [103], И.М. Карашук, И.И. Ошаров (1980) [102], В.Г. Лошаков (1980) [136], Г. Кант (1982) [101], К.И. Довбан, В.К. Довбан, Ф.Г. Бердников (1992) [65], А. А. Жученко (1990) [76], Н.И. Зезюков, А.В. Дедов (1991) [84], Д.И. Щедрина (1992) [201], В.Г. Минеев, Б. Дербенец, Т. Мазур (1993) [146], В.Г. Кутилкин, (1996) [129], А.А. Завалин, А.В. Пасынков, М.И. Пономарева (2002) [77], А.А. Агеев (2005) [2], А.П. Батудаев, В.Р. Филипова (2004) [10], Л.Л. Яговенко, И.П. Такунов, Г.Л. Яговенко (2003) [204] и других авторов научные исследования продолжаются. В настоящее время применение сидеральных культур все еще остается инновационным экологическим подходом при ведении сельскохозяйственного производства, поскольку каждое растение, применяемое в виде зеленых удобрений, имеет свои уникальные свойства, помогающие с различных сторон раскрыть биологический потенциал агроэкосистем. При этом в основу биологизации земледелия положена адаптивность, которая представляет собой учет агроэкологических условий каждого конкретного региона. Многие исследователи А.В. Дедов, Н.А. Драчев (2010) [51], М.А. Несмеянова, А.А.

Дедов (2022) [153], С.И. Коржов (2006) [114] и др. подчеркивают, что в условиях ЦЧР лимитирующим фактором выступает главным образом неравномерность осадков за вегетационный период на фоне общей засушливости климата.

Современное сельскохозяйственное производство представляет собой интенсивное воздействие на окружающую среду, поэтому, по мнению А.И. Перельмана, Н.С. Касимова (1999) [165] является ведущим направлением техногенеза. Любое техногенное вмешательство приводит к сдвигу экологического равновесия, а несоблюдение экологических принципов приводит к возникновению и мощному развитию процессов деградации. В ЦЧР деградационные явления представлены, прежде всего, водной эрозией, ветровой эрозией или дефляцией, почвоутомлением, к которому приводят потеря органического вещества и гумуса, уменьшение содержания элементов минерального питания. Повсеместно, в результате воздействия тяжелой сельскохозяйственной техники, отмечается переуплотнение почвенного покрова, образование плужной подошвы. Продукты сгорания топлива сельскохозяйственных машин поступают на почвенную поверхность, что в дальнейшем приводит к загрязнению почв вредными ингредиентами. В большом количестве работ: В.Г. Минеев (2004) [147], Н.С. Горбунова, А.Ф. Стулин (2016) [28], М.М. Овчаренко (1995) [157], В.И. Кураков, О.А. Минакова, Л.В. Александрова (2006) [128], А.И. Карпухин, Н.Н. Бушуев (2007) [104], Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова (2010) [168], а также в реестре аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами РФ [171] отмечается, что средства химизации содержат в своем составе примеси, которые накапливаются в почвах, а в дальнейшем способны по трофическим цепям поступать в организм человека, отравляя его. Приведенный перечень деградационных процессов, при отсутствии мер по их предотвращению и ликвидации, приводит к потере плодородных земель и выводу их из сельскохозяйственного производства.

Согласно данным Л.М. Козловой, Т.С. Макаровой, Ф.А. Попова, А.В. Денисовой (2011) [111], А.В. Денисовой (2015) [61], Б.А. Сотникова (2004) [184], С.И. Коржова, В.В. Верзилина, Н.Н. Королева, (2011) [117], С.И. Смурова, Т.В. Попова (2015) [183] внедрение биологизации земледелия, в частности использование зеленого удобрения (сидеральных культур) в основные звенья севооборотов препятствует развитию описанных деградационных явлений. С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, А.П. Солодовников, Н.П. Молчанов (2018) [115] подчеркивают влияние сидератов на улучшение биогенности почвы, отмечают стабилизацию почвенного компонента. В.Н. Титов и О.И. Болотова сидерацию относят к «зелёной химии», а внедрение ее в севообороты описывают как экологический фактор решения вопроса оздоровления нации [187]. В ряде работ В.Ф. Валькова, Т.В. Денисовой, К.Ш. Казеева (2008) [20], А.А. Дедова, М.А. Несмеяновой, А.В. Дедова (2016) [56], М.А. Несмеяновой, А.В. Дедова (2019) [154], Н.И. Зезюкова, А.В. Дедова, Г.О. Харьковского (2000) [83], Н.И. Зезюкова, А.В. Дедова, С.И. Коржова, Т.А. Трофимовой (1998) [81], С.И. Коржова, Т.А. Трофимовой, Г. В. Котова (2017) [116], А.В. Дедова, Т.А. Трофимовой, С.И. Коржова (2016) [59] отмечается не только стабилизация, но и рост плодородия почв, и повышение продуктивности почвенного компонента. В целом отмечается положительная роль сидерации на биологическую продуктивность при общем улучшении состояния агрофитоценозов.

В настоящее время довольно интенсивно происходит внедрение биологических методов ведения сельскохозяйственного производства. Применение сидеральных культур – ведущее направление в биологизации земледелия. Существует огромное разнообразие культур, используемых в качестве сидератов, которые отвечают эколого-климатическим условиям ЦЧР. Эффективность той или иной культуры определяется, прежде всего, ее физиологическими особенностями.

Перечень сидеральных культур довольно большой, его можно систематизировать по семействам. Среди семейства бобовых (*Fabaceae* L.) или

мотыльковых (*Papilionaceae* DC.) довольно активно применяют: горох посевной (*Pisum sativum* L.), вику яровую (*Viciasativa* L.), эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria* Mill.), клевер луговой (*Trifolium pretense* L.), кормовые бобы (*Faba vulgaris* L.), донник (*Mellilotus* L.), сераделлу (*Omitopus sativus* L., Broth.), люпин (*Lupinus* L.), нут (*Cicer arietinum* L.), люцерну (*Medicago* L.), фасоль (*Phaseolus* L.), сою культурную (*Glycine max* L.), чечевицу (*Lens* Medik.), козлятник (*Galega* Lam.), чину (*Lathyrus* L.), сераделлу (*Ornithopus* L.), лядвинец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) и другие. Главное достоинство всех культур семейства бобовых заключается в том, что их корневая система обогащена колониями бактерий родов *Bradyrhizobium*, *Ensifer* и *Rhizobium*, которые являются мощными азотофиксаторами (переводят атмосферный азот в формы доступные для питания растений). Помимо этого, мощность корневых систем данного семейства позволяет структурировать почву, оптимизировать ее водно-физические свойства.

Для сидерации также широко применяются культуры семейства злаковых (*Gramineae* Barnhart.), к ним относятся: озимая рожь (*Secale cereale* L.), озимая пшеница (*Triticum* L.), тритикале (*Triticosecale* Wittm. A. Camus), ячмень яровой (*Hordeum* L.), овес яровой (*Avena* L.), сорго (*Sorghum* Moench.), суданская трава (*Sorghum drummondii* Steud.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), овсяница (*Festuca* L.), тимофеевка (*Phleum* L.) и другие.

Из семейства крестоцветных широко внедряют: редьку масличную (*Raphanus Sativug* L.), горчицу белую (*Sinapis alba* L.), горчицу сизую (*Brassica juncea* L.), рапс (*Brassica napusoleifera* L.), сурепку озимую (*Barbarea* W. T. Aiton).

Кроме того, в сидерации находят применение и представители других семейств: фацелия (*Phacelia* Juss.) – семейство Водолистниковые (*Hydrophyllaceae* R. Br.), гречиха (*Fafopyrum* Mill.) – семейство Гречишные (*Polygonaceae* Juss.), амарант (*Amaranthus* L.) – семейство Амарантовые (*Amaranthaceae* Juss.) и другие культуры.

В исследуемом регионе биологизация земледелия и в частности применение сидеральных культур, имеет важное значение, поскольку приводит к увеличению продуктивности почвенного покрова, росту урожайности возделываемых культур без высоких экономических затрат и экологических последствий применения средств химизации. Отмечается стабилизация почвенного компонента. Например, согласно исследованиям В.П. Савенкова (2015), при комбинированной обработке с участием горчицы белой отмечается увеличение растительных остатков [175]. Внедрение занятого пара с донником в звено севооборота (вместо чистого) после озимой пшеницы увеличивало биопродуктивность, что отражено в исследованиях Д.А. Болучевского (2014) [12]. Увеличение биомассы растительных остатков отмечается в работах Б.А. Сотникова (2004) [184]. Применение сидеральных культур в ЦЧР является актуальным и перспективным способом увеличения биоразнообразия, биопродуктивности, а также сохраняет экологическое равновесие всей агроэкосистемы.

1.2 Влияние сидератов на агроэкологическое состояние почвенного покрова

Устойчивость агроценоза повышается и в результате дополнительного поступления растительных остатков сидератов, которые обогащены элементами минерального питания. Отрицательного эффекта при совместном выращивании многолетних бобовых культур с основными ресурсными не было выявлено.

В монографии А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, А.А. Дедова (2016) [56], приведены и научно обоснованы все положительные стороны сидерации с точки зрения агроэкологического состояния почвенного покрова ЦЧР. Многофункциональные задачи авторы сформулировали в 12 пунктах: 1) использование сидеральных культур в агроценозах повышает коэффициент полезного использования солнечной энергии; 2) сидераты препятствуют

возникновению и развитию водной и ветровой эрозии; 3) в результате сидерации происходит обогащение почвы доступными формами элементов минерального питания, а также повышение почвенного органического вещества; 4) зеленое удобрение способствует трансформации труднорастворимых соединений фосфора, калия, кальция, магния и ряда других элементов в более подвижные формы, что приводит к дополнительному вовлечению элементов минерального питания в биологический круговорот; 5) за счет развития мощной корневой системы многие сидеральные культуры способны подтягивать необходимые элементы для роста и развития растений из нижних почвенных горизонтов в верхние распахиваемые слои; 6) в результате использования сидеральных культур отмечается замедление процессов вымывания элементов питания промывными водами; 7) происходит улучшение физических показателей почв, а также оптимизация биологических и биохимических свойств почв; 8) сидеральные культуры являются отличными фитомелиорантами, поэтому широко используются при рекультивации загрязненных территорий и восстановлении почвенного покрова; 9) при ограниченном наборе культур в севообороте, внедрение сидеральных культур помогает решить проблему их чередования; 10) многие культуры используемые в качестве сидератов препятствуют интенсивному росту сорной растительности; 11) отмечается снижение фитопатогенной нагрузки и нейтрализация энтомологического воздействия на сельскохозяйственные культуры; 12) происходит рост урожайности сельскохозяйственных культур и повышение качества продукции.

А.А. Жученко выдвинул гипотезу адаптивной интенсификации растениеводства, (1990) [76], которая базируется на применении эколого-биологического подхода к ведению сельскохозяйственных мероприятий в агропроизводстве. Данная теория реализуется на всей территории РФ, в том числе и в пределах ЦЧР. При таком подходе агротехнические мероприятия разрабатываются и применяются с учетом ряда условий, с обязательным сохранением воспроизводства почвенного плодородия. Наиболее эффективным

мероприятием при адаптивной интенсификации растениеводства является внесение в почву свежего растительного материала сидеральных культур и пожнивных остатков. Эффективность внесения зеленого удобрения определяется в первую очередь биологическими особенностями возделываемых сидеральных культур. Кроме того, по данным А.В. Дедова (2010), ведущее значение принадлежит и особенностям технологического возделывания культур, от которого зависит урожайность зеленой массы [51].

Сидеральные культуры оказывают многогранное влияние на почвенный компонент и в первую очередь на режим влажности. В работе Н.И. Зезюкова и А.В. Дедова (1997), в наиболее сухие годы выявлено достоверное различие в запасах продуктивной влаги при различных видах паровых участков (черный и зеленый пар). Так, на черном пару уменьшение запасов влаги зафиксировано на 90 мм, а в паровых участках, занятых донником и рапсом – всего на 13 и 19 мм соответственно [80]. В работе А.Л. Тойгильдина (2018) [191] и А.В. Дедова, М.А. Несмеяновой, Л.А. Новиковой, А.А. Пушиной (2019) [60], приводятся достоверные данные по формированию дополнительных запасов продуктивной влаги в результате возделывания редьки масличной в метровой почвенной толщине. В своих исследованиях З.Е. Какежанова, Н.А. Рендов и А.Н. Кукушева (2022) отмечают увеличение запасов влаги в метровом слое под донником на 23,8% и связывают данное явление с увеличением водопроницаемости почвенных горизонтов за счет разрыхляющей деятельности корневой системы сидерата [100].

Важные результаты по влиянию сидерации на физические свойства почв, такие как плотность сложения, плотность твердой фазы, пористость, были получены А.Н. Мамоновым (2011). Им исследовалось влияние донника и фацелии в севообороты Саратовской области. В результате полученных данных А.Н. Мамонов подчеркивает, что выращивание донника белого однолетнего, донника желтого двулетнего, а также фацелии пижмолистной, приводит к улучшению физических почвенных свойств. Так, пористость почвы повышается до 59%, а плотность снижается на 4-9% [143].

Наиболее важным показателем, по которому судят о ценности сидеральной культуры – это масса органического вещества, которую производит выращиваемая культура. Растительная биомасса складывается не только из наземной части, в нее входит также масса корневых остатков. Данный показатель очень сильно зависит от биологических особенностей каждой конкретной культуры и значительно влияет на почвенное плодородие. Согласно многочисленным исследованиям А.В. Дедова по количеству массы, которую образуют сидераты ко времени заделки, растения располагаются в следующем убывающем ряду: донник > эспарцет > вика озимая > викоовсяная смесь > редька масличная > горчица сарептская > рапс яровой [51, 56-58].

Помимо биомассы растительной культуры, важное значение имеет скорость ее разложения. Следует отметить, что на интенсивность разложения оказывают сильное влияние почвенно-климатические условия. Биологические особенности каждой культуры также оказывают влияние, но согласно исследованиям в этой области достоверных различий в скорости разложения культур не было выявлено. При этом по данным А.В. Дедова (2010), биомасса донника и эспарцета разлагается интенсивнее, что согласно выводам автора, связано с особенностями их биохимического состава [51].

По мнению В.А. Семькина, Н.И. Картамышева, В.Ф. Мальцева (2009), заделанная на глубину зелёная масса сидерата обогащает почву органическим веществом, а также восполняет запасы минерального питания. Отмечается полное обеспечение микроорганизмов элементами минерального питания, органическим веществом и энергией [177]. Согласно исследованиям Е.В. Семинченко (2023) довольно высокий положительный баланс органического вещества отмечается при использовании донника, а также фацелии – (+2,22 т/га и +1,61 т/га соответственно) в качестве сидеральных культур [176].

В оказании влияния сидератов на образование гумуса нет единого мнения. Некоторые авторы считают – Н.А. Зеленский, (1997) [95], И.М. Карашук (1951, 1980) [102, 103], что происходит увеличение содержание гумуса в результате заделки зеленой биомассы. Другие исследователи – Н.И.

Зезюков, А.В. Дедов (1997) [80], Н.И. Зезюков, Н.И. Придворев, А.В. Дедов (1999) [85], напротив, подчеркивают, что сидерация активизирует деятельность микроорганизмов, которые в свою очередь усиливают минерализацию гумусовых веществ, что в конечном итоге приводит к его уменьшению.

А.В. Зеленев, О.Г. Чамурлиев и П.А. Смутнев (2021), отмечают положительную роль донника в качестве увеличения почвенного плодородия, которое отмечается за счет возврата органического вещества и элементов минерального питания в почвенный компонент. Их исследования свидетельствуют о повышении урожайности озимой ржи и пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья без внесения минеральных удобрений [88].

В работе З.Е. Какежановой, Н.А. Рендова и А.Н. Кукушевой (2022) приводятся данные, что при выращивании донника в качестве сидеральной культуры отмечается накопление гумуса (по сравнению с контрольным вариантом) на 0,1-0,3% в слое 0-20 см и на 0,8-1,0% в слое 20-40 см [100].

По мнению А.В. Дедова, Н.А. Драчева (2010), сидерация не оказывает достоверного влияния на динамику в содержании гумуса [51], но при этом отмечается тенденция к увеличению водорастворимого и щелочнорастворимого гумуса, которые являются так называемыми резервами для дальнейшего новообразования гумуса. Вопрос влияния сидератов на количество гумуса остается наиболее спорным и нуждается в более детальном исследовании.

Велика роль сидерации при оптимизации элементов минерального питания, поскольку практически все сидеральные культуры вовлекают в биологический круговорот дополнительные количества питательных элементов из более глубоких почвенных горизонтов, переводят фосфор, калий и кальций в более подвижные и доступные формы. Следует подчеркнуть огромную роль бобовых культур в фиксации атмосферного азота и переводе его в формы доступные для питания растений. По мнению А.А. Новикова, О.П. Кисарова (2012) [155], И.В. Русаковой (2013) [174], количество фиксируемого атмосферного азота в десять раз выше на занятом сидератами пару, по сравнению с черным паром. Согласно данным А.В. Дедова, Н.А. Драчева (2010)

[51], с растительными остатками донника в почву поступает 249 кг/га азота, 41 кг/га фосфора и 134 кг/га калия; эспарцета – 185, 35, 98 кг/га; озимой вики – 154, 26, 77 кг/га; редьки масличной – 113, 20, 62 кг/га; горчицы сарептской – 107, 17, 54 кг/га; рапса ярового – 83, 14, 44 кг/га; викоовсяной смеси – 97, 17, 57 кг/га соответственно. О положительном балансе элементов минерального питания в результате применения донника и фацелии в качестве сидератов пишет Е.В. Семинченко (2023) [176]. Согласно исследованиям В.Н. Титова и А.Н. Мамонова (2011, 2013) [143, 188, 189], отмечается усиление нитрификационной способности почвы. Происходит увеличение подвижных и доступных для питания растений форм фосфора на 2% под посевами донника желтого и на 47% под посевами фацелии пижмолистной.

По данным А.А. Новикова, О.П. Кисарова (2012) [155], И.В. Русаковой (2013) [174], внедрение в севооборот сидеральной культуры, вместо пара приводит к восполнению основных элементов минерального питания. Сидераты дополнительно вносят в почву 140-170 кг/га минеральных элементов. По данным З.Е. Какежановой, Н.А. Рендова и А.Н. Кукушевой (2022) по сравнению с контролем, на участке занятом сидеральной культурой (донником) в 0-20 см слое почв отмечается повышение элементов питания – азота от 9,4 до 24,3 %, фосфора от 11,5 до 31,1 %, калия от 21,2 до 56,4 % [100].

Отмечается положительное влияние сидерации на показатели кислотности-щелочности почв. Так, в работах В.Н. Титова и А.Н. Мамонова (2011, 2013), описано снижение щелочности почвы в результате выращивания донника желтого и белого, а также фацелии пижмолистной на щелочных почвах Саратовской области [188, 189].

Выращивание донника влияет на такой важный показатель, как гидролитическая кислотность. Довольно мощная корневая система растения выделяет угольную кислоту, которая способствует растворению карбоната кальция нижних слоев черноземов. Далее происходит усвоение кальция растительным организмом, а в процессе заделки, кальций поступает в

почвенный раствор и вытесняет обменный водород гидролитической кислотности из почвенно-поглощающего комплекса.

Агроэкологическое значение сидеральных культур оценивается не только их положительным действием на почвенный покров, следует подчеркнуть и такое их свойство как медопродуктивность. Высокие показатели характерны для фацелии.

При современном уровне развития техногенеза следует помнить о возможности фитомелиорации загрязненных территорий, путем использования некоторых сидеральных культур. Кроме того, важное значение имеет применение сидератов с точки зрения охраны почвенного покрова от постоянных эрозионных явлений и дефляции, интенсивно протекающих в ЦЧР [29].

Фацелию пижмолистную рекомендуется использовать в качестве зеленого удобрения или сидерата. Для обогащения почвенного компонента органическим веществом и азотом, а также другими элементами минерального питания, свежую растительную массу запахивают в почву. Следует подчеркнуть, что при заделке сидеральных культур полностью исключаются потери накопленного в них азота. Зеленое удобрение в почве разлагается значительно быстрее, чем другие органические удобрения, богатые клетчаткой. Помимо увеличения содержания азота и органического вещества, внесение фацелии в качестве сидерата стабилизирует почвенную кислотность, увеличивает буферность, повышает емкость поглощения. Заделка на глубину зеленой массы растения улучшает агрегатное и структурное состояние почвы, снижается объемная масса пахотного слоя, уменьшается ее плотность сложения.

Возделывание сидератов усиливает активность почвенной микрофлоры, а при внесении их в качестве зеленого удобрения создаются оптимальные условия для микрофлоры почвенного компонента. По мнению В.Г. Лошакова и согласно его исследованиям (1980, 2003, 2007, 2012, 2013, 2016) [133-139], сидеральные культуры выполняют фитосанитарную роль за счет уменьшения

засоренности полей. Отмечается увеличение экологически чистой продукции не подверженной различным заболеваниям. Фацелия также выполняет фитосанитарную роль, поскольку снижает засоренность посевов.

Следует подчеркнуть ценные качества применения сидеральных культур в качестве предшественников, как для зерновых культур, так и для технических. Исследованиями А.Н. Мамонова установлено, что фацелия пижмолистная, донник белый и желтый являются отличными предшественниками для ценных зерновых культур, происходит увеличение их урожайности на 20-31%, рост урожайности технических культур составляет 6-17% [143]. В целом применение зеленого удобрения оптимизирует физические, химические, физико-химические, микробиологические свойства почвенного компонента, повышает плодородие почвы, увеличивает биологическую продуктивность агроэкосистем. В.Г. Лошаков (1980, 2003, 2007, 2012, 2013, 2016) также подчеркивает, что применение сидерата способствует повышению продуктивности почв. Отмечает положительное влияние на рост, развитие, урожайность сельскохозяйственных культур. Зеленое удобрение повышает продуктивность агроэкосистем [133-139].

Таким образом, сидерация повышает биоэнергетический потенциал почвенного компонента. Отмечается регулярное обогащение почвы доступными для питания растений формами азота, фосфора, калия. В среднем с одного гектара пашни в почвенный покров поступает около 50 тонн зеленого удобрения, которое содержит 150-200 кг азота. При заделке зелёного удобрения на глубину корнеобитаемого слоя, полностью исключается потеря накопленного азота в атмосферу. Отмечается обогащение почвенного профиля органическим веществом и гумусом. Сидераты, заделанные на глубину значительно быстрее разлагаются, по сравнению с другими органическими удобрениями. Зелёное удобрение нормализует почвенную кислотность, снижает подвижность обменного алюминия, повышает ёмкость поглощения и буферную способность почв. Внесение зелёного удобрения приводит к улучшению структуры почвы, уменьшению объёмной массы пахотного слоя и

плотности сложения почвы. Происходит улучшение физических и водно-физических свойств почвы, агрохимических и физико-химических показателей. Отмечается рост микробиологической активности ещё в период роста сидеральных культур, а при их заделке на глубину создаются лучшие условия для почвенной микрофлоры. Усиливается биологическая активность и активизация почвенной микрофлоры. Сидерация положительно влияет на экологическое состояние агрофитоценозов, поскольку довольно часто в агроэкосистемах фиксируется загрязнение, связанное с химизацией сельского хозяйства. На паровых участках, не занятых растениями, отмечаются процессы повседневной ветровой эрозии, увеличивается риск смыва с поверхностными водами как почвенных частиц, так и основных элементов минерального питания, потеря органического вещества и гумуса. Применение сидератов препятствует развитию эрозионных процессов, при этом по многим показателям отмечается повышение устойчивости почвенного компонента и продуктивности агроэкосистем. Сидераты препятствуют развитию сорной растительности, уменьшают засорённость полей, тем самым выполняют фитосанитарную роль.

1.3 Мёдопродуктивность сидератов, как показатель биологического ресурса

По мнению В.И. Кулакова (2007, 2011, 2012), мёдопродуктивность основных медоносных культур, например, гречихи, эспарцета, подсолнечника, рапса, горчицы определяется в большей степени почвенно-климатическими условиями, в меньшей степени количеством пчел, опыляющих растения. При этом, у гречихи при повышении температуры пыльца становится горькой, что сильно отпугивает насекомых. Следовательно, возникает необходимость поиска такой культуры, которую можно было бы высевать в разные сроки, с длительным периодом цветения, и чтобы цветение ее совпадало с возможными

перерывами во взятке перечисленных выше основных мёдоносных культур – то есть позволяла создать стабильный «конвейер» [123-127].

Довольно высокая мёдопродуктивность характерна для горчицы белой [119, 202]. Исследованиями Н.И. Велковой (2004) доказано целесообразность создания цветочно-нектарного конвейера с применением различных посевов горчицы белой в период с 1 мая по 20 июня [21].

По мнению А.И. Дмитриченко (2010), морфологические признаки фацелии позволяют отнести ее к группе полускрыто-нектарниковых растений [63]. Э.П. Нарчук, Л. Я. Морева (2016) отмечают, что фацелия – это прежде всего нектаропродуктивное и мёдопродуктивное растение, а только потом ценная сидеральная культура и компостное растение [148]. Мёдопродуктивность фацелии является важной особенностью растения, используя данное свойство можно успешно развивать пчеловодство и получать товарную продукцию высокого качества.

Численность цветков часто определяется климатическими показателями и условиями агротехники [79], при оптимально складывающихся показателях их количество может достигать 1000 млн. штук на один гектар. При неблагоприятных климатических условиях и низком уровне агротехники, количество цветком сокращается более чем в половину опускаясь ниже 250 млн. штук [120]. Продолжительность жизни каждого отдельного цветка составляет около двух дней, в течение которых он способен производить от 1 до 5 мг нектара, с довольно высоким содержанием сахара до 60%. Согласно исследованиям, проводимым Р.А. Зариповым и М.М. Акчуриным (2004), количество цветков фацелии на единицу площади посева определяет ее мёдопродуктивность, которая может достигать 200-300 кг/га [78]. Пчёлы посещают цветки в течение всего дня, собирая нектар и пыльцу.

А.И. Дмитриченко (2010) была выявлена закономерность оптимального пространственного размещения фацелии с учетом географической широты для усиления нектаропродуктивности и мёдопродуктивности культуры. В средних широтах размещение рядков сидерата с запада на восток является оптимальной,

такая ориентация позволяет увеличить выделение сахара до 40,1 мг, а при размещении рядков с юга на север выделение сахара не превышает 24,0 мг. Размещение фацелии с запада на восток в умеренных широтах позволяет не затенять растения друг другом. Исследованиями этого же института было установлено, что в южных регионах России, рядки посевов следует размещать с юга на север. Такое размещение будет увеличивать нектаропродуктивность, поскольку растения в полуденные часы способны защищать друг друга от перегрева [63].

На улучшение агротехники фацелия отвечает увеличением нектаровыделения, а, следовательно, и интенсивностью посещаемости её пчелами [167, 186, 202]. В частности, эти свойства усиливаются при удобрении фацелии. Опытами доказано, что на делянках, где был внесен суперфосфат под фацелию, цветков на растениях было почти в 2 раза больше, чем на делянках без удобрения. Такие же резкие колебания наблюдались и в мёдосборах. На делянках с фосфорнокислым удобрением повышение мёдосбора у фацелии достигло почти 92%. Внесение калийной соли также повысило мёдосбор на 77,4% против неудобрённой делянки. Урожай семян фацелии на удобренных делянках также оказался выше [126]. Азот оказывает сильное влияние на рост растений и одновременное угнетение секреции нектара. На бедных подзолистых почвах при возделывании фацелии рекомендовано внесение 0,5-1 ц/га аммиачной селитры, что приводит к увеличению числа цветков на 28-42% и количества нектара – на 11-24%. Повышение сборов нектара достигается за счет увеличения числа цветков. При этом количество нектара в пересчете на число цветков в результате уменьшилось. В полевых опытах с фацелией установлено значительное повышение нектаропродуктивности и урожая семян при внесении полного удобрения на 133,1% [126]. Для повышения мёдопродуктивности фацелии оптимально внести в расчете на 1 га 2 ц суперфосфата, 0,5-0,7 ц калийной соли и столько же аммиачной селитры. Установлено также, что внесение 135 кг фосфора и 90 кг калия на 1 га повышает нектаропродуктивность растений на 77-91% [126]. Предпосевная

обработка семян фацелии микроэлементом бором повышает продуктивность цветов более чем на 20%. Ресурсный потенциал фацелии определяется, прежде всего, ее нектаропродуктивностью. Некоторые авторы, подчеркивают, что возделывание фацелии определяется исключительно целями мёдопроизводства, так большой вклад по оценке производства нектара на территории РФ внес В.Н. Кулаков (2007, 2011, 2012), им исследованы как сельскохозяйственные культуры, так и дикорастущие растения с точки зрения мёдопродуктивности для каждого региона РФ [123-127]. Согласно его исследованиям, 86% нектара получается с естественных агроценозов и только 14% продуцируется агроэкосистемами. При этом нектар агрофитоценозов более доступен, поскольку обеспечивается транспортной инфраструктурой. Поэтому внедрение энтомофильных культур позволяет увеличить мёдопродуктивность в десятки раз. Если рассматривать основные нектаропродуцирующие культуры - подсолнечник и гречиху, то площади последней постоянно сокращаются. А бессменное возделывание подсолнечника приводит к почвоутомлению и деградации почвенного покрова. А.Н. Мамонтов отмечает, что мёдопродуктивность зависит от вида растений, а также определяется режимом их возделывания. Так, мёдопродуктивность донника белого однолетнего составляет 70 кг/га, при условии заделки его посевов в начале цветения. У донника желтого мёдопродуктивность увеличивается до 78 кг/га, при аналогичном периоде скашивания и заделки, а у фацелии пижмолистной при заделке вначале цветения – 92 кг/га, но этот показатель в 3,0-3,3 раза меньше, чем при скашивании и заделке в фазу начала созревания семян. По данным А.Н. Мамонтова максимальная мёдопродуктивность (255 кг/га) отмечается на посевах фацелии пижмолистной при её скашивании в фазу созревания семян [143], но в этот период растение начинает терять высокие качества сидеральной культуры.

Таким образом, актуальным является нахождение временного оптимума в реализации медоносного биологического ресурса культуры и использования фацелии в качестве сидерального удобрения в сельскохозяйственных экосистемах конкретного региона со своими агроклиматическими показателями.

1.4 Использование фацелии в сельскохозяйственных экосистемах

Фацелия пижмолистная или рябинколистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) относится к семейству Водолистниковых (*Hydrophyllaceae* R. Br.), которое насчитывает 20 родов и 300 видов [7], среди них только 2 распространены в России и один – пижмолистная или рябинколистная нашли практическое применение [196]. Высокая мёдопродуктивность сидерата была известна давно, и начала использоваться уже с конца XIX века [110]. Растение фацелии обладает хорошими почвенно-экологическими характеристиками и неприхотливостью, что позволяет культуре произрастать в широком ареале от Крайнего севера до сухих солнчаковых степей. Неприхотливость растения проявляется также в устойчивости к болезням, вредителям, а также заморозкам. Описанные характеристики культуры позволяют внедрять фацелию пижмолистную практически во все севообороты, с любым уровнем агротехники. Все это определяет культуру как ценный сидерат. Помимо внедрения фацелии в севообороты в качестве мёдоноса и сидерата, растение используют для создания компостов, а также выращивают как декоративное растение в ландшафтном проектировании и фитодизайне.

Мёдоностность фацелии определяется морфологическим строением многочисленных актиноморфных цветков растения [208], которые практически «сидят» на цветоножках. Цветки правильные на коротких цветоножках или почти сидячие, собраны в густые или редкие, колосовидные соцветия, околоцветник – двойной пятичленный. Венчик имеет колокольчатовидную форму (иногда колокольчато-трубчатую или почти колосовидную), около 7-8 мм, часто окрашен в синий цвет (но встречаются белые, желтые, розовые, фиолетовые тона) [195]. Пять длинных тычинок цветка хорошо выступают из венчика. Цвет пылевой обножки темно-фиолетовый. Пыльцевые зерна имеют форму близкую к шаровидной, немного вытянутую – широкоэллипсоидальную, иногда шаровидно-сплюснутую (шестибороздные). Зерна покрыты оболочкой с внутреннего слоя (интина) и внешнего слоя (экзина). Окраска пыльцы бледно-

голубая. Трубочка венчика содержит 10 чешуевидных придатков, попарно распределенных в промежутках между основаниями тычиночных нитей. Пестик раздвоенный, по две семяпочки расположены на каждом семеносце [7]. В соцветие входят 4-6-9 завитков, их количество определяется размером ветки, на котором расположено соцветие, чем она крупнее, тем больше завитков. Стебель или главная ось фацелии заканчивается наиболее крупными цветками, данное соцветие имеет до 11 завитков, количество цветков достигает 70, при этом в соцветиях на боковых ветвях количество цветков не более 40-50 [17]. Количество развитых цветков фацелии определяется способом посева: при широкорядном – до 930-1400 цветков, при сплошном всего 130-180 [63]. Плод – четырехсемянная волосистая коробочка на верхушке яйцевидной формы, которая раскрывается двумя створками. В 1 грамме может содержаться около 700 семян [7].

Вокруг основания верхней завязи цветка, расположена кольцевидная железа, вырабатывающая нектар, который скапливается на дне колокольчато-воронковидной трубочки венчика. За счет такого расположения, а также из-за продолговатости трубочки венчика, нектар прекрасно защищен от высыхания. При этом нектаропродуктивность цветков отзывчива на влажность. Так, активному выделению нектара, способствуют умеренные осадки и температура воздуха 25-28°C [188].

В среднем для фацелии пижмолистной характерны следующие фазы роста и развития: набухание семян протекает 1-3 дня; прорастание 5-12 дней (определяется содержанием продуктивной влаги); всходы 4-10 дней; первая пара настоящих листьев протекает 2-3 дня, ветвление 30-35 дней; бутонизация 20-45 дней; цветение 30-60 дней; спелость 10-15 дней; полное созревание 7-10 дней. Цветение фацелии начинается через 35-40 и даже 60 дней после посева и определяется, прежде всего, ее сортом. Продолжительность цветения достигает 1,5-2 месяца. Через 1-2 недели от начала цветения отмечается массовое цветение. На протяжении 11 дней интенсивность цветения фацелии удерживается на высоком уровне. Цветки фацелии раскрываются с 6 утра и

остаются открытыми до 20 часов, наиболее интенсивное цветение характерно для второй половины дня. Раскрывание цветков в соцветии происходит снизу-вверх. При этом завиток постепенно выпрямляется, в фазу полного цветения в нем одновременно бывает открыто от 3 до 7 цветков [18].

Фацелия пижмолистная является теневыносливой культурой, она способна произрастать и цвести в полутени, и под кронами деревьев. Для нее характерно довольно быстрое наращивание зеленой массы. Следует отметить, что при сильном затенении, фацелия развивает меньше количество цветков [19]. К почвенно-экологическим условиям фацелия не предъявляет повышенных требований. Она произрастает на почвах различного гранулометрического состава, с различным содержанием гумуса, органического вещества и элементов минерального питания. Культура не требовательна и к влаге, способна переносить продолжительную засуху [158, 178].

Фацелия имеет прямостоячий стебель, достигающий в высоту до 90 см, интенсивность роста стеблей определяется почвенно-климатическими условиями. Несмотря на интенсивность роста, для стеблей характерна высокая хрупкость. Хрупкость стеблей является ценным качеством при их измельчении и внесении их в почву. На стеблях расположены листья в очередном положении, почти сидячие, короткочерешковые, перисторассеченные или непарноперистые, длиной от 2 до 12 см, шириной от 1,5 до 6 иногда до 8 см. Листья и стебли покрыты жесткими волосками. Главный стебель содержит до 20 боковых ветвей с веточками второго порядка [7].

Физиологической особенностью культуры является устойчивость к заморозкам, фацелия способна переносить температуры до -9°C . Прорастание семян наступает при $3-4^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем потеплении будет продолжаться рост растения, при температуре $8-10^{\circ}\text{C}$ отмечаются дружные всходы. Осенью, после продолжительных низких ночных температур фацелия снижает свою нектаропродуктивность [7, 158].

Фацелия имеет тонкую и поверхностную корневую систему, однако в плотно стоящем посеве придает почве отличную спелость и подавляет развитие сорняков. Не повреждается вредителями и болезнями [178].

В целом, как отмечалось выше, фацелия не требовательна к почвам, ее выращивают на супесчаных, суглинистых черноземах, торфяниках, можно высевать на пустырях и неудобьях. При общей тенденции, наибольшая мёдопродуктивность отмечается при возделывании ее на черноземах и составляет около 350 кг, в то время как на дерново-подзолистых почвах – 100-150 кг/га. На бедных, а также на тяжелых заплывающих почвах фацелия развивается слабо, бывает низкорослой, с меньшим количеством боковых ветвей и цветков. В таких случаях пчелами она не опыляется. Фацелия так же плохо растет на солончаках [178, 179].

Фацелия имеет довольно мелкие семена, поэтому с целью получения одновременных и равномерных всходов, А.И. Дмитриченко (2010), рекомендует до посева, а также после высева почву прикатывать катками [63]. Согласно исследованиям Р.А. Зарипова и М.М. Акчурина (2004), при влажной погоде, всходы появляются в среднем на 8 день, если погода засушливая, то через 2 недели [78]. Всходы очень нежны, с сорной растительностью справляются слабо.

Фацелию можно культивировать на особых участках вблизи пасек или же в смешанных посевах с культурными растениями, а также в междурядьях сада. В полях ее можно высевать также в паровом поле севооборота на таких участках, которые будут засеяны лишь весной будущего года и между пропашными растениями. Под фацелию можно занимать и неудобья, на которых она не перестает быть богатым мёдоносом. В.Г. Кашковский указывает, что опыт возделывания фацелии в Кемеровской области показал, что посевы ранних сроков выделяют нектар от 300 до 500 кг/га, поздних сроков – от 0 до 17 кг/га, что определяет целесообразность посева в ранние сроки.

Если посеять её в смеси с горохом и другими бобовыми, резко снижается численность гороховой и фасолевой зерновки, тли, клубеньковых долгоносиков

и других врагов урожая. Её нектар привлекает многих энтомофагов, уничтожающих плодовых, листоверток, яблоневого цветоеда и других вредителей садовых и огородных культур. От соседства с фацелией гибнут саранча, почвенные нематоды, поражающие картофель и корнеплоды, уходит проволочник. После посева фацелии на оздоровленной, обогащенной органикой, улучшенной почве можно 2-3 года без хлопот и без химической защиты выращивать урожаи овощей и картофеля, ягодники. Наконец, фацелия нормализует почвенную реакцию, активно уничтожает мокрицу, другие однолетние сорняки [178].

Фацелия довольно быстро растет, а способность растения противостоять заморозкам и развиваться даже при температуре -5 -7°C используется для многократного посева культуры за сезон. Начинать посев фацелии можно уже с середины апреля. Таким образом в средней полосе количество высевов может достигать трех.

Рекомендуется применение фацелии пижмолистной в пожнивных и поукосных посевах, а также включение ее в производство кормов. Ценность фацелии в качестве сидеральной культуры заключается в ее способности активно подавлять рост сорной растительности, важно, что культура мало подвержена действию болезней и вредителей. Важной особенностью при этом является высокая засухоустойчивость культуры, что, по мнению В.Н. Титова и А.Н. Мамонова (2011) крайне важно для засушливых регионов [188]. При этом фацелия задерживает влагу, как в пахотном слое, так и в метровой толще почвы. По мнению А.В. Дедова и М.А. Несмеяновой (2022) сидерация приводит к нормализации уровня pH почвенного компонента [54], что подтверждается и нашими исследованиями [159]. Ряд исследователей: Е.В. Думачева, В.И. Чернявских, О.В. Воробьева, А.А. Горбачева (2017) [69], В.И. Чернявских, Е.В. Думачева, Е.С. Бойко (2018) [195], В.И. Чернявских, Е.В. Думачева (2018) [196] отмечают, что внедрение фацелии в севообороты приводит к повышению плодородия почв, росту урожайности агроценоза и повышению биопродуктивности агроэкосистем.

В целом, фацелия пижмолистная является культурой многопланового использования – это и специализированный мёдонос, и сидерат и кормовая культура. Ресурсный потенциал фацелии определяется в том числе и её мёдоносностью. Исходя из ценных морфо-биологических особенностей культуры по мнению В.В. Коноплева, В.И. Чернявских, Е.В. Думачевой, Т.В. Польщиковой, Д.В. Думачева (2021) [113], фацелию можно рекомендовать как ценную кормовую бузу. E.V. Dumacheva, V. I. Cherniavskih, V. K. Tokhtar, L. A. Tokhtar, T. A. Pogrebnyak, E. N. Horolskaya, A. A. Gorbacheva, O. V. Vorobyova, T. N. Glubsheva, E. I. Markova, S. V. Filatov (2017) [208] рекомендуют фацелию в качестве декоративного растения, которое в настоящее время широко применяется в почвенно-ландшафтном проектировании, фитодизайне и многообразных архитектурных решениях. Рядом исследований подчеркивается экологическая роль фацелии, по данным В.В. Коноплева, В.И. Чернявских, Е.В. Думачевой, Т.В. Польщиковой, Д.В. Думачева (2021) [113] зелёная масса фацелии накапливает в вегетативных органах тяжелые металлы, кроме того, грамотно размещенные кусты растения способны снижать шум, а также оптимизировать ионный состав воздуха.

Согласно исследованиям В.И. Дмитриева (1982) [62], которые потом подтверждались публикациями E.V. Dumacheva, V.I. Cherniavskih (2013) [209], E.V. Dumacheva, V.I. Cherniavskih, E.I. Markova, T.B. Klimova, E.V. Vishnevskaya (2015) [210], фацелию можно отнести к высокоперспективной кормовой культуре, поскольку зеленая масса растения содержит высокое количество белка – от 17,97 до 21,84 %, жира – от 2,18 до 2,88 %, растворимых углеводов – от 39,85 до 42,54 %. При общей урожайности зеленой массы от 160,3 до 341,0 ц/га, а сухого вещества – от 34,48 до 42,19 ц/га. Еще в прошлом веке разработана эффективная технология подготовки сенажа, а также гранулированных кормов из фацелии.

Все описанные положительные качества фацелии показывают ее ценность при внедрении в сельскохозяйственное производство, включение культуры в севообороты с широким спектром применения от кормовой

культуры, до отличного сидерата (зелёного удобрения) и прекрасной мёдоностной культуры. Внедрение фацелии будет благоприятно сказываться на росте биологической продуктивности агроэкосистем. При этом культура не является широко распространенной в ЦЧР, в том числе и в Воронежской области, что затрудняет и сдерживает повсеместное внедрение ее в сельскохозяйственное производство. В ЦЧР биологический ресурс фацелии является слабо изученным.

Биологический подход в ведении земледелия (биологизация) и внедрение сидеральных культур, как ведущего метода данного подхода способны решить ряд вопросов экономического и почвенно-экологического характера. Сидеральные культуры (в том числе и фацелия), повышают запасы продуктивной влаги, улучшают физические, водно-физические свойства почв. Отмечается улучшение в показателях качественного и количественного состава органического вещества почв. Происходит рост элементов минерального питания растений. В целом, сидерация улучшает агрохимические свойства черноземов ЦЧР. Описанные положительные изменения приводят к повышению биопродуктивности агрофитоценозов и улучшению их биологического потенциала. Введение сидеральных культур, в том числе и фацелии пажитниковидной, в севообороты в ЦЧР позволит применить биологический подход для реализации эколого-адаптивных принципов. Данный подход позволит решить главный вопрос воспроизводства почвенного плодородия – максимальное использование ресурсов при минимальном экологическом ущербе.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объекты исследования

2.1.1 Административно-территориальная характеристика Каширского района. Климат

Изучение биологического ресурса фацелии проводилось в агроклиматических и почвенных условиях сельскохозяйственного предприятия Каширского района Воронежской области.

Каширский район как административно-территориальная единица располагается в центрально-северо-западной части Воронежской области на левобережье реки Дон и территориально занимает около 1060 (1061) м² площади. Каширский район граничит с Новоусманским, Панинским, Бобровским, Лискинским, Острогоржским, Хохольским муниципальными районами, с городским округом город Нововоронеж, с севера примыкает к границе областного центра. Административным центром района является село Каширское. В составе муниципального района выделяются 14 сельских поселений с 30 населенными пунктами. Географические координаты района: 51,2430 N°, 39,3530 E° [203].

Климат района исследования складывается из данных солнечной радиации, режима тепла и влажности, количества осадков, интенсивности и направления ветра. Территория Каширского района расположена в центрально-северо-западной части Воронежской области, которая занимает умеренный климатический пояс и теплый климатический район. Следует отметить, что изучаемая территория входит в климатическую зону западного лесостепного района. Территория характеризуется следующими показателями: средняя температура самого холодного месяца (средне январская) – составляет -9,5°C, самого теплого (средне июльская) +19,5°C. Среднегодовая температура воздуха +5,6°C. Продолжительность вегетационного периода с температурой, превышающей 10°C составляет 155-160 дней. Сумма активных температур

колеблется в пределах 2527°С до 2600°С. Среднегодовое количество осадков составляет около 530-550 мм, большая часть которых (до 70%) выпадает в теплое время в период с апреля по октябрь. Коэффициент увлажнения равен 1,2 [203].

Известно, что по мере продвижения с северо-запада на юго-восток исходный умеренно континентальный климат усиливает свою континентальность. Климат Каширского района умеренно-континентальный. Летний период довольно жаркий и засушливый, зимний период умеренно-холодный с характерными оттепелями. Территория Воронежской области и Каширского района находится преимущественно под влиянием умеренной воздушной массы западного переноса. А на общее формирование климата влияют умеренные, тропические и арктические воздушные массы. Солнечная радиация представляет собой основной источник энергии, который влияет на атмосферные процессы. Длительность периода с положительным радиационным балансом около 8 месяцев, зимой он имеет отрицательные значения и в среднем составляет -40 МДж/м² (с минимумов в декабре). Максимум приходится на июнь и составляет 320 МДж/м².

Безморозный период составляет около 150 дней. Снежный покров формируется в конце ноября, начале декабря (иногда поверхность остается без снега до середины января), его высота в среднем не превышает 25 см. При этом почва промерзает на глубину до 50 см [203]. Снежный покров неустойчив, который при наступлении ранней весны быстро сходит, что приводит к регулярным суховеям, сопровождающимися процессами дефляции [29].

На фоне описанных среднемноголетних показателей всегда существуют выходы за норму. Поэтому необходимо привести данные по исследуемым годам и дать им характеристику. Агрометеорологический обзор за исследуемый период (январь 2020 г. - декабрь 2023 г.):

Исследуемый период с 2020 по 2023 сельскохозяйственные годы характеризуется переменной погодой. Средняя температура воздуха за весь период составила +8,5°С при средней норме +5,6°С. Самая максимальная

температура достигала +38,5°C (7 июля 2020 года). В 2021 году температурный максимум был зафиксирован 25 июня и составил +37,9°C, в 2022 – +35,7°C (7 июля), в 2023 – +35,8°C (19 августа). Средняя температура самого теплого месяца (июля) 2020 и 2021 годов составила +21,7°C (приложение 1) и +23,9°C (приложение 2) соответственно, в 2022 и 2023 году температура достигла показаний +23,3°C (приложение 3) и +21,4°C (приложение 4) в августе. За весь исследуемый период с 2020 по 2023 гг., средняя максимальная температура характерна для августа, которая составила 22,15°C (таблица 1). Положительные температуры, как максимальные значения, так и средние по месяцам превышают норму для исследуемого региона. Тенденция аридизации климатических показателей приводит к потере запасов продуктивной влаги, длительным засухам, что в свою очередь снижает урожайность агроценозов, отмечается снижение биопродуктивности агроэкосистем.

Таблица 1 – Средние показатели температуры воздуха и осадков за период с 2020 по 2023 год

Температура по месяцам	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Средняя t °C	-3,93	-3,71	1,67	9,03	13,94	19,99	21,74	22,15	14,4	9,39	1,61	-4,3
Среднее значение температуры за исследуемый период 8,5 °C												
Осадки по месяцам, мм	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Среднее значение	43,75	50,75	34,25	45,25	50,25	66,5	49,5	16,5	44,3	40	67	68,5
Среднее значение осадков за исследуемый период 577 мм												

Среднее минимальное значение отрицательных температур за исследуемый период составляет -4,3°C (таблица 1). Абсолютный минимум - 22,5°C был зафиксирован 7 января 2023 года. В 2020 году минимальные показания температуры -11°C зафиксированы 8 февраля, в 2021 году – -21,5°C 19 января, в 2022 году – -15,2°C 13 января. Среднегодовые показатели

отрицательных температур свидетельствуют, что самый холодный месяц 2020 года – декабрь (приложение 1), его средняя температура составляет $-5,31^{\circ}\text{C}$, самый холодный месяц 2021 года – февраль $-8,32^{\circ}\text{C}$ (приложение 2), а в 2022 и 2023 гг. самым холодным месяцем был январь с температурами $-5,34^{\circ}\text{C}$ и $-5,82^{\circ}\text{C}$ соответственно (приложение 4). Сумма отрицательных температур находится в пределах нормы, обращает на себя внимание смещение самого холодного месяца 2020 г. на декабрь. При относительно неустойчивом снежном покрове, толщина которого еще не соответствовала норме, произошло резкое и довольно сильное похолодание.

Температурный режим оказывает прямое влияние на интенсивность и скорость биологических и биохимических процессов, которые протекают как в почвенном покрове, так и на его поверхности, обусловленных главным образом солнечным светом и теплом. Кроме того, температура довольно часто определяет интенсивность всходов, рост и развитие растений. Согласно полученным данным, в период наблюдения наиболее теплым был 2020 год (рисунок 1).

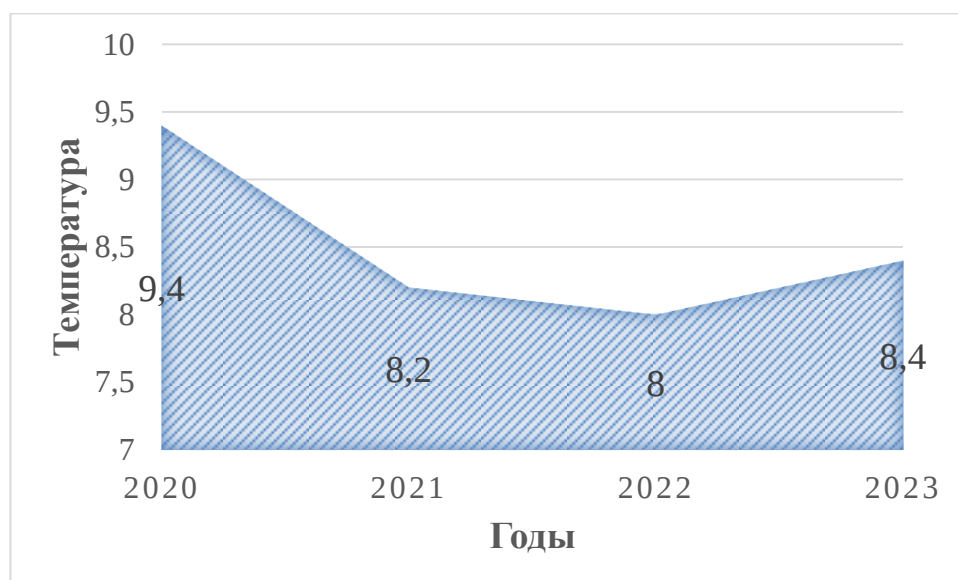


Рисунок 1 –Динамика колебания среднегодовой температуры
за 2020-2023 годы

Весь исследуемый период с 2020 по 2023 годы характеризуется превышением температуры относительно принятой среднегодовой нормы. При рассмотрении развития растений необходимо учитывать не только температурный режим. Положительная тенденция в росте и развитии растений отмечается при сочетании оптимального температурного режима и достаточного количества осадков. По нашим данным наиболее влажным был 2021 год, в течении которого выпало 634 мм осадков (рисунок 2). В 2022 году отмечается снижение их общего количества до 553 мм, а 2023 год характеризуется минимальным показателем количества увлажнения, который составил 548 мм, что является ниже нормы (550 мм) для Каширского района Воронежской области.

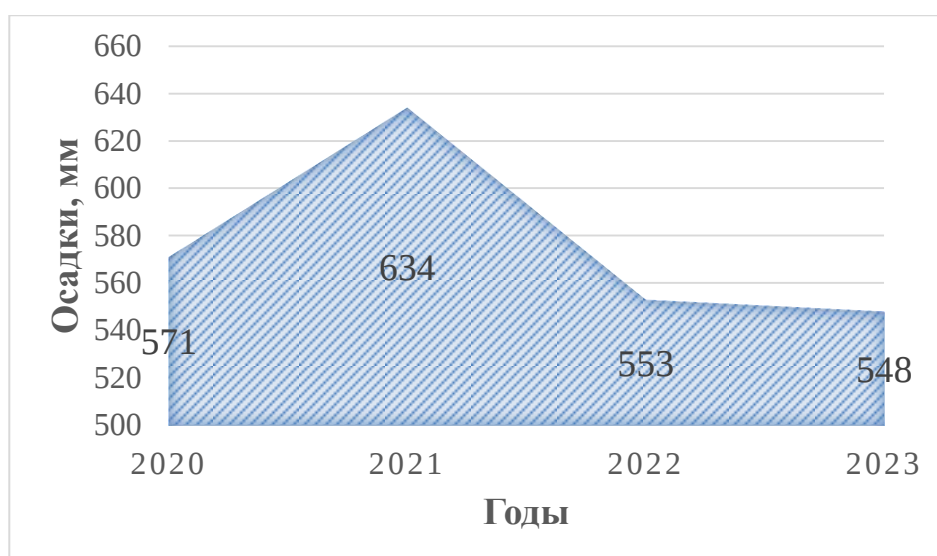


Рисунок 2 –Динамика выпавших осадков за 2020-2023 годы

Следует подчеркнуть, что территория Каширского района Воронежской области характеризуются неравномерностью выпадения осадков по сезонам [203]. Согласно нашим данным, распределение осадков по месяцам довольно неравномерное и засушливые периоды чередуются с периодами обильного выпадения осадков. Абсолютный минимум осадков был зафиксирован в сентябре 2020 года и составил 3 мм (приложение 1). Максимальное количество осадков было зафиксировано в декабре 2022 года (приложение 3).

Важное значение в температурном режиме имеют зимние оттепели, во время которых снежный покров может насыщаться влагой. При довольно длительном повышении температуры влага может поступать в почвенный профиль, если есть сток, то уходить за пределы склона. Так в период с 28 декабря 2022 года по 4 января 2023 года отмечалась оттепель с продолжительным периодом положительных температур, максимальная составляла $+5^{\circ}\text{C}$. В целом, для исследуемого региона наличие положительных температур в зимнее время является нормальным.

Еще одна важная характеристика – присутствие осенних и весенних заморозков, когда снежный покров либо еще, либо уже отсутствует, а растительные организмы довольно восприимчивы к отрицательным температурам. Так весенние заморозки зафиксированы в 2020 году – 1 апреля. Осенние заморозки при отсутствии снежного покрова также способны приводить к гибели растительного покрова, либо его ослаблению, болезням и неполноценному развитию. В исследуемый период таких ранних заморозков не отмечалось, а самое раннее понижение температуры было зафиксировано в 2022 году 3 ноября.

Для анализа климатической обстановки важное значение имеют гидротермические коэффициенты, которые получили широкое применение не только в климатологии, их широко используют и в смежных дисциплинах, а также в производственных целях сельского хозяйства. В целом они характеризуют эмпирическое соотношение количества атмосферных осадков, выпадающих за сезон, либо за год, к сумме или к средним значениям температур за аналогичный период. Их теоретическое и практическое значение состоит в том, что они количественно оценивают степень увлажненности конкретной территории. Согласно литературным данным гидротермический коэффициент увлажнения района исследования колеблется в пределах от 0,8 до 0,9 [203].

По нашим данным, приведенным на гистограмме рисунка 3 и в приложении 5, величина гидротермических коэффициентов для теплого

периода в исследуемые годы, как и другие показатели, была весьма динамична. Неравномерность распределения отмечается как по годам, так и по месяцам. На фоне динамичного распределения, согласно средним показателям за четырехлетний период (приложение 5) наибольшая величина гидротермического коэффициента характерна для апреля – 1,7. Далее по месяцам идет его постепенное снижение, с минимумом в августе для всех годов исследования (рисунок 3). В сентябре отмечается вновь рост коэффициента до 1,2 (приложение 5). Годовой анализ коэффициента показывает, что наиболее увлажненным был 2021 год, значение ГТК за вегетационный период составило 1,33, наименее увлажненным 2022 год, со значением ГТК – 0,82 (рисунок 4).

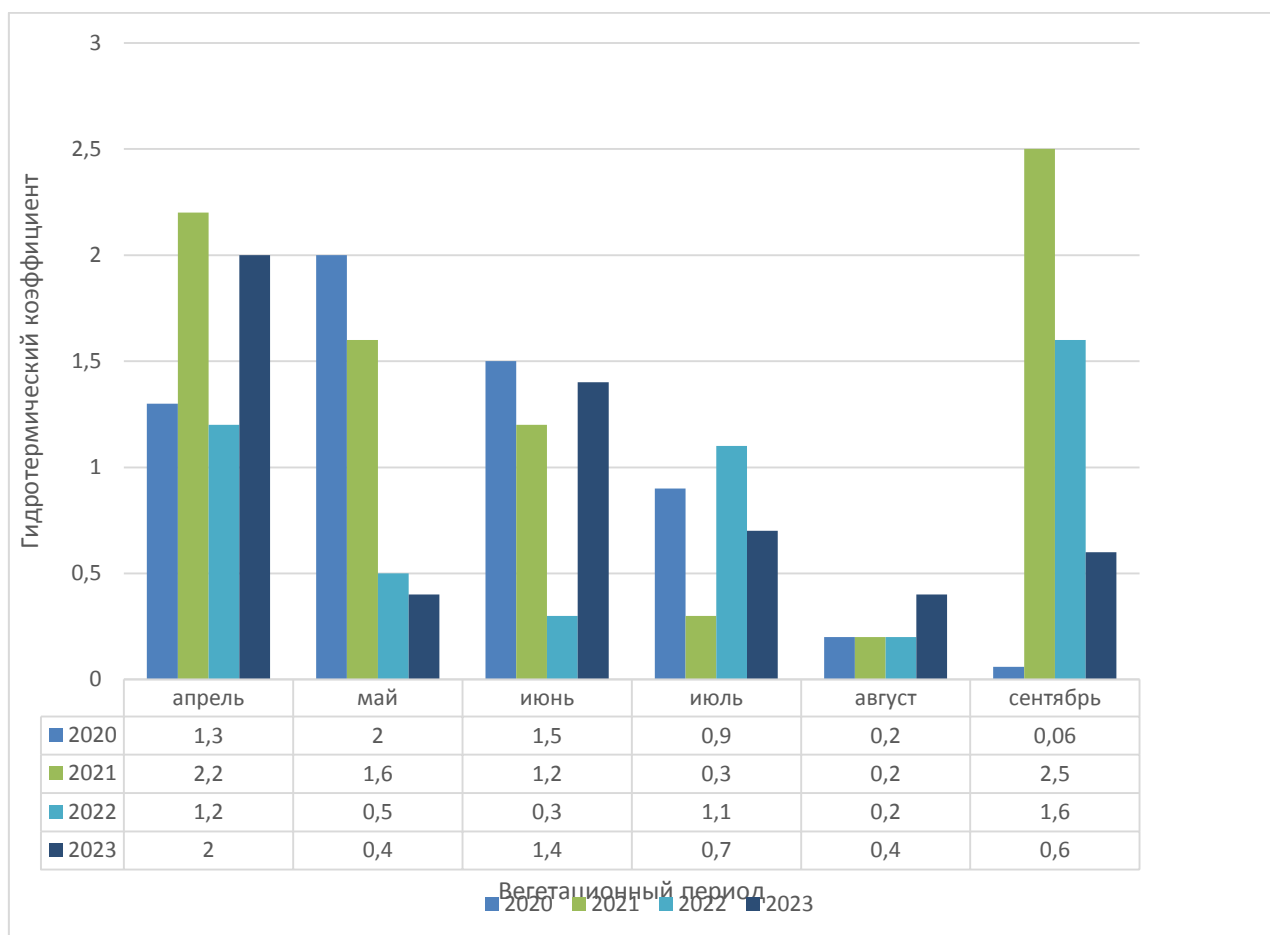


Рисунок 3 – Величина гидротермического коэффициента в период с 2020 по 2023 годы по месяцам

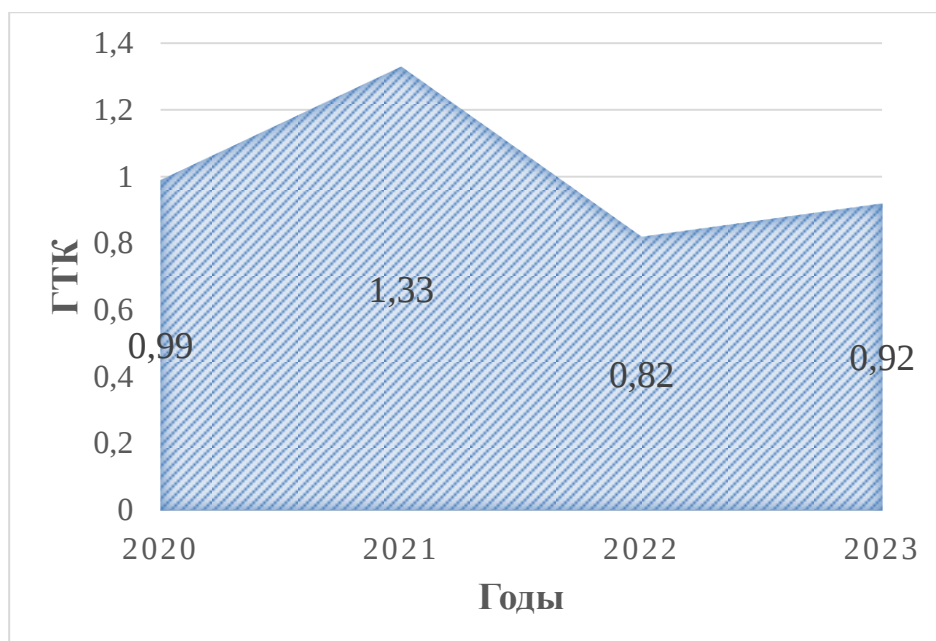


Рисунок 4 – Динамика гидротермического коэффициента по годам (2020-2023 годы)

Согласно полученным данным величина гидротермического коэффициента меняется от 0,06 до 2,2 (таблица 2), что подтверждает нестабильность исследуемой территории в плане водно-температурного режима. При таком широком разбросе коэффициента необходимо регулирование показателей тепла и увлажнения. С данной задачей помогает справиться внедрение сидеральных культур в севообороты, которые нивелируют такие сильные разбросы температур, осадков и в целом регулируют гидротермические коэффициенты прежде всего в почвенном покрове. Задела сидератов на глубину позволяет накапливать доступную влагу в почве и сохранять ее на более длительный срок.

2.1.2 Рельеф и гидрология

Современный рельеф Каширского района Воронежской области сформировался, но при этом продолжает трансформироваться под влиянием следующих процессов: 1. Неотектоническое движение, которое определяется литологией и особенностью залегания грунтов; 2. Особенность климатических явлений в современный период, на рубеже неоген – четверичного времени; 3.

Антропогенная деятельность человека. Первый процесс – неотектонические движения представляет собой процесс, который «накапливается» в рельефе, а в последствии реализовываться в геодинамических процессах, таких как: оплывание грунтов, обрушение склонов, карстование [203].

Слабоволнистый рельеф сформировался в результате неотектонических движений, большое значение в его образовании имеет водораздельное плато. Наблюдаются вытянутые небольшие понижения, сменяющиеся на овражно-балочные сети, глубина которых достигает 40 м, а крутизна составляет в среднем 8-35°, на отдельных участках крутизна оврагов доходит до 60°. Потяжины по склонам переходят в балочные сети, их густота примерно 0,5 км² [4, 5, 169].

Современный рельеф территории формировался длительное время. Территория заливалась морем, и на месте морских бассейнов откладывались осадочные породы почти километровой толщины. Затем море отступало, и в континентальных условиях осадочные породы разрушались. Так повторялось неоднократно. Основной причиной этих смен были плавные вертикальные движения земной коры, которые продолжаются и в настоящее время [203].

Под влиянием природных процессов рельеф постоянно изменяется. В настоящее время на рельеф оказывают влияние текущие воды (реки и ручьи), талые и подземные воды, оползни, а также хозяйственная деятельность человека. Продолжается работа внутренних сил Земли – отмечаются колебательные движения земной коры со скоростями от -2 (опускание) до +4 мм/год (поднятие). Они влияют на уклоны рек, скорости течения поверхностных вод, русловые, склоновые, карстовые и другие процессы современного рельефообразования [203].

Среднерусская возвышенность располагается по правобережью реки Дон и тянется от северных до южных границ области. Среднерусская возвышенность стала обособляться от окружающих территорий в результате тектонических движений неогенового и четвертичного периодов, около 25 млн. лет назад. За это время поднятие составило около 250 метров. В некоторых местах оно и

сегодня составляет от 2 до 4 мм в год, что способствует усилению эрозионного расчленения – росту оврагов и балок. Овраги и балки здесь обычно имеют выпуклые и крутые склоны. Они глубоки. Речные долины, балки, овраги и обособившиеся между ними водораздельные пространства наряду с разного рода останцами, дивами, корvejками образуют большую группу эрозионных форм рельефа, созданную деятельностью текучих вод.

Поверхность Среднерусской возвышенности представляет собой волнистую равнину, расчлененную глубокими долинами рек, балок и ветвящихся оврагов. Глубина вреза местами достигает 100 и даже 150 м. Со Среднерусской возвышенности берет начало река Дон с притоками и многочисленная сеть более мелких рек и приуроченных к ним балок и оврагов [203].

Чаще всего на Среднерусской возвышенности встречаются карстовые воронки. Это замкнутые понижения округлой формы, диаметром в несколько десятков метров и несколько метров глубиной. Иногда на дне воронки можно обнаружить отверстие – понор, по которому собранные воронкой осадки и талые воды устремляются в подземные полости. Кровля полости может обваливаться, и тогда возникает провальная воронка с крутыми, почти отвесными стенками [203].

Судя по распространению и мощности осадочных отложений, слагающих Среднерусскую возвышенность, можно считать, что Воронежская антеклиза интенсивно влияла на геологическое развитие прилегающих к ней территорий. Несмотря на то, что Среднерусская возвышенность с ядром в виде Воронежского выступа докембрия испытывала то положительные, то отрицательные движения, на протяжении всей геологической истории она являлась положительным элементом рельефа, который препятствовал распространению южных морей на север, а северных на юг. Об этом свидетельствует не только мощность, но и фациальный состав отложений [203].

Основные реки Среднерусской возвышенности – Девица, Еманча, с севера на юг по территории протекает река Дон. Район пересекают и другие реки,

относящиеся к бассейну Дона, крупнейшей из которых является р. Девица. Встречается ряд прудов и озер: Погоново, Никосное, Сонькино, Мыльное, Жировское, Донище, Попов ключ и другие [203].

Девица (верхний приток Дона) – река, протекающая по территории Воронежской области является правым притоком реки Дон. Относится к бассейну реки Дон и Азовскому морю. Протекает по овражистой местности. В низовье реки последние 100 лет добывали огнеупорную глину, из-за этого долинный ландшафт реки полностью перестроился. Под котлованами карьеров и отвалами исчезли множественные балки и ручьи, рассекающие когда-то долинные склоны реки. Склоны долины преимущественно крутые, изрезанные оврагами, асимметричные [203].

Русло реки извилисто и проложено по широкому и плоскому дну долины. В районе села Девица (низовье реки) река врезана в пойму на 3-4 м, поэтому берега в основном обрывистые. Пойма реки высокая и плоская. В верховье долина реки занята травами, реже покрыта лесом и кустарниками. Русло реки местами заросло ивняком и водяной растительностью. Пойма реки распахана полностью [203].

Расположение образовавшейся в среднем плейстоцене четвертой долины р. Дон связывают с аллювиальными и аллювиально-озерными равнинами. В прошлом долина р. Дон создавала контрастную ярусность из-за характерного эрозионного вреза. На территории района исследования эрозионно-денудационные выровненные поверхности были созданы за счет выравнивания территории эрозионными процессами. Временные и постоянные водотоки, балки, суходольные овраги составляют овражную сеть, которая оказывает значительное влияния на гидрографическую сеть района.

В районе исследования распространены поверхностные воды, в их числе реки, озера, пруды, водохранилища, отдельными участками встречаются болота. В зоне района протекают следующие реки: Дон, Воронеж, Девица, Еманча. Водный режим рек формируется с действием весеннего половодья с дождевыми паводками, меженью с прерыванием дождливыми паводками или

паводками оттепелей в зависимости от сезона. На создание речного стока влияют: снеготаяние (55%), атмосферные осадки (15%) и грунтовые воды (30%) [4, 5].

Грунтовые воды, как правило, залегают на глубине 5,8 м. Водоносные горизонты в среднем на той же глубине составлены неогеновой песчано-глинистой толщей на девонских отложениях. Второй водоносный горизонт складывается темноцветными глинами и флювиогляциальным песком. К его расположению отнесены оползни и различия по правобережью реки, поскольку горизонт расчленен овражно-балочной сетью и долиной р. Воронеж [4, 5].

2.1.3 Геологические условия и почвообразующие породы

Формирование территории района исследований произошло на юго-востоке Воронежской антеклизы, в южной части Русской плиты. Геологическое строение связано с кристаллическим фундаментом из докембрийских пород, перекрываемый осадочным чехлом фанерозойских образований различных систем.

Самые разнообразные и сложные процессы на протяжении сотен миллионов лет изменяли рельеф по форме и вещественному составу. Одним из главных этапов формирования строения рельефа было днепровское оледенение и движение ледника. Продолжительный период времени мощная толща льда покрывала дневную поверхность земли, происходили мерзлотные процессы при малой аккумуляции. В результате этого на данной территории сложились моренно-водно-ледниковые равнины, совмещенные с поверхностями с примесью местных пород, линзами песка, валунами, суглинками, а также водораздельными и долинными пологими волнистыми равнинами [169].

Почвообразующие породы изучаемой области обладают разнообразным гранулометрическим составом, встречаются глины, суглинки, супеси и пески, а самые распространенные – это тяжелый суглинок и глинистый гранулометрических состав.

Исследуемая территория расположена на Воронежской антеклизе, которая сложена самыми древними докембрийскими отложениями, которые представлены кристаллическими породами: гнейсами, сланцами, гранитами и гранитоидами. Эти породы перекрыты осадочным чехлом палеозойских, мезозойских, кайнозойских отложений, общей мощностью 180–200 м [24].

Палеозойский структурный комплекс представлен отложениями девонской системы, которые залегают на размытой поверхности кристаллического фундамента. Они представлены глинами, известняками, песками и песчаниками. Девонские отложения залегают неровно: в правобережной части они поднимаются относительно высоко, а к востоку от Дона сильно опускаются. К палеозойскому комплексу относятся также и каменноугольные отложения, однако, они практически не выходят на поверхность на территории области.

Мезозойский структурный комплекс представлен юрскими и меловыми отложениями. В составе комплекса выделяют три структурных этажа: юрский, нижнемеловой и верхнемеловой. Юрские отложения представлены ограниченно: осадками среднего и нижней частью верхнего отделов батского яруса и нижней частью келловейского яруса залегают на пониженных участках девонских известняков и представлены песчаниками, песками и глинами. Меловые отложения занимают второе место по распространенности после четвертичных отложений. Нижнемеловые отложения представлены песчаными и песчано-глинистыми осадками, относимыми к альбу и апту. Альбский ярус состоит из кварцевых песков, а апт – из песчано-глинистых отложений, богатых слюдой. Отложения верхнего мела характеризуется морскими осадками, представленными тремя ярусами: сеноманским (кварцевые пески с зернами глауконита), туронским (писчий мел), сенонским (мергель и писчий мел).

Кайнозойский структурный комплекс представлен двумя этажами: палеогеновый и неоген-четвертичный. Палеогеновые отложения с перерывом залегают на различных ярусах верхнего мела. Палеоцен представлен породами сумской свиты – пески, алевроиты, глины, реже опоки. Особенностью

палеоценовых пород является небольшая мощность и наличие в них цеолитов и бентонитовых глин.

Эоцен представлен отложениями каневской, бучакской, киевской (тонкозернистые глинистые пески и алевроиты), харьковской (зеленовато-серыми глауконит-кварцевыми тонкозернистыми глинистыми песками и алевроитами с прослоями глин) свит.

П.Н. Чижиков отмечает, что из пород четвертичного периода наибольшее значение имеют лессовые отложения: лессы, лессовидные суглинки и покровные лессовидные глины [198].

Достаточно распространены лессы и лессовидные суглинки, это осадочные породы со следующими морфологическими особенностями: плитчатая структура, высокая пористость, палевый оттенок, значительное количество включений карбонатов. Доминирующие минералы в составе породы – кварц, кремний, полевые шпаты. В небольших количествах среди глинистых минералов встречаются – монтмориллонит, иллит, каолинит. Также среди оксидов в составе лессов содержание Fe_2O_3 достигает 6% [169].

В гранулометрическом составе покровных лёссовидных суглинков преобладает крупно пылеватая фракция, в составе глин - илистая, содержание которой достигает 40-49 %. По данным П.Г. Адерикина и А.Б. Беляева (1973), в илистой фракции доминируют глинистые минералы - гидрослюда, смешанослойные минералы, монтмориллонит, хлорит и каолинит. Во фракциях $>0,01$ мм преобладает кварц (83-99 %), на долю полевых шпатов приходится 15-27% [4].

Тяжелые минералы приурочены главным образом к фракции 0,1 – 0,01 мм: эпидот+цоизит, ильменит+магнетит, группа рутила, амфиболы, гранат, циркон, монацит, лейкоксен, сфен, турмалин, группа дистена, пироксены, гидроксиды железа, брукит, ставролит, хромит. Во фракции 0,25 – 0,1 мм обнаружены пирролюзит, гидроксиды железа, лейкоксен, турмалин, группа дистена, группа рутила, ставролит, гранат, сидерит, эпидот+цоизит, амфиболы, глауконит, сфен,

пирит. В суглинках значительную часть составляют первичные минералы. Имеются глинистые слои с гравием и галькой [4].

Покровные карбонатные суглинки территории подстилаются флювиогляциальными отложениями, их причисляют к лессовидным почвообразующим породам.

2.1.4 Почвенный покров

Несмотря на количественное разнообразие почв в пределах рассматриваемой территории, абсолютно преобладающими являются типичные черноземы. Сопутствующие почвы занимают десятые доли и единицы процентов. Однако, по мнению П.Г. Адерихина (1973), Д.И. Щеглова (1999), обладая иными химическими и физическими свойствами, они часто значительно усложняют и затрудняют правильное использование зональных преобладающих почв [5, 200].

Типичные черноземы Каширского района являются тяжелосуглинистыми, малогумусными, с высоким содержанием обменных катионов кальция и магния. Преобладают фракции физической глины, илистой фракции и крупной пыли. Распределение этих фракций по всему профилю равномерное. Содержание обменных кальция и магния вниз по профилю постепенно уменьшается. рН водной вытяжки типичных черноземов в верхнем горизонте близка к нейтральной, вниз по профилю происходит увеличение рН до 8,43.

В пределах Каширского района Воронежской области абсолютно доминируют черноземы типичные легкоглинистые и тяжелосуглинистые, на долю которых приходится свыше 99% занимаемой ими площади (приложение Е). Легкоглинистые почвы содержат в среднем 64-70% физической глины, 34-43% ила, 26-32% пыли, 22-29% крупной пыли и 4-8% песка. Преобладающими фракциями являются иловатая и пылеватая. Черноземы типичные на водораздельных пространствах по содержанию основных гранулометрических фракций приближаются к легкоглинистым. Среднее содержание физической

глины в них находится в пределах 52-58%. Преобладающей фракцией также является иловатая (28-33%), но второе место занимает крупнопылеватая, хотя содержание этих фракций в нижней части профиля выравнивается [200].

Для типичных черноземов характерен четко выраженный гумусовый профиль, разделяющийся на горизонт А, наиболее активно окрашенный гумусом, и горизонт АВ, в котором начинает появляться оттенок материнской породы. Мощность А+АВ у среднемощных вариантов колеблется в пределах 55-72 см, структура этих горизонтов комковато-зернистая, но в пахотном слое она заметно разрушена. Карбонатный горизонт в черноземах типичных хорошо выражен. Основная форма выделения карбонатов – псевдомицелий. Имеют место карбонатные выделения в виде плесени и пропитки. Для типичных черноземов характерна их значительная перерытость почвенной зоофауной [200].

В целом почвенный профиль черноземов типичных характеризуется относительно однородным гранулометрическим составом с равномерным распределением гранулометрических фракций по генетическим горизонтам. Колебания в количестве большинства из фракций на различной глубине профиля обычно не выходят за пределы 3-7%. Однако, пахотный горизонт в некоторых случаях содержит на 5-7% ила меньше, чем остальные горизонты, что связано с выпаханностью и выдуванием ветром тонких частиц из него. В других случаях колебания в содержании основных гранулометрических фракций обусловлены неоднородностью почвообразующих пород и утяжелением их состава с глубиной [200].

Морфологическое описание исследуемых черноземов типичных, которые доминируют на территории изучаемого хозяйства мы подробно приводим в приложении 7.

2.1.5 Биоресурсы и биоразнообразие района исследования

Биоресурсы представляют собой совокупность животных и растительных организмов, которую принято выражать в метрических единицах измерения. Биоразнообразие, является близким термином к биоресурсам, но данные понятия не тождественные, поскольку под биоразнообразием понимается видовая насыщенность исследуемой территории животными и растительными организмами, которая выражается количеством произрастающих и обитающих видов в регионе [203].

Территориально Каширский район размещён в южной части лесостепной зоны. Лесная растительность представлена пятнами. Наиболее часто в районе исследования представлены искусственно созданные лесополосы. Преобладающая в лесах и лесополосах порода деревьев (90% площади) – дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). Помимо основной культуры произрастают: ясень обыкновенный или высокий (*Fraxinus excelsior* L.) (около 3%), осина обыкновенная или осина европейская (*Populus tremula* L.) (около 2%), клён остролистный или платановидный (*Acer platanoides* L.), липа мелколистная или сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.), ильмовые (*Ulmus* L.) и др. породы (около 5%). Средний класс бонитета II [170, 203].

Помимо лесной растительности, территория лесостепи ярко представлена луговыми степями, которые имеют богатейшее видовое разнообразие. Они насыщены растительностью с густым и высоким травостоем, в котором преобладают плотно-дерновинные степные злаки, например: ковыль перистый (*Stipa pennata* L.), ковыль Залесского (*Stipa zalesskii* Wilensky), тонконог (*Koeleria cristata* Spreng., G. Mey), осока дернистая (*Carex cespitosa* L.), осока низкая или приземистая (*Carex humilis* Leyss.). Широкое распространение получили рыхло-дерновинные злаки: тимофеевка степная или тимофеевка Бёмера (*Phleum phleoides* L.), а также корневищные злаки мятлик узколистный (*Poa angustifolia* L.), костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.), вейник наземный (*Calamagrostis epiqueios* L., Roth.). Довольно широко представлено разнотравье:

лютик многоцветковый (*Ranunculus polyanthemos* Ten., Tutin), подмаренник настоящий (*Galium verum* L.), ветреница лесная (*Anemone ranunculoides* L., Holub), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), лапчатка многонадрезанная (*Potentilla multifida* L.), тимьян Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd), тысячелистник щетинистый (*Achillea tenuifolia* L.), адонис весенний (*Adonis vernalis* L.) [170, 225].

Сельскохозяйственное производство является ведущим антропогенным фактором, который кардинально трансформирует растительный покров. При усиленной распашке лесостепи, частично, а иногда и полностью сводятся леса. Степная растительность заменяется культурной. На распаханых полях возделывают следующие основные сельскохозяйственные культуры: различные виды пшеницы, например, пшеницу твердую (*Triticum durum* Desf.), рожь посевную или культурную (*Secale cereale* L.), овес посевной, кормовой или обыкновенный (*Avena sativa* L.), ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.), сахарная свекла (*Beta sacharifera* L.), горох посевной (*Pisum sativum* L.), кукурузу сахарную (*Zea mays* L.), подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.). На сельскохозяйственных угодьях появляется обилие сорной растительности, которое препятствует полноценному росту и развитию культурных растений. Наибольшее распространение получили: пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), щирица запрокинутая или обыкновенная (*Amarantus retroflexus* L.), лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.), лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.), пастушья сумка (*Kapsela bursa-pastoris* L., Medik), костёр безостый (*Bromus inermis* Leyss.), костёр ржаной (*Bromus secalinus* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L., Scop.), просо куриное (*Echinochloa crus-galli* L., Beauv.), белена черная (*Hyoscyamus niger* L.), молочай кипарисовый (*Euphorbia euparissias* L.), трёхрёберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* L., Sch. Bip.), просвирник обыкновенный (*Malva neglecta* Wallr.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea melifolium* L.), горец

птичий (*Polygonum aviculare* L.), осот шероховатый (*Sonchus asper* L., Hill), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), щетинник (мышей) сизый (*Setaria glance* L., P. Beauv), щавель туполистый (*Rumex optusifolius* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago vulgaris* L.) [118, 170, 203].

Таким образом, исходное видовое биоразнообразие растительных видов на исследуемой территории огромно, что обуславливает устойчивость и стабильное развитие естественных экосистем лесостепи. В современной картине мира, отмеченное возрастание антропогенной нагрузки приводит к снижению как биоразнообразия, так и продуктивности экосистем, что приводит к их неустойчивости, нестабильному развитию.

Для естественных участков исследуемой территории характерен довольно насыщенный фаунистический состав. Наиболее типичны для него: сурок-байбак или обыкновенный (степной) сурок (*Marmota bobak* Statius Muller), суслик (*Spermophilus* L.), слепыш обыкновенный (южно-русский слепыш или малоглазый слепыш) (*Spalax microphthalmus* Guldenstadt), земляной заяц или пятипалый тушканчик (*Allactaga* Kerr), степная пеструшка (*Lagurus lagurus* Pallas), лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes* L.), из птиц: степной лунь (*Circus macrourus* S.G. Gmelin), полевой жаворонок (*Alauda arvensis* L.), обыкновенный перепел (*Coturnix coturnix* L.), дрофа (*Otis tarda* L.), стрепет (*Tetrax tetrax* L.) [170, 203].

При современном уровне ведения сельскохозяйственного производства (интенсивная распашка целинных участков степей, создание прудов и водоемов, посадка лесополос), фауна претерпевает значительные изменения, чаще всего отмечается ее сокращение, в крайних случаях – исчезновение. Так в районе исследования сохранилась небольшая колония сурков-байбаков или сурков обыкновенных (*Marmota bobak* St. Muller), слепышей обыкновенных (*Spalax microphthalmus* Guldenstadt), зайцев-русаков (*Lepus europaeus* Pallas), лисиц обыкновенных (*Vulpes vulpes* L.), перепёлок обыкновенных (*Coturnix coturnix* L.), обыкновенных полевых жаворонков (*Alauda arvensis* L.), степных луней (*Circus macrourus* S.G. Gmelin). В зрелых лесополосах обитают вяхирь

или витютень (*Columba palumbus* L.), ушастая сова (*Asio otus* L.), обыкновенная кукушка (*Cuculus canorus* L.), малый пёстрый дятел (*Dryobates minor* L.), большой пёстрый дятел (*Dendrocopos major* L.), певчий дрозд (*Turdus philomelos* Brehm), большая синица (*Parus major* L.), щегол (*Carduelis* L.), сойка обыкновенная (*Garrulus glandarius* L.), сорока обыкновенная или европейская (*Pica pica* L.), грач (*Corvus frugilegus* L.), серая ворона (*Corvus cornix* L.). Из млекопитающих в лесополосах можно встретить популяцию ежа обыкновенного (*Erinaceus europaeus* L.), каменную куницу (*Martes foina* Erxleben), желтогорлую мышь (*Apodemus flavicollis* Melchior), рыжую лесную полевку (*Myodes glareolus* Schreber), лесную мышь (*Apodemus uralensis* Pallas). Таким образом, лесные полосы служат основным средообразующим фактором при сохранении как биоразнообразия, так и биопродуктивности.

Следует подчеркнуть особую роль в процессах почвообразования дождевых червей. Лесополосы оказывают благотворное влияние на численность этих беспозвоночных животных, так в верхнем 0-20 см слое почвы при оптимальной влажности насчитывается до 60 тыс. червей на 1 га. В тоже время в почве открытых пространств полей дождевые черви практически отсутствуют. Велика роль в поддержании биоразнообразия почвенных микроорганизмов. Их прямое и косвенное участие отмечается в процессах почвообразования, гумусообразования. Широко известно их влияние на биологический круговорот химических элементов [203].

2.2 Методики, способы и техники отбора, анализа и интерпретации полученных результатов

Для изучения ресурсного вида фацелии в качестве сидерата, а также исследования ее нектаропродуктивности, мёдопродуктивности и продуктивности биомассы, как основных показателей биологического ресурса сельскохозяйственной культуры, в условиях сельскохозяйственных экосистем ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. Каширского района Воронежской области нами

были заложены два короткоротационных севооборота. Первый сидеральный, его схема: пар с фацелией (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) – яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zea mays* L.) – ячмень (*Hordeum vulgare* L.). Второй зернопаропропашной (контроль) севооборот без фацелии, с аналогичным чередованием культур: чистый пар – яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zea mays* L.) – ячмень (*Hordeum vulgare* L.). С целью определения влияния сидеральной культуры на агроэкологическое состояние исследуемых черноземов типичных среднесиловых среднегумусных глинистых на покровных карбонатных суглинках, как одного из значимых наряду с изучаемой культурой компонентов сельскохозяйственной экосистемы, проводился полный агрохимический анализ почв хозяйства как до закладки полевого опыта в 2019 году, так и в динамике по годам.

Агрохимическое обследование почвенного покрова территории проводилось в лабораториях ФГБУГЦ агрохимической службы «Воронежский» [38, 39] и включало следующие методики:

- рН солевой вытяжки, ГОСТ 26483-85 [33, 34];
- гидролитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91 [38];
- органическое вещество (гумус) по Тюрину, ГОСТ 26213-91 [32];
- обменный аммоний по методу ЦИНАО, ГОСТ 26489-85 [35];
- подвижный фосфор и обменный калий в мг/кг почвы по Чирикову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204-91 (в некарбонатных почвах) [30, 31].

В полевых условиях проводились отбор почвенных образцов, согласно методикам [36, 37] и исследования микроклиматических показателей. Оценка температурного режима и влажности воздуха осуществляли с помощью психрометра аспирационного (МВ-4-2М) ГОСТ 6353-52 №7511. Рассчитывался гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК), согласно формуле (1):

$$K = R \cdot 10 / \Sigma t; \quad (1)$$

где R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10°C;

Σt определяет сумму температур в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) за тот же период.

Г.Т. Селянинов по величине ГТК выделил следующие зоны:

ГТК $> 1,3$ – зона избыточного увлажнения, или зона дренажа;

ГТК $1,0 - 1,3$ – зона обеспеченного увлажнения;

ГТК $0,7 - 1,0$ – засушливая зона;

ГТК $0,5 - 0,7$ зона сухого земледелия;

ГТК $< 0,5$ – зона ирригации.

В качестве сидеральной культуры использовался ресурсный вид фацелии пижмолистной (сорта Улада и Наталия). Поскольку физиологической особенностью фацелии является то, что она способна подавлять развитие сорной растительности, а также не повреждается вредителями и болезнями, в севообороте не применялись гербициды и инсектициды. Технология возделывания культур в севообороте – общепринятая для лесостепи ЦЧР РФ [59]. Удобрения при возделывании фацелии не вносились, поскольку культура сама является ценным зеленым удобрением.

Оценка нектаропродуктивности и мёдопродуктивности [132, 192] осуществлялась в полевых условиях, а также в лабораториях ФГБОУ ВО ВГАУ имени императора Петра I.

Исследование стадий роста и развития фацелии, ее морфо-биологических признаков, показателей урожайности зеленой массы, нектаропродуктивности, мёдопродуктивности осуществлялись в период с 2020 по 2023 годы. Общая площадь опытного участка составляет 5 га из которых на 4,8 учетных гектарах исследовались свойства фацелии как сидеральной, мёдоносной культуры в занятом пару звена севооборота и ее биоэнергетический потенциал. Схема однофакторного полевого опыта с участием различных сортов фацелии приводится в таблице 2. Размещение делянок систематическое.

С целью увеличения ресурсного потенциала сельскохозяйственной экосистемы и создания оптимального мёдоносного конвейера, некоторые авторы рекомендуют комбинировать различные сорта мёдоносных культур. На основании этого на опытных участках по изучению нектаропродуктивности и

мёдопродуктивности фацелии пижмолистной разработаны и апробированы три варианта: 1 – посевы фацелии пижмолистной сорт Наталия; 2 – сорт Услава; 3 – совмещение сортов Наталия и Услава. Опыт граничит с лесополосами.

Таблица 2 – Схема полевого опыта

A1	A2	A1 + A2
A1	A2	A1 + A2
A1	A2	A1 + A2

Примечание: A1 – сорт Наталия, A2 – сорт Услава, A1+ A2 – комбинация сортов Наталия и Услава.

Сорта включены в государственный реестр селекционных достижений и допущены к внедрению по всей территории РФ. Заявка на допуск (сорт Наталия) №46397, зарегистрирован 2006-12-01; сорт Услава № 46468, зарегистрирован 2006-12-04 [40]. Оригинатор сорта Наталия – Российский НИПТИ сорго и кукурузы (Саратов), сорта Услава – ФГБНУ Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр (Ставропольский край).

Согласно характеристике, приведенной в Госреестре, сорта имеют следующие характеристики: Услава – растение способно достигать высоту до 90 см, имеет сочные стебли со средним числом междоузлий равным восьми. Облиственность стебля достигает 45-50%. Мягкие листья длиной от 7,6 до 9,0 см, шириной от 4,2 до 5,6 см, темно-зеленого цвета имеют редкое опушение, с отсутствием воскового налета. Цветки голубовато-сиреневого цвета собраны в соцветие – колосовидный завиток, длиной от 6,2 до 11,0 см. Тёмно-коричневые семена имеют продолговато-овальную форму. Урожайность сорта Услава составляет: зелёной массы – 280-300 ц/га, семян – 4,5-5,5 ц/га. Продолжительность вегетационного периода от всходов до начала цветения составляет 40-48 дней. Полное созревание семян наступает на 90-98 день. Данный сорт был выбран, поскольку для него характерно не только длительное, но и интенсивное цветение, что в дальнейшем отражается на показателях

биоресурсного потенциала по нектаропродуктивности и мёдопродуктивности культуры. Также важными особенностями сорта являются устойчивость к полеганию, засухе, болезням и вредителям. Зеленая масса сорта Улада широко используется на силос, а также в качестве сидерата [41].

Учет степени разложения сидеральной культуры фацелии нами проводился в лабораторных условиях с целью выявления влияния ресурсного вида на почвенный компонент. Методически мы придерживались рекомендациям, предложенным Б.А. Доспеховым (1977) [68], А.В. Дедовым, М.А. Несмеяновой, А.А. Дедовым (2016) [56]. Растительные остатки фацелии, отобранные в период начала созревания семян нами были перемешаны с навеской воздушно-сухой почвы хозяйства и помещены в чашки Петри. Полученная смесь увлажнялась до состояния 60% полной влагоемкости, покрывалась крышками и выдерживалась в термостате при температуре 20-25°C. Интенсивность разложения определялась весовым методом. Подекадно проводилось наблюдение за степенью разложения, для чего из выбранных в случайном порядке чашек отмывали растительные остатки от почвы на ситах с диаметром ячеек 0,25 мм и визуально оценивали их состояние [68]. Согласно описанной методике, было определено, что полное разложение фацелии наступает спустя 4 декады. Исходя из этого последствие фацелии на почвенный компонент нами проводилось в октябре.

Сорт Наталия имеет прямостоячий куст, который состоит из прямого стебля с сильным опушением, достигающим в высоту от 70 до 105 см. В поперечном срезе, стебель имеет неправильную округлую форму. Разветвлённость стебля средняя. Листья довольно крупные и сочные, имеют сердцевидную форму, слабоопушенные. Голубовато-сиреневые цветки собраны в соцветие – колосовидный завиток, длина которого достигает 25 см. Семена имеют овальную форму. Урожайность зелёной массы колеблется от 144,0 до 180,0 ц/га, семян – от 5,9 до 7,0 ц/га. Длительность вегетационного периода от всходов до первого укоса составляет 54-62 дня, полное созревание семян

наступает на 91-96 день. Аналогично сорту Услава, Наталия является сортом, хорошо переносящим заморозки и засуху [40, 41].

Культура фацелии высаживалась широкорядным способом с шириной междурядий – 45 см. Данную ширину рекомендовали в своих публикациях А.Н. Асташов, К.А. Пронудин, Т.В. Родина, В.С. Плаксина (2023) [8], П. Шульц (2014) [199], Н.В. Серегина (2017) [178], ширина подобрана для оптимального опыления растений во время цветения. Для достоверного определения возможности использования сортов Наталия и Услава в мёдоносном конвейере изучались основные фазы развития сортов: «посев-всходы», «всходы-бутонизация», «всходы-цветение», «всходы-созревание») и их продолжительность. В период цветения растений на учетной делянке исследовались основные морфо-биологические показатели: высота растений, диаметр куста, диаметр стебля, длина соцветий. Определялась урожайность зеленой массы фацелии различных сортов и их комбинации, а также нектаропродуктивность и мёдопродуктивность сортов в монопосевах и бисортовых посевах. Предварительно перед отбором цветов их изолировали от опыления насекомыми (рисунок 5).

Далее в период наиболее активного цветения на 50-е сутки у сорта Наталия (25.06 каждого года) и на 42-е сутки у сорта Услава (6.07 каждого года) с 9:00 до 17:00 проводили отбор соцветий каждые 2 часа. Для определения нектаропродуктивности использовался метод смыва (рисунок 6) или метод смывания (Г.А. Аветисян, 1982) с последующим определением общего содержания сахаров с помощью рефрактометра ИРФ-454 (рисунок 7). Количество цветков в пробе – 100 шт. Для каждого сорта повторность отбора 3-х кратная. Данный метод предполагает фиксированное количество цветков помещать в колбу с заданным объемом дистиллированной воды [1].



Рисунок 5 – Временное изолирование фацелии пижмолистной перед оценкой нектаропродуктивности



Рисунок 6 – Определение сахаров в цветках фацелии, нектаропродуктивности и мёдопродуктивности



Рисунок 7 –Лабораторный рефрактометр ИРФ-454

Данные рефрактометра преобразовывали в нектаропродуктивность используя формулу (2):

$$H = (10 \times V \times K) / n, \quad (2)$$

где H – нектаропродуктивность одного цветка, мг; V – объем воды (используемый для экстракции сахаров), мл; K – содержание сахаров по показаниям рефрактометра, %; n – количество отобранных цветков, шт. После чего пересчет на нектаропродуктивность, – $2 \times H$ и мёдопродуктивность $1,25 \times H$ [8]. В монографии М.М. Глухова «Мёдоносные растения» (1974), подробно приводится объяснение данного коэффициента [26]. Считается, что в нектаре фацелии пижмолистной в зависимости от факторов внешней среды содержание сахара колеблется от 28,9 до 57%, при среднем количестве – 43% [26]. Для пересчета сахара в мёд, число умножают на коэффициент 1,25 (с учетом того, что мёд содержит в среднем около 20% воды).

На опытном поле, по изучению влияния биологического ресурса фацелии, как сидеральной культуры на агроэкологическое состояние почвенного компонента сельскохозяйственной экосистемы, применялась следующая агротехника. Изучаемые сорта фацелии пижмолистной высевались в первой декаде мая (5.05) овощной комбинированной сеялкой СО-4,2, предварительно

почва культивировалась с целью подавления роста сорной растительности. Посев в весенний сезон был выбран, согласно исследованиям, проводимым В.П. Наумкиным (2001), С.П. Чибисом, Н.А. Смалюгой, В.В. Чибисом (2017), которые подчеркивают оптимальность раннего высева культуры [149, 197]. Для улучшения всхожести, одновременно с посевом поле прикатывалось с помощью катков, которые цеплялись за сеялку. Норма высева фацелии 8 кг/га. Ширина междурядий составила 45 см. Согласно исследованиям, проведенным А.Н. Асташовым, К.А. Пронудиным, Т.В. Родиной, В.С. Плаксиной (2023) [8], П. Шульцом (2014) [199], С.П. Чибисом, Н.А. Смалюгой, В.В. Чибисом (2017) [197], А.И. Дмитриченко (2010) [63] слишком изреженный посев будет способствовать развитию сорной растительности, а при более плотном посеве отмечается уменьшение медопродуктивности.

Цветение сортов наступало в разные периоды. Изоляция между сортами осуществлялась выкашиванием на ширину 1,5 м. Услада зацветала на 40-45 день, Наталия на 50-60 день в зависимости от агроклиматических условий года исследований. Тем самым моделировался мёдоносный конвейер. После окончания цветения (которое протекает около 30 дней) и до начала образования семян (у исследуемых сортов наступает на 90-97 день) была проведена запашка сидерата в почву. Можно отметить, что в период исследований ресурсный вид фацелии пижмолистной зацветал постепенно и также созревал, отмечено: когда верхние завитки ещё цветут, нижняя часть «колоска» уже содержит созревшие семена. При этом в период начального этапа формирования семян зеленая биомасса культуры еще не успевает загубеть, что дает возможность использовать ее в сидерации. Измельчение зелёной массы фацелии перед запашкой на глубину 10-12 см осуществлялось с помощью включенного измельчителя дискового орудия БДМ 4х4 с предварительным скашиванием зелёной массы с помощью мульчера (косилка-измельчитель) Kerland Pro. В фазу 2-х пар настоящих листьев проводилась однократная обработка междурядий пропашным культиватором УСМК- 5,4 для уничтожения сорной растительности.

Детальная агротехника выращивания фацелии выглядела следующим образом:

1. Подготовка поля под фацелию осенью и весной (техника и глубина обработки): после уборки предшественника (ячмень) сразу проводится дискование стерни дисковой бороной БДМ 4х4 на 10-12 см. После отрастания сорняков проводили вспашку на глубину 20-22 см.

2. Весной при наступлении физической спелости почвы проводили боронование в два следа. Перед посевом культивация предпосевным культиватором КПС-8.

3. Посев. Ширина междурядий 45 см.

4. На ранних этапах развития культуры применяли междурядную культивацию (УСМК- 5,4) для борьбы с сорными растениями.

5. Скашивали и заделывали в почву, используя мульчировщик после 21:00 для исключения запашки лётной пчелы.

Для определения оптимального времени заделки фацелии мы руководствовались в том числе исследованиями, проводимыми ранее. Так, согласно данным полученным А.Н. Мамонтовым, скашивание в начале цветения привело к недобору урожая зелёной массы на 7-11%, а сухой биомассы на 26- 28%. При скашивании в фазу полного созревания семян отмечается снижение суммарного урожая, а также ухудшение качества корма. Кроме того, А.Н. Мамонтов подчеркивает, что самого высокого уровня биоэнергетическая, а также экономическая эффективности возделывания фацелии достигается в фазу начала созревания семян [143].

В период вегетации и после заделки сидерата рассчитывался биоэнергетический потенциал территории, который сравнивался с аналогичными показателями контрольного участка. Для учета биоэнергетического потенциала культуры, помимо массы наземной части фацелии необходимо учесть и подземную часть (корни). Перед скашиванием зелёной массы определяют наземную (зелёную) массу стерневых остатков с корнями, поскольку они также входят в состав запахиваемой растительной

массы фацелии. Согласно методики [145] с пробных площадок, выделенных для определения урожайности, выкапывали все растения вместе с корнями. С корней снопового образца осторожно удаляли частицы почвы. Затем сноповый образец взвешивали, далее все растения обрезались на той высоте от корневой шейки, на которой проводится скашивание при учете зеленой массы. Обрезанные корни взвешивали и определяли их процент от массы снопового образца. Урожайность всей запахиваемой растительной массы вычисляли по формуле (3):

$$B = \frac{A \times 100}{100 - a}, \quad (3)$$

где B – урожайность запахиваемой массы, ц/га;

A – урожайность скошенной зеленой массы, ц/га;

a – содержание корней по сноповому образцу, %.

Для анализа динамики биомассы исследуемых сортов аналогичным методом были исследованы зеленые массы сортов Наталия и Услава, а также их сочетания в наиболее важные, с точки зрения возможной сидерации, фазы роста. Таким образом учет проводился в периоды бутонизации, цветения и начала созревания.

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием пакета программ STATISTICA 10 и Microsoft Excel, методом дисперсионного анализа [67]. Географические координаты мест заложения почвенных разрезов определяли с помощью GPS навигаторов фирмы Garmin.

3 ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)

3.1. Продолжительность вегетационного периода исследуемых сортов фацелии

Как отмечалось в литературном обзоре, для фацелии характерны стадии: набухания семян, их прорастания, всходы, появления первой пары настоящих листьев, ветвления, бутонизации, цветения, спелости и созревания. Нами изучались основные фазы развития и их продолжительность, поскольку (согласно мнению Н.И. Велковой, 2004) данные показатели могут служить не только критерием для определения возможности использования сортов в сельскохозяйственном производстве конкретной зоны [21], но и создать мёдоносный конвейер.

Продолжительность вегетационного периода фацелии пижмолистной складывается из следующих основных фаз: «посев-всходы», «всходы-бутонизация», «всходы-цветение», «всходы-созревание». Поскольку заделку фацелии в качестве сидерата рекомендуют в период начала созревания (когда первые цветы начинают только образовывать семена, но при этом основное цветение продолжается), то нами исследовался именно период начала созревания первых семян.

Полученные данные за период наблюдения с 2020 по 2023 гг. выявили достоверные различия по продолжительности вегетационного периода исследуемых сортов фацелии и составляющих его фаз (таблица 3). Согласно полученным данным четырехлетнего наблюдения, наиболее короткие периоды: «посев-всходы» (5 суток), «посев-бутонизация» (21 сутки), «всходы-цветение» (38 суток), «всходы-начало созревания» (75 суток) характерны для сорта Услава, при средних значениях – 7 ± 2 , 25 ± 3 , 42 ± 4 и 80 ± 7 суток соответственно (таблица 3). Сорт Наталия имел более поздние всходы, которые в среднем отмечались на 10 ± 3 сутки (период 7-17 суток), бутонизация начиналась на 30 ± 4

сутки (период 27-33 суток), цветение на 50 ± 3 сутки (период с 47-55 сутки) и начало созревания на 81 ± 5 сутки (период с 75 до 86 суток) (таблица 3).

Таблица 3 – Статистические показатели продолжительности (в сутках) межфазных периодов развития у фацелии сортов Наталия и Услава за период исследования (среднее за 2020-2023 гг.), $n = 12$

Межфазные периоды	Показатели	Сорт		НСР ₀₅
		Наталия	Услава	
посев – всходы	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	10 ± 3	7 ± 2	1,01
	max	17	11	
	min	7	5	
	V, %	15	17	
всходы – бутонизация	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	30 ± 4	25 ± 3	1,08
	max	33	27	
	min	27	21	
	V, %	11	13	
всходы – цветение	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	50 ± 3	42 ± 4	1,03
	max	55	47	
	min	47	38	
	V, %	24	26	
всходы – начало созревания	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	81 ± 5	80 ± 7	1,05
	max	86	84	
	min	75	75	
	V, %	11	13	

Примечание: $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение; $s_{\bar{x}}$ – ошибка среднего арифметического, max – максимальное значение, min – минимальное значение, НСР₀₅ – наименьшая существенная разность, V – коэффициент вариации, %.

Следует отметить, что межфазовый период «посев-всходы» характеризуется средним значением коэффициента вариации, который для

исследуемых сортов составляет 15 и 17% (таблица 3). Данное положение свидетельствует об относительно равномерной всхожести семян различных сортов.

Что касается периода «всходы-цветение», то отмечается высокая степень варьирования 24 и 26%, а также достоверное отличие данного периода у исследуемых сортов (таблица 3). Отмеченную особенность сортов мы предлагаем применять для увеличения срока цветения фацелии, продления периода посещения культуры пчёлами, то есть для создания мёдоносного конвейера. Следует подчеркнуть, что период созревания для двух исследуемых сортов не выявил достоверного различия $НСР_{05} = 1,5$. Таким образом, к моменту созревания семян происходит выравнивание периода вегетации. Об относительно одновременном созревании свидетельствуют полученные коэффициенты вариации (таблица 3) – 11% (сорт Наталия) и 13% (сорт Услава).

Важным является то, что несмотря на достоверное отличие в продолжительности периодов посева-всходов и всходов-цветения, созревание семян начиналось приблизительно в одно время, для сорта Наталия – 81 ± 5 день, а для сорта Услава – 80 ± 7 дней (таблица 3). Данное обстоятельство позволяет планировать заделку фацелии в почвенный покров в качестве сидерата в одинаковое время, что позволяет экономить на топливе, а также не упустить время наибольшей ценности культуры. Период, когда еще массово не начали созревать семена, поскольку в это время стебель становится более жестким и хуже протекают процессы разложения зеленой массы в почвенной толще.

В период всходов нами проводился дополнительный оценочный анализ состояния посевов (рисунок 8). При ранней диагностике посевов достоверных различий между сортами не было выявлено. Поэтому несмотря на сортовые отличия, ведущее значение на всхожесть культуры определяет влажность почвенного покрова и температура. Отличие в морфо-биологических показателях визуально стало наблюдаться уже на 20 сутки развития культуры (рисунок 9). В дальнейшем достоверные отличия были зафиксированы по всем

показателям роста и развития фацелии, даже несмотря на то, что исследуемые морфо-биологические характеристики имеют высокую вариабельность.



Рисунок 8 – Оценочная диагностика состояния посевов фацелии в первой декаде роста



Рисунок 9 – Отличие исследуемых сортов фацелии на 20 сутки развития культуры (слева – «Наталия», справа – «Услава»)

При анализе данных годовой динамики различных вегетационных фаз прослеживается тенденция зависимости периодов всходов, бутонизации, цветения и начала созревания от количества выпавших осадков и коэффициента ГТК. Количество осадков, выпавших в 2021 году составило 634 мм (рисунок 2) и ГТК вырос до комфортного значения в 1,33 единицы (рисунок 4). Данный год был довольно комфортным и по температурному показателю (рисунок 1), что отразилось на довольно ранних всходах, бутонизации, цветении и начале созревания обоих сортов (рисунок 10).

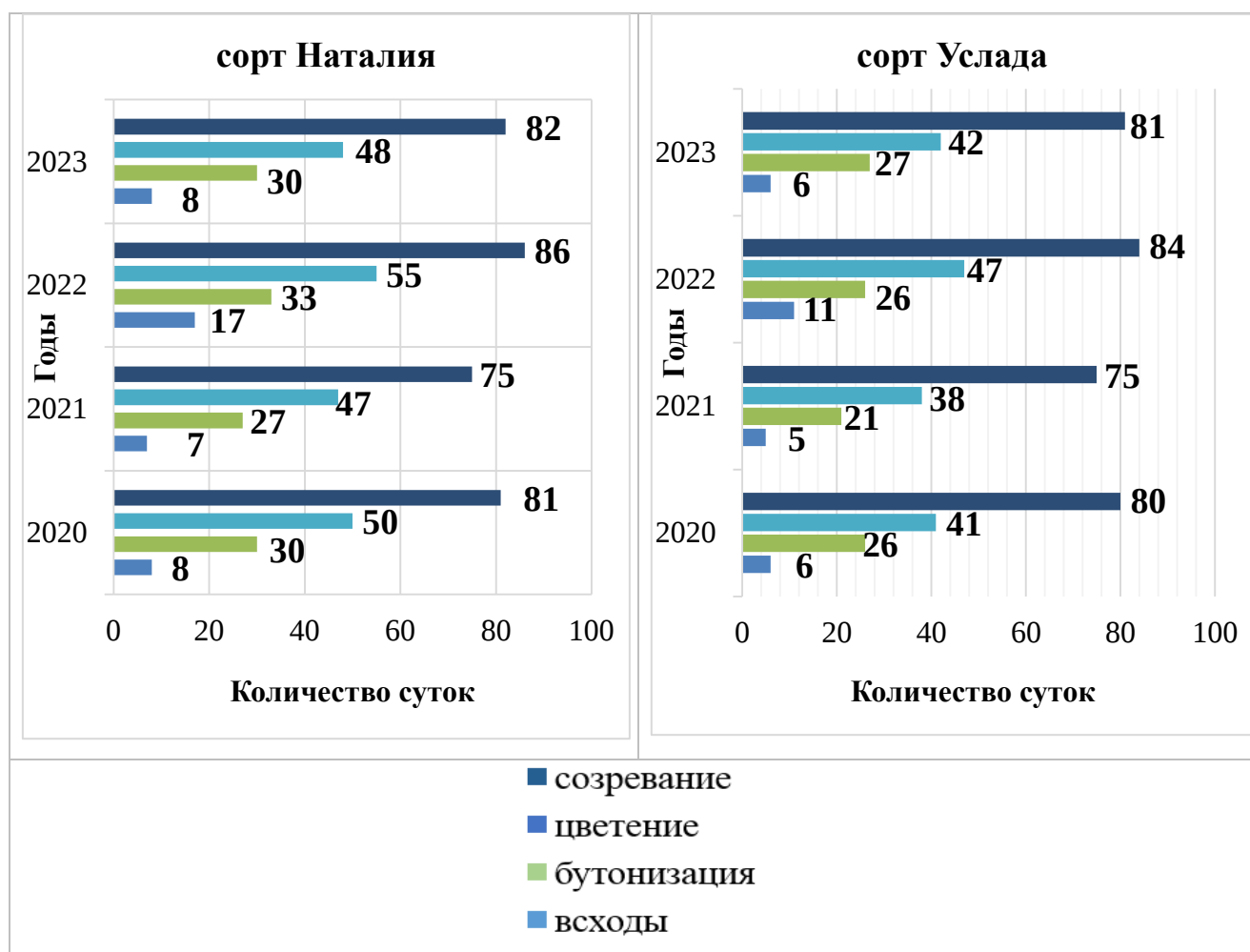


Рисунок 10 – Сортные различия в основных фазах роста фацелии в период исследования (2020 – 2023 гг.)

В 2021 году всходы наблюдались на 5 (сорт Услава) и 7 (сорт Наталия) сутки, бутонизация на 21 (сорт Услава) и 27 (сорт Наталия) сутки, массовое

цветение на 38 (сорт Услава) и 47 (сорт Наталия) сутки, период начала созревания наступал на 75 сутки у обоих сортов (рисунок 10).

Следующий 2022 год исследования характеризуется снижением среднегодового температурного значения до 8°C (рисунок 1), годовым количеством осадков до 553 мм (рисунок 2) и ГТК до 0,82 (рисунок 4), что отразилось на увеличении межфазовых периодов вегетации. Так, всходы наблюдались на 11 (сорт Услава) и 17 (сорт Наталия) сутки, бутонизация на 26 (сорт Услава) и 33 (сорт Наталия) сутки, массовое цветение на 47 (сорт Услава) и 55 (сорт Наталия) сутки, период начала созревания наступал на 84 (сорт Услава) и 86 (сорт Наталия) сутки (рисунок 10).

3.2. Морфо-биологические показатели фацелии сортов Наталия и Услава

Многие исследователи, связывают вариативность морфо-биологических показателей с динамичностью условий окружающей среды. Так, В.И. Чернявских, Е.В. Думачева, Е.С. Бойко, отмечают, что при разных внешних показателях, степень варьирования в морфо-биологических признаках может превышать 90% и достигать 96% [195]. В своих исследованиях мы придерживались принципа однородности при подборе почвенно-климатических факторов, то есть в отличие от исследований вышеприведенных авторов, мы анализировали динамику роста и развития культуры при однородных почвенно-климатических показателях, что привело к снижению степени вариации морфо-биологических показателей.

Определяемые нами морфологические признаки фацелии были утверждены Международным союзом по охране новых сортов растений (УПОВ) в качестве методики проведения испытаний на отличие, либо совместимость сортов, которые по мнению Е.В. Думачевой, В.И. Чернявских, О.В. Воробьевой, А.А. Горбачевой (2017) [69], А.Б. Дьякова, В.В. Гроина (2006) [70], А.А. Жученко (2001) [75] являются также важным критерием по выявлению степени выраженности признаков у различных сортов. В перечень

исследуемых нами морфо-биологических показателей вошли: высота растения, диаметр куста, диаметр стебля, длина соцветий. Исследуемые признаки в первую очередь влияют на формирование зеленой биомассы и общую биопродуктивность агрофитоценозов.

Высота растения является одним из ведущих морфо-биологических показателей растения, часто характеризуется как сортовой признак, зависящий от генетических особенностей сорта. Как подчеркивает в своих исследованиях Н.И. Велкова, высота растения также определяется площадью питания и условиями произрастания [21]. В нашем случае мы исключили влияние данных факторов. Поэтому, согласно полученным данным на морфо-биологические показатели фацелии, при однородных почвенно-экологических показателях и условиях агротехники, влияет выращиваемый сорт. Среднее значение показателя высоты растения за период исследования с 2020 по 2023 годы для сорта Наталия составляет $77,1 \pm 10,0$ см и достоверно отличается ($НСР_{05} = 1,5$) от сорта Услава – $68,3 \pm 2,5$ см (таблица 4). Максимальная величина высоты растения достигает 89,8 см, минимальная – 64,3 см. Показатели максимального и минимального значения высоты растения для сорта Услава составляют 75,1 и 54,3 см соответственно. Коэффициент варьирования высоты растений у исследуемых сортов невысокий 8,4% - сорт Услава и 9,8% - сорт Наталия (таблица 4), что связано с сортовыми особенностями с выровненностью почвенно-экологических условий в пространстве.

Анализируя годовую динамику исследуемого показателя (приложение 9), следует отметить, что максимальной величины высота куста достигала в 2021 году (рисунок 11) у обоих сортов, в это же время зафиксирована максимальная цифра величины ГТК и величина среднегодового количества осадков (рисунок 2, 4). Минимальные значения показателя были зафиксированы в следующем 2022, более засушливом году. Зависимость интенсивности развития такого морфо-биологического показателя, как высота растения от величины показателя ГТК (рисунок 12) и количества осадков (рисунок 13) свидетельствует тесная корреляционная взаимосвязь данных показателей, $r =$

0,88 и 0,76 соответственно для сорта Наталия и 0,76 и 0,75 для сорта Услава. Между среднегодовой температурой и высотой фацелии не выявлена корреляционная зависимость, коэффициент корреляции равен 0,25 (сорт Наталия) и 0,32 (сорт Услава) (рисунок 14, приложение 10).

Таблица 4 – Статистические показатели морфо-биологических признаков фацелии сортов Наталия и Услава за период с 2020 по 2023 годы

Определяемый показатель, см	Показатели	Сорт		НСР ₀₅
		Наталия	Услава	
Высота растений	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	77,1±10,0	68,3±2,5	1,5
	max	89,8	75,1	
	min	64,3	54,3	
	V, %	9,8	8,4	
Диаметр куста	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	43,4±4,1	40,0±2,7	1,3
	max	51,1	42,7	
	min	33,4	35,4	
	V, %	14,9	12,2	
Диаметр стебля	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	1,0±0,3	2,0±0,4	0,4
	max	1,3	2,4	
	min	0,7	1,5	
	V, %	15,5	13,7	
Длина соцветий	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	18,2±2,9	10,1±1,3	0,7
	max	25,3	12,1	
	min	14,8	9,2	
	V, %	9,5	8,4	

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Диаметр куста также является важным морфо-биологическим признаком фацелии. Поскольку разветвленность куста в дальнейшем будет определять

биопродуктивность растения. Средний размер диаметра куста за четырехлетний период исследования культуры для сорта Наталия составляет 43,4 см (таблица 4), с максимальным значением – 51,1 см, минимальным – 33,4. Диаметр куста сорта Услава в среднем составляет 40 см и достоверно отличается от сорта Наталия $HCp_{05} = 1,3$. Минимальные значения показателя равны 35,4 см, максимальные 42,7 см. Варьирование по диаметру куста у сортообразцов фацелии характеризуется средними значениями и составило для сорта Наталия 14,9%, для сорта Услава 12,2% (таблица 4).

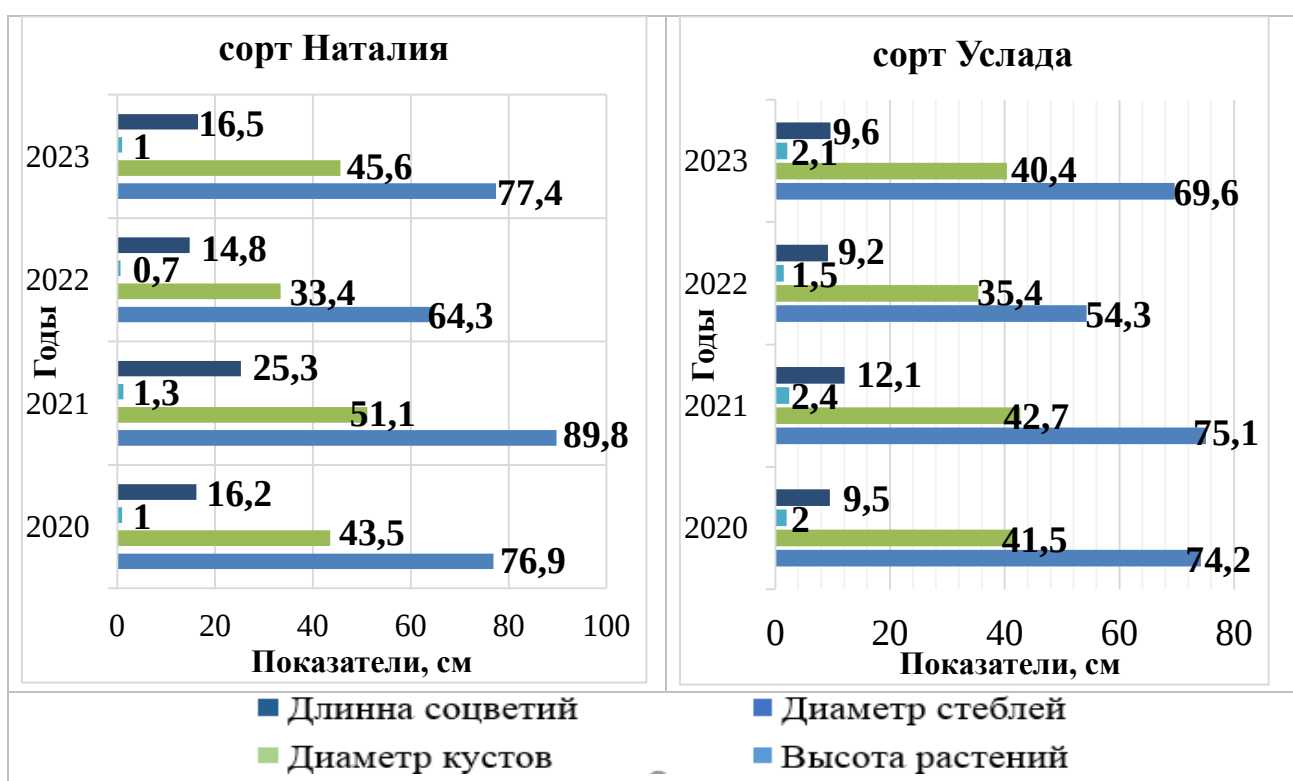
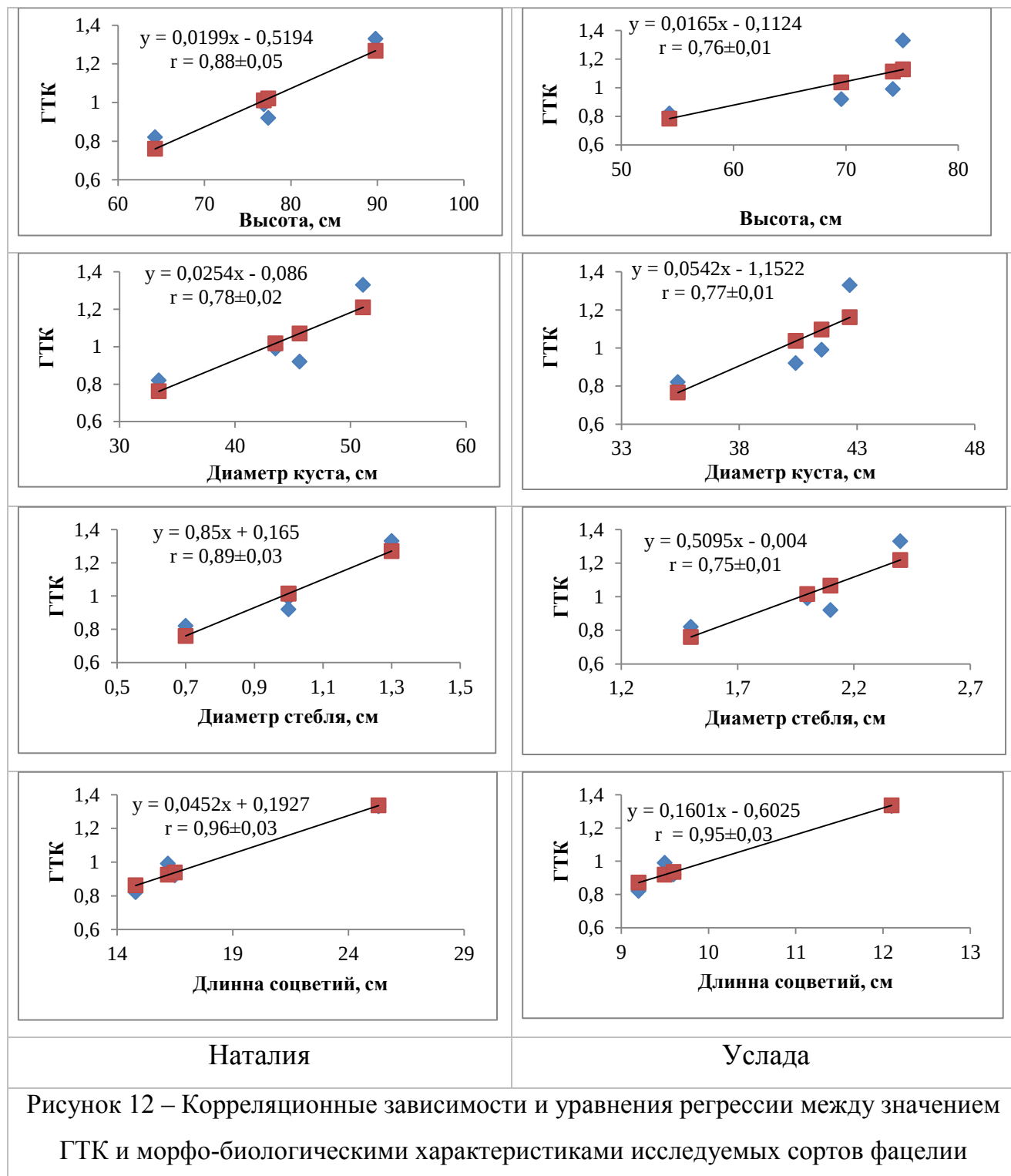
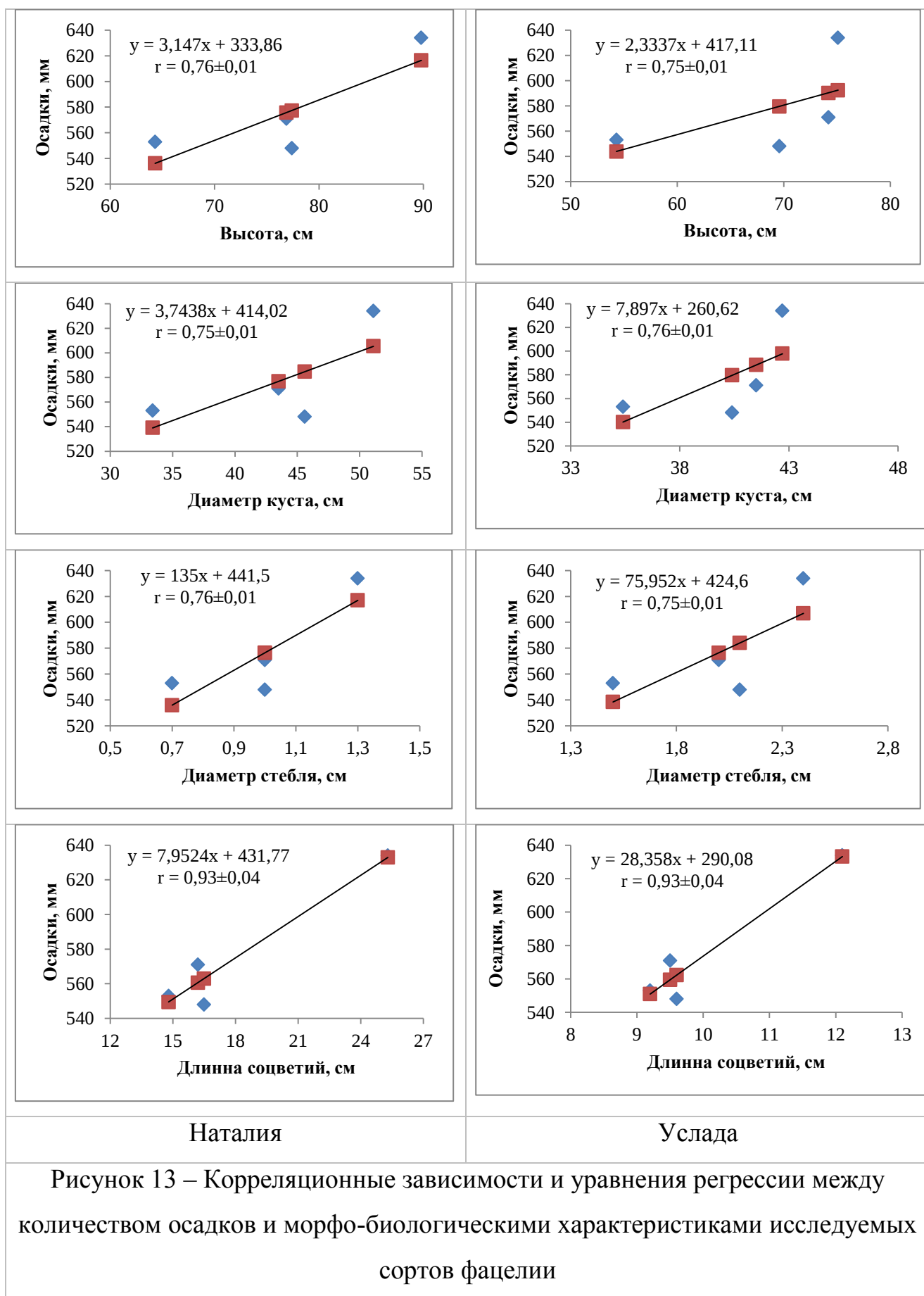


Рисунок 11 – Динамика морфо-биологических показателей в период исследования с 2020 по 2023 годы

По исследуемым годам сложилась следующая закономерность. Наибольшие значения диаметра куста оба сорта достигли в 2021 году (рисунок 11) и составили $51,1 \pm 3,7$ см (сорт Наталия) и $42,7 \pm 4,7$ см (сорт Услава). Закономерность также объясняется более комфортными показателями увлажнения. Так корреляционная зависимость между морфо-биологическим показателем диаметра куста и количеством осадков (рисунок 13) составила 0,75

(сорт Наталия) и 0,76 (сорт Улада), ГТК – 0,78 для сорта Наталия и 0,77 для сорта Улада (рисунок 12). Отмечается низкая корреляционная зависимость между среднегодовой температурой и исследуемым показателем – 0,34 (сорт Наталия) и 0,29 (сорт Улада) (рисунок 14, приложение 10).





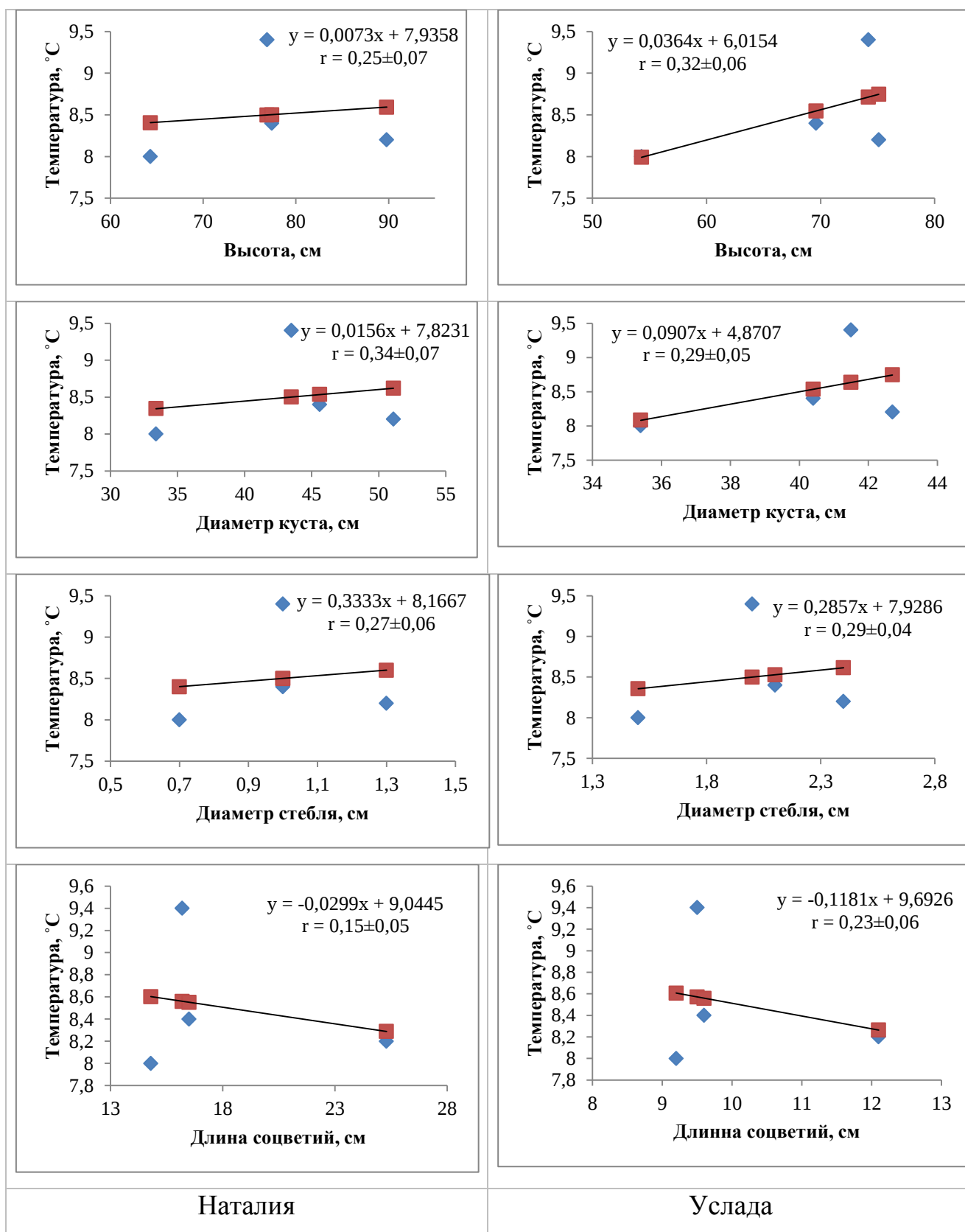


Рисунок 14 – Корреляционные зависимости и уравнения регрессии между среднегодовой температурой и морфо-биологическими характеристиками исследуемых сортов фацелии

Диаметр стебля наряду с описываемыми выше показателями является важной морфо-биологической характеристикой растения, поскольку также определяет количество зелёной массы растения, а, следовательно, то, сколько зелёного удобрения поступит в почву с сидератом. Определяется данное свойство сортовыми особенностями и достоверно отличается у изучаемых сортов $НСР_{05} = 0,4$. Средний показатель диаметра стебля за изучаемый период с 2020 по 2023 годы у сорта Наталия в среднем составляет $1 \pm 0,3$ см (таблица 4), при разбросе значений от 0,7 до 1,3 см, у сорта Услава – $2 \pm 0,4$ см, при диапазоне колебаний от 1,5 до 2,4 см. Таким образом, для сорта Услава характерны более мощные стебли, которые составляют основную часть зелёной массы растения. Исследуемый показатель характеризуется однородностью, поскольку коэффициент вариации не превышает средних значений и составляет для сорта Наталия 15,5%, для сорта Услава 13,7% (таблица 4).

Годовая динамика диаметра стеблей также определялась преимущественно количеством выпавших осадков и ГТК, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции, полученные между данными показателями (приложение 10). Между показателем ГТК и диаметром стебля получена высокая корреляционная зависимость, ее величина составляет 0,89 для сорта Наталия и 0,75 для сорта Услава (рисунок 12). Наибольшее количество осадков, выпавшее в 2021 году, сопровождалось формированием более мощных стеблей (рисунок 10), что подтверждается высокой корреляционной взаимосвязью между исследуемыми показателями, $r = 0,76$ для сорта Наталия и 0,75 для сорта Услава (рисунок 13). Между среднегодовой температурой и изучаемым показателем получена низкая корреляционная зависимость, которая для сорта Наталия равна 0,27, для сорта Услава 0,29 (рисунок 14).

Длина соцветий является основным морфо-биологическим показателем, который влияет на нектаропродуктивность и мёдопродуктивность растения. Полученные данные достоверно отличаются и зависят от выращиваемого сорта, $НСР_{05} = 0,7$ (таблица 4). Максимальная длина соцветий также характерна для сорта Наталия, которая составляет 25,3 см (приложение 9), минимальная – 14,8

см при среднем значении $18,2 \pm 2,9$ см (таблица 4). У сорта Услава средняя длина соцветия равна 10,1 см, максимальная величина показателя достигала значения 12,1 см, минимальная – 9,5 см (приложение 9), при среднем значении $10,1 \pm 1,3$ см. Изучаемый признак имеет маленькую изменчивость, поскольку коэффициент вариации низкий и не превышает 10% для обоих сортов (таблица 4).

Анализируя влияние климатических показателей на длину соцветий, следует отметить, что в 2021 году при оптимальном увлажнении и значении ГТК, были сформированы наиболее длинные соцветия у обоих сортов (рисунок 11). В 2022 году отмечается наименьшие значения данного морфо-биологического признака, что связано с более засушливыми условиями года (рисунок 4). Полученные коэффициенты корреляции подтверждают тесную взаимосвязь между ГТК, среднегодовым количеством осадков и длиной соцветий, $r = 0,96$ и $0,93$, соответственно для сорта Наталия и $r = 0,95$ и $0,93$ для сорта Услава (рисунок 12, 13). Между среднегодовой температурой и исследуемым морфо-биологическим показателем получена низкая корреляционная зависимость, которая составляет $r = 0,15$ для сорта Наталия и $0,23$ для сорта Услава (рисунок 14).

3.3. Особенности цветения

Время и интенсивность цветения имеют важное значение при формировании урожайности и биопродуктивности любой культуры. При этом, часто время зацветания и продолжительность цветения определяются условиями окружающей среды, ее эколого-географическими характеристиками, а также сортовыми особенностями.

Особенности цветения различных сортов фацелии, время появления первых цветков, а также период интенсивного цветения имеют ведущее значение в нектаропродуктивности, мёдопродуктивности культуры, а также в формировании мёдоносного конвейера. Исследования В.И. Чернявских, Е.В.

Думачева, Е.С. Бойко, которые проводились в различных почвенно-экологических условиях показали, что время зацветания и период цветения коррелируют с факторами внешней среды [195]. Для исключения данного воздействия опыт закладывался при относительно выровненных внешних почвенно-климатических показателях. Отличия представлены исключительно сортовыми особенностями.

Изучаемые сорта имеют достоверное различие в межфазном периоде «всходы-цветение», $НСР_{05} = 1,03$ (приложение 8). Цветение сорта Услава началось в среднем на 42 ± 4 день от начала посева, у сорта Наталия на 50 ± 3 день (таблица 3). Самые первые цветки у сорта Услава отмечались на 38 ± 3 сутки, у сорта Наталия – 47 ± 3 сутки развития культуры (приложение 8). Согласно нашим наблюдениям, продолжительность жизни одного цветка составляла 2-3 дня, некоторые цветки отличались довольно долгой продолжительностью жизни, которая составляла 5 дней. При этом определить закономерность длительности жизни одного цветка от сорта фацелии вывести не удалось.

В годовой динамике начала цветения также выявлена тенденция зависимости климатических показателей и времени начала цветения. Так, наиболее раннее формирование бутонов и цветение характерно для 2021 года (рисунок 10), который характеризовался достаточным количеством осадков, оптимальным температурным показателем и ГТК. Коэффициенты корреляции между исследуемыми показателями составили: цветение – осадки ($r = 0,87$), цветение – среднегодовая температура ($r = 0,75$), цветение – ГТК ($r = 0,85$).

Массовое цветение отмечалось у сортов Услава и Наталия на 55 и 47 дни соответственно. При этом были получены довольно стабильные показатели степени вариации периода цветения исследуемых сортов. Так у сорта Наталия коэффициенты вариации времени начала цветения составили в среднем 19%, а у сорта Услава 15%. Полученные данные позволяют планировать начало и окончание цветения, тем самым создавая так называемый мёдоносный конвейер, который осуществляется различными периодами цветения.

3.4 Динамика веса наземной и подземной биомассы фацелии по фазам вегетации

3.4.1. Биопродуктивность фацелии в период бутонизации

Наземная биомасса. Несмотря на то, что в фазу бутонизации морфобиологические признаки фацелии еще не достигают своих максимальных значений, растение к этому времени уже набирает необходимую фитомассу, которую можно использовать в качестве сидерата, либо на силос. Поэтому с точки зрения биоразнообразия и биопродуктивности была исследована урожайность наземной и подземной фитомассы в фазы бутонизации, цветения и начала созревания первых семян. Согласно полученным данным, в период бутонизации, сорт Наталия дал $163 \pm 11,2$ ц/га, при максимальном количестве – 186 ц/га, минимальном – 147 ц/га. $НСР_{05} = 6,9$. Урожайность сорта Услава составила $160 \pm 9,8$ ц/га, при максимальном значении урожайности зелёной массы – 190 ц/га, минимальном – 151 ц/га (таблица 5), $НСР_{05} = 8,3$. Различия в урожайности между сортами в данный период роста и развития фацелии находятся в пределах ошибки. При этом достоверное отличие в урожайности отмечается в бисортовых посевах, так при сочетании урожайность зелёной массы достигала $184 \pm 12,1$ ц/га, при максимальном значении 194 ц/га, минимальном – 181 ц/га (таблица 5).

Климатические показатели влияют на биопродуктивность культур, в том числе и сидеральных. Максимальная урожайность наземной фитомассы в период бутонизации была получена в 2021 году – $186 \pm 89,6$ ц/га (сорт Наталия), $190 \pm 7,4$ (сорт Услава), $194 \pm 10,0$ в бисортовых посевах (приложение 11, рисунок 15), при оптимальном режиме увлажнения. Минимальная урожайность наземной фитомассы в период бутонизации отмечалась в более засушливом 2022 году – $147 \pm 8,3$ ц/га (сорт Наталия), $144 \pm 7,6$ (сорт Услава), $174 \pm 5,8$ в бисортовых посевах (приложение 11, рисунок 15).

Таблица 5 – Статистические показатели урожайности в ц/га зеленой массы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортовых посевах в фазу бутонизации, n = 3

Сорт	Урожайность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	НСР ₀₅
Наталия	163±11,2	186	147	22,3	6,9
Услава	160±9,8	190	151	24,5	8,3
(Наталия + Услава)	184±12,1	194	181	27,2	10,0

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Для периода бутонизации характерна довольно высокая степень варьирования, которая для сорта Наталия составляет 22,3%, Услава – 24,5%, в бисортовых посевах – 27,2% (таблица 5).

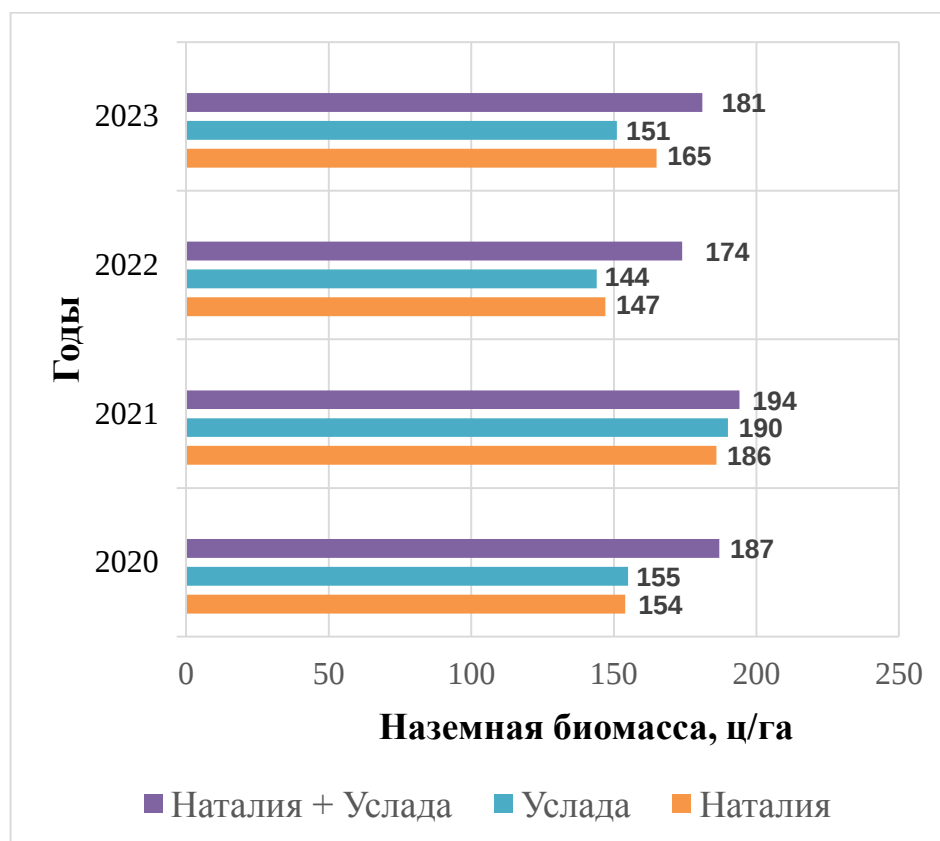


Рисунок 15 – Динамика урожайности зеленой массы различных сортов фацелии в период бутонизации

Получена высокая корреляционная зависимость между показателем ГТК и урожайностью наземной фитомассы, которая составляет для сорта Наталия 0,85 для сорта Услава 0,99, в бисортовых посевах 0,88. Между количеством осадков и урожайностью высокий коэффициент корреляции характерен для сорта Услава $r = 0,96$ и при сочетании сортов $r = 0,75$, а для сорта Наталия отмечается корреляционная зависимость средней силы, которая составляет 0,70 (рисунок 16).

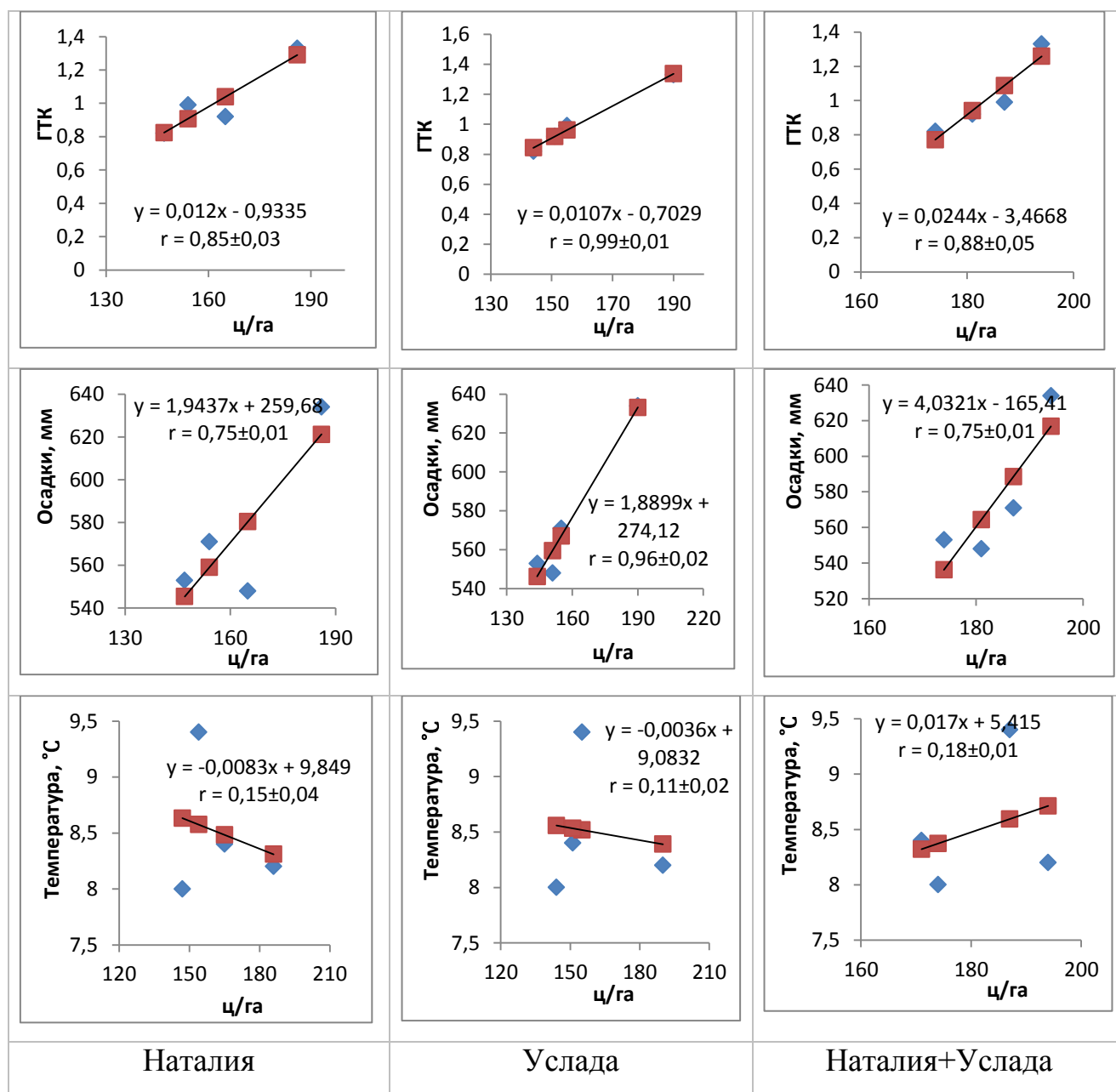


Рисунок 16 – Корреляционные зависимости и уравнения регрессии между климатическими показателями и урожайностью наземной фитомассы исследуемых сортов фацелии и в бисортовых посевах в период бутонизации

Низкий уровень коэффициента корреляционной зависимости получен между среднегодовым значением температур и урожайностью зелёной массы фацелии исследуемых сортов в период бутонизации, который составляет для сорта Наталия – 0,15, для сорта Услава – 0,11, в бисортовых посевах – 0,18 (рисунок 16).

Подземная биомасса. Согласно полученным нами данным, в фазу бутонизации фацелии, ее корневая система в среднем достигала $12 \pm 0,5$ ц/га у сорта Наталия ($HCP_{05}=0,7$), $14 \pm 0,7$ ц/га у сорта Услава ($HCP_{05}=0,5$) и $15 \pm 0,7$ ц/га в бисортовых посевах ($HCP_{05}=0,3$). В фазу бутонизации сортовые различия ещё не выражены, а находятся на уровне стандартного отклонения и ошибки среднего арифметического. В данный вегетационный период, биопродуктивность корневой системы имеет высокую степень варьирования и составляет для сорта Наталия – 21,1%, для сорта Услава – 22,3%, в бисортовых посевах – 24,1% (таблица 6).

Таблица 6 – Статистические показатели урожайности в ц/га подземной фитомассы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортовых посевах в фазу бутонизации, $n = 3$

Сорт	Урожайность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	HCP_{05}
Наталия	$12 \pm 0,5$	15	10	21,1	0,7
Услава	$14 \pm 0,7$	16	12	22,3	0,5
(Наталия + Услава)	$15 \pm 0,7$	17	13	24,1	0,3

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Максимальная урожайность подземной биомассы в период бутонизации была зафиксирована в 2021 году, для которого характерно оптимальное увлажнение и уровень ГТК (рисунок 17). В этот год величины биомассы корней достигли $15 \pm 0,2$ ц/га у сорта Наталия, $16 \pm 0,3$ ц/га у сорта Услава и $17 \pm 0,3$ ц/га в

бисортовых посевах. Более засушливый 2022 год характеризуется наименьшей урожайностью как наземной, так и подземной биомассы в период бутонизации (рисунок 17), которая составила у сорта Наталия $10 \pm 0,5$ ц/га, у сорта Услава $12 \pm 0,4$ ц/га, в бисортовых посевах $13 \pm 0,4$ (приложение 11).

Показателем взаимного влияния факторов может выступать коэффициент корреляции и его величина. Полученные корреляционные зависимости между подземной фитомассой и климатическими показателями приведены на рисунке 18.

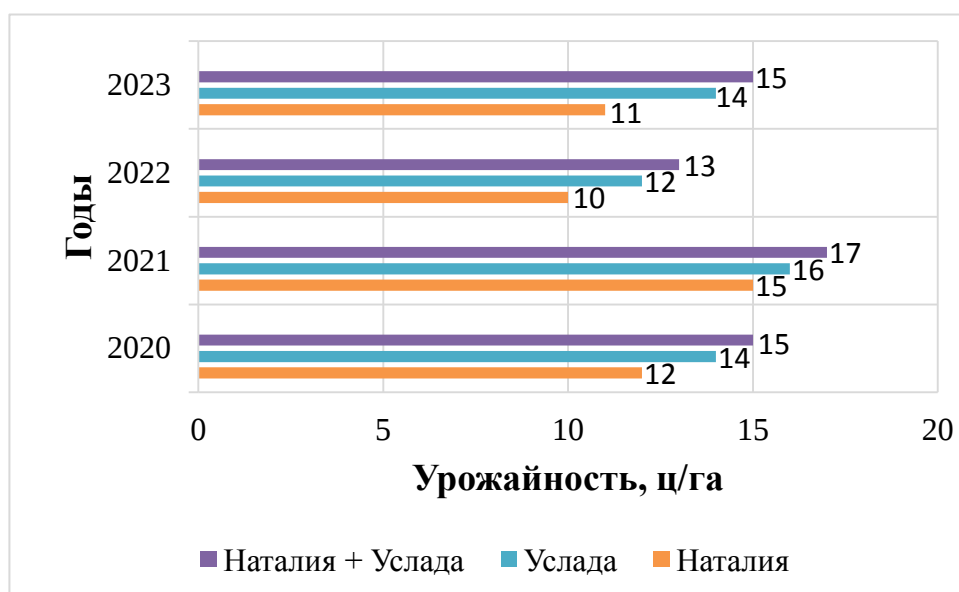


Рисунок 17 – Динамика урожайности подземной биомассы различных сортов фацелии и в бисортовых посевах в период бутонизации

Получена высокая корреляционная зависимость между урожайностью подземной биомассы и ГТК, $r = 0,99$ (сорт Наталия), $r = 0,94$ (сорт Услава) и $r = 0,94$ (сочетание сортов). Между суммой осадков и показателем урожайности получена высокая корреляционная зависимость с сортом Услава ($r = 0,84$), с сортом Наталия ($r = 0,97$), и в бисортовых посевах ($r = 0,84$). Между среднегодовым показателем температуры и урожайностью подземной биомассы выявлен низкий уровень корреляционной зависимости, который составляет 0,10 для сорта Наталия, для сорта Услава, а также при сочетании сортов выявлена низкая корреляционная зависимость равная 0,13 (рисунок 18).

Климатические показатели в период бутонизации оказывают влияние на развитие наземной и подземной биомассы. Кроме того, на развитие корневой системы растений помимо внешних климатических факторов, оказывает огромное влияние почвенный компонент.

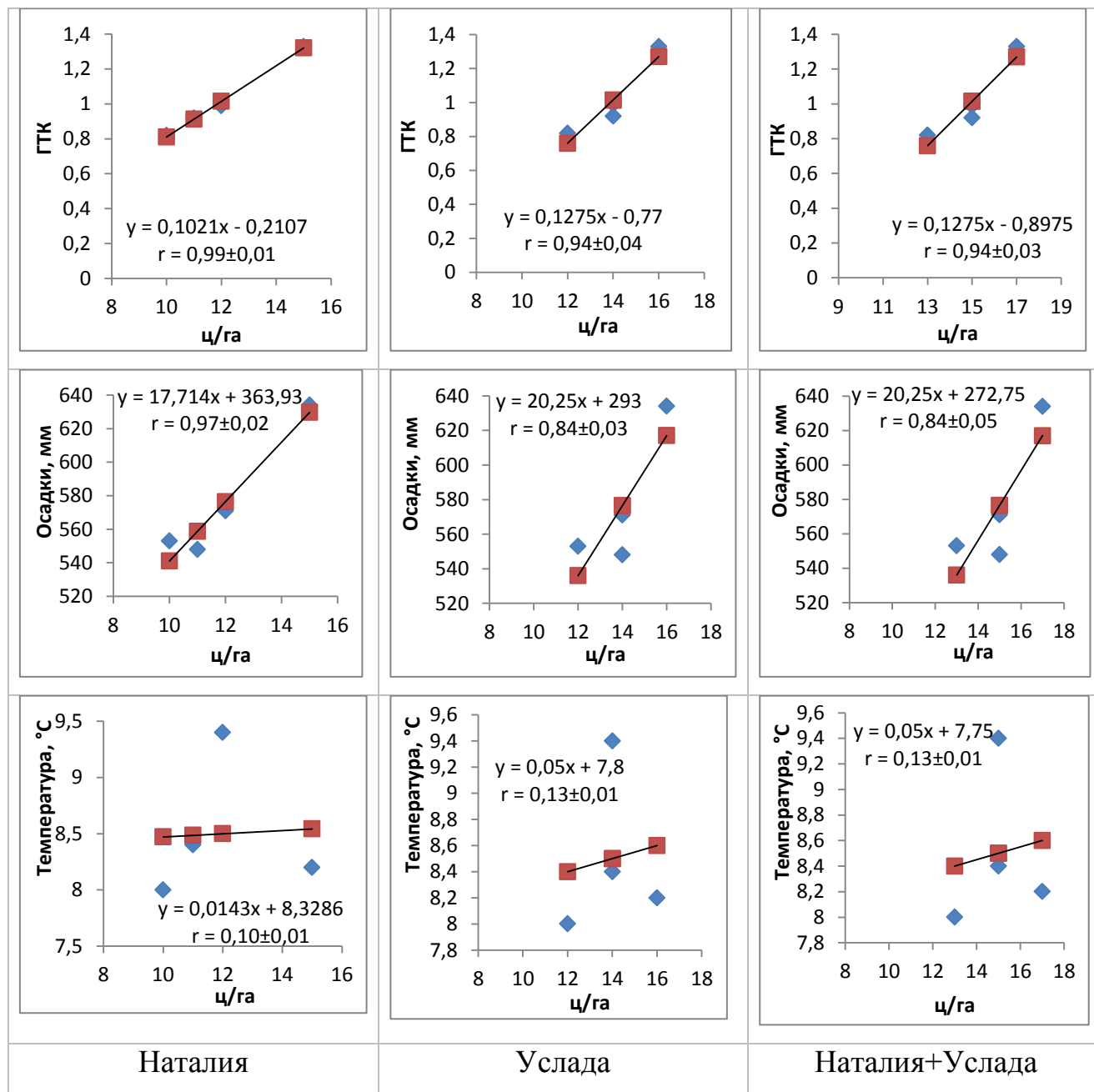


Рисунок 18 – Корреляционные зависимости и уравнения регрессии между климатическими показателями и урожайностью подземной биомассы исследуемых сортов фацелии и в бисортовых посевах в период бутонизации

3.4.2. Анализ биомассы фацелии в фазу цветения

Наземная биомасса. В фазу цветения растительный организм фацелии практически полностью сформировал свои вегетативные и генеративные органы. Поэтому на биомассу культуры будут влиять, главным образом, её сортовые особенности. В фазу цветения наибольшая урожайность зелёной биомассы характерна для сорта Наталия, которая в среднем составила $180 \pm 10,1$ ц/га. Максимальное количество составило 202 ц/га, минимальное – 161 ц/га. $НСР_{05} = 5,7$. Урожайность сорта Услава составила $179 \pm 10,6$ ц/га, при максимальном значении урожайности зелёной массы у данного сорта – 191 ц/га, минимальном – 155 ц/га (таблица 7), $НСР_{05} = 6,3$.

Таблица 7 – Статистические показатели урожайности в ц/га зелёной массы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортных посевах в фазу цветения, $n = 3$

Сорт	Урожайность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	$НСР_{05}$
Наталия	$180 \pm 10,1$	202	161	22,3	5,7
Услава	$179 \pm 10,6$	191	155	24,1	6,3
(Наталия + Услава)	$248 \pm 11,5$	265	215	25,1	8,9

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Помимо сортовых особенностей, на биологическую продуктивность сидерата оказывают значительное влияние климатические показатели. Максимальная наземная биомасса фацелии в фазу цветения была получена в 2021 году (рисунок 19), который характеризовался оптимальным сочетанием тепла и влаги, которая составила $202 \pm 5,4$ ц/га для сорта Наталия, $191 \pm 6,1$ для сорта Услава, в бисортных посевах было получено $265 \pm 9,4$ ц/га наземной биомассы (приложение 11). Минимальная продуктивность отмечалась в более прохладном и засушливом 2022 году (рисунок 19), которая составила – $161 \pm 5,8$

ц/га сорт Наталия, $155 \pm 7,8$ ц/га сорт Услава и $215 \pm 5,9$ ц/га в бисортовых посевах (приложение 11).

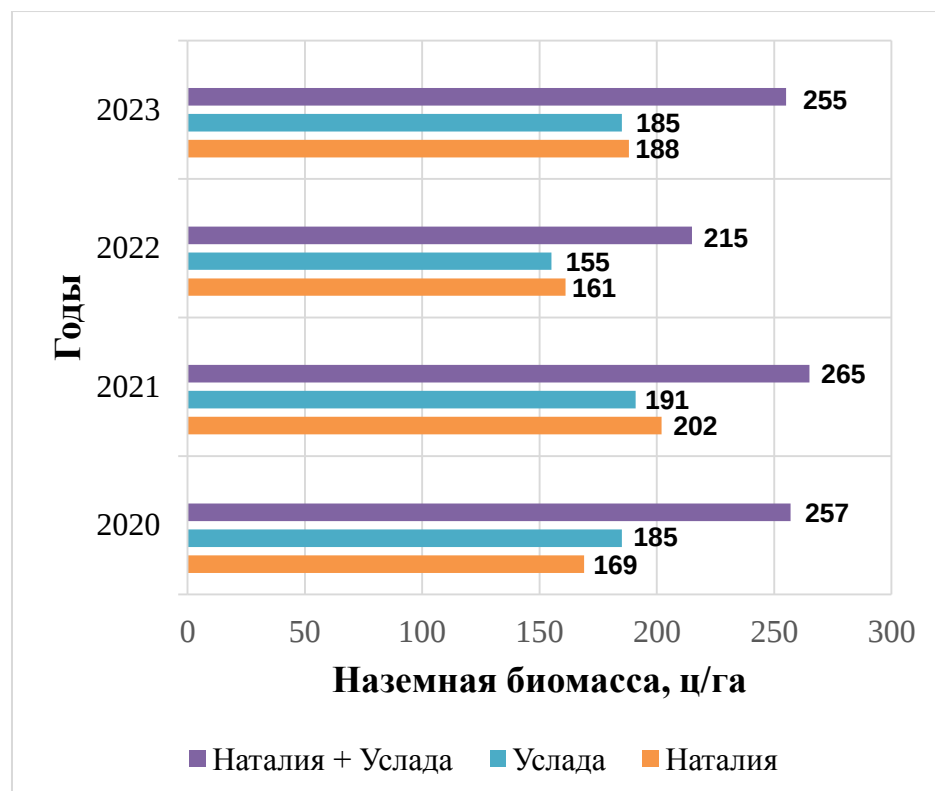
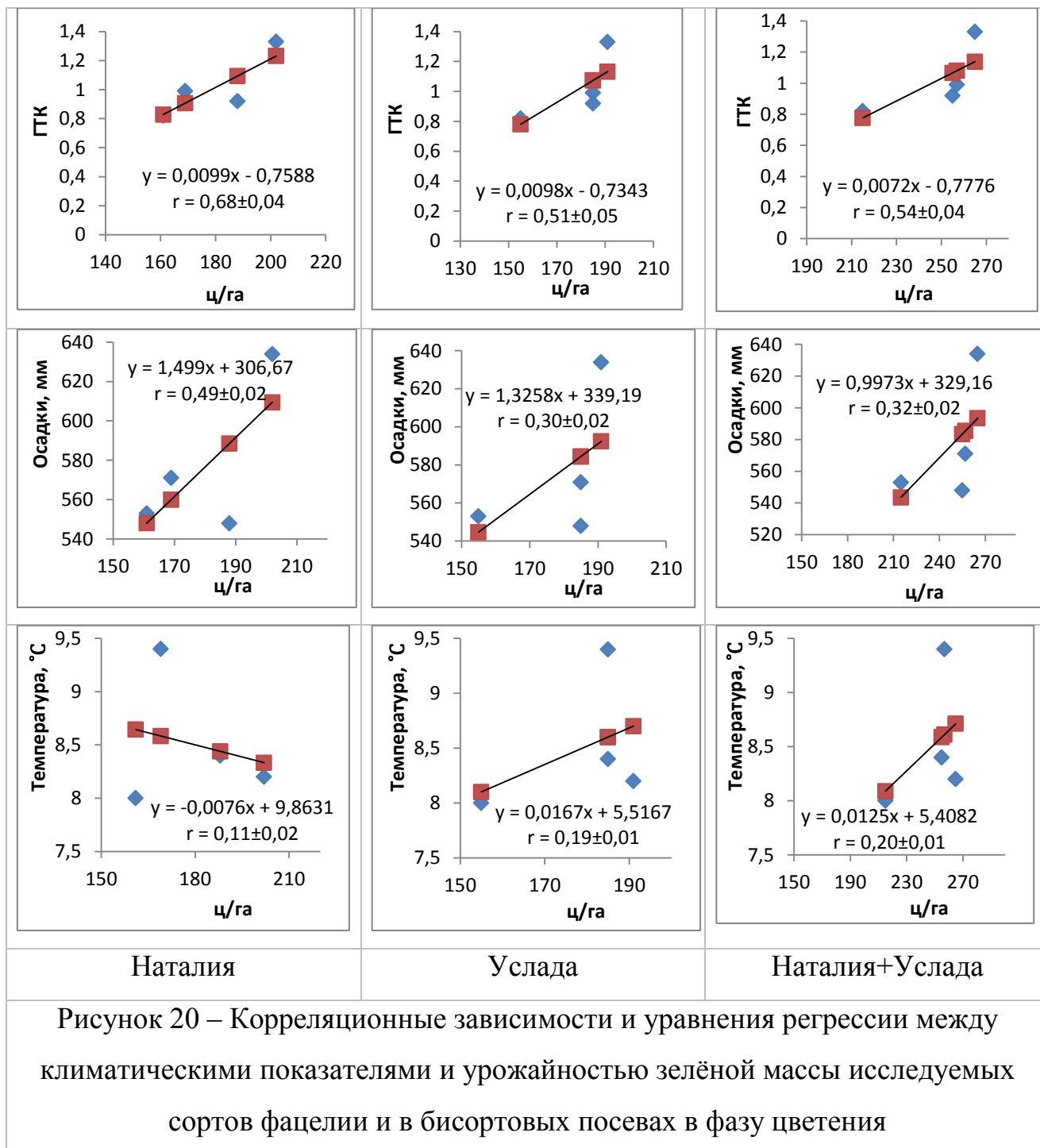


Рисунок 19 – Динамика урожайности зелёной массы различных сортов фацелии в период цветения

Максимальная урожайность зелёной массы в фазу цветения отмечалась при совместном выращивании сортов Наталия и Услава, которая в среднем составляет $248 \pm 11,5$ ц/га при $НСР_{05}=8,9$ (таблица 7). Варьирование урожайности отдельных сортов и их сочетания в период цветения высокое, которое составляет для сорта Наталия 22,3%, для сорта Услава 24,1%, в бисортовых посевах 25,1% (таблица 7).

Отмечается корреляционная зависимость средней силы между показателем ГТК и урожайностью зелёной массы в период цветения, которая составляет 0,68 сорт Наталия, 0,51 сорт Услава, 0,54 в бисортовых посевах. Между количеством осадков и урожайностью выявлена корреляционная зависимость средней силы для сорта Наталия $r = 0,49$, низкий коэффициент корреляции характерен для сорта Услава $r = 0,30$ в бисортовых посевах $r = 0,32$. Низкий

коэффициент корреляции получен между среднегодовым значение температур и урожайностью зелёной массы фацелии исследуемых сортов, который составляет для сорта Наталия – 0,11, для сорта Услава – 0,19, в бисортных посевах – 0,20 (рисунок 20).



Подземная биомасса. В фазу цветения корневая система фацелии в среднем достигала $17 \pm 0,4$ ц/га у сорта Наталия ($НСР_{05}=0,7$), $18 \pm 0,6$ ц/га у сорта

Услава ($НСР_{05}=0,8$) и $20\pm0,7$ ц/га в бисортовых посевах, $НСР_{05}=0,8$. Исследуемый показатель имеет среднюю степень варьирования, коэффициент вариации составляет для сорта Наталия – 17,1%, для сорта Услава 15,4%, в бисортовых посевах – 15,5% (таблица 8).

Таблица 8 – Статистические показатели урожайности в ц/га подземной фитомассы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортовых посевах в фазу цветения, $n = 3$

Сорт	Урожайность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	$НСР_{05}$
Наталия	$17\pm0,4$	20	15	17,1	0,7
Услава	$18\pm0,6$	21	16	15,4	0,8
(Наталия + Услава)	$20\pm0,7$	22	17	15,5	0,8

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Максимальная урожайность подземной биомассы в фазу цветения отмечалась в наиболее оптимальном, с точки зрения обеспеченности теплом и влагой 2021 году (рисунок 21). Корневые системы фацелии сорта Наталия достигли биомассы в $20\pm0,2$ ц/га, сорта Услава – $21\pm0,3$ ц/га, в бисортовых посевах отмечается наибольшая биопродуктивность, которая составила $22\pm0,6$ ц/га. Наименьшие показатели урожайности подземной биомассы были зафиксированы в более засушливом 2022 году, которые составили у сорта Наталия $15\pm0,3$ ц/га, у сорта Услава $16\pm0,4$ ц/га, в бисортовых посевах $17\pm0,7$ (приложение 11).

Корреляционный анализ, проведенный между климатическими показателями (ГТК, количество осадков, среднегодовая температура) и количеством полученной подземной биомассы фацелии в фазу цветения, выявил зависимости слабой и тесной силы. Значения полученных

коэффициентов которой, а также уравнения регрессии представлены на рисунке 22.

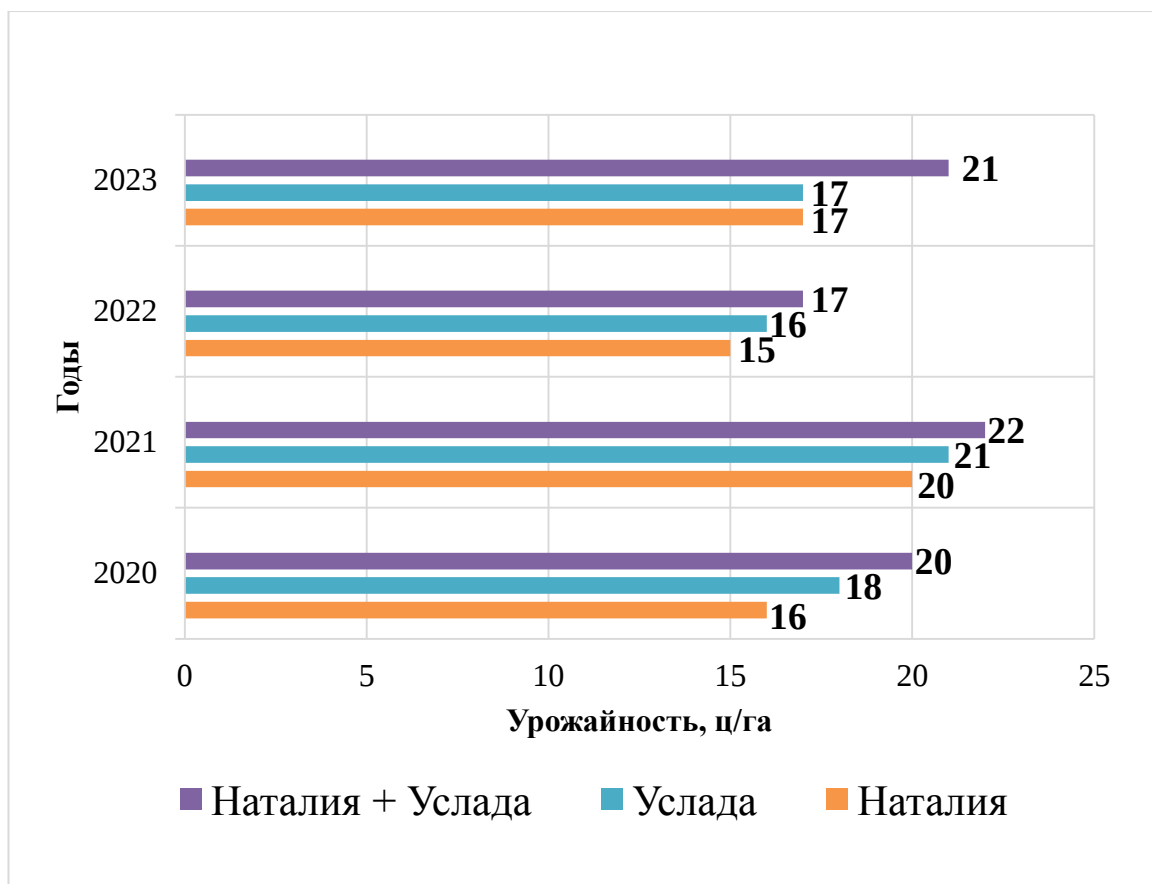
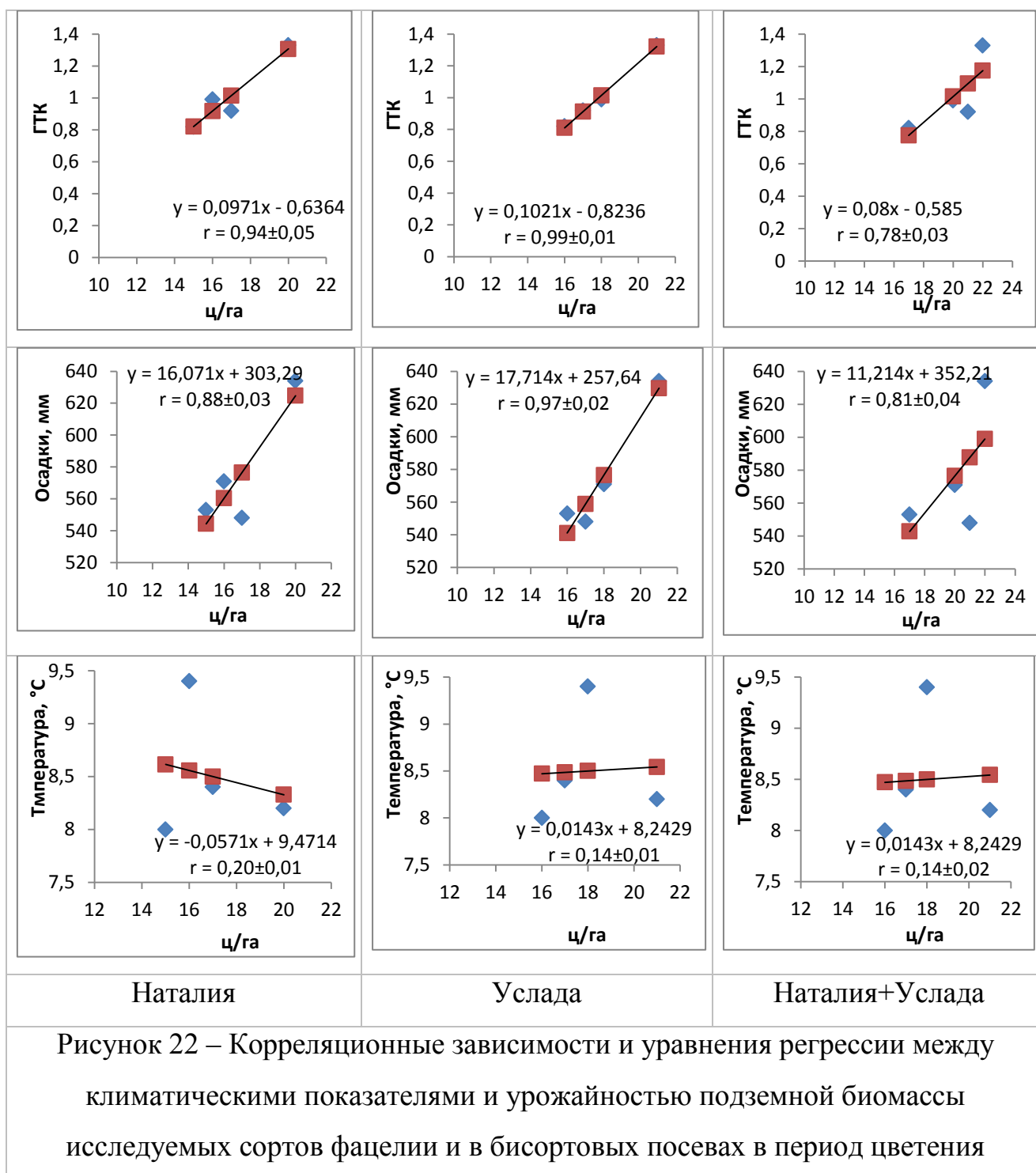


Рисунок 21 – Динамика урожайности подземной биомассы различных сортов фацелии и их сочетания в период цветения

С гидротермическим коэффициентом выявлена высокая корреляционная зависимость у сорта Наталия $r = 0,94$, у сорта Услава $r = 0,99$ и в бисортовых посевах $r = 0,78$. На размер подземной биомассы исследуемых сортов в бисортовых посевах также повлияло среднегодовое количество осадков, о чем свидетельствует высокая корреляционная зависимость $r = 0,88$ – сорт Наталия, $r = 0,97$ – сорт Услава и $r = 0,81$ – совместное выращивание сортов Наталия и Услава. Между среднегодовым показателем температуры и урожайностью подземной биомассы фацелии сортов Наталия, Услава, а также в бисортовых посевах выявлен низкий уровень корреляционной зависимости ($r = 0,20$ для сорта Наталия, $r = 0,14$ для сорта Услава и в бисортовых посевах).



Таким образом, показатели ГТК, среднегодовая сумма осадков и значение температур в фазу цветения оказывают влияние как на развитие наземной биомассы фацелии, так и на биопродуктивность корневой системы растения. Кроме того, на развитие подземной биомассы оказывает влияние почвенный компонент, о чем свидетельствуют полученные корреляционные зависимости разной силы.

3.4.3. Урожайность наземной и подземной биомассы фацелии в период начала созревания семян (перед заделкой на глубину)

Наземная биомасса. На урожайность зелёной массы сидерата будут влиять исследуемые морфо-биологические свойства культуры в целом, а также ее сортовые особенности. Согласно полученным данным, сорт Услава дал большее количество в ц/га урожая зелёной массы – $287 \pm 10,6$, при максимальном количестве – 297 ц/га, минимальном – 265 ц/га. $НСП_{05} = 9,1$. Урожайность сорта Наталия составила $195 \pm 10,1$ ц/га, при максимальном значении урожайности зелёной массы – 219 ц/га, минимальном – 181 ц/га (таблица 9), $НСП_{05} = 7,8$. Данные показатели мы связываем с тем, что у сорта Услава отмечаются более толстые стебли, которые составляют основную массу культуры. Массивные стебли имеют большую разветвленность и количество листовых пластин, которые составляют основной объем зелёной массы ресурсного вида фацелии пижмолистной.

Таблица 9 – Статистические показатели урожайности в ц/га зелёной массы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортовых посевах в период начала созревания семян, $n = 3$

Сорт	Урожайность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	$НСП_{05}$
Наталия	$195 \pm 10,1$	219	181	17,1	7,8
Услава	$287 \pm 10,6$	297	265	16,8	9,1
(Наталия + Услава)	$310 \pm 11,5$	330	299	21,5	9,4

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Среднегодовое количество осадков и величина ГТК также повлияла на величину урожайности зелёной массы, так максимальная урожайность была получена в 2021 году ($219 \pm 8,7$ ц/га сорт Наталия, $297 \pm 5,6$ сорт Услава, $330 \pm 10,4$

в бисортовых посевах, приложение 11, рисунок 23), при оптимальном режиме увлажнения. Минимальная – в 2022 году ($181 \pm 7,3$ ц/га сорт Наталия, $265 \pm 6,9$ сорт Услава, $299 \pm 10,3$ в бисортовых посевах, приложение 11, рисунок 23), период характеризовался как более засушливый (рисунок 23).

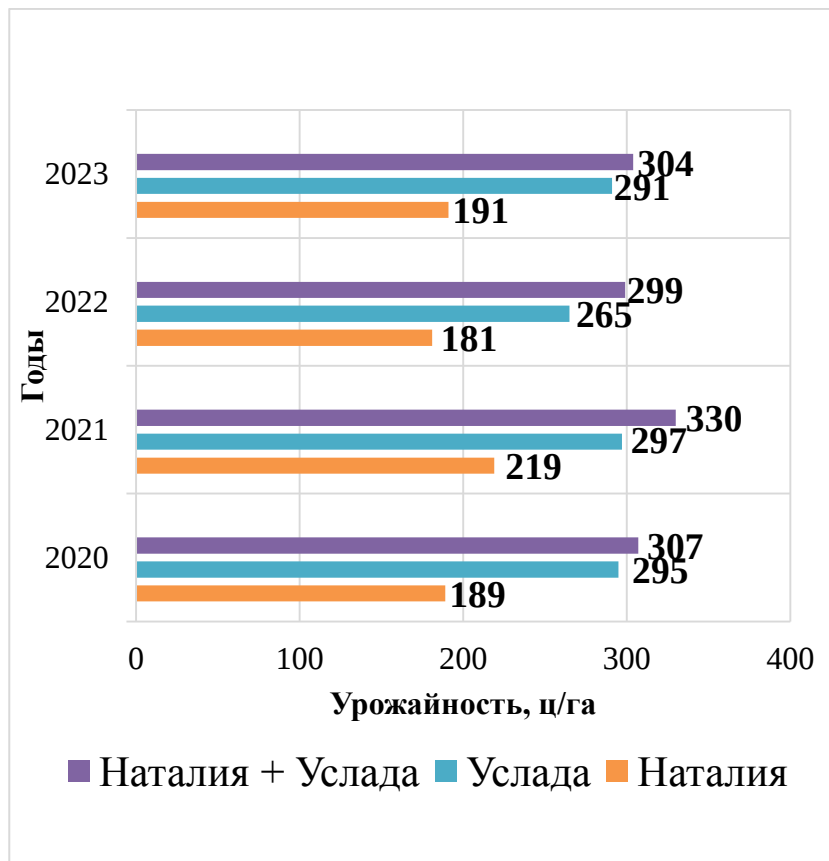


Рисунок 23 – Динамика урожайности зелёной массы различных сортов фацелии

Максимальная урожайность зелёной массы, достигалась при совместном выращивании сортов Наталия и Услава в бисортовых посевах, которая в среднем составляет $310 \pm 11,5$ ц/га при $НСР_{05}$ 9,4 (таблица 9). Совместное возделывание сортов усиливает бисортовые взаимодействия между растениями фацелии пажмолистной приводя к росту показателей урожайности зелёной массы. Варьирование урожайности отдельных сортов – среднее и составляет для сорта Наталия 17,1%, для сорта Услава 16,8%. На опытном участке в бисортовых посевах степень варьирования высокая и составляет 21,5% (таблица 9).

Отмечается высокая корреляционная зависимость между показателем ГТК и урожайностью зелёной массы и составляет в период начала созревания семян 0,97 сорт Наталия, 0,99 в бисортных посевах. Между сортом Услава и показателем ГТК выявлена средняя степень корреляционной зависимости равная 0,48 (рисунок 24).

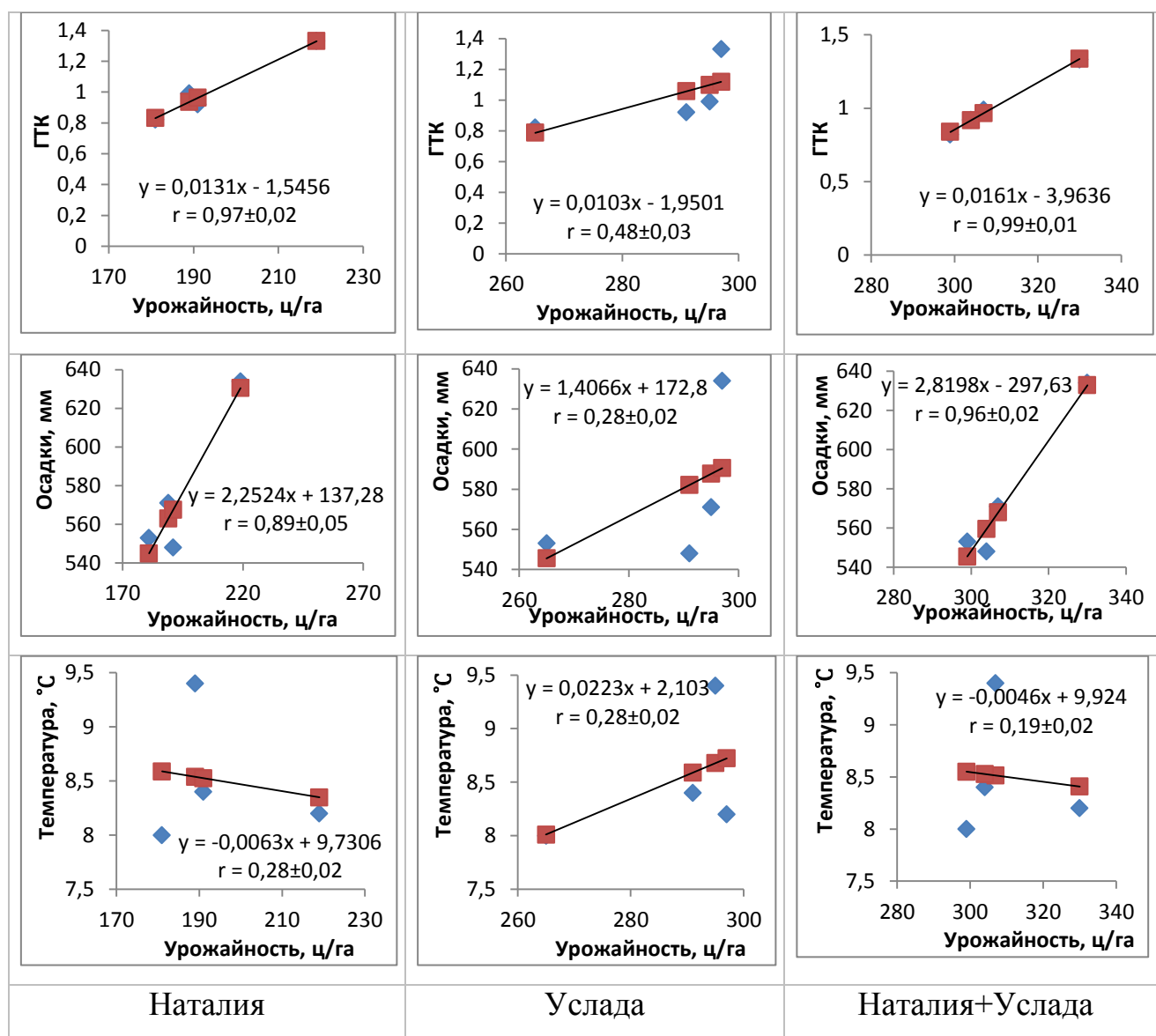


Рисунок 24 – Корреляционные зависимости и уравнения регрессии между климатическими показателями и урожайностью зелёной массы исследуемых сортов фацелии и в бисортных посевах в период начала созревания семян

Между количеством осадков и урожайностью зелёной массы высокий коэффициент корреляции характерен для сорта Наталия $r = 0,89$ и в бисортных

посевах $r = 0,96$, а для сорта Услава отмечается низкая корреляционная зависимость, которая составляет 0,48 (рисунок 24). Низкий коэффициент корреляции получен между среднегодовым значение температур и урожайностью зелёной массы фацелии исследуемых сортов, который составляет для сорта Наталия – 0,28, для сорта Услава – 0,28, в бисортных посевах – 0,19 (рисунок 24).

Подземная биомасса. По данным В.М. Тужилина, М.Н. Новикова, А.В. Быковой (1990) накопление корневой биомассы фацелии пижмолистной может достигать 26 ц/га. Согласно полученным нами данным, в период перед самой запашкой фацелии, её корневая система в среднем достигла $23 \pm 0,4$ ц/га у сорта Наталия ($HCP_{05}=0,6$), $24 \pm 0,5$ ц/га у сорта Услава ($HCP_{05}=0,5$) и $25 \pm 0,5$ ц/га в бисортных посевах, $HCP_{05}=0,4$. Исследуемый показатель имеет среднюю вариабельность и составляет для сорта Наталия – 12,1%, для сорта Услава 11,4%, в бисортных посевах – 14,1% (таблица 10).

Таблица 10 – Статистические показатели урожайности в ц/га подземной фитомассы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортных посевах, $n = 3$

Сорт	Урожайность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	HCP_{05}
Наталия	$23 \pm 0,4$	25	21	12,1	0,6
Услава	$24 \pm 0,5$	26	22	11,4	0,5
(Наталия + Услава)	$25 \pm 0,5$	27	23	14,1	0,4

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Максимальная урожайность подземной биомассы отмечалась в 2021 году (рисунок 25), для которого характерно оптимальное увлажнение и уровень ГТК. Величины биомассы корней достигали $25 \pm 0,5$ ц/га у сорта Наталия, $26 \pm 0,5$ у сорта Услава и $27 \pm 0,4$ ц/га при сочетании сортов. В наиболее засушливом 2022 году отмечалась наименьшая урожайность как наземной, так и подземной

биомассы (рисунок 25), которая составляла у сорта Наталия $21 \pm 0,3$ ц/га, у сорта Услава $22 \pm 0,2$ ц/га, в бисортовых посевах $23 \pm 0,4$ (приложение 11).

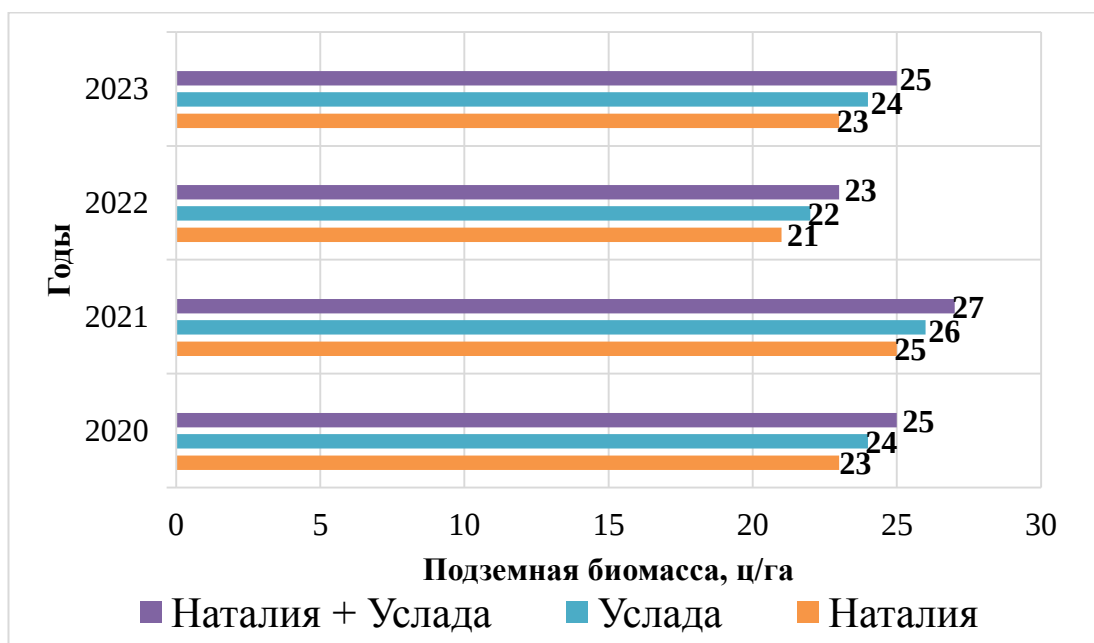
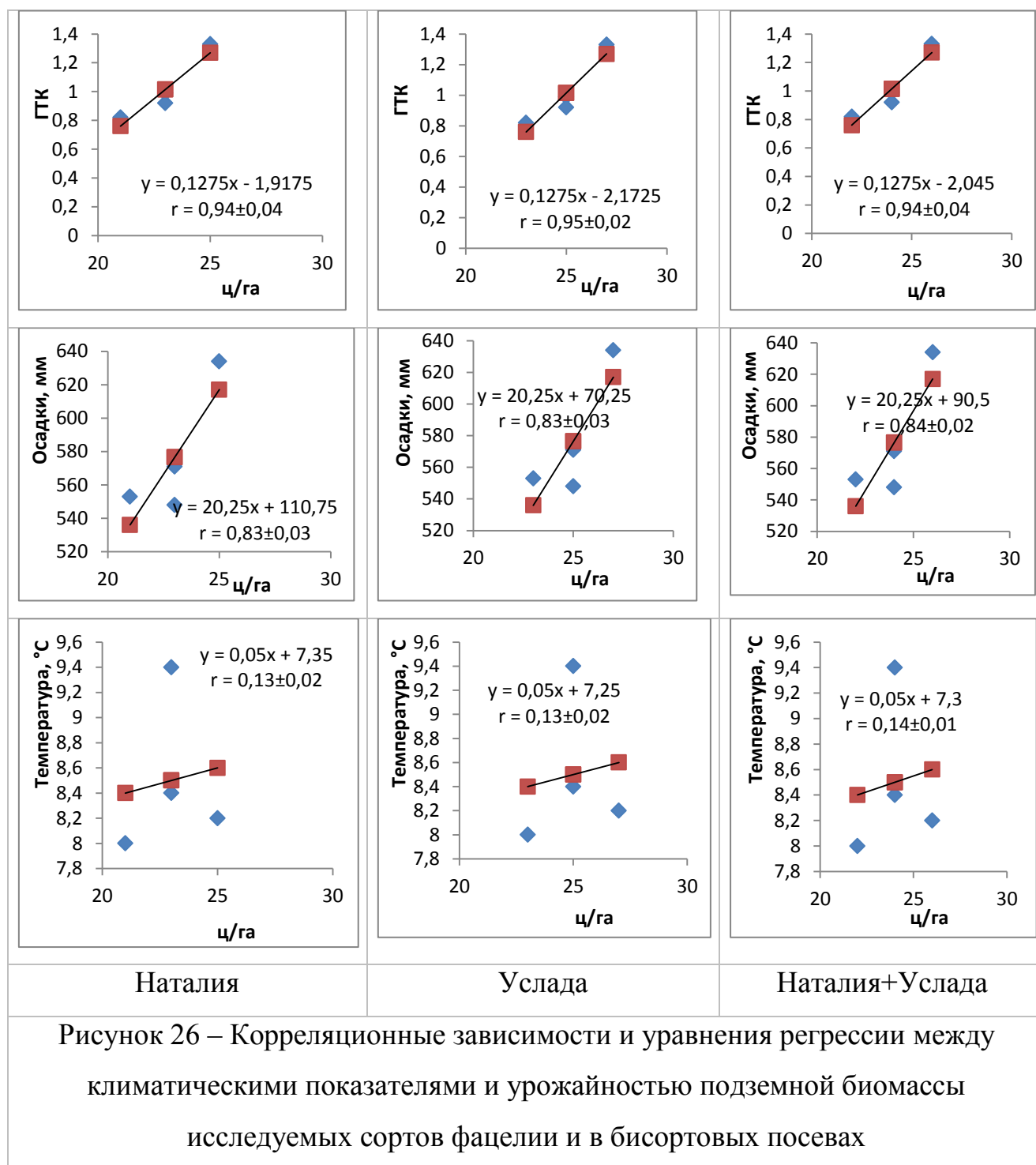


Рисунок 25 – Динамика урожайности подземной биомассы различных сортов фацелии и в бисортовых посевах в период начала созревания семян

О степени взаимосвязи климатических показателей и урожайности подземной биомассы фацелии в период начала созревания семян свидетельствуют полученные тесные корреляционные зависимости показателей (рисунок 26). Получены высокие корреляционные зависимости между урожайностью подземной биомассы и ГТК, $r = 0,94$ (сорт Наталия), $r = 0,95$ (сорт Услава) и $r = 0,94$ (сочетание сортов). Между суммой осадков и показателем урожайности также получена сильная корреляционная зависимость – для сортов Наталия и Услава $r = 0,83$, в бисортовых посевах, $r = 0,84$. Между температурным показателем и подземной биомассой получена слабая корреляционная зависимость $r = 0,13$ для сорта Наталия и Услава, $r = 0,14$ в бисортовых посевах (рисунок 26).



Таким образом, климатические показатели оказывают влияние в первую очередь на развитие наземной биомассы. Что касается урожайности подземной биомассы, то на ее формирование и развитие, помимо внешних климатических факторов, оказывает огромное влияние почвенный компонент, в связи с чем получены корреляционные взаимосвязи разной силы.

3.5. Нектаропродуктивность и мёдопродуктивность фацелии пижмолистной

Согласно многочисленным исследованиям и литературным данным: М.М. Глухов (1974) [26], Е.Т. Клименкова, Л.Г. Кушнир, А.И. Бачило (1980) [108], В.К. Пельменев (1985) [162], А.Н. Бурмистров, В.А. Никитина (1990) [17], А.И. Головин, Т.К. Алимов (2000) [27], В.П. Наумкин (2001) [149], М.Н. Бородина (2004) [14], Д.М. Паньков (2010) [161] в нектаре фацелии пижмолистной среднее содержание сахара составляет 43%. А.И. Головин и Т.К. Алимов (2000) подчеркивают высокую и многогранную эффективность культуры, так, согласно их данным средняя мёдопродуктивность фацелии колеблется от 200 до 300 кг/га. Мёд, получаемый с ее посевов имеет довольно высокое качество [27].

При размещении фацелии в севообороте важно учитывать или разработать оптимальный способ посева, только такой грамотный подход позволяет получить высокие цифры мёдопродуктивности. Как описывалось в главе, посвященной объектам и методам исследования, нами были использованы ранние сроки (первая декада мая) и широкорядные способы посева (45 см).

Согласно полученным данным сорт Наталия обладает достоверно большей нектаропродуктивностью, поскольку полученная величина $НСР_{05} = 9,2$, показывает, что отклонение на данное значение не будет превышать показания исследуемого признака у сорта Услава. Средние показатели составляют 720,1 кг/га, при колебании от 706,2 до 736,9 кг/га (таблица 11). При выращивании сорта Услава были соблюдены аналогичные сроки и способы посева. За счет сортовых особенностей средние значения показателя нектаропродуктивности составили 614,6 кг/га, при значении $НСР_{05} = 5,9$. Разброс значений показателя – от 601,5 до 631,2 кг/га и определялся количеством осадков и значением ГТК. Наибольшие показатели нектаропродуктивности – 800,9 кг/га были получены в бисортовых посевах ($НСР_{05} = 9,8$), при колебании показателя от 787,4 до 825,8 кг/га (таблица 11).

Таблица 11 – Статистические показатели нектаропродуктивности фацелии пижмолистной сортов Наталия, Услава и их сочетания (кг/га), n = 10

Сорт	Нектаропродуктивность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	НСР ₀₅
Наталия	720,1±11,4	736,9	706,2	25,3	9,2
Услава	614,6±6,6	631,2	601,5	23,4	5,9
(Наталия + Услава)	800,9±10,5	825,8	787,4	24,1	9,8

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Максимальная нектаропродуктивность сортов Наталия, Услава, а также их сочетанием была отмечена в 2021 году (рисунок 27, приложение 12), который характеризовался достаточным количеством осадков и оптимальным значением ГТК. Для менее благоприятного следующего 2022 год были получены минимальные значения нектаропродуктивности исследуемых сортов и при их сочетании (рисунок 27, приложение 12).

Полученные коэффициенты корреляции между климатическими показателями и значением нектаропродуктивности свидетельствуют о тесной зависимости между ними, поскольку коэффициент корреляции между значением ГТК и нектаропродуктивностью для сорта Наталия составляет 0,94, для сорта Услава 0,96 (рисунок 28), между суммой осадков и нектаропродуктивностью – 0,79 (сорт Наталия) и 0,81 (сорт Услава) (рисунок 29). Между среднегодовым значением температур и исследуемым параметром корреляционная зависимость низкая 0,15 у сорта Наталия и 0,23 у сорта Услава (рисунок 30).

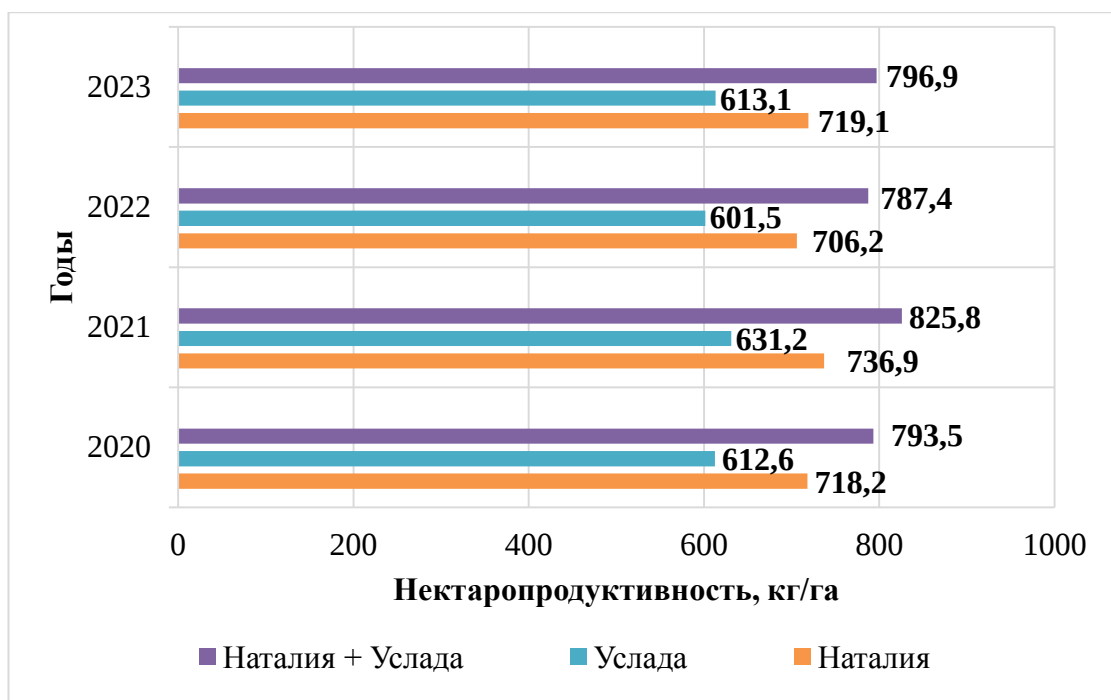


Рисунок 27 – Динамика нектаропродуктивности фацелии различных сортов в период с 2020 по 2023 годы

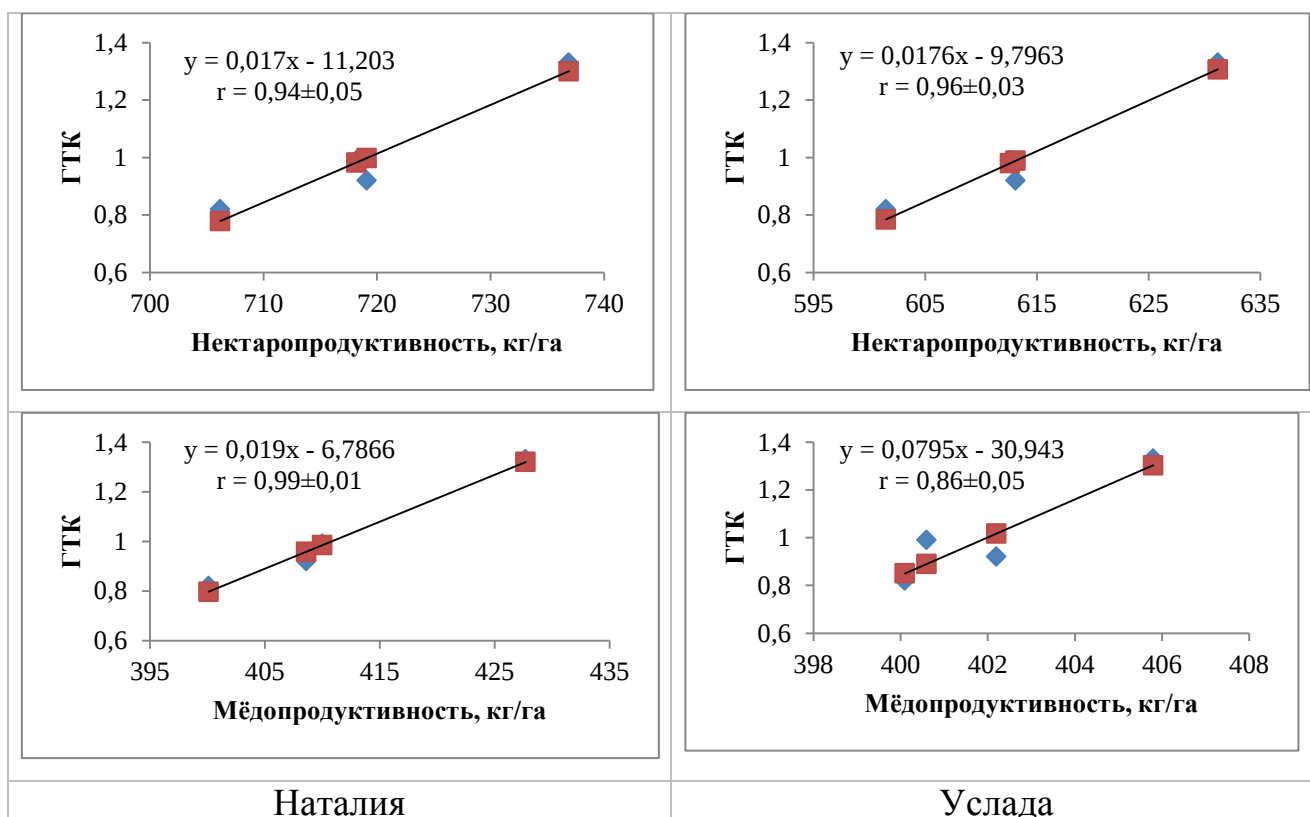
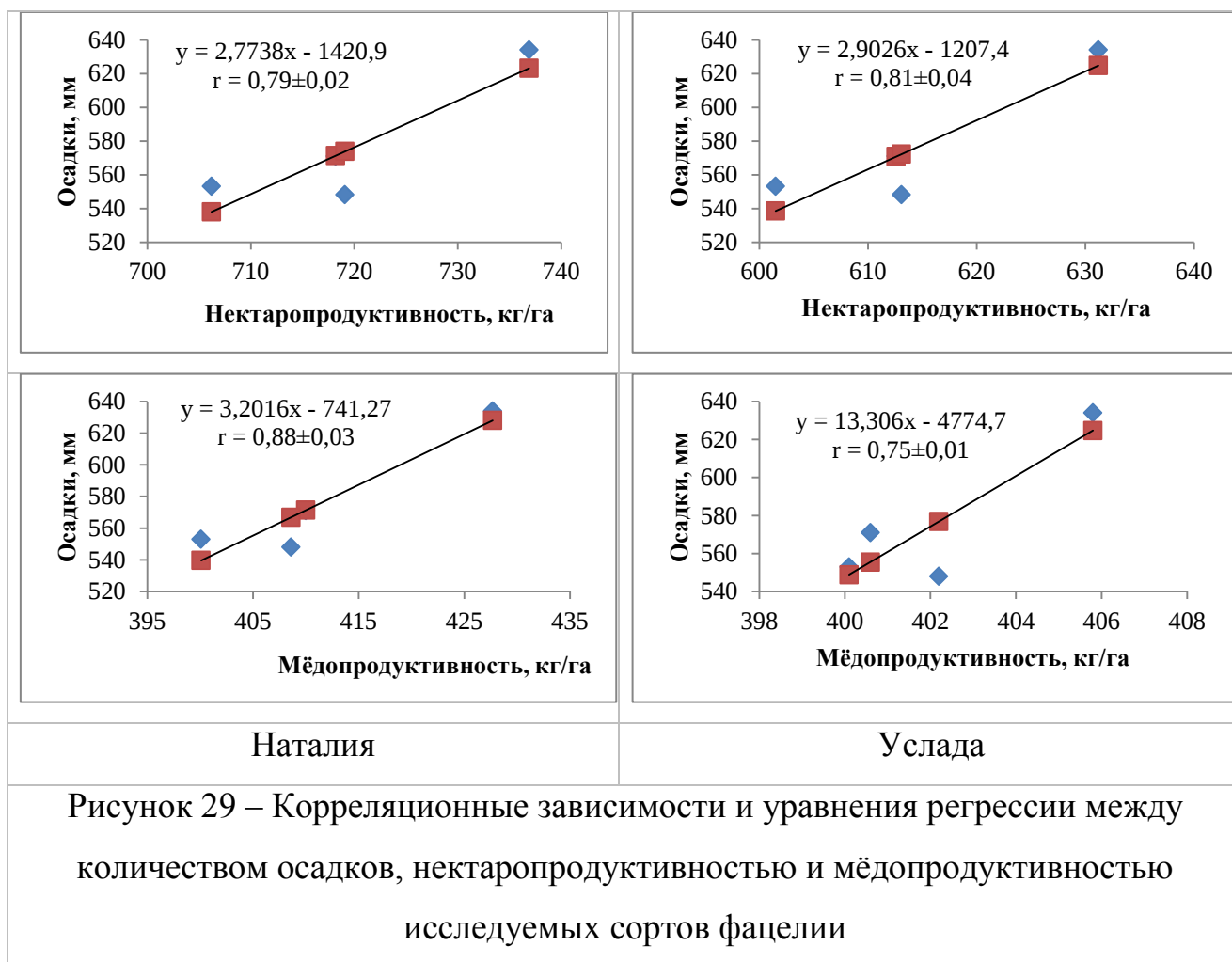
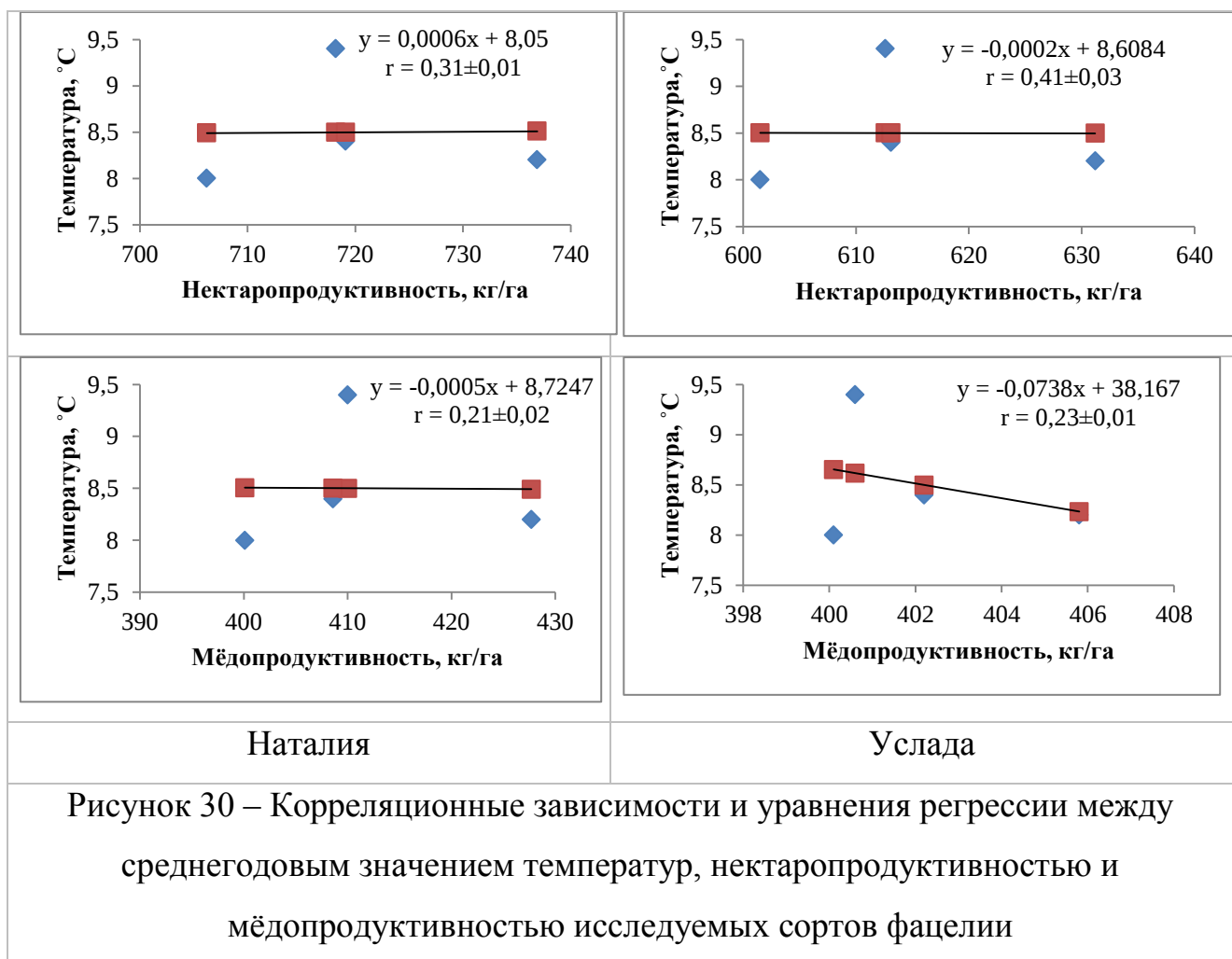


Рисунок 28 – Корреляционные зависимости и уравнения регрессии между значением ГТК, нектаропродуктивностью и мёдопродуктивностью исследуемых сортов фацелии



Для всех исследуемых вариантов характерна довольно высокая степень варьирования, которая превышает 20% (таблица 11). Поскольку на нектаропродуктивность растения косвенно влияет и биологический фактор, в виде различных насекомых. Регулярное посещение цветков стимулирует продуцирование нектара, что приводит к высокой вариабельности показателя нектаропродуктивности.

Согласно полученным данным, мёдопродуктивность сорта Наталия выше, чем сорта Услава и в среднем составляет 411,6 кг/га, при максимальном значении 437,7 кг/га, минимальном – 400,1 кг/га ($НСР_{05} = 4,7$, таблица 12). Для сорта Услава получены следующие показатели мёдопродуктивности – среднее значение 396,2 кг/га, максимальное – 405,8 кг/га, минимальное – 376,2 кг/га ($НСР_{05} = 4,1$, таблица 12).



Достоверно большие показатели как нектаропродуктивности, так и мёдопродуктивности у сорта Наталия связаны с большими размерами их соцветий. Сидячие цветки плотно расположены друг к другу, каждый из которых продуцирует дополнительное количество нектара и, следовательно, мёда. Так же, как и в случае с нектаропродуктивностью, наибольшая мёдопродуктивность характерна при совместном выращивании сортов Наталия и Услава, среднее количество – 421,7 кг/га, максимальное – 437,8 кг/га, минимальное – 415,1 кг/га (таблица 12) при $НСР_{05} = 6,3$. Достоверный рост нектаропродуктивности и мёдопродуктивности при совместном выращивании сортов Наталия и Услава связан с их взаимодействиями в бисортных посевах.

Таблица 12 – Статистические показатели мёдопродуктивности фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортовых посевах (кг/га), n = 10

Сорт	Мёдопродуктивность, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	max	min	V, %	НСР ₀₅
Наталия	411,6±5,3	437,7	400,1	29,1	4,7
Услава	396,2±4,8	405,8	376,2	23,5	4,1
(Наталия + Услава)	421,7±7,4	437,8	415,1	26,7	6,3

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Как и в случае с нектаропродуктивностью, у всех исследуемых вариантов отмечается высокая степень варьирования, более 20% (таблица 12). Мёдопродуктивность – это показатель который определяется нектаропродуктивностью, следовательно, на него также будет оказывать влияние биологический фактор, в виде различных насекомых, регулярно посещающих цветы фацелии. Как было отмечено выше, это усиливает как нектаропродуктивность, так и мёдопродуктивность. Исходя из этого наиболее мёдопродуктивный год был 2021 с оптимальными климатическими показателями, наименее продуктивный – 2022 (рисунок 31, приложение 12).

Полученные коэффициенты корреляции (приложение 10) также свидетельствуют о тесной взаимосвязи мёдопродуктивности и климатических показателей. Выявлена тесная корреляционная зависимость между показателем ГТК и мёдопродуктивностью, которая для сорта Наталия равна 0,99, для сорта Услава 0,89 (рисунок 28), между суммой осадков и исследуемым показателем также отмечена тесная корреляционная взаимосвязь – 0,88 у сорта Наталия и 0,75 у сорта Услава (рисунок 29). Зависимость между среднегодовым значением температур и мёдопродуктивностью фацелии низкая и составляет 0,21 для сорта Наталия и 0,23 для сорта Услава (рисунок 30).

Таким образом, согласно полученным данным получены достоверные различия по продолжительности вегетационного периода и составляющих его

фаз. Наиболее короткий период «всходы-цветение», а также весь период вегетации в целом (около 85 суток) характерен для сорта Услава. Более поздние всходы отмечаются у сорта Наталия (на 10 сутки), при этом весь период вегетации (до созревания семян) составляет около 90 суток. Достоверного различия к периоду развития начала созревания семян у двух изучаемых сотов не выявлено. То есть, к моменту начала созревания семян происходит выравнивание периода вегетации.

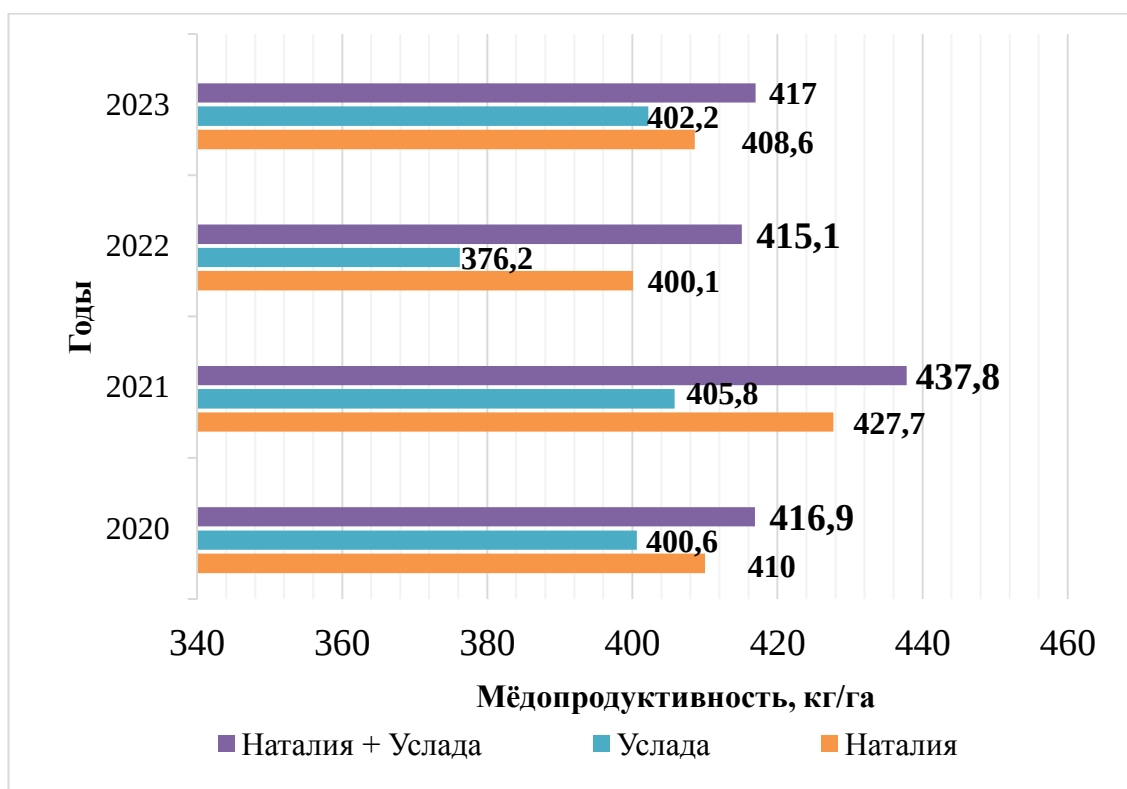


Рисунок 31 – Динамика мёдопродуктивности фацелии различных сортов в период с 2020 по 2023 годы

Об относительно одновременном созревании свидетельствует полученный средний коэффициент вариации (таблица 3), равный 11% (сорт Наталия) и 13% (сорт Услава). Следует отметить, что межфазовый период «посев – всходы» также характеризуется средним коэффициентом вариации, который составляет 15 и 17% (таблица 3). Данное положение свидетельствует об относительно

равномерной всхожести семян. Что касается периода «всходы – цветение», то отмечается высокая степень варьирования 24 и 26% (таблица 3).

Ведущее значение, определяющее всхожесть культуры, является влажность почвы и температура. Визуальное отличие морфо-биологических показателей отмечается на 20 сутки развития фацелии. Дальнейшее развитие культуры характеризуется достоверными отличиями. Несмотря на достоверное различие в продолжительности периодов «посев-всходы» и «всходы-цветение», к моменту начала созревания семян происходит временное выравнивание, что позволяет планировать одновременную заделку фацелии различных сортов в почву и получить мёдоносный конвейер периода цветения. Такое планирование позволит не только экономить на топливе, но и не упустить время наибольшей ценности культуры, до одревеснения стебля, когда замедляются процессы разложения зелёной массы в почвенной толще.

Высота растения, диаметр куста, длина соцветий у сорта Наталия достоверно выше аналогичных морфо-биологических показателей сорта Улада. Диаметр стебля шире у сорта Улада, что повлияло на показатели урожайности зелёной массы, которая достоверно превышает сорт Наталия. В бисортовых посевах достигаются максимальные показатели урожайности зелёной массы. Кроме того, в бисортовых посевах происходит увеличение периода цветения, что позволяет проектировать мёдоносный конвейер, увеличивая показатели нектаропродуктивности и мёдопродуктивности, тем самым повышая биологическую продуктивность агроэкосистемы в целом.

Отмечается тесная корреляционная зависимость между показателем ГТК, суммой осадков, всеми исследуемыми морфо-биологическими показателями фацелии обоих сортов, а также её нектаропродуктивностью и мёдопродуктивностью. Между значением среднегодовой температуры, морфо-биологическими показателями фацелии обоих сортов, её нектаропродуктивностью и мёдопродуктивностью получена низкая корреляционная зависимость.

Такие морфологические показатели ресурсного вида фацелии пижмолистной как высота растений, диаметр куста, диаметр стебля, длина соцветий имеют высокие коэффициенты вариации, превышающие 20%, несмотря на то, что изучение сортов проводилось при однотипных почвенно-экологических условиях. При этом коэффициенты вариации периода начала и окончания цветения в сельскохозяйственных экосистемах ЦЧР не превышают 20%, что свидетельствует об однородности признака.

4 АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) В СЕВООБОРОТАХ

4.1 Агроэкологическая оценка черноземов типичных ИП Глава К(Ф)Х

Азовцев В.А. Каширского района Воронежской области

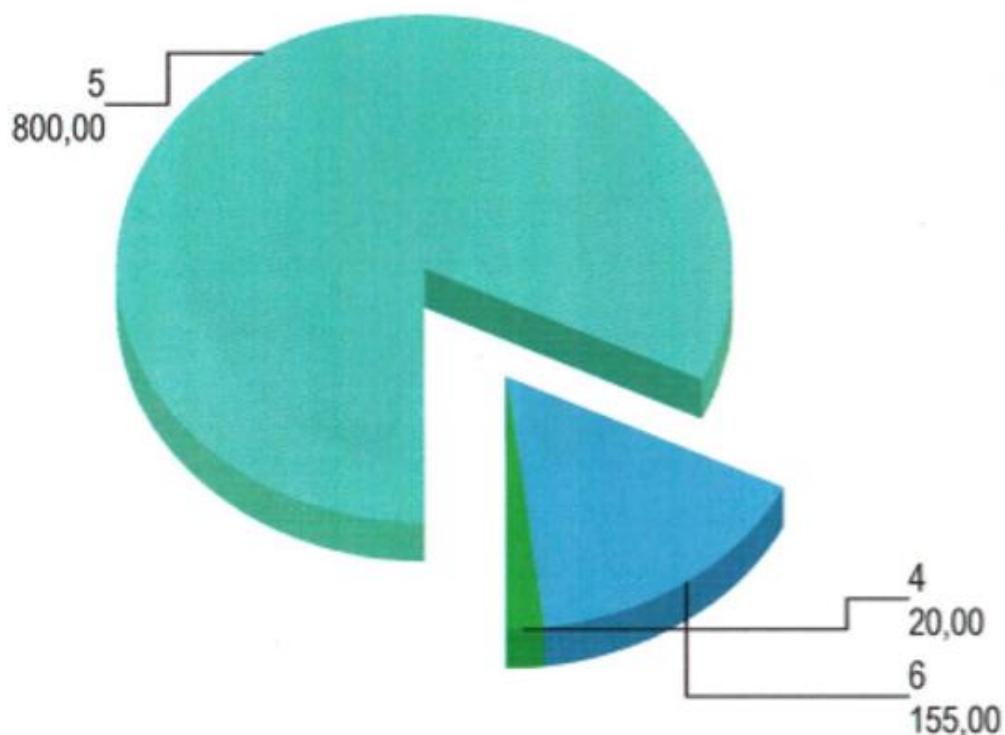
С целью оценки степени влияния фацелии на основные физические, химические и физико-химические показатели черноземов исследуемого хозяйства, нами, предварительно перед закладкой опыта была сделана комплексная оценка качественного состояния почв хозяйства в 2019 году (приложение 18) ФГБУ государственным центром агрохимической службы «Воронежский». Согласно проведенным исследованиям 817 га (83,8%) представлены черноземами типичными, из них 568 га – глинистыми, 249 га – тяжелосуглинистыми. Кроме того, в хозяйстве пятнами встречаются лугово-черноземные почвы 140 га (14,4%), а также лугово-черноземные выщелоченные 18,0 га (1,8%).

Почвенная кислотность. Согласно проведенным исследованиям практически все почвы сельхозугодий ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. Каширского района Воронежской области имеют нейтральную и близкую к нейтральной реакцию среды. Территориально они занимают 955 га пахотных угодий, что составляет 98,0% (рисунок 32).

Остальная территория хозяйства характеризуется слабокислой реакцией среды. Согласно учету показателей гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований и степени насыщенности почв основаниями, часть исследуемой территорий нуждается в известковании. Определение норм извести должно проводиться и регламентироваться проектно-сметной документацией, с обязательным контролем специалистами центра всех этапов работ.

Содержание гумуса. До 90% органического вещества в черноземах представлено гумусом. Данный показатель является ведущим в определении почвенного плодородия. Органическое вещество улучшает способность почвы

поглощать газы, пары воды и растворенные в воде вещества, регулирует питательный режим и водно-физические свойства почвы. Гумусовые вещества играют большую роль в образовании агрономически ценной структуры почвы.



№ группы	Цвет тематики	Кислотность pH (KCl)	Степень кислотности	Площадь	
				га	%
1	1	≤4	очень сильнокислые	-	-
2	2	>4...≤4,5	сильнокислые	-	-
3	3	>4,5...≤5	среднекислые	-	-
4	4	>5...≤5,5	слабокислые	20,0	2,1
5	5	>5,5...≤6	близкие к нейтральным	800,0	82,1
6	6	>6	нейтральные	155,0	15,9
Всего:				975,00	100%

Рисунок 32 – Распределение pH_{KCl} в почвах сельхозугодий ИП Глава К(Ф)Х

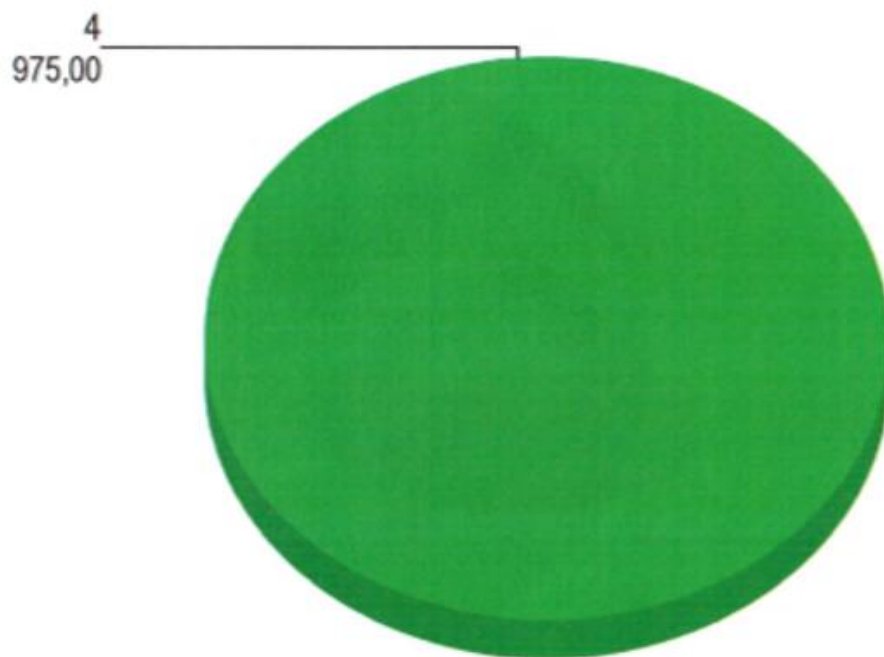
Азовцев В.А.

Дегумификация (снижение содержания гумуса) является одним из основных видов деградации черноземов. Ведущей причиной дегумификации является — отрицательный баланс органического вещества в почве.

Главные причины, вызывающие отрицательный баланс гумуса в почвах — усиленная минерализация почвенных органических компонентов, вызванная интенсивной обработкой; отсутствие или недостаточное поступление в распахиваемые почвы корневых, пожнивных остатков и органических удобрений; потеря гумуса в результате процессов водной и ветровой эрозии. Кроме того, некоторые сельскохозяйственные мероприятия, например, уборка урожая корнеплодов, сопровождаются высоким процентом отчуждения, обогащенного гумусом и органическим веществом пахотного горизонта.

Исследованиями проводимыми государственным центром агрохимической службы «Воронежский» в 2019 году установлено, что все пахотные почвы среднегумусные (рисунок 33).

Центр, проводивший исследования, дал рекомендацию об остановке истощения пашни по содержанию гумуса с помощью использования дополнительных источников поступления органического вещества в черноземы, а именно — расширить посевы бобовых, бобово-злаковых многолетних трав, посев сидеральных культур, запашка измельченных пожнивных остатков, а также внесение оптимальных доз органических и минеральных удобрений.



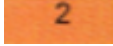
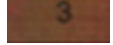
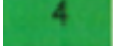
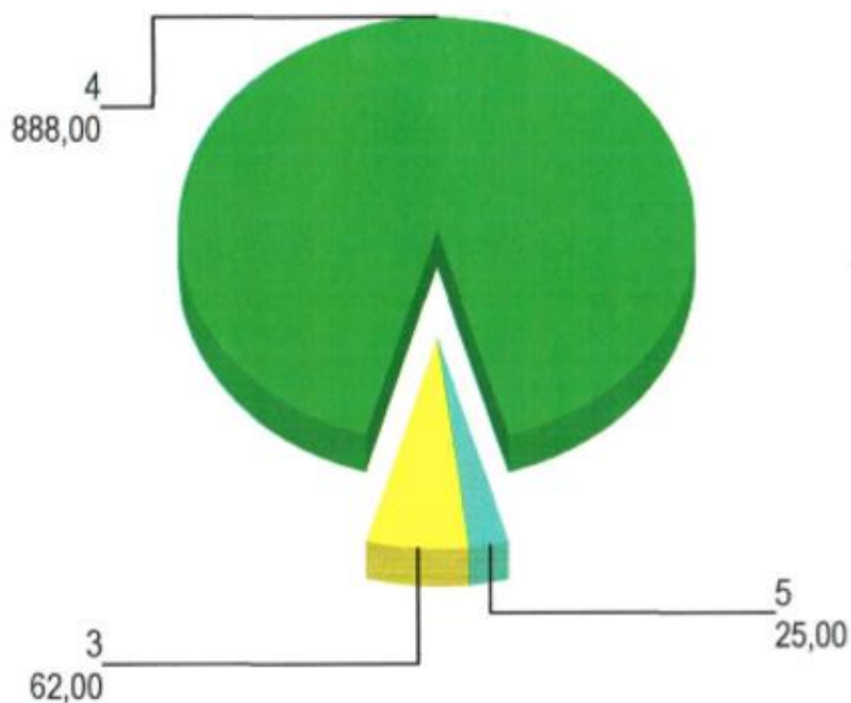
№ группы	Цвет тематики	Содержание по Тюрину, %	Степень гумусированности	Площадь	
				га	%
1		≤ 2	очень слабогумусные	-	-
2		$>2 \dots \leq 4$	слабогумусированные	-	-
3		$>4 \dots \leq 6$	малогумусные	-	-
4		$>6 \dots \leq 9$	среднегумусные	975,00	100,0
5		>9	тучные	-	-
Всего:				975,00	100%

Рисунок 33 – Распределение гумуса в почвах сельхозугодий ИП Глава К(Ф)Х

Азовцев В.А.

Содержание подвижного фосфора. Результаты агрохимического обследования 2019 года показали, что по степени обеспеченности фосфором 62 га пашни (6,4%) характеризуются средним содержанием фосфора, 888 га (91,1%) – повышенным и 25 га (2,6%) – высоким его содержанием (рисунок 34). В среднем

по хозяйству содержание подвижного фосфора повышенное и составляет 119 мг/кг почвы.



№ группы	Цвет тематики	Содержание P_2O_5 , мг/кг	Степень содержания фосфора	Площадь	
				га	%
1	1	≤ 20	очень низкое	-	-
2	2	$>20 \dots \leq 50$	низкое	-	-
3	3	$>50 \dots \leq 100$	среднее	62,00	6,4
4	4	$>100 \dots \leq 150$	повышенное	888,00	91,1
5	5	$>150 \dots \leq 200$	высокое	25,00	2,6
6	6	>200	очень высокое	-	-
Всего:				975,00	100%

Рисунок 34 – Распределение подвижного фосфора (P_2O_5) в почвах сельхозугодий ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А.

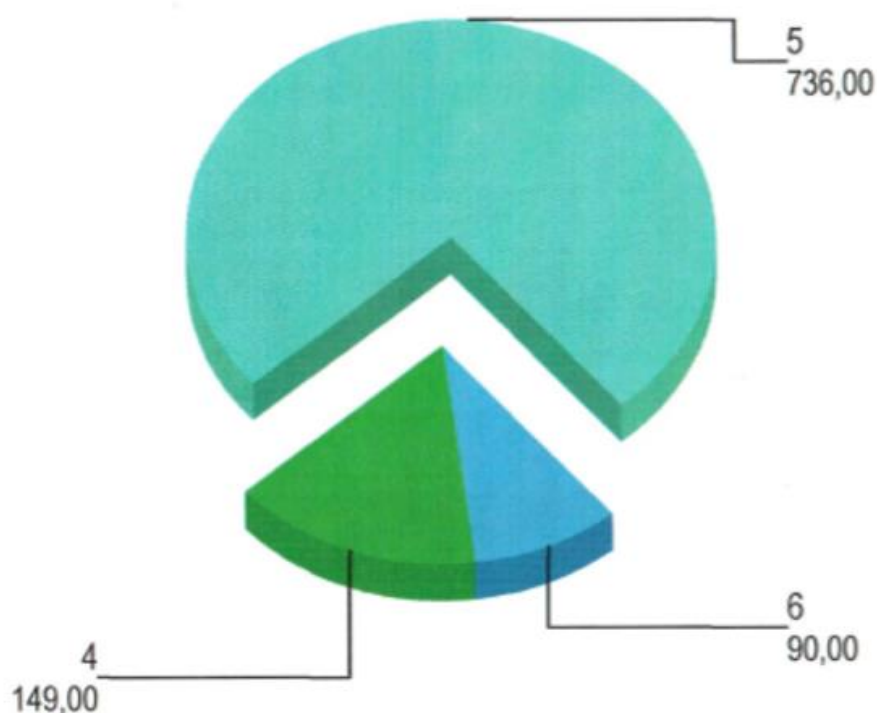
Хорошая обеспеченность фосфором улучшает углеводный обмен, приводит к накоплению сахаров в сельскохозяйственной продукции, что способствует

морозоустойчивости и зимостойкости, экономному расходу влаги и повышает засухоустойчивость растений.

Обеспеченность подвижными формами фосфора – один из основных показателей окультуренности почв. Оптимальный уровень подвижного фосфора (по Чирикову) для большинства сельскохозяйственных культур составляет 100-150 мг/кг.

Содержание обменного калия. Согласно агрохимическому обследованию 2019 года, содержание обменного калия в среднем по хозяйству составляет 149 мг/кг, что указывает на высокое содержание его в почвах. На период обследования 149 га пашни (15,3%) характеризуется повышенным содержанием обменного калия, 736 га (75,5%) – высоким и 90 га (9,2%) – очень высоким содержанием обменного калия (рисунок 35).

Согласно рекомендациям ФГБУ государственного центра агрохимической службы «Воронежский», основными путями рационального использования калийных удобрений следует считать оптимальное их соотношение с другими удобрениями, преимущественное использование их в посевах культур, интенсивно усваивающих калий (картофель, подсолнечник, корнеплоды). Оптимальный уровень содержания обменного калия (по Чирикову) для большинства сельскохозяйственных культур составляет 120-180 мг/кг.



№ группы	Цвет тематики	Содержание K ₂ O, мг/кг	Среднее содержание калия	Площадь	
				га	%
1		≤20	очень низкое	-	-
2		>20...≤40	низкое	-	-
3		>40...≤80	среднее	-	-
4		>80...≤120	повышенное	149,00	15,3
5		>120...≤180	высокое	736,00	75,5
6		>180	очень высокое	90,00	9,2
Всего:				975,00	100%

Рисунок 35 – Распределение обменного калия (K₂O) в почвах сельхозугодий ИП

Глава К(Ф)Х Азовцев В.А.

4.2. Влияние фацелии на агрофизические и агрохимические свойства черноземов типичных Каширского района Воронежской области

Для изучения агроэкологического значения ресурсного вида фацелии пижмолистной в сельскохозяйственных экосистемах ЦЧР на агрохимические свойства черноземов типичных среднесиловых глинистых, анализ почвенного

компонента был проведен в динамике: перед посадкой сидерата, в период бутонизации и сразу после заделки фацелии на глубину. Одновременно аналогичные исследования проводились на контрольном варианте – чистый пар.

По мнению А.В. Лабынцева (2002) [130], Г.М. Зеленской, Н.А. Зеленского, Ю.В. Бабак (2019) [90], Г.М. Зеленской, Н.А. Зеленского, Р.М. Мамаджонова (2022) [89], Н.А. Зеленского, Зеленской Г.М., А.А. Абрамова (2019, 2021) [94, 96] присутствие доступной влаги и ее количество в почве является ведущим показателем почвенного плодородия, а также необходимым фактором роста и оптимального развития сельскохозяйственных культур. Исследователи подчеркивают, что все агроприемы должны преследовать цель – максимально накопить продуктивную влагу в почве и в дальнейшем рационально ее использовать в течение всего вегетационного периода.

4.2.1. Динамика запасов доступной влаги при выращивании фацелии

Улучшение агрофизических показателей почв за счет снижения непродуктивного испарения влаги с поверхности и как следствие более рациональное испарение влаги с почвенного покрова отмечается в работах А.М. Берзина, А.А. Дорогой (2006) [11], Н.А. Рендова (2005, 2006) [172, 173], Н.А. Середы, Р.А. Акбировой, А.Л. Тарасова (2010) [180], Н.А. Зеленского, Г.М. Зеленской, А.Ю. Шуркина (2020) [92], Г.М. Зеленской, Н.А. Зеленского, Р.М. Мамаджонова (2022) [89], Г.М. Зеленской, Н.А. Зеленского (2023) [91], А.Н. Пичугина, Н.А. Рендова, (2013) [166], А.М. Гребенникова (2011) [43, 44], В.Т. Скорикова, Садык Обейед Хасуна (2012) [182], А.А. Дедова, М.А. Несмеяновой, А.В. Дедова (2017) [46, 48, 49], М.А. Несмеяновой, А.В. Дедова, Е.В. Коротких (2022) [151], А.В. Дедова, В.А. Шевченко (2023) [55], А.В. Дедова, Г.М. Крюкова (2024) [52] и ряда других авторов.

Согласно полученным данным (таблица 13), накопление доступной влаги отмечался уже в период бутонизации фацелии и достигал $54 \pm 1,3$ мм (таблица 13). По сравнению с контрольным вариантом отмечалось достоверное увеличение

доступной влаги как в верхнем 0-30 см слое, так и во всей метровой толще. Помимо биологических особенностей фацелии, данное явление объясняется тем, что растительный организм сидеральной культуры препятствует физическому испарению влаги с открытого пространства пашни.

Таблица 13 – Влияние фацелии на запасы доступной влаги в черноземе типичном (числитель – слой 0-30 см, знаменатель – слой 0-100 см)

Срок отбора образцов	Среднее значение за исследуемый период с 2020 по 2023 годы, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ в мм	
	Вариант опыта с фацелией	Контрольный вариант (без фацелии)
Перед посевом	$\frac{35 \pm 1,7}{117 \pm 9,2}$	$\frac{32 \pm 1,5}{120 \pm 7,2}$
Бутонизация	$\frac{54 \pm 1,3}{148 \pm 8,6}$	$\frac{27 \pm 1,7}{114 \pm 9,1}$
После заделки	$\frac{60 \pm 1,1}{157 \pm 9,4}$	$\frac{27 \pm 1,8}{108 \pm 8,3}$
НСР ₀₅	$\frac{3,0}{9,1}$	$\frac{3,4}{6,8}$

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Следует отметить увеличение запасов доступной влаги в 0-30 см слое почвы после заделки фацелии на глубину до $60 \pm 1,1$ мм (таблица 13), тем самым доказывається, что сидеральная культура достоверно увеличивает запасы доступной влаги за счет своих биологических особенностей.

Накопление запасов доступной влаги определялось также общим количеством выпавших осадков и значением ГТК. Так, наибольшие величины показатель достигал в 2021 году, при этом заделка фацелии способствовала сохранению доступной влаги и следующий более засушливый 2022 год не сопровождался интенсивной потерей доступной влаги, как это было зафиксировано в контрольном варианте без сидеральной культуры (рисунок 36, приложение 14).

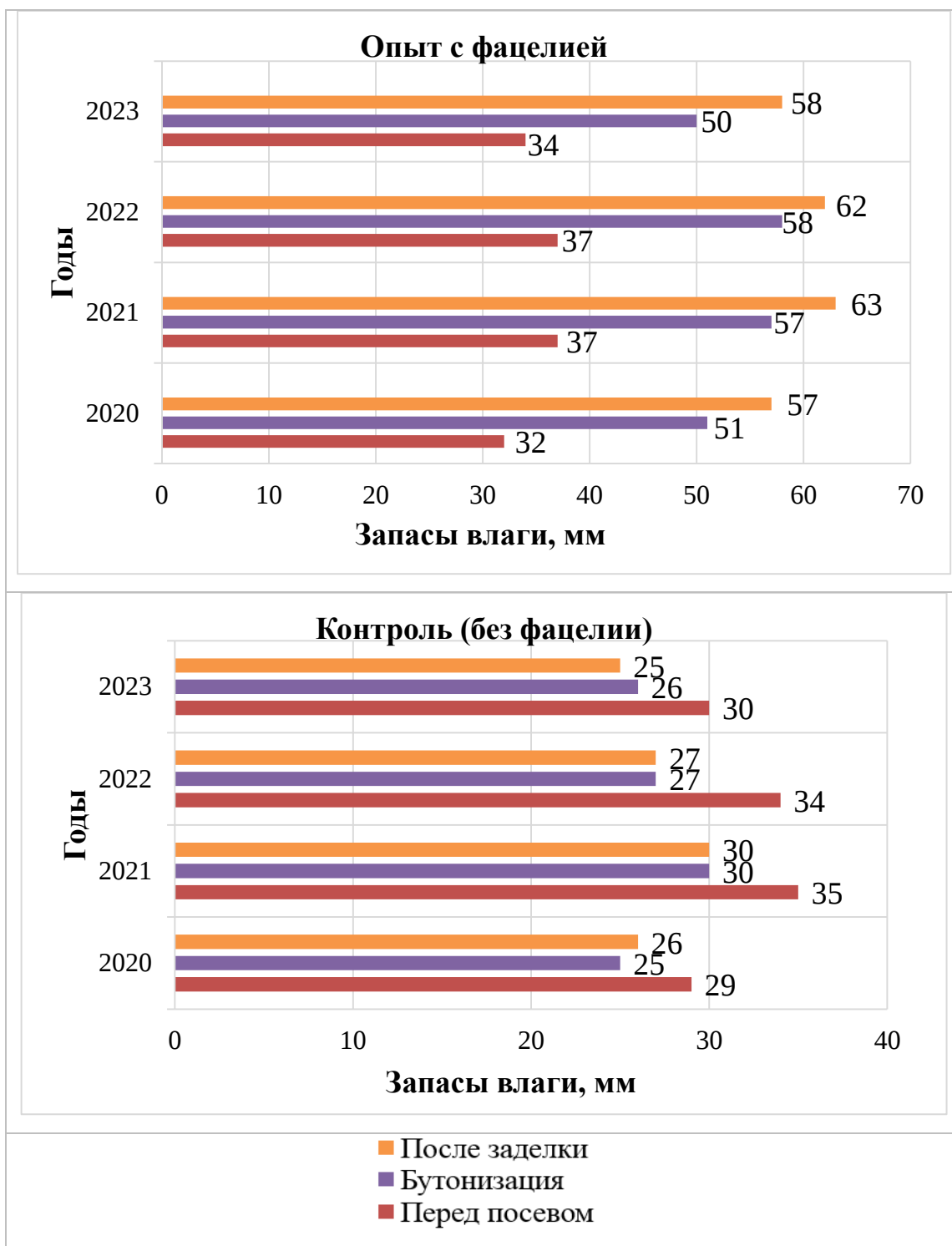


Рисунок 36 – Годовое изменение запасов доступной влаги в слое 0-30 см чернозема типичного в вариантах опыта

Наибольшее количество запасов доступной влаги отмечалось в 2021 году как в слое 0-30 см, так и в 0-100 см слое (приложение 14), когда отмечалось наибольшее количество осадков. При этом их количество к концу вегетации

увеличилось от 37 мм (перед посевом) до 57 мм (в период бутонизации), а после заделки фацелии составило 62 мм (рисунок 36). Отмечается накопление доступной влаги и в слое 0-100 см от 121 мм в период перед посевом фацелии до 160 мм после ее заделки на глубину (приложение 14).

Что касается контрольного варианта, то за вегетационный период того же года отмечается постепенное уменьшение запасов доступной влаги с 35 мм до 30 мм в слое 0-30 см (рисунок 36) и со 124 до 110 мм в 0-100 см слое (приложение 14).

Особо следует подчеркнуть последствия заделки сидерата. Поскольку 2022 год был довольно засушливым, но при этом в варианте опыта с применением фацелии отмечалось достоверно большее содержание запасов доступной влаги по сравнению с контролем без использования зеленого удобрения. И если к завершению периода вегетации 2022 г. запасы влаги в контрольном варианте сократились до 27 мм в 0-30 см слое и 107 мм в метровой толще, то в опыте с применением фацелии запасы влаги сохранились на уровне 62 мм (0-30 см) и 160 мм в метровой толще (рисунок 36, приложение 14).

Таким образом, согласно полученным данным, использование фацелии в качестве сидеральной культуры способствует сохранению и накоплению запасов доступной влаги, а также сохраняет ее на следующий вегетационный период. За счет внедрения фацелии в качестве сидерата в звено севооборота можно регулировать показатель влажности почвы, что положительно сказывается и на других компонентах агроэкосистемы.

4.2.2. Влияние выращивания сидеральной культуры на почвенную кислотность исследуемого чернозема типичного

Влияние сидеральных культур, а также последствия их заделки освещено в ряде работ: Л.Л. Яговенко, И.П. Такунов, Г.Л. Яговенко (2003) [204], В.В. Нескородов, А.М. Куркин (2006) [151], В.Г. Лошаков (2007) [135], Н.А. Зеленский (2007) [93], Н.А. Середа, И.Х. Хайруллин, М.В. Петрова (2007)

[181], А.М. Ярушин, С.Н. Леванин (2007) [205], В.С. Зыбалов, Т.В. Беспалова, Т.В. Щетинкина (2010) [98], А.Н. Кузьминых (2011) [122], Т.С. Зинковская, Н.Г. Ковалев, В.Н. Зинковский (2012) [97], С.И. Новоселов, С.А. Горохов, Е.С. Новоселова Н.И. Толмачев (2012) [156], N.A. Zelenskiy, G.M. Zelenskaya, A.P. Avdeenko (2017) [220], M.A. Nesmeyanova, T.A. Trofimova, A.V. Dedov (2020) [212].

Согласно полученным данным для исследуемых черноземов типичных характерна слабокислая и нейтральная реакция среды, поскольку уровень pH_{KCl} колеблется в пределах 5,3-6,3 единиц (таблица 14). Данное положение объясняется тем, что интенсивное ведение сельского хозяйства, а также современный уровень антропогенного воздействия способствует поступлению дополнительных кислотных компонентов в почвенный покров в результате внесения физиологически кислых минеральных удобрений, средств химизации, атмосферных выпадений имеющих также кислую реакцию среды. Все это приводит к дополнительному поступлению катиона водорода в почвенный поглощающий комплекс черноземов типичных.

Таблица 14 – Средние показатели сезонного изменения значения pH_{KCl} чернозема типичного за период с 2020 по 2023 годы

Срок отбора образцов	Среднее значение за исследуемый период $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	
	Вариант опыта с фацелией	Контрольный вариант (без фацелии)
Перед посевом	5,3±0,3	5,4±0,2
Бутонизация	5,7±0,2	5,3±0,4
После заделки	6,3±0,1	5,3±0,3
HCp_{05}	0,12	

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Возделывание фацелии в качестве сидеральной культуры влияет на pH_{KCl} почвенного покрова. Достоверное различие было выявлено в динамике pH_{KCl}

между контрольным вариантом и вариантом опыта с фацелией. Причем снижение кислотности отмечается как в фазу бутонизации, так и после заделки культуры на глубину (таблица 14, рисунок 37).

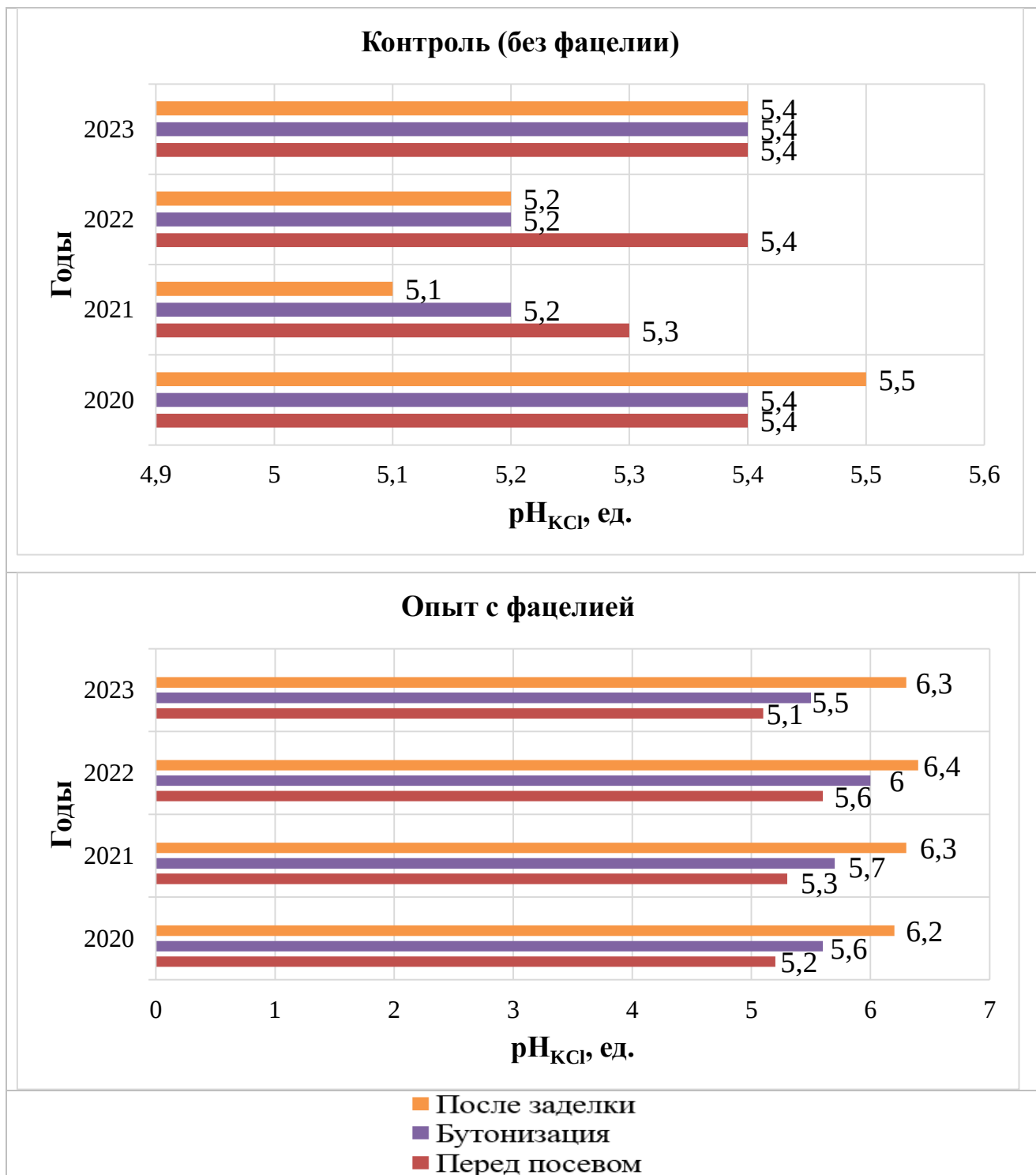


Рисунок 37 – Годовое изменение значения pH_{KCl} в слое 0-30 см чернозема типичного в вариантах опыта

Нормализующее действие сидеральных культур на уровень pH отмечается в ряде других работ. Растительные организмы сидеральных культур потребляют обменный кальций не только из верхних горизонтов, но и способны потреблять элемент из более глубоких слоев. После заделки сидеральных культур на глубину отмечается поступление щелочного элемента в пахотные горизонты почв, что приводит к снижению кислотности.

Максимальный показатель pH был достигнут в 2022 году и составил $6,4 \pm 0,2$ единицы (приложение 15). Влияние климатических показателей (количество осадков, температура и ГТК) на уровень pH_{KCl} достоверных различий не выявили. Следовательно, динамики за исследуемый период с 2020 по 2023 также выявлено не было.

4.2.3. Влияние выращивания фацелии в качестве сидерата на содержание гумуса в черноземе типичном

В современных условиях при интенсивном развитии сельскохозяйственного производства отмечается истощение почвенного плодородия. Применение сидератов в качестве зелёных удобрений является одним из перспективных способов улучшения агроэкологического состояния почвенного покрова агрофитоценозов, что отмечается в ряде работ: A.V. Dedov, N.I. Zezyukov (1995) [207], Б.А. Сотников (2004) [184], В.В. Верзилин, Н.Н. Королёв, С.И. Коржов (2005) [23], В.Н. Днепровская, Н.Г. Пилипенко, Н.П. Лисовская (2005) [64], Н.И. Картамышев (2007) [105], A.L. Wright., F. Dou., F.M. Hons (2007) [217], А.И. Венчиков (2008) [22], Ю.А. Малышева, Н.В. Полякова, Ю.Н. Платоных (2008) [142], S.Z. Tian, T.Y. Ning, Y. Wang (2010) [216], А.Н. Кузьминых (2011) [122], А.М. Гребенников (2011) [42-45], Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова (2013) [144], А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов (2017) [49], А.В. Дедов, М.А. Несмеянова (2022) [54].

Для изучаемых почв опытных участков отмечены хорошие агрохимические показатели. Так, содержание органического вещества и гумуса

составляет $6,7 \pm 0,2\%$, что характеризует исследуемые черноземы типичные как среднегумусные. Но в результате интенсивного сельскохозяйственного использования, отмечается усиленная минерализация органического вещества, что со временем приводит к сокращению процентного содержания гумуса. Так, в контрольном варианте, без сидеральной культуры отмечается постепенное снижение содержания гумуса с $7,2\%$ в 2020 году, до $6,4\%$ в 2023 (рисунок 38).

Остальные звенья севооборота предполагают ежегодное отчуждение органического вещества почв вместе с урожаем сельскохозяйственных культур. Применение фацелии является одним из вариантов компенсации усиленного выноса. Так варианты опыта с применением фацелии в качестве зеленого удобрения достоверно улучшают гумусное состояние черноземов по сравнению с контрольными вариантами (таблица 15, приложение 16).

Анализируя годовую динамику накопления гумуса, следует отметить, что наибольшее процентное содержание гумуса отмечалось в 2023 году (рисунок 38). Это связано с тем, что для образования гумуса необходимо не только поступление органического вещества извне, но и консервация его в почвенном компоненте за счет более засушливых условий, которые были созданы в период с 2022 по 2023 год. В этот период количество осадков сократилось с 553 до 548 мм, а среднегодовая температура выросла с 8 до $8,4^{\circ}\text{C}$.

Таблица 15 – Средние показатели сезонного изменения содержания гумуса (%) в черноземах типичных за период с 2020 по 2023 годы

Срок отбора образцов	Среднее значение за исследуемый период $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	
	Вариант опыта с фацелией	Контрольный вариант (без фацелии)
Перед посевом	$7,0 \pm 0,2$	$7,0 \pm 0,3$
Бутонизация	$7,8 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,3$
После заделки	$7,9 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,2$
НСР ₀₅	0,10	

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

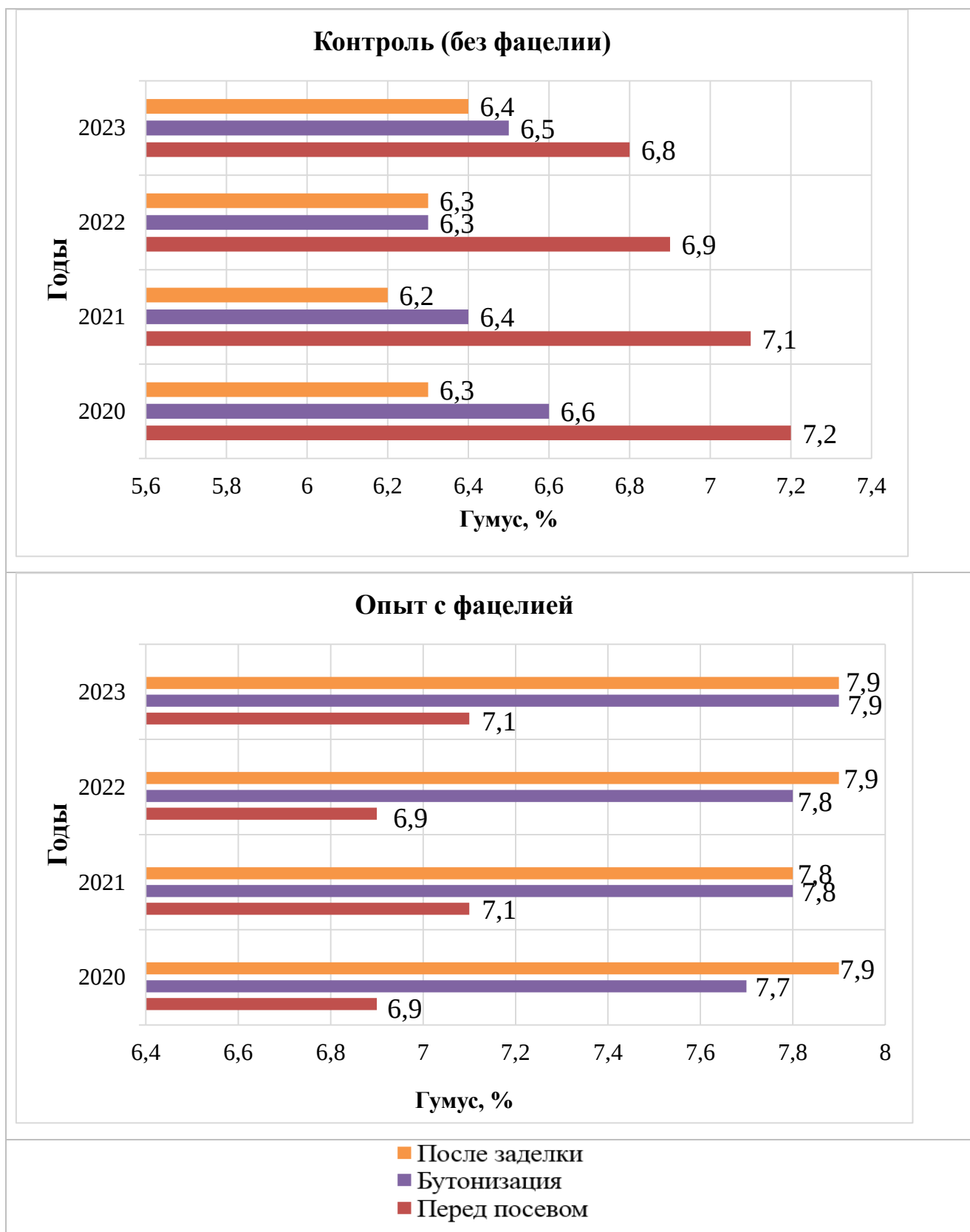


Рисунок 38 – Годовое изменение процентного содержания гумуса в слое 0-30 см чернозема типичного в вариантах опыта

Помимо дополнительного поступления органического вещества с сидеральной культурой, в почвенный компонент дополнительно вносятся элементы минерального питания (преимущественно фосфор и калий), которые были извлечены корневой системой сидерата в процессе его роста и развития.

4.2.4. Влияние заправки фацелии на содержание элементов минерального питания (азота, фосфора, калия) в черноземе типичном

Вопрос влияния органического зеленого удобрения на содержание элементов минерального питания также нашел отражение в следующих исследованиях: Н.И. Зезюков, А.В. Дедов, Г.О. Харьковский (2000) [83], J.P. Schimel, J. Bennett (2004) [214], В.Я. Тихомирова (2010) [190], В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова (2012) [163], С. Peltre, M. Nielsen, S. Bruun (2016) [213], A.A. Shatokhin, O.G. Chamurliiev, A.V. Zelenev (2020) [215], Е.В. Семинченко (2023) [176] и ряде других работ.

Применение фацелии пижмолистной в качестве сидеральной культуры приводит к достоверному увеличению содержания элементов минерального питания. Следует подчеркнуть, что растение извлекает подвижные формы азота, фосфора и калия из более глубоких слоев почвы. В дальнейшем элементы поступают в пахотный горизонт в процессе заправки.

Содержание аммонийного азота в вариантах опыта. Аммонийный азот является довольно подвижным и доступным для растений элементом. В течение вегетационного периода элемент активно потребляется сельскохозяйственными растениями, а также почвенными микроорганизмами. Этим и объясняется постепенное уменьшение элемента за период вегетации с $80,0 \pm 2,2$ до $76,0 \pm 2,1$ мг/кг (таблица 16). Кроме того, в течение вегетации он способен выноситься осадками в более глубокие слои почвы. Поэтому в наиболее дождливый 2021 год отмечаются минимальные значения аммонийного азота – $70,0 \pm 4,4$ мг/кг в контрольном варианте опыта (рисунок 39, приложение 16).

Таблица 16 – Средние показатели сезонного изменения содержания азота, фосфора и калия (мг/кг) в черноземах типичных за период с 2020 по 2023 годы

Срок отбора образцов	Среднее значение за исследуемый период $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$					
	Вариант опыта с фацелией			Контрольный вариант (без фацелии)		
	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Перед посевом	80,5±3,3	126±7,1	140±2,9	80,0±2,2	126±4,1	139±4,4
Бутонизация	91,0±2,9	156±6,9	156±3,6	76,5±1,9	121±4,5	138±3,9
После заделки	98,0±4,1	167±5,8	169±3,8	76,0±2,1	116±3,6	134±2,8

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 3.

Возделывание фацелии пижмолистной приводит к обогащению верхних слоев чернозема типичного аммонийным азотом. Так к концу вегетации, после заделки сидерата на глубину отмечалось возрастание элемента в среднем до 98,0±4,1 (таблица 16), а максимальное накопление отмечалось до 99,5±5,3 мг/кг (рисунок 39, приложение 16) в 2022 году, когда количество осадков и температурный режим были в оптимальном соотношении с составили 553 мм и 8,0°C.

Азот является ведущим элементом, участвующим в формировании белковых молекул растительных организмов. Фацелия представляет собой растительный организм с высоким содержанием белка [15, 72]. При этом молекулы белков, в отличие от целлюлозы довольно быстро разлагаются, поэтому накопление аммонийного азота в почвенном покрове отмечается уже в конце вегетационного периода.

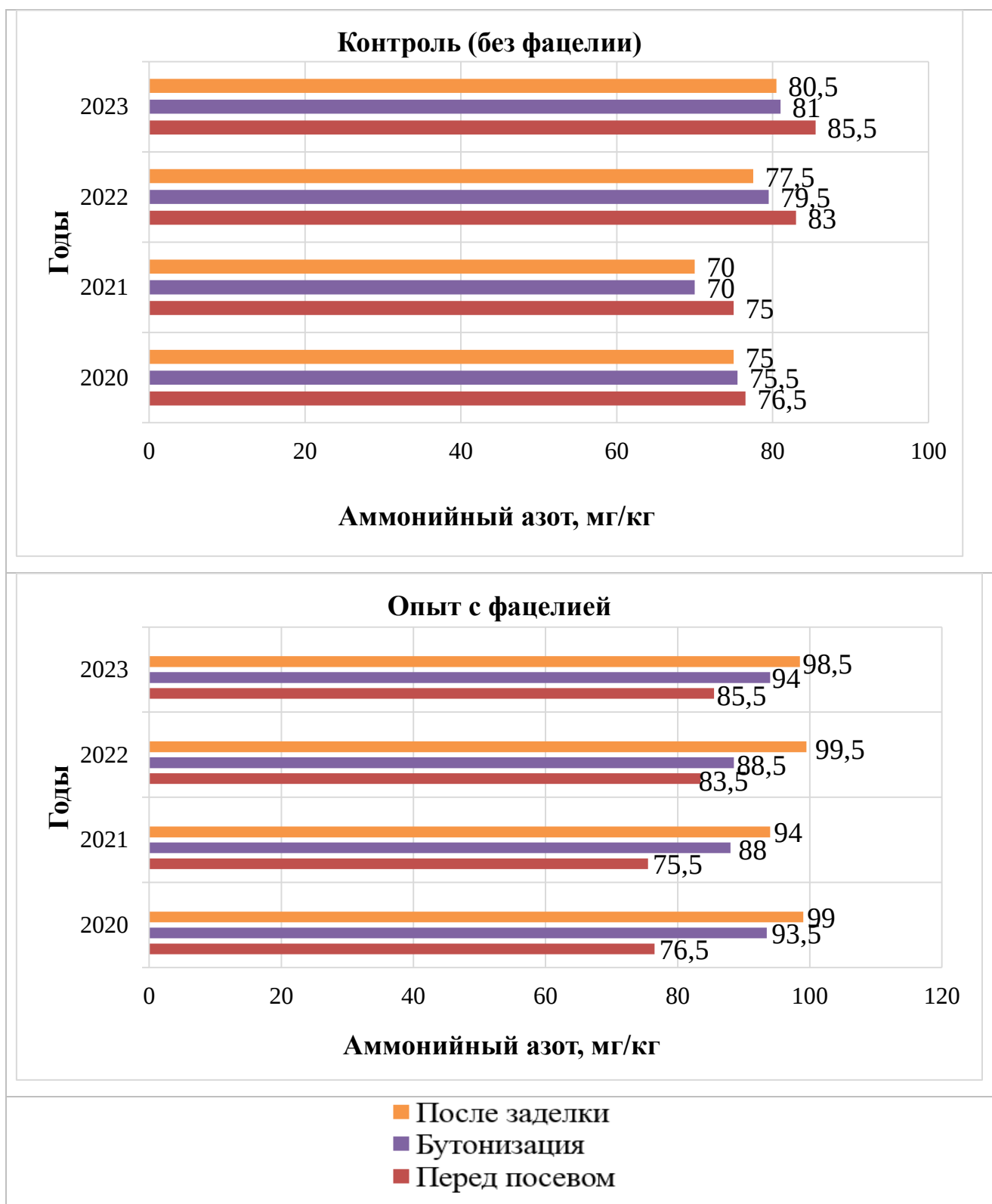


Рисунок 39 – Годовое изменение аммонийного азота в слое 0-30 см чернозема типичного в вариантах опыта

Содержание подвижного фосфора в вариантах опыта. Подвижный фосфор является важным элементом минерального питания растений, поэтому

наряду с азотом происходит его потребление, но не такое активное, как аммонийного азота (рисунок 40). Некоторое снижение концентрации элемента в контрольном варианте находится в пределах ошибки и не является достоверным. При этом данная форма фосфора также является довольно мобильной и способна вымываться в нижние горизонты за счет поверхностного увлажнения. Поэтому минимальное содержание подвижного фосфора было зафиксировано в дождливом 2021 году и на контрольном варианте к окончанию периода вегетации составило $109 \pm 3,2$ мг/кг (приложение 16).

В варианте опыта с внесением фацелии в качестве сидерата, напротив отмечается увеличение содержания подвижного фосфора к окончанию вегетационного периода и в среднем (за весь период исследования) составила $167 \pm 5,8$ мг/кг (таблица 16). Данная форма элемента является довольно доступной растениям, активно потребляется ими в течении жизни. Фосфор также входит в состав белковых молекул в виде фосфатных групп [72].

Данным явлением объясняется накопление подвижного фосфора в почвенном покрове в процессе возделывания фацелии и его максимальное содержания $189 \pm 4,9$ мг/кг (приложение 17) после заделки сидерата на глубину 10-12 см.

Содержание обменного калия в вариантах опыта. Наряду с азотом и фосфором, калий является важным элементом минерального питания растений. В обменном состоянии элемент также довольно подвижен и если он не потребляется растениями, то довольно часто отмечается вымывание элемента в более глубокие слои. Так в контрольном варианте (чистый пар) отмечается постепенное уменьшение количества обменного калия в течение вегетационного периода, в среднем до $134 \pm 2,8$ мг/кг (таблица 16). Максимальная потеря обменного калия зафиксирована в течении 2021 года (рисунок 41, приложение 17). Год характеризовался наибольшим количеством осадков.

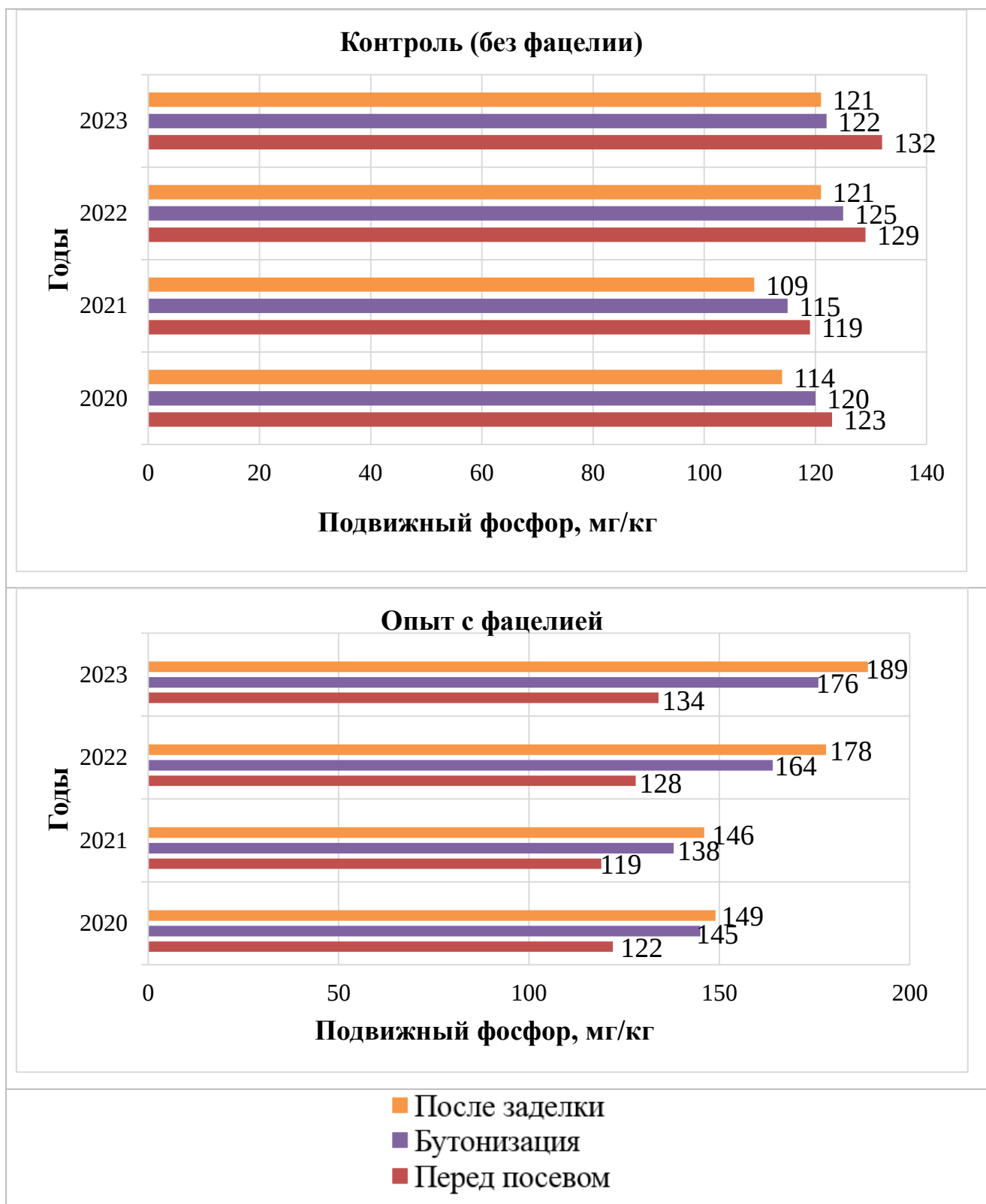


Рисунок 40 – Годовое изменение подвижного фосфора в слое 0-30 см чернозема типичного в вариантах опыта

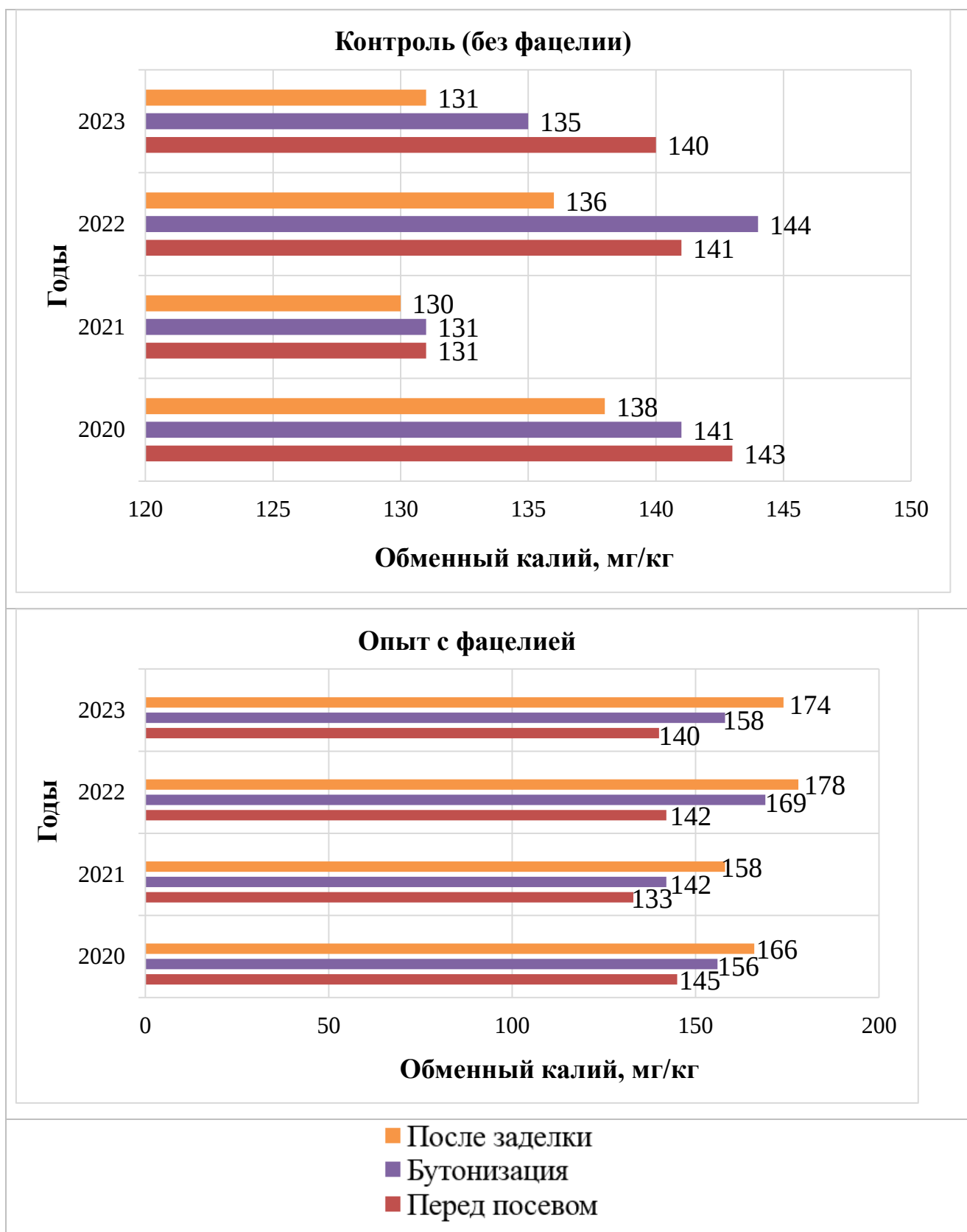


Рисунок 41 – Годовое изменение обменного калия в слое 0-30 см чернозема типичного в вариантах опыта

Выращивание фацелии способствует перераспределению обменного калия в профиле черноземов типичных. Растение извлекает элемент из более глубоких слоев и использует в процессе своей жизнедеятельности. Несмотря на то, что элемент не входит в состав белковых молекул, он принимает участие в белковом обмене и многих других физиологических процессах растений. После заделки сидерата на глубину, калий поступает в верхние слои почвенного компонента.

В целом, состояние исследуемых черноземов типичных находится на хорошем уровне. Применение фацелии в качестве сидерата способствует улучшению состояния почвенного компонента как базового составляющего любой сельскохозяйственной экосистемы.

Сидеральная культура способствует дополнительному накоплению запасов доступной влаги в пахотном слое чернозема типичного и в его метровой толще. В результате заделки фацелии на глубину 10-12 см отмечается оптимизация значений pH в исследуемом опыте. Выявлена стабилизация гумусного состояния черноземов типичных и содержания в них элементов минерального питания.

Таким образом, улучшение состояния почвенного компонента за счет применения фацелии пижмолистной в качестве сидерата будет способствовать повышению общего агроэкологического состояния сельскохозяйственной экосистемы.

5 БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КАШИРСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

На современном этапе развития человечества, естественнонаучные направления и специальности столкнулись с проблемой нерационального природопользования, влекущего за собой истощение всех природных ресурсов. Поэтому все больше отдается внимания развитию экологического подхода в функционировании ландшафтов, в том числе и агроландшафтов. Отсюда следует вывод о том, что рациональное природопользование всегда опирается на экологический подход в сбалансировании ландшафтов.

Общеизвестно, что природно-ресурсный потенциал формируется благодаря круговороту веществ и энергии, непрерывно протекает в экосистемах и определяется такими важными составляющими как растительные, почвенные, климатически ресурсы. Почвенный и растительный компонент сельскохозяйственной экосистемы являются отражением экологической емкости агроландшафта, а также его биоэнергетического потенциала [3]. Экологическая емкость ландшафта заключается в способности принимать и трансформировать определенные запасы вещества и энергии при устойчивом развитии системы. Для определения ресурсного состояния агроэкосистемы необходимо дать оценку биоэнергетическому потенциалу, который складывается из энергии органического вещества, энергии фитомассы и ее прироста [3].

Сельскохозяйственные ландшафты или агроландшафты относятся к техногенному (антропогенному) виду ландшафтов с преобладанием техногенной миграции, при этом в них обязательными составляющими являются биологические круговороты элементов и довольно часто их роль является первостепенной. Характеристика экологической емкости агроландшафта важна, поскольку она характеризует устойчивость его

функционирования. Для ее диагностирования необходим биоэнергетический потенциал территории, который характеризует ту часть энергии, которая заключена в фитомассе и органическом веществе почвы.

Главным образом биоэнергетический потенциал территории (БЭПТ) определяется количеством энергии фитомассы и количеством энергии органического вещества почвы. Оценку состояния территории дают двумя основными показателями: 1) экономическими (рубли); 2) биоэнергетическим содержанием энергии в единице продукции на единицу площади (в Дж/г/м).

Для оценки биоэнергетического потенциала и понимания важности данного показателя нами были оценены следующие показатели в вариантах опыта с выращиванием фацелии в качестве сидеральной культуры и без ее присутствия (контроль) за исследуемый период с 2020 по 2023 годы. В приложении 18 приведен расчет экологической емкости и биоэнергетического потенциала территории за 2020 год для сорта Наталия. Предварительно было подсчитано энергосодержание наземной и подземной фитомассы, согласно приведенному алгоритму в приложении 18. Результаты представлены в таблице 18.

Согласно полученным данным (таблица 17), максимальная энергия как наземной, так и подземной биомассы изучаемых сортов, как по отдельности, так и в бисортовых посевах, отмечается в конце вегетации 2021 года, который характеризовался оптимальными условиями увлажнения (634 мм) и температурными показателями (среднегодовая температура составила 8,2°C). Так, максимальное энергосодержание надземной фитомассы фацелии достигало 117,6 ГДж/га у сорта Наталия при $НСР_{05} = 2,03$, 130 ГДж/га у сорта Услава при $НСР_{05} = 1,79$, 177,3 ГДж/га в бисортовых посевах ($НСР_{05} = 3,71$). В этом же 2021 году было зафиксировано максимальное энергосодержание подземной фитомассы – 36,9 ГДж/га (сорт Наталия) при $НСР_{05} = 1,01$, 46,7 ГДж/га (сорт Услава) при $НСР_{05} = 1,07$ и 52,1 ГДж/га в бисортовых посевах ($НСР_{05} = 1,05$).

Минимальная энергия наземной биомассы сортов Наталия и Услава, а также в бисортовых посевах зафиксирована в 2023 году. Год характеризовался

недостаточным количеством увлажнения (548 мм), что послужило лимитирующим фактором в формировании необходимого количества наземной и подземной биомассы растения. Наземная фитомасса фацелии пижмолистной сорта Наталия не превышала 105,4 ГДж/га, сорта Услава – 123,8 ГДж/га, в бисортовых посевах – 151,9 ГДж/га. Энергосодержание подземной фитомассы составило 30,5 ГДж/га (сорт Наталия), 40,0 ГДж/га (сорт Услава), 47,0 ГДж/га (в бисортовых посевах).

Наибольшие значения энергосодержания как наземной (159,95 ГДж/га), так и подземной (49,13 ГДж/га) биомассы фацелии пижмолистной в среднем за период исследований в агроэкологических условиях лесостепи Воронежской области получены в бисортовых посевах.

Таблица 17 – Изменение энергосодержания надземной и подземной фитомассы фацелии сортов Наталия, Услава и в бисортовых посевах за исследуемый период, ГДж/га

Энергосодержание, ГДж/га	Годы исследования				НСР ₀₅
	2020	2021	2022	2023	
сорт Наталия					
Наземной фитомассы	114,1	117,6	115,3	105,4	2,03
Подземной фитомассы	34,1	36,9	30,7	30,5	1,01
сорт Услава					
Наземной фитомассы	126,3	130,2	125,4	123,8	1,79
Подземной фитомассы	42,1	46,7	45,3	40,0	1,17
Наталия+Услава					
Наземной фитомассы	154,2	177,3	156,4	151,9	3,71
Подземной фитомассы	48,4	52,1	49,0	47,0	1,05

Получена тесная корреляционная зависимость между климатическим показателем ГТК и энергосодержанием наземной и подземной фитомассы (рисунок 42, рисунок 43). Так коэффициент корреляции между ГТК и наземной фитомассой равен 0,75 для сорта Наталия, 0,83 для сорта Услава, 0,83 для бисортовых посевов.

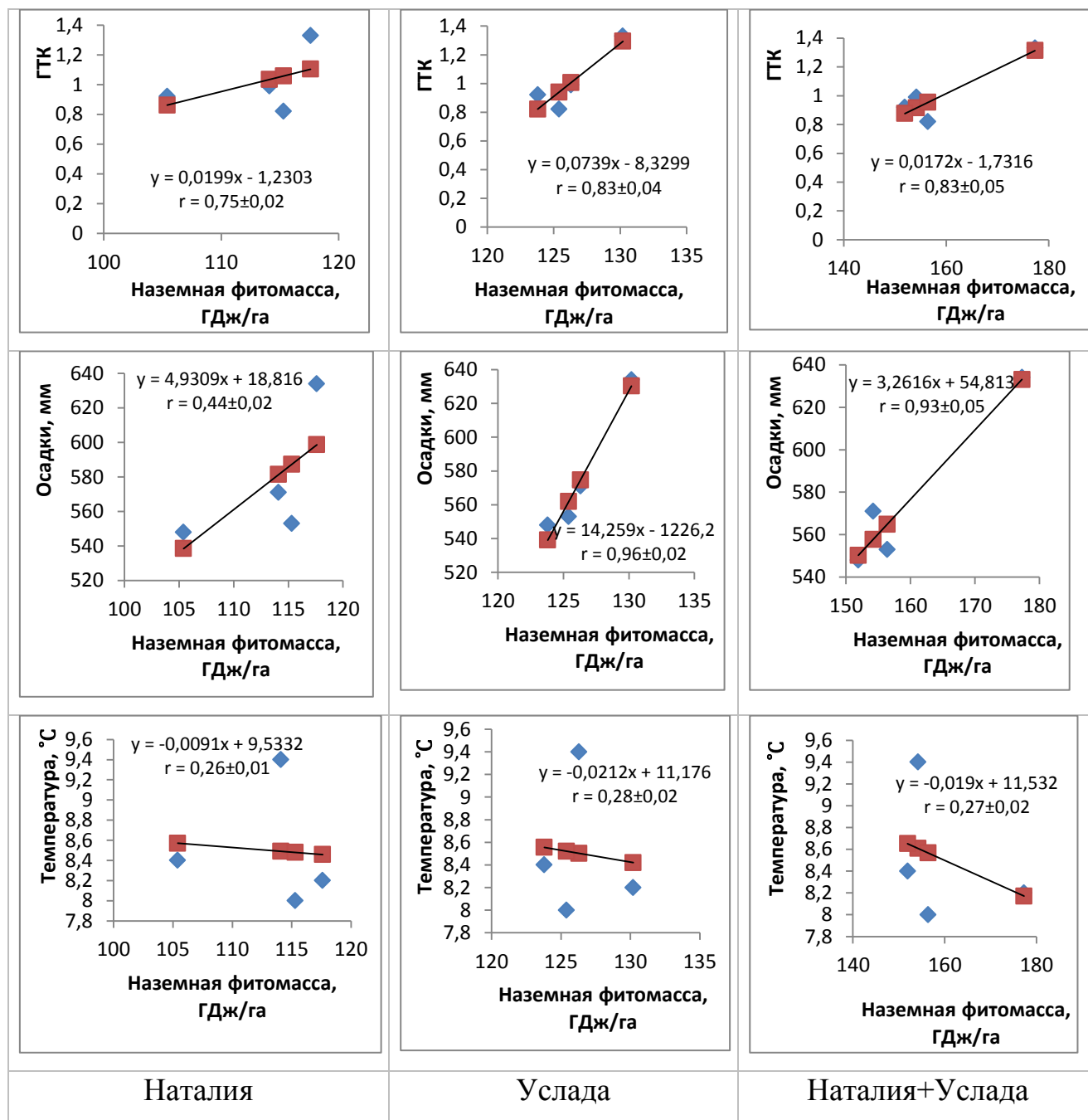
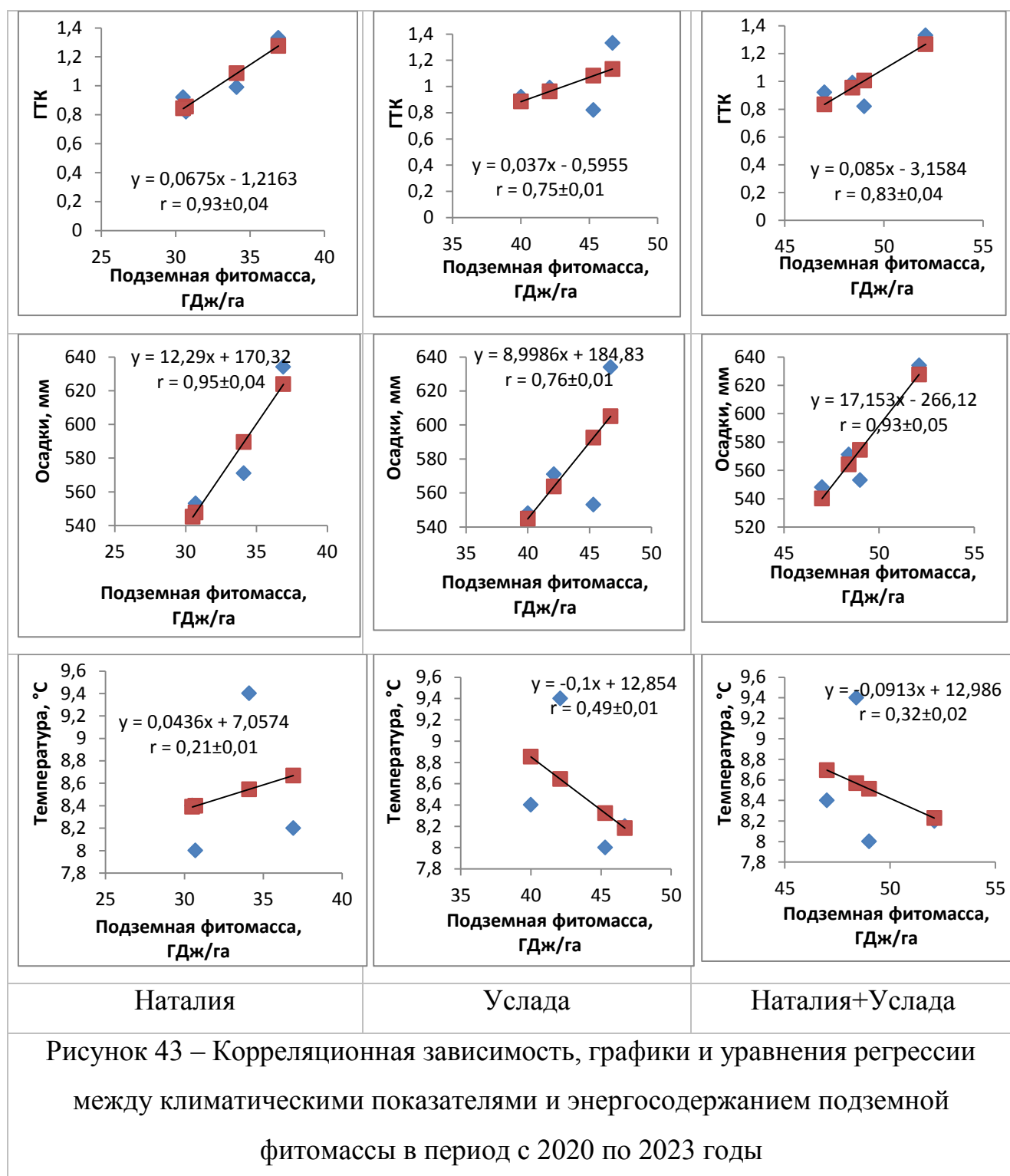


Рисунок 42 – Корреляционная зависимость, графики и уравнения регрессии между климатическими показателями и энергосодержанием наземной фитомассы в период с 2020 по 2023 годы

С количеством осадков выявлена тесная зависимость у сорта Услава – 0,96 и в бисортовых посевах – 0,93, с сортом Наталия обнаружена корреляционная зависимость средней силы – 0,44. С годовым показателем температуры, получена корреляционная зависимость слабой силы (рисунок 42).



Рассчитанные коэффициенты корреляции между энергосодержанием подземной фитомассы и климатическими показателями свидетельствуют о тесной корреляционной зависимости с показателем ГТК у сорта Наталия – 0,93, у сорта Услава – 0,75 и в бисортовых посевах – 0,83 (рисунок 43).

Получена тесная корреляционная взаимосвязь между количеством осадков и энергосодержанием подземной фитомассы во всех изучаемых сортах и в бисортовых посевах (сорт Наталия $r = 0,95$, сорт Услава $r = 0,76$, бисортовые посевы $r = 0,93$). Между температурой и исследуемым показателем выявлена низкая корреляционная зависимость, у сорта Наталия она равна 0,21, при комбинировании сортов – 0,32, с сортом Услава выявлена корреляционная зависимость средней силы – 0,49 (рисунок 43).

Для определения биоэнергетического потенциала территории необходимо рассчитать энергосодержание органического вещества и энергию элементов минерального питания. Годовая динамика этих показателей, которые также исследовались для сортов Наталия и Услава и при сочетании изучаемых сортов приведена в таблице 18.

Полученные данные (таблица 18) позволяют проследить в каком из составляющих цепочки идут потери, либо диагностируется недостаток органического вещества и элементов минерального питания для создания наиболее высоких значений по биоэнергетическому потенциалу исследуемого участка.

Так для сорта Наталия, максимальное энергосодержание органического вещества – 5915,92 ГДж/га при $НСР_{05} = 59,2$, а также элементов питания – 40,48 ГДж/га при $НСР_{05} = 1,01$ отмечается в 2021 году, который характеризовался достаточным количеством тепла и увлажнения. Минимальное значение энергосодержания органического вещества – 4971,68 ГДж/га, а также элементов минерального питания – 35,62 ГДж/га отмечается в следующем 2022 году. Такая тенденция связана с тем, что в предыдущем благоприятном году отмечалось интенсивное развитие биологической продукции, которая активно выносила элементы минерального питания.

Для сорта Услава отмечалась та же тенденция, с максимальными показателями энергосодержания органического вещества и элементов минерального питания в 2021 году (5974,72 и 41,11 ГДж/га), при $НСР_{05} = 51,2$ и 2,02 соответственно, минимальными – в 2022 году (5017,48 и 33,17 ГДж/га).

Таблица 18 – Изменение энергосодержания органического вещества и элементов минерального питания исследуемого чернозема типичного за период исследования с 2020 по 2023 годы, ГДж/га

Энергосодержание, ГДж/га	Годы исследования				НСР ₀₅
	2020	2021	2022	2023	
сорт Наталия					
Органического вещества	5258,33	5915,92	4971,68	5857,52	59,2
Элементов питания	37,81	40,48	35,62	39,48	1,01
сорт Услава					
Органического вещества	5341,30	5974,72	5017,48	5887,62	51,2
Элементов питания	36,19	41,11	33,17	36,18	2,02
Наталия+Услава					
Органического вещества	7891,04	8488,15	7011,17	7187,69	61,1
Элементов питания	44,7	50,8	43,9	46,9	2,02

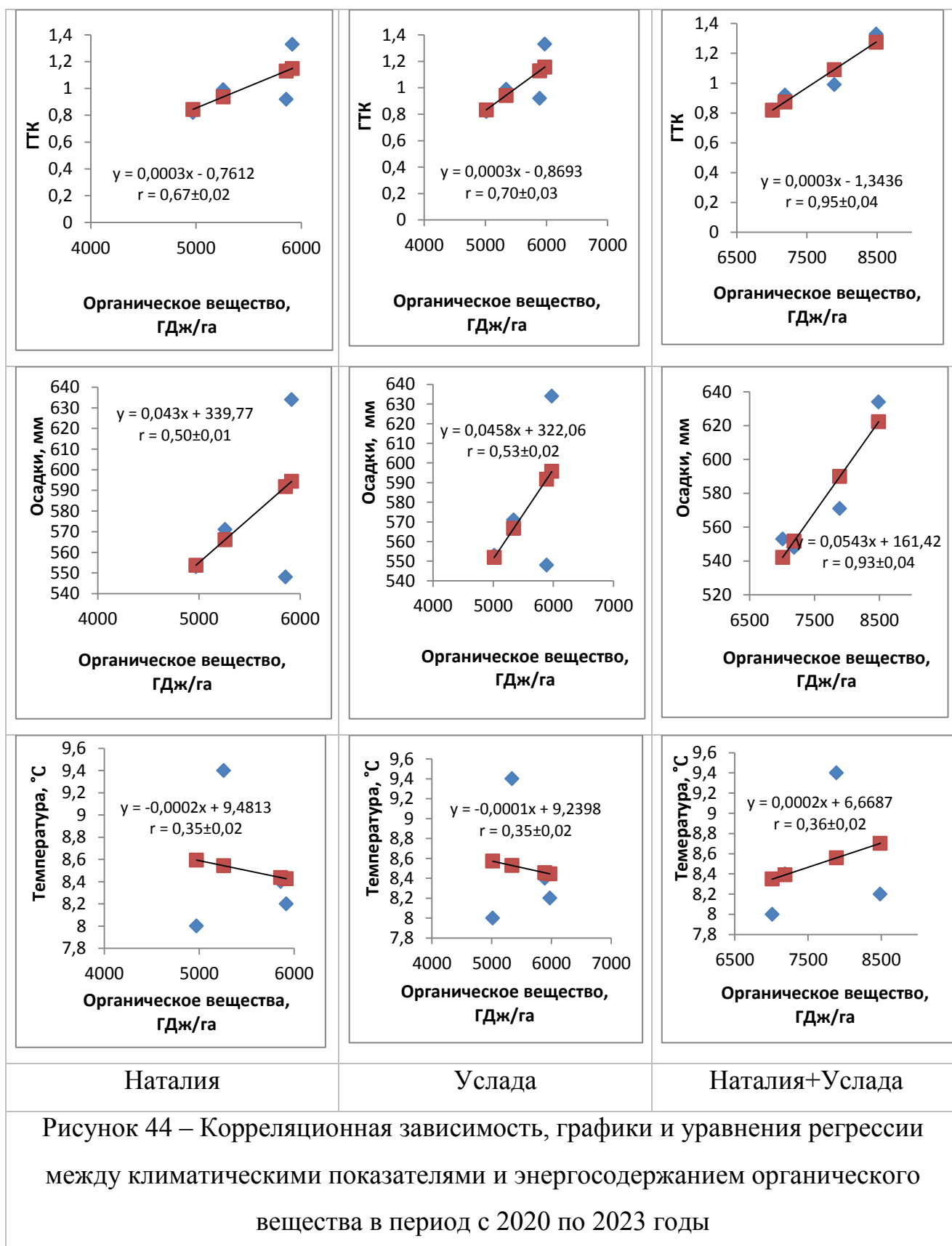
Достоверно большие значения энергосодержания органического вещества и элементов минерального питания на исследуемом черноземе типичном получены при сочетании сортов Наталия и Услава. Так, максимальное энергосодержание органического вещества было получено в 2021 году и

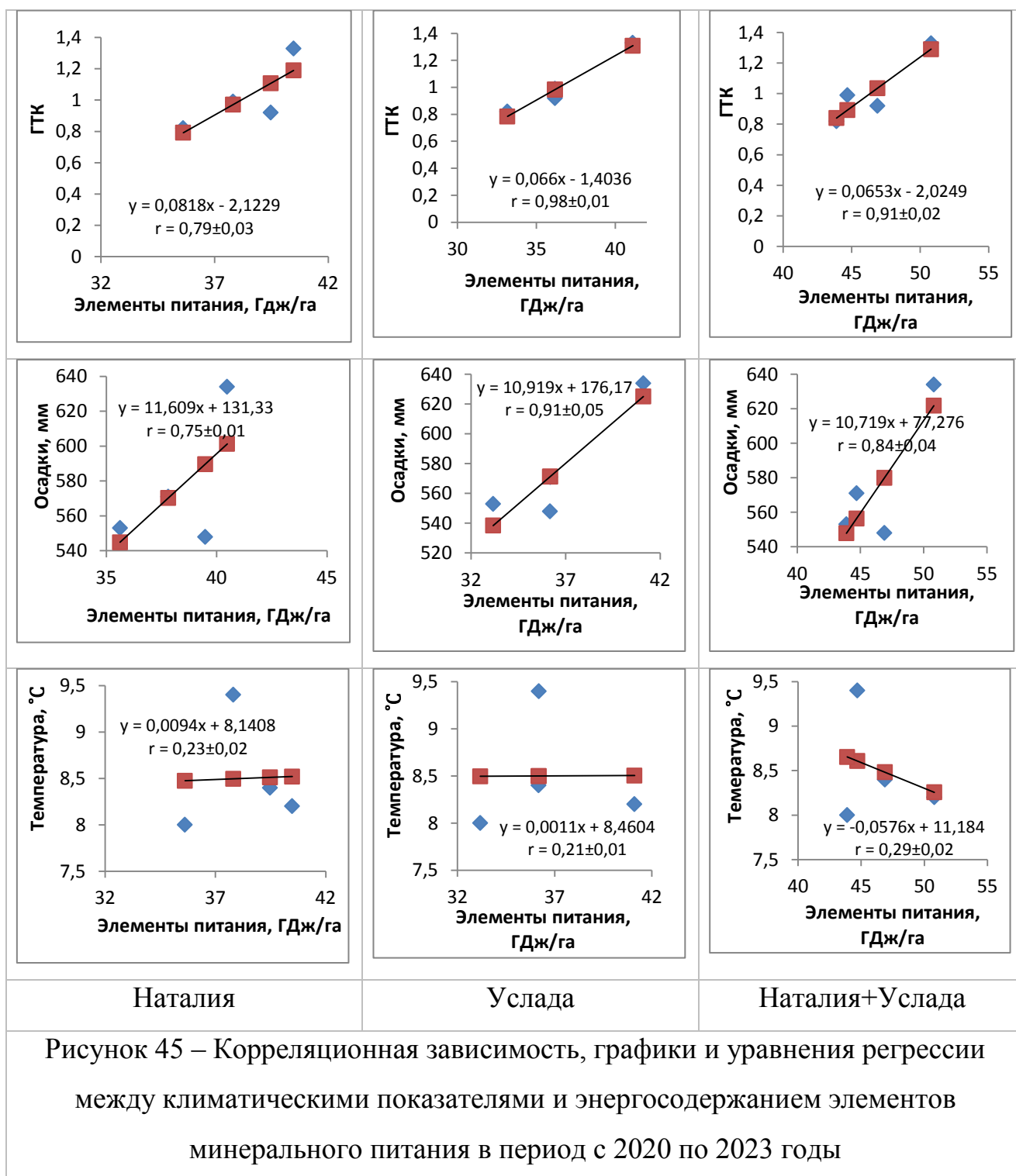
составило 8488,15 ГДж/га, при $НСР_{05} = 61,1$, а элементов минерального питания – 50,8 ГДж/га, при $НСР_{05} = 2,02$ (таблица 18). Полученные закономерности мы связываем не только с сортовыми особенностями фацелии, но и с климатическими показателями исследуемого периода.

Результаты корреляционного анализа между энергосодержанием органического вещества исследуемых черноземов типичных и климатическими показателями показывают корреляционную зависимость средней силы между ГТК и органическим веществом почв при выращивании сортов Наталия ($r = 0,67$) и Услава ($r = 0,70$), а также между среднегодовым количеством осадков и органическим веществом в аналогичных вариантах ($r = 0,50$ и $r = 0,53$ соответственно).

При выращивании одновременно двух сортов была выявлена тесная корреляционная зависимость между ГТК и органическим веществом ($r = 0,95$), а также между среднегодовым количеством осадков и содержанием органического вещества ($r = 0,93$). Среднегодовая температура, как климатический показатель слабо влияет на трансформацию органического вещества, поэтому выявлена слабая корреляционная зависимость во всех исследуемых вариантах: при выращивании сорта Наталия и сорта Услава $r = 0,35$, в бисортовых посевах $r = 0,36$ (рисунок 44).

Элементы минерального питания подразумевают легкодоступные формы для потребления их растительными организмами, поэтому этот показатель образует более тесную корреляционную зависимость с климатическими факторами (рисунок 45).





Так, отмечается высокая корреляционная зависимость между ГТК и энергосодержанием элементов минерального питания ($r = 0,79$) при выращивании сорта Наталия, ($r = 0,98$) при возделывании сорта Услава, ($r = 0,91$) в бисортных посевах. Высокие коэффициенты корреляции получены и со среднегодовым количеством осадков: $r = 0,75$ (сорт Наталия), $r = 0,91$ (сорт

Услава), $r = 0,84$ (в бисортовых посевах). Что касается среднегодового показателя температуры, выявлена корреляционная зависимость слабой силы с энергосодержанием элементов минерального питания $r = 0,23$ (сорт Наталия) $r = 0,21$ (сорт Услава) $r = 0,29$ в бисортовых посевах (рисунок 45).

Полученные показатели энергоемкости органического вещества и элементов минерального питания также подтверждают положительное действие сидерации почв фацелией.

Как указывалось выше, биоэнергетический потенциал территории определяется суммой энергосодержания наземной фитомассы и количеством энергосодержания органического вещества почв. Полученные данные (таблица 19) свидетельствуют о том, что исследуемый показатель достигает максимальных значений 5150,22 ГДж/га (сорт Наталия) при $НСР_{05} = 37,1$, 5884,23 ГДж/га (сорт Услава) при $НСР_{05} = 28,9$ и 6875,32 ГДж/га (в бисортовых посевах) при $НСР_{05} = 30,4$ в 2021 году. При анализе усредненных показателей за период исследования БЭПТ максимальные его значения были достигнуты в бисотровых посевах (5649,95 ГДж/га), более низкие в монопосевах: Наталия – 4446,36, Услава – 5287,6 ГДж/га соответственно.

Таблица 19 – Изменение биоэнергетического потенциала изучаемой территории за 2020-2023 годы, ГДж/га

БЭПТ	Годы исследования				НСР ₀₅
	2020	2021	2022	2023	
сорт Наталия					
ГДж/га	4375,73	5150,22	4052,69	4206,83	37,1
сорт Услава					
ГДж/га	5112,19	5884,23	5023,17	5131,12	28,9
Наталия+Услава					
ГДж/га	5264,32	6875,32	5117,24	5341,12	30,4

На биоэнергетический потенциал территории влияют климатические показатели. Полученные результаты корреляционного анализа свидетельствуют

о тесной зависимости между биоэнергетическим потенциалом территории и уровнем ГТК, для сорта Наталья $r = 0,99$, для сорта Услава $r = 0,96$, в бисортных посевах $r = 0,97$ (рисунок 46).

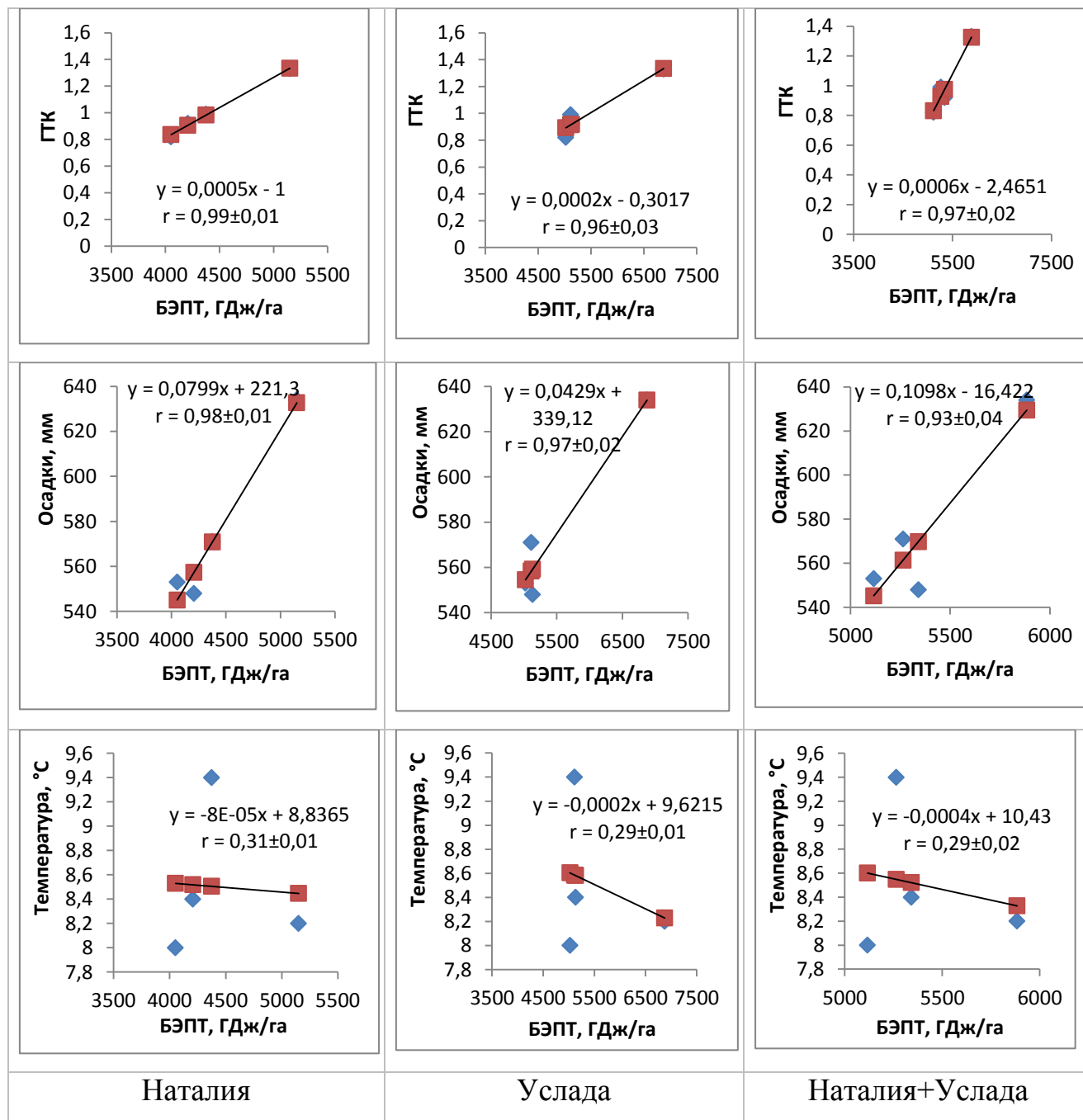


Рисунок 46 – Корреляционная зависимость, графики и уравнения регрессии между климатическими показателями и биоэнергетическим потенциалом изучаемой территории в период с 2020 по 2023 годы

Высокая корреляционная зависимость отмечается между среднегодовым количеством осадком и биоэнергетическим потенциалом, так коэффициент для сорта Наталия равен 0,98, для сорта Услава – 0,97, при совместном выращивании сортов – 0,93. Между среднегодовым показателем температуры и биоэнергетическим потенциалом исследуемой территории выявлена низкая корреляционная зависимость $r = 0,31$ (сорт Наталия), $r = 0,29$ (сорт Услава) и $r = 0,29$ при совместном выращивании сортов в бисортовых посевах (рисунок 46). Оценка биоэнергетического потенциала территории позволяет определить ресурсное состояние данной территории. Довольно часто данную оценку используют для определения структуры угодий (пашня, лес, луг) агроландшафта. Полученные данные свидетельствуют о том, что возделывание и запашка фацелии приводит к усилению биоэнергетического потенциала территории, а, следовательно, будет увеличивать экологическую емкость агроэкосистемы.

Экологическая емкость территории исследуемого агроландшафта объединяет в себе сумму энергосодержания наземной фитомассы энергосодержания органического вещества почв, а также энергосодержания элементов минерального питания. Полученные данные по экологической емкости агроландшафта представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Изменение экологической емкости территории исследуемого агроландшафта за 2020-2023 годы, ГДж/га

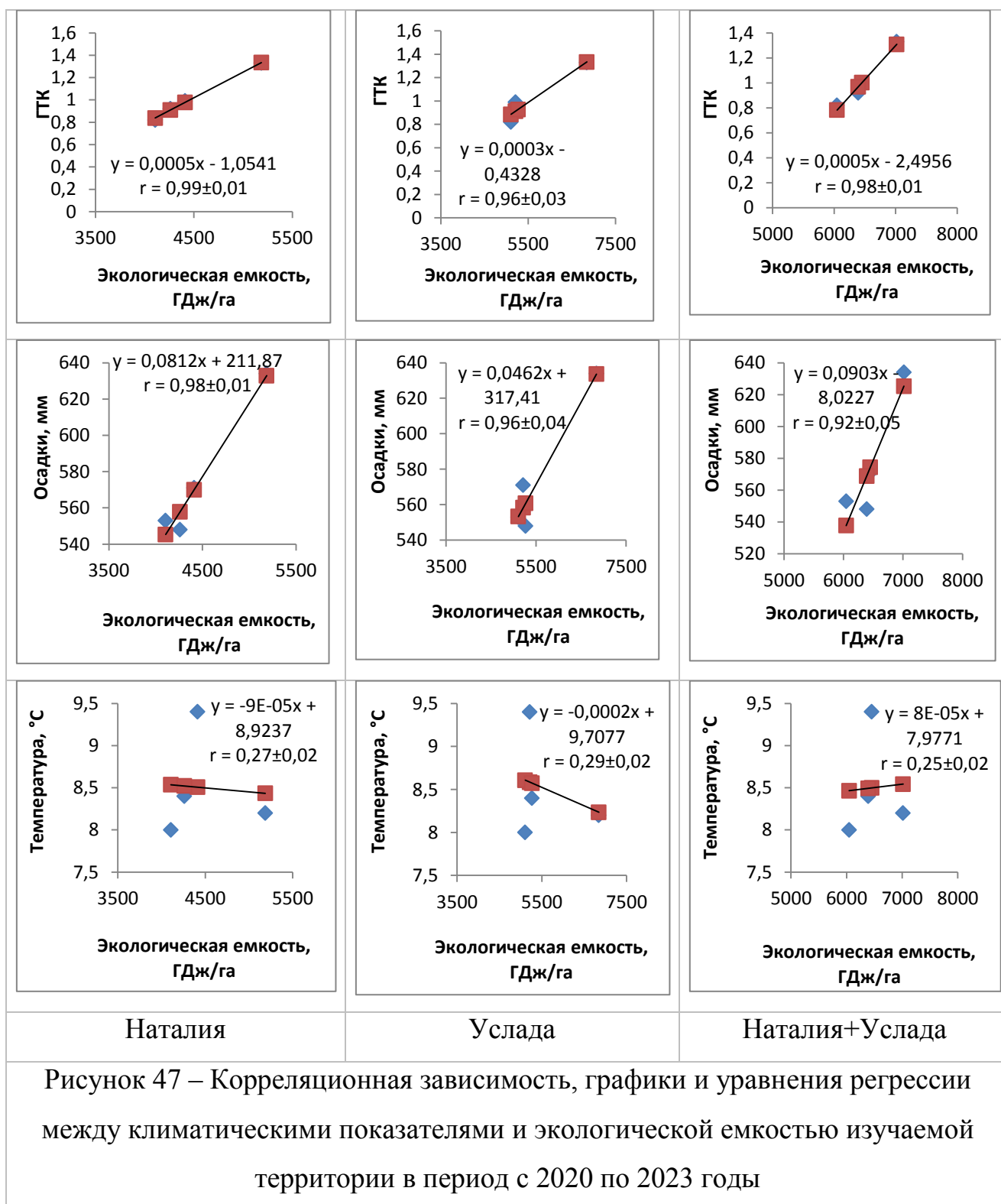
Экологическая емкость территории	Годы исследования				НСР ₀₅
	2020	2021	2022	2023	
сорт Наталия					
ГДж/га	4411,35	5185,62	4106,90	4261,01	67,5
сорт Услава					
ГДж/га	5214,31	6845,12	5107,89	5268,91	58,9
Наталия+Услава					
ГДж/га	6451,26	7016,45	6046,12	6389,88	71,4

Наибольшая экологическая емкость агроландшафта отмечалась при оптимальных климатических показателях (количество тепла и осадков) и достигала в 2021 году 5185,62 ГДж/га у сорта Наталия при $НСР_{05} = 67,5$, 6845,12 ГДж/га у сорта Услава при $НСР_{05} = 58,9$, и 7016,45 ГДж/га в бисортовых посевах $НСР_{05} = 71,4$ (таблица 20). Минимальные значения экологической емкости территории – 4106,90 ГДж/га для сорта Наталия, 5107,89 ГДж/га для сорта Услава, 6046,12 ГДж/га в бисортовых посевах характерны для следующего более засушливого 2022 года. Значения наименьшей существенной разности подтверждают достоверность различий в полученных показателях.

Полученные коэффициенты корреляции между экологической емкостью исследуемой территории Каширского района Воронежской области и климатическими показателями свидетельствуют о тесной корреляционной зависимости с показателем ГТК (рисунок 47).

Так, у сорта Наталия коэффициент корреляции равен 0,99, у сорта Услава – 0,96, при сочетании сортов – 0,98. Полученная тесная корреляционная зависимость между среднегодовым количеством осадков и показателем экологической емкости территории, для сорта Наталия $r = 0,98$, для сорта Услава $r = 0,96$, в бисортовых посевах $r = 0,92$. Между показателем среднегодовой температуры и экологической емкостью территории получена слабая корреляционная зависимость, которая для сорта Наталия равна 0,27, для сорта Услава – 0,29, в бисортовых посевах – 0,25 (рисунок 47).

В целом полученные показатели экологической емкости территории и ее биоэнергетического потенциала позволяют применить комплексный подход к оценке продуктивности сельскохозяйственной экосистемы, поскольку, оперируя исключительно значениями урожайности основной продукции можно сделать не совсем верные выводы об общей продуктивности агрофитоценоза. Исследуемые показатели позволяют осуществить многогранный подход к оценке биопродуктивности, а также позволяют дать рекомендации рациональному использованию агроэкосистем.



При оптимизации агроландшафтов в настоящее время предполагают применение нового подхода на размещение сельскохозяйственных культур с максимальным использованием солнечной энергии многокомпонентными фитоценозами, а также постоянное поступление энергии органического

вещества в почву, что осуществляется путем внедрения сидеральной культуры – фацелии пижмолистной. Благодаря применению зелёного удобрения реализуется такое важное направление оптимизации и биологизации земледелия, как замена чистых паров – сидеральными, что увеличивает общий биологический ресурс агроэкосистемы.

ВЫВОДЫ

1. Установлено достоверное влияние, как климатических показателей, так и сортовых особенностей фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) на продолжительность следующих основных фаз ее развития: «посев-всходы», «всходы-бутонизация», «всходы-цветение». К моменту созревания семян происходит выравнивание периода вегетации и созревание семян начиналось приблизительно в одно время, для сорта Наталия – 81 ± 5 день, а для сорта Услава – 80 ± 7 дней.

2. Изученные морфо-биологические особенности фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) определяются сортовыми особенностями растения, которые достоверно отличаются у исследуемых сортов. Для сорта Наталия характерна средняя высота растения $77,1 \pm 10,0$ см, диаметр куста $43,4 \pm 4,1$ см, диаметр стебля $1,0 \pm 0,3$ см, длина соцветия $18,2 \pm 2,9$, для сорта Услава – $68,3 \pm 2,5$ при $НСР_{05} = 1,5$, $40,0 \pm 2,7$ при $НСР_{05} = 1,3$, $2,0 \pm 0,4$ при $НСР_{05} = 0,4$ и $10,1 \pm 1,3$ при $НСР_{05} = 0,7$ соответственно. Помимо сортовых особенностей, на морфо-биологические показатели влияют климатические условия, прежде всего ГТК и среднегодовое количество осадков.

3. Агрономический эффект взаимодействия по показателям биопродуктивности наземной и подземной фитомассы фацелии в различные периоды роста и развития определялся сортовыми особенностями и эффектом взаимодействия, при этом максимальных показателей сидерального пара наземная биомасса достигала в бисортовых посевах сортов Наталия и Услава, которая в период бутонизации достигла $184 \pm 12,1$ ц/га, в период цветения – $248 \pm 11,5$ ц/га, максимальные значения биопродуктивности получены перед запашкой в период начала созревания семян – $310 \pm 11,5$ ц/га. При этом по сортам отдельно были получены более низкие значения биомассы сидерального пара: Услава в период бутонизации – $160 \pm 9,8$ ц/га, цветения – $179 \pm 10,6$ ц/га, в период начала созревания семян – $287 \pm 10,6$ ц/га, Наталия – $163 \pm 11,2$ ц/га, $180 \pm 10,1$ ц/га и $195 \pm 10,1$ ц/га соответственно.

На биопродуктивность наземной и подземной фитомассы фацелии повлиял климатический фактор. Так наибольшие показатели биомассы были получены в благоприятном, с точки зрения климатических показателей, 2021 году (ГТК = 1,33), минимальные получены в более засушливом и прохладном 2022 году (ГТК = 0,82).

4. В агроклиматических условиях Воронежской области массовое цветение сортов Услава и Наталия отмечалось в разные периоды на 55 и 47 дни соответственно, что благоприятствует созданию мёдоносного конвейера. Достоверно большей нектаропродуктивностью обладает сорт Наталия – 720,1 кг/га, по сравнению с сортом Услава – 614,6 кг/га. Наибольшие показатели нектаропродуктивности были получены в бисортовых посевах – 800,9 кг/га. На показатель нектаропродуктивности оказывает влияние гидротермический коэффициент и среднегодовое количество осадков. При ГТК равном 0,82 (минимальное значение за исследуемый период), нектаропродуктивность составила 787,4 кг/га, при ГТК 1,33 (максимальное значение за исследуемый период), нектаропродуктивность увеличилась до 825,8 кг/га.

5. Наибольшей мёдопродуктивностью обладает сорт Наталия – 411,6 кг/га, по сравнению с сортом Услава – 396,2 кг/га. Достоверно большие показатели у сорта Наталия связаны с более длинным размером их соцветий, на которых помещается большее количество цветков. Максимальная мёдопродуктивность получена в бисортовых посевах – 421,7 кг/га. Достоверно большие показатели нектаропродуктивности и мёдопродуктивности при совместном выращивании сортов связаны с их бисортовыми взаимодействиями. Мёдопродуктивность определяется климатическими показателями ГТК и среднегодовым количеством осадков. При ГТК – 0,82 (осадки 553 мм), мёдопродуктивность составила 415,1 кг/га, при ГТК – 1,33 (осадки – 634 мм), мёдопродуктивность возросла до 437,8 кг/га. При этом показатели мёдопродуктивности были стабильно высокими, не ниже 400 кг/га вне зависимости от ГТК, что значимо для пчеловодства.

6. Возделывание фацелии пижмолистной приводит к трансформации почвенного компонента. Отмечается накопление доступной влаги в почве

агроценоза уже в период бутонизации в слое 0-30 см $54 \pm 1,3$ мм, а также после заделки фацелии на глубину 10-12 см до $60 \pm 1,1$ мм, по сравнению с контрольным вариантом $27 \pm 1,7$ мм. Выращивание фацелии, а также ее заделка на глубину приводит к нормализации кислотности почвенного покрова. Так, в период бутонизации значения pH_{KCl} составляли $5,7 \pm 0,2$ единиц, а после заделки на глубину – $6,3 \pm 0,1$, на контрольном участке значения кислотности практически не менялись и в конце вегетационного периода составляли $5,3 \pm 0,3$ единицы.

7. Внесение биомассы фацелии пижмолистной в качестве сидерального удобрения, которым достигается агроэкологический эффект, приводит к достоверному увеличению содержания гумуса в почве, в варианте опыта с фацелией оно составляет $7,9 \pm 0,2\%$, в контрольном варианте – $6,3 \pm 0,2\%$. В варианте опыта с применением фацелии отмечается достоверно большее содержание аммонийного азота ($98,0 \pm 4,1$ мг/кг), подвижного фосфора ($167 \pm 5,8$ мг/кг) и обменного калия ($169 \pm 3,8$ мг/кг). В то время как на контрольном варианте содержание минеральных элементов составило $76,0 \pm 2,1$ мг/кг, $116 \pm 3,6$ мг/кг и $134 \pm 2,8$ мг/кг соответственно.

8. Наибольшие значения энергосодержания как наземной ($159,95$ ГДж/га), так и подземной ($49,13$ ГДж/га) биомассы фацелии пижмолистной в среднем за период исследований в агроэкологических условиях лесостепи Воронежской области получены в бисортовых посевах. Достоверно большие значения энергосодержания органического вещества и элементов минерального питания на исследуемом черноземе типичном получено при сочетании сортов Наталия и Услава. Величина биоэнергетического потенциала территории (БЭПТ) сельскохозяйственной экосистемы за период исследований наибольших значений достигла в бисотровых посевах ($5649,95$ ГДж/га), более низкие в монопосевах: Наталия- $4446,36$ ГДж/га, Услава – $5287,6$ ГДж/га.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Использование бисортных посевов фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) Услава и Наталия позволяет получить повышенное количество наземной и подземной биомассы сидерата, а также является базой для создания мёдоносного конвейера в агроклиматических условиях сельскохозяйственных экосистем ЦЧР. Посев культуры осуществлять с 1 по 10 мая, в период оптимального показателя ГТК на глубину заделки семян 2-3 см, с междурядьем 45 см.

2. Совмещать в сидеральных парах сорт Наталия и Услава, поскольку помимо мёдоносного конвейера отмечается бисортное взаимодействие, приводящее к достоверному повышению урожайности наземной биомассы в среднем на 69 ц/га, увеличение нектаропродуктивности на 133,6 кг/га и мёдопродуктивности на 17,8 кг/га.

3. Рекомендуются использовать фацелию пижмолистную в сидеральных парах сельскохозяйственных экосистем лесостепной части Воронежской области. Укос биомассы и ее заделку в почву осуществлять в период с 20 по 30 июля, после 21:00 чтобы предотвратить запашку лётных пчел. В период, когда фацелия начинает образовывать первые семена, на глубину 10-12 см с предварительным измельчением используя мульчер.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективным направлением продолжения исследований является изучение урожайности семян различных районированных хозяйственно-ценных культивируемых сортов и видов фацелии в агроклиматических условиях Воронежской области с определением экономической эффективности их получения. Актуальный научный и практический интерес для сельскохозяйственной отрасли представляет определение показателей ценности культуры как кормовой базы животноводческого направления АПК региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисян Г.А. Пчеловодство / Г.А. Аветисян. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 320 с.
2. Агеев А.А. Оценка эффективности использования сидеральных паров в разработке системы севооборотов по производству зерна / А.А. Агеев // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. – 2003. – №39. – С. 7–11.
3. Агроэкология и нормирование качества окружающей среды: учеб. пособие / авт.-сост.: Е. М. Шентерова, А. О. Рагимов, М. А. Мазиров. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2023. – 128 с.
4. Адерихин П.Г. Минералогический состав черноземов и серых лесных почв Центрально-Черноземной области / П.Г. Адерихин, А.Б. Беляев // Почвоведение и проблемы сельского хозяйства. Минералогический состав и свойства почв. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1973. – С. 5-36.
5. Адерихин П.Г. Почвы Воронежской области / П.Г. Адерихин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1963. – 264 с.
6. Алексеев Е.К. Зеленое удобрение в Нечерноземной полосе. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 278 с.
7. Алексеев Ю.Е. Травянистые растения СССР / Ю.Е. Алексеев. – М.: Сельхозгиз, 1971. – 226 с.
8. Асташов А.Н. Особенности формирования нектаро- и медопродуктивности фацелии пижмолистной сорта Наталия в зависимости от агротехнических приемов / А.Н. Асташов, К.А. Пронудин, Т.В. Родина, В.С. Плаксина // Научно-агрономический журнал. – 2023. – Т. 123. – №4. – С. 68-73.
9. Ахметзянов М.Р. Влияние факторов биологизации на урожайность озимой ржи в условиях Предкамья Республики Татарстан / М.Р. Ахметзянов // Вестник Казанского ГАУ. – 2017. – Т. 12. – № 2(44). – С. 9-13.
10. Батудаев А.П. Донник на зеленое удобрение / А.П. Батудаев, В.Р. Филипова // Агрохимия. – 2004. – № 2. – С. 59–62.

11. Берзин А.М. Повышение влагонакопительной роли чистых и сидеральных паров в Сибири / А.М. Берзин, А.А. Дорогой // Земледелие. – 2006. – № 2. – С. 4–6.
12. Болучевский Д.А. Плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы при различных приемах биологизации в лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Д.А. Болучевский. – Воронеж, 2014. – 24 с.
13. Борисова Е.Е. Роль клевера лугового в экологизации и биологизации земледелия / Е.Е. Борисова // Символ науки. – 2016. – № 4-4. – С. 56-61.
14. Бородина М.Н. Медоносы вокруг пасеки / М.Н. Бородина // Пчеловодство. – 2004. – №5. – С. 24–25
15. Брижань В.И. Тройная польза фацелии [Электронный ресурс] / В.И. Брижань // Дачная. 2008. – 20 июня. – Режим доступа: <http://www.vdvsn.ru/papers/dachnaya/2008/06/20/69971/>
16. Бузмаков В.В. Зеленое удобрение / В.В. Бузмаков // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – №6. – С. 33-37.
17. Бурмистров А.Н. Медоносные растения и их пыльца / А.Н. Бурмистров, В.А. Никитина. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 122 с.
18. Бурмистров А.Н. Организация медоносной базы фермерских хозяйств // Сб. науч. тр. по пчеловодству / А.Н. Бурмистров. – Орел: ОрелГАУ, 2002. – С. 22-29.
19. Бурмистров А.Н. Сроки и способы посева медоносных растений / А.Н. Бурмистров // Пчеловодство. – 2003. – №1. – С.22-24.
20. Вальков В.Ф. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты: монография / В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев [и др.]. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. – 416 с.
21. Велкова Н.И. Использование горчицы белой (*Sinapis alba* L.) для расширения медоносных ресурсов ЦЧР: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Н.И. Велкова. – Орел, 2004. – 18 с.

22. Венчиков А.И. Баланс гумуса в севооборотах с бобовыми травами при разных системах обработки почвы / А.И. Венчиков // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 26–27.
23. Верзилин В.В. Сидерация в условиях Центрального Черноземья / В.В. Верзилин, Н.Н. Королев, С.И. Коржов // Земледелие. – 2005. – № 3. – С. 10–12.
24. Воронежская область. Ч.1: Природные условия / под ред. С.И. Костина. – Воронеж: Воронежское областное издательство, 1952. – 340 с.
25. Высоцкая Е.А. Оптимизация экологического состояния и функционирования базовых компонентов черноземных агроэкосистем восточной части ЦЧР в условиях повышенной антропогенной нагрузки: автореф. дис. докт. биол. наук / Е.А. Высоцкая. – М., 2013. – 51с.
26. Глухов М.М. Медоносные растения / М.М. Глухов – М.: Колос, 1974. – 333 с.
27. Головин А.И. Высокодоходная культура фацелия / А.И. Головин, Т.К. Алимов // Пчеловодство. – 2000. – №5. – С. 27–28.
28. Горбунова Н.С. Содержание тяжелых металлов при длительном применении удобрений в агроценозах кукурузы на черноземах выщелоченных / Н.С. Горбунова, А.Ф. Стулин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 4. – С. 49-54.
29. Горбунова Н.С. Эрозия почв и методы борьбы с ней: учебное пособие / Н.С. Горбунова, А.И. Громовик. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 97 с.
30. ГОСТ 26205-91. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина (для карбонатных образцов) в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.
31. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова (для некарбонатных образцов) в

- модификации ЦИНАО. Переиздано взамен ГОСТ 26207-84. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
32. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. Переиздано взамен ГОСТ 26213-84. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
 33. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартиформ, 2011. 5 с.
 34. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 6 с.
 35. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 5 с.
 36. ГОСТ 28268-89 Почвы. Отбор проб. - М.: Стандартиформ, 2008. - 7 с.
 37. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – М.: Стандартиформ, 2006. – 6 с.
 38. ГОСТ 29269-91. Почвы. Общие требования к проведению анализов. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.
 39. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Стандартиформ, 2019. – 23 с.
 40. Государственная Комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/nataliya-fatseliya/>
 41. Государственная Комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/uslada-fatseliya/>

42. Гребенников А.М. Агроэкология: экологическая роль смешанных сидеральных агросообществ в восстановлении плодородия почв / А.М. Гребенников // Инженерная экология. – 2011. – № 4. – С. 40–56.
43. Гребенников А.М. Влияние смешивания посевов на расходование сидеральными агросообществами запасов продуктивной влаги в черноземах / А.М. Гребенников // Плодородие. – 2011. – № 4 (61). – С. 39–40.
44. Гребенников А.М. Использование сидерации смешанными агросообществами для повышения плодородия типичных черноземов / А.М. Гребенников // Плодородие. – 2011. – № 2 (59). – С. 30–32.
45. Гребенников А.М. Фитосанитарный аспект повышения плодородия черноземов сидеральными смесями / А.М. Гребенников // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 24–26.
46. Дедов А.А. Влияние приемов биологизации земледелия и способов обработки почвы на содержание органического вещества в черноземе типичном и продуктивность севооборотов / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Агрохимия. – 2017. – №9. – С. 25-32.
47. Дедов А.А. Влияние приемов биологизации и различных способов обработки почвы на показатели плодородия и урожайности культур севооборотов / А. А. Дедов, М. А. Несмеянова, А. В. Дедов [и др.] // Вестник Воронежского ГАУ. – 2016. – № 3 (50). – С. 47-56.
48. Дедов А.А. Многолетние травы и плодородие чернозёмов / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: сб. докладов Международной научно-практической конференции и Школы молодых ученых, посвящённых Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы. – 2017. – С. 71-75.
49. Дедов А.А. Приемы повышения плодородия чернозема типичного / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России: сб. научных докладов Всероссийской

научно-практической конференции, посвященной 125-летию организации "Особой экспедиции лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России". – 2017. – С. 96-101.

50. Дедов А.В. Бинарные посевы в ЦЧР: монография / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, Т.Г. Кузнецова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 139 с.
51. Дедов А.В. Биологизация земледелия ЦЧР: учебное пособие / А.В. Дедов, Н.А. Драчев. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. – 171 с.
52. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки на накопление и химический состав растительных остатков в пахотном слое почвы при выращивании сахарной свеклы в условиях лесостепи ЦЧР / А.В. Дедов, Г.М. Крюков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17. – №2(81). – С. 12-22.
53. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки на показатели плодородия почвы, урожай корнеплодов сахарной свеклы / А.В. Дедов, Г.М. Крюков // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции в 4 томах. – Майский, 2024. – С. 39-40.
54. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации на плодородие черноземных почв ЦЧР / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 15. – №3(74). – С. 41-50.
55. Дедов А.В. Влияние способов основной обработки почвы влажность, структуру почвы и урожайность ярового ячменя / А.В. Дедов, В.А. Шевченко // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж, 2023. – С. 130-139.
56. Дедов А.В. Воспроизводство органического вещества почв ЦЧР / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, А.А. Дедов. – Воронеж: ВГАУ, 2016. – 227 с.

57. Дедов А.В. Органическое вещество почвы и его регулирование в Центральном Черноземье. – Воронеж: ВГАУ, 1999. – 202 с.
58. Дедов А.В. Органическое земледелие Воронежской области (полевые культуры) / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова. – Воронеж: ВГАУ, 2019. – 271 с.
59. Дедов А.В. Оценка севооборотов: учебное пособие / А.В. Дедов, Т.А. Трофимова, С.И. Коржов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 102 с.
60. Дедов А.В. Поздняя сидерация в зернопаропропашном севообороте / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, Л.А. Новикова, А.А. Пушина // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства. Материалы II Международной научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2019. – С. 7-10.
61. Денисова А.В. Влияние возделывания сидеральных культур в паровых полях и промежуточных посевах на продуктивность звеньев севооборотов и показатели плодородия дерново-подзолистых почв Кировской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Денисова. – Уфа, 2015. – 20 с.
62. Дмитриев В.И. Изучение технологии приготовления сенажа и гранулированных кормов из фацелии: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / В.И. Дмитриев. - Дубровицы, 1982. – 19 с.
63. Дмитриченко А.И. Медопродуктивность фацелии пижмолистной в зависимости от ширины междурядий / А.И. Дмитриченко // Проблемы модернизации АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Курган, 2010. – № 2. – С. 221–223.
64. Днепровская В.Н. Занятые пары – гарантия повышения плодородия почв и продуктивности земледелия / В.Н. Днепровская, Н.Г. Пилипенко, Н.П. Лисовская // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 2. – С. 31–32.
65. Довбан К.И. Сидерация в интенсивном земледелии: Обзорная информация / К.И. Довбан, В.К. Довбан, Ф.Г. Бердников. – М.: ВНИИТЭИ агропром, 1992. – 68 с.

66. Дорожко Г.Р. Биологизация земледелия Ставрополя / Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчуков, В.М. Передериева [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – №2(10). – С. 31-35.
67. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
68. Доспехов Б.А. Практикум по земледелию: учеб. пособие / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Колос, 1977. – 363 с.
69. Думачева Е.В. Биологические ресурсы *Phacelia Tanacetifolia* Benth. юга Среднерусской возвышенности как исходный материал для селекции на устойчивость / Е.В. Думачева, В.И. Чернявских, О.В. Воробьева, А.А. Горбачева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 54. – №3. – С. 188-192.
70. Дьяков А.Б. Использование принципа фоновых признаков при разработке критериев отличимости, однородности и стабильности для описания селекционных достижений / А.Б. Дьяков, В.В. Гронин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2006. – Вып. 2(135). – С. 38-49.
71. Ерофеев С.А. Биологизация земледелия – основа эколого-ландшафтного земледелия / С.А. Ерофеев // Евразийский Союз Ученых. – 2018. – № 8(53). – С. 8-11.
72. Ерошенко Ф.В. Оценка фотосинтетической продуктивности растений / Ф.В. Ерошенко, Н.В. Дуденко // Биологические науки / 9. Биохимия и биофизика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/20_TSN_2016/Biologia/9_214280.doc.htm
73. Жарова Т.Ф. Биологизация севооборотов и их продуктивность в паровых звеньях с яровой пшеницей / Т.Ф. Жарова // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – № 1-4(22). – С. 159-161.

74. Жарова Т.Ф. Биологические приемы повышения плодородия почвы и урожайности яровой пшеницы / Т.Ф. Жарова // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – № 7. – С. 161-166.
75. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т. 2. – 780 с.
76. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.
77. Завалин А.А. Роль бобовых культур в земледелии Кировской области / А.А. Завалин, А.В. Пасынков, М.И. Пономарева // Агрохимия. – 2002. – № 6. – С. 66–71.
78. Зарипов Р.А. Схемы цветочно-нектарного конвейера для пчеловодства / Р.А. Зарипов, М.М. Акчурина // Сб. науч. тр. по пчеловодству. – Орел: ОрелГАУ, 2004 – С. 140-145.
79. Зауралов О.А. Растение и нектар / О.А. Зауралов. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1985. – 180 с.
80. Зезюков Н.И. Влияние удобрений на содержание органического вещества в черноземе выщелоченном / Н.И. Зезюков, А.В. Дедов // Агрохимия. – 1997. – №12. – С. 17-22.
81. Зезюков Н.И. Методические указания по комплексной оценке севооборотов (агротехнологий) / Н.И. Зезюков, А.В. Дедов, С.И. Коржов, Т.А. Трофимова. – Воронеж, 1998. – 64 с.
82. Зезюков Н.И. Научные основы воспроизводства плодородия черноземов ЦЧЗ: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Н.И. Зезюков. – Воронеж, 1993. – 36 с.
83. Зезюков Н.И. Роль многолетних трав в повышении плодородия черноземов / Н.И. Зезюков, А.В. Дедов, Г.О. Харьковский // Кормопроизводство. – 2000. – № 7. – С. 14-18.

84. Зезюков Н.И. Роль растительных остатков, соломы и сидератов в воспроизводстве плодородия черноземов / Н.И. Зезюков А.В Дедов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – №12. – С.44-46.
85. Зезюков Н.И. Сидеральные пары в ЦЧЗ России / Н.И. Зезюков, Н.И. Придворев, А.В. Дедов // Агрохимия. – 1999. – №4. – С. 24-34.
86. Зеленов А.В. Агробιοлогические приемы сохранения плодородия каштановых почв и продуктивность полевых севооборотов в сухостепной зоне Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / А.В. Зеленов. – Волгоград, 2009. – 48 с.
87. Зеленов А.В. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебное пособие / А.В. Зеленов, А.И. Беленков. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. – 316 с.
88. Зеленов А.В. Донник двулетний как улучшитель плодородия почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья / А.В. Зеленов, О.Г. Чамурлиев, П.А. Смутнев / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2(62). – С. 50-64.
89. Зеленская Г.М. Использование покровных сидеральных культур в сохранении плодородия почвы и повышении продуктивности пашни / Г.М. Зеленская, Н.А. Зеленский, Р.М. Мамаджонов // Вестник Дон ГАУ. – 2022. – №4(46). – С. 11-20.
90. Зеленская Г.М. Почвопокровные сидеральные культуры в сохранении плодородия / Г.М. Зеленская, Н.А. Зеленская, Ю.В. Бабак // Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства: материалы международной научно-практической конференции. – Пос. Персиановский, 2019. – С. 114-119
91. Зеленская Г.М. Роль бинарных посевов в накоплении влаги и сохранении плодородия почвы / Г.М. Зеленская, Н.А. Зеленский // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(47). – С. 28-36.

92. Зеленский Н.А. Влияние различных технологий возделывания подсолнечника на водный режим почвы и его продуктивность / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская, А.Ю. Шуркин // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2020. – №4-1(38). – С. 101-111.
93. Зеленский Н.А. Использование занятых, сидеральных и кулисно-мульчирующих паров / Н.А. Зеленский // Земледелие. – 2007. – № 6. – С. 15–17.
94. Зеленский Н.А. Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская, А.А. Абрамов // Земледелие. – 2019. – № 8. – С. 15-18.
95. Зеленский Н.А. Проблема паров и научные основы повышения продуктивности эродированной пашни на Нижнем Дону: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Н.А. Зеленский. – Воронеж, 1997. – 42 с.
96. Зеленский Н.А. Сохранение плодородия почв с использованием донника на сидерат (Preservation of Soil Fertility Using Sidereal Clover) / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская, А.А. Абрамов // DonAgro: International Research Conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education, Apr 5, 2021. – P. 745–756.
97. Зинковская Т.С. Классификация биологических мелиорантов, применяемых в земледелии / Т.С. Зинковская, Н.Г. Ковалев, В.Н. Зинковский // Плодородие. – 2012. – № 4 (67). – С. 20–22.
98. Зыбалов В.С. Анализ сегетальной растительности в южной лесостепной зоне Челябинской области после различных сидеральных культур / В.С. Зыбалов, Т.В. Беспалова, Т.В. Щетинкина // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2010. – № 57. – С. 165–168.
99. Иванов А.Л. Приоритеты научного обеспечения земледелия / А.Л. Иванов, А.А. Завалин // Земледелие. – 2010. – № 7. – С. 3-6.
100. Какежанова З.Е. Оценка донника желтого (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) в качестве предшественника зерновых культур в севооборотах Северо-Востока

- Казахстана / З.Е. Какежанова, Н.А. Рендов, А.Н. Кукушева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(207). – С. 18-23.
101. Кант Г. Зеленое удобрение / Г. Кант. – М.: Колос, 1982. – 127 с.
 102. Карашук И.М. Донник – ценная парозанимающая культура / И.М. Карашук, И.И. Ошаров // Земледелие. – 1980. – №3. – С. 34-35.
 103. Карашук И.М. Возделывание эспарцета / И.М. Карашук. – Воронеж: Воронежское обл. кн. изд-во, 1951. – 108 с.
 104. Карпухин А.И. Влияние применения удобрений на содержание тяжелых металлов в почвах длительных полевых опытов / А.И. Карпухин, Н.Н. Бушуев // Агрохимия. – 2007. – №5. – С. 76-84.
 105. Картамышев Н.И. Плодородие почвы в чистых и сидеральных парах / Н.И. Картамышев // Земледелие. – 2007. – № 2. – С. 14.
 106. Кислов А.В. Агроэкологические основы повышения устойчивости земледелия в степной зоне / А.В. Кислов, А.П. Глинушкин, А.В. Кашеев // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 7. – С. 9-13.
 107. Кислов А.В. Экологизация севооборотов и биологическая система воспроизводства почвенного плодородия в степной зоне Южного Урала / А.В. Кислов, А.П. Глинушкин, А.В. Кашеев [и др.] // Земледелие. – 2018. – № 6. – С. 6-10.
 108. Клименкова Е.Т. Медоносы и медосбор / Е.Т. Клименкова, Л.Г. Кушнир, А.И. Бачило. – Минск: Ураджай, 1980. – 280 с.
 109. Клостер Н.И. Агроэкологическая эффективность приемов биологизации в земледелии Центрально-Черноземной зоны России: автореф. дис. ...доктора с.-х. наук / Н.И. Клостер. – Орел, 2022. – 49 с.
 110. Ковалев А.М. Учебник пчеловода / А.М. Ковалев, А.С. Нуждин, В.И. Полтеев, Г.Ф. Таранов. – М.: Колос, 1973. – 432 с.
 111. Козлова Л.М. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни / Л.М.

- Козлова, Т.С. Макарова, Ф.А. Попов, А.В. Денисова // Достижения науки и техники АПК – 2011. – № 1 – С. 16-18.
112. Комарова Н.А. Влияние паровых предшественников на биологическую активность светло-серой лесной почвы и урожайность культур в Нижегородской области // Плодородие. – 2019. – №2(107). – С. 44-46.
 113. Коноплев В.В. Использование дикорастущих форм *Phacelia Tanacetifolia* Benth. как исходного материала для селекции / В.В. Коноплев, В.И. Чернявских, Е.В. Думачева, Т.В. Польщикова, Д.В. Думачев // Инновации в науках о жизни: сб. материалов III международного симпозиума. – Белгород, 2021. – С. 69-70.
 114. Коржов С.И. Агробиологическое обоснование роли сельскохозяйственных культур и приемов воспроизводства плодородия черноземов в агроценозах ЦЧР: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / С.И. Коржов. – Воронеж, 2006. – 45 с.
 115. Коржов С.И. Бинарные посевы подсолнечника с донником и люцерной и их влияние на биогенность почвы / С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, А.П. Солодовников, Н.П. Молчанова // Аграрный научный журнал. – 2018. – №5. – С. 26-30.
 116. Коржов С.И. Влияние полевых культур и приемов биологизации на сохранение почвенного плодородия / С. И. Коржов, Т. А. Трофимова, Г. В. Котов // Плодородие. – 2017. – № 6(99). – С. 25-28.
 117. Коржов С.И. Сидераты и их роль в воспроизводстве плодородия черноземов / С.И. Коржов, В.В. Верзилин, Н.Н. Королев. – Воронеж, 2011. – 276 с.
 118. Корнеев Г.В. Растениеводство с основами селекции и семеноводства / Г.В. Корнеев, П.И. Подгорный, С.Н. Щербак. – М.: Агропромиздат, 1990. – 575 с.
 119. Костылева Е.Н. Медоносные ресурсы влажных субтропиков: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.Н. Костылева. – Воронеж, 2012. – 23 с.

120. Кривцов Н.И. Пчеловодство / Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев, Г.М. Туников. – М.: Колос, 2007. – 512 с.
121. Кузнецова Н.В. Проблемы почвенного плодородия / Н.В. Кузнецова // Инновационная наука. – 2015. – № 12-1. – С. 150-152.
122. Кузьминых А. Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы / А. Н. Кузьминых // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 41.
123. Кулаков В.Н. Исследование соответствия количества пчелиных семей медоносной базе регионов РФ / В.Н. Кулаков // Вести Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – №2. – С. 79-80.
124. Кулаков В.Н. Медоносные угодья и медовый потенциал РФ / В.Н. Кулаков // Вести Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – №4. – С. 78 -80.
125. Кулаков В.Н. Оценка медовых запасов субъектов Российской Федерации / В.Н. Кулаков // Вести Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – №6. – С. 81-83.
126. Кулаков В.Н. Оценка нектарной и медовой продуктивности растений / В.Н. Кулаков // Пчеловодство. – 2007. – №5. – С. 24-29.
127. Кулаков В.Н. Структура медоносной базы Российской Федерации / В.Н. Кулаков // Пчеловодство. – 2012. – №3. – С. 31-32.
128. Кураков В.И. Влияние длительного применения удобрений на содержание тяжелых металлов в выщелоченном черноземе и продукции зерносвекловичного севооборота / В.И. Кураков, О.А. Минакова, Л.В. Александрова // Агрохимия. – 2006. – №11. – С. 59-66.
129. Кутилкин В.Г. Солома и сидераты как удобрение и совершенствование обработки почвы при их использовании в зернопаровых звеньях севооборота лесостепи Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.Г. Кутилкин. – Кинель, 1996. – 21 с.
130. Лабынцев А.В. Сохранение плодородия чернозема обыкновенного Северного Кавказа и повышение продуктивности пашни: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / А.В. Лабынцев. – п. Рассвет. – 2002. – 44 с.

131. Ларионов Ю.С. Альтернативные подходы к современному земледелию и наращиванию плодородия почв (новая парадигма) / Ю.С. Ларионов // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2013. – № 1(21). – С. 49-60.
132. Ливенцева Е.К. О методике определения нектаропродуктивности растений / Е.К. Ливенцева // Пчеловодство. – 1954. – №11. – С. 33-40.
133. Лошаков В.Г. Воспроизводство плодородия почвы в зерновом севообороте / В.Г. Лошаков // Владимирский земледелец. – 2013. – № 3(65). – С. 25-27.
134. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение в земледелии Нечерноземной зоны / В.Г. Лошаков // Владимирский земледелец. – 2013. – № 1 (63). – С. 13-18.
135. Лошаков В.Г. Пожнивная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв / В.Г. Лошаков // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 11–13.
136. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны / В.Г. Лошаков. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 133 с.
137. Лошаков В.Г. Роль севооборота в современном земледелии / В.Г. Лошаков // Земледелие на рубеже XXI века. – М.: Изд-во МСХА, 2003. – С. 36-43.
138. Лошаков В.Г. Севообороты и плодородие почвы: монография / В.Г. Лошаков. – М.: Изд-во ВНИИ агрохимии, 2012. – 512 с.
139. Лошаков В.Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений / В.Г. Лошаков // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 1. – С. 9-13.
140. Лукин С.В. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области) / С.В. Лукин // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 11-15.
141. Лукин С.В. Опыт биологизации земледелия в Белгородской области / С.В. Лукин // Агрохимический вестник. – 2017. – № 5. – С. 21-25.
142. Малышева Ю.А. Содержание органического вещества в почве в звеньях севооборота с сидеральными культурами / Ю.А. Малышева, Н.В. Полякова, Ю.Н. Платонычева // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 16–17.

143. Мамонов А.Н. Агроэкологическое обоснование комплексного подхода к использованию растительных ресурсов в условиях левобережья Саратовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.Н. Мамонов – Саратов, 2011. – 18 с.
144. Матюк Н.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве / Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 63–74.
145. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989, Вып. 2. – 197 с.
146. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дербенец, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
147. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: изд-во МГУ, изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
148. Нарчук Э.П. Нектар как возобновляемый биологический ресурс / Э.П. Нарчук, Л.Я. Морева // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2016. – Т. 8. – №3. – С. 301-314.
149. Наумкин В. П. Цветение фацелии разных сроков посева / В.П. Наумкин // Пчеловодство. – 2001. – №8. – С. 18–19.
150. Нескородов В. В. Сидеральные пары – важный источник воспроизводства плодородия почвы / В. В. Нескородов, А. М. Куркин // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 12. – С. 25–26.
151. Несмеянова М.А. Влияние комплекса приемов биологизации на основные свойства почвы и урожайность кукурузы / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов, Е.В. Коротких // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – №4. – С. 72-76.
152. Несмеянова М.А. Приемы биологизации и обработки почвы при возделывании подсолнечника / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Актуальные вопросы развития идей В.В. Докучаева в XXI веке. Развитие

аграрной науки на современном этапе: материалы Международной научно-практической конференции и Всероссийской школы молодых ученых и специалистов, посвященных 130-летию организации «Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России», в 2 частях. – М., 2022. – С. 54-60.

153. Несмеянова М.А. Приемы повышения плодородия почвы и их эффективность при возделывании подсолнечника / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №4. – С. 16-22.
154. Несмеянова М.А. Совместные посевы и плодородие почвы / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVI Международной научной конференции. – 2019. – С. 1004-1009.
155. Новиков А.А. Обоснование роли корневых и пожнивных остатков в агроценозах / А.А. Новиков, О.П. Кисаров // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 1-10.
156. Новоселов С.И. Эффективность сидеральных удобрений в севообороте / С.И. Новоселов, С.А. Горохов, Е.С. Новоселова Н.И. Толмачев // Плодородие. – 2012. – № 5 (68). – С. 27–28.
157. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрения / М.М. Овчаренко // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – №4. – С. 8-9.
158. Осташенко-Кудрявцева А. Медоносность и агротехника фацелии / А. Осташенко-Кудрявцева. – Орел: Изд-во Орловская правда, 1956. – 8 с.
159. Панин Е.В. Агроэкологическое значение фацелии в агроценозах ЦЧР / Е.В. Панин, Е.А. Высоцкая // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2024. – Т. 20. – №3. – С. 16-22.
160. Панин Е.В. Теоретические основы управления биоресурсным потенциалом базовых компонентов агроэкосистемы / Е.В. Панин, Е.А. Высоцкая //

- АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – №6(54). – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/6/st_630.pdf.
161. Паньков Д.М. Пчелоопыление и урожайность энтомофильных растений в условиях аномалий погоды / Д.М. Паньков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №10. – С. 57– 60.
 162. Пельменев В.К. Медоносные растения / В.К. Пельменев. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 144 с.
 163. Пенчуков В.М. Биологизированные севообороты – эффективный путь сохранения плодородия почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур / В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – № 4(8). – С. 114-117.
 164. Передериева В.М. Альтернатива чистому пару в условиях неустойчивого увлажнения / В.М. Передериева, Г.Р. Дорошко, О.И. Власова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №5. – С. 382.
 165. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: Астрель-2000, 1999. – 768 с.
 166. Пичугин А.Н. Запасы доступной влаги в почве под озимой пшеницей по занятому и сидеральному парам / А.Н. Пичугин, Н.А. Рендов // Земледелие. – 2013. – № 6. – С. 12–15.
 167. Пономарёва Е.Г. Медоносные ресурсы и опыление сельскохозяйственных растений / Е.Г. Пономарёва, Н.Б. Детерлеева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 223 с.
 168. Протасова Н.А. Формы соединений цинка, никеля, свинца и кадмия в обыкновенных черноземах Каменной степи при длительном применении удобрений и фосфогипса / Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова // Агрохимия. – 2010. – №5. – С. 90-99.
 169. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы / Г.И. Раскатов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969. – 164 с.
 170. Растения вокруг нас: [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Phacelia_tanacetifolia_fax01.jpg

171. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. – М.: ВНИИА, 2012. — Вып. 4. – 68 с.
172. Рендов Н.А. Влияние паровых предшественников яровой пшеницы на водный режим почвы / Н. А. Рендов // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 27.
173. Рендов Н.А. Эффективность 4-польных севооборотов с донниковыми парами на лугово-черноземных почвах / Н.А. Рендов // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 21–22.
174. Русакова И.В. Биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном использовании соломы на удобрение / И.В. Русакова // Почвоведение. – 2013. – № 12. – С. 1485.
175. Савенков В.П. Поступление растительных остатков полевых культур в почву и ее агрохимическая характеристика в зависимости от парового поля и системы обработки почвы в севооборотах // Состояние почв Центрального Черноземья России и проблемы воспроизводства их плодородия. – Каменная степь, 2015. – С. 97-101.
176. Семинченко Е.В. Продуктивность агрофитоценозов и биологизированные способы сохранения почвенного плодородия в полевых севооборотах на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья: дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Семинченко. – Волгоград, 2023. – 191 с.
177. Семыкин В.А. Биологизация земледелия в основных земледельческих регионах России: монография / В.А. Семыкин, Н.И. Картамышев, В.Ф. Мальцев [и др.]; под ред. В.А. Семыкина. – М.: КолосС, 2009. – 550 с.
178. Серегина Н.В. Влияние погодных условий и агротехнических приемов на семенную продуктивность фацелии / Н.В. Серегина // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2017. – №8(68). – С.276-280.
179. Серегина Н.В. О семеноводстве нетрадиционной медоносной культуры фацелии / Н.В. Серегина // Научный обозреватель. – 2016. – №11 (71). – С. 58-61.

180. Серeda Н.А. Эффективность многолетних трав и сидератов в воспроизводстве агрофизических свойств чернозема / Н.А. Серeda, Р.А. Акбаров, А.Л. Тарасов // Плодородие. – 2010. – № 1 (52). – С. 27– 28. 166.
181. Серeda Н.А. Эффективность сидератов и навоза в регулировании баланса элементов питания и гумуса в выщелоченном черноземе / Н.А. Серeda И.Х. Хайруллин, М.В. Петрова // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – №11. – С. 4–6.
182. Скориков В.Т. Влияние предшественников яровой пшеницы на агрофизические свойства почвы в центральном Ираке / В.Т. Скориков, Садык Обейед Хасун // Земледелие. – 2012. – № 8. – С. 29–31.
183. Смуров С.И. Оценка различных видов культур и их сочетаний в качестве парозанимающих сидератов / С.И. Смуров, Т.В. Попова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 11. – С. 74-77.
184. Сотников Б.А. Влияние приемов биологизации на динамику лабильных форм органического вещества и урожайность культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Б.А. Сотников. – Воронеж, 2004. – 18 с.
185. Тарабрина Г.Г. Влияние комплекса приемов биологизации на показатели плодородия чернозема выщелоченного и урожайность культур севооборота: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г.Г. Тарабрина. – Воронеж, 2005. – 19 с.
186. Тетюшев В.М. Пчёлы. Растения. Медоносы / В.М. Тетюшев, Л.В. Пастушенков. – Ленинград, 1991. – 48 с.
187. Титов В.Н. Принципы "зелёной химии" в сельском хозяйстве как экологический фактор решения вопроса оздоровления нации / В.Н. Титов, О.И. Болотова // АгроЭкоИнфо. – 2022. – №2(50).
188. Титов В.Н. Роль донника и фацелии в экологизации земледелия засушливых левобережных районов Саратовской области / В.Н. Титов, А.Н. Мамонов // Кормопроизводство. – 2011. – № 1. – С. 6-8.
189. Титов В.Н. Роль донника и фацелии в экологизации земледелия засушливых левобережных районов Саратовской области / В.Н. Титов,

- А.Н. Мамонов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – №3. – С. 33-36.
190. Тихомирова В.Я. Влияние органического удобрения на баланс азота, фосфора и калия в льняном севообороте / В.Я. Тихомирова // Агрохимия. – 2010. – № 4. – С. 31–34.
 191. Тойгильдин А.Л. Научно-практическое обоснование биологизации земледелия и воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Поволжья: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / А.Л. Тойгильдин. – Усть-Кинельский, 2018. – 42 с.
 192. Туктаров В.Р. Методические указания определения нектаропродуктивности растений / В.Р. Туктаров. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2019. – 16 с.
 193. Турусов В.И. Модернизация агротехнологий в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья / В.И. Турусов // Модернизация агротехнологий в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья. – Воронеж: «Истоки», 2014. – С. 5-14.
 194. Турусов В.И. Оптимизация биологических свойств и гумусного состояния почвы в севооборотах Центрального Черноземья / В.И. Турусов, О.А. Богатых, Н.В. Дронова, Е.А. Балюнова // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2019. – №3(58). – С. 6-10.
 195. Чернявских В.И. Изучение морфо-биологических признаков *Phacelia Tanacetifolia* Benth. как критериев отличимости, однородности и стабильности / В.И. Чернявских, Е.В. Думачева, Е.С. Бойко // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. – №2. – С. 162-168.
 196. Чернявских В.И. Методические указания по использованию морфо-биологических признаков в селекции *Phacelia tanacetifolia* Benth / В.И. Чернявских, Е.В. Думачева. – Белгород: ИД «Белгород», 2018. – 22 с.
 197. Чибис С.П. Сроки посева медоносной культуры фацелии пижмолистной (*Phacelia Tanacetifolia* Benth.) в Омской области / С.П. Чибис, Н.А.

- Смалюга, В.В. Чибис // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Национальной науч.-практич. конф., посвящ. 90-летию бот. сада Омского ГАУ (25 сентября 2017 года) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. С. 169-174.
198. Чижигов П.Н. Карта почвообразующих пород европейской части СССР / П.Н. Чижигов // Почвоведение. – 1960. – №5. – С. 5-10.
199. Шульц П. Фацелия – культура, достойная внимания / П. Шульц / Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина. – 2014. – №19. – С. 73-74.
200. Щеглов Д.И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 211 с.
201. Щедрина Д.И. Биологические основы и приемы содержания высокопродуктивного семенного стеблестоя люцерны в ЦЧЗ: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Д.И. Щедрина. – Воронеж, 1992. – 40 с.
202. Щербина П.С. Пчеловодство / П.С. Щербина. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 623 с.
203. Эколого-географический Атлас-книга Воронежской области / Под ред. В.И. Федотова. – Воронеж, 2013. – 514 с.
204. Яговенко Л.Л. Влияние люпина на свойства почвы при его запашке на сидерацию / Л.Л. Яговенко, И.П. Такунов, Г.Л. Яговенко // Агрохимия. – 2003. – №6. – С. 71–80.
205. Ярушин А.М. Сидеральные пары в овощных севооборотах Приамурья / А.М. Ярушин, С.Н. Леванин // Картофель и овощи. – 2007. – № 6. – С. 14.
206. Barzegar A.R. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat: научное издание / A.R. Barzegar, A. Yousefi, A. Daryashenas // Plant and Soil. – 2002. – Vol. 247. – № 2. – P. 295-301.

207. Dedov A.V. The content of labile organik matter in the arable chernozems of the central chernozem zone / A.V. Dedov, N.I. Zezyukov // Eurasian Soil Science. – 1995. – Vol. 27. – №9. – P. 23-29.
208. Dumacheva E.V. Biological resources of the *Hyssopus* L on the south of European Russia and prospects of its introduction / E.V. Dumacheva, V.I. Cherniavskih, V.K. Tokhtar, L.A. Tokhtar, T.A. Pogrebnyak, E.N. Horolskaya, A.A. Gorbacheva, O.V. Vorobyova, T.N. Glubsheva, E.I. Markova, S.V. Filatov // International Journal of Green Pharmacy. – 2017. – Vol. 11. – №3. – P. S476-S480.
209. Dumacheva E.V. Particular qualities of micro evolutionary adaptation processes in cenopopulations *Medicago* L. on carbonate forest-steppe soils in European Russia / E.V. Dumacheva, V.I. Cherniavskih // Middle-East Journal of Scientific Research. – 2013. – Vol. 10. – No. 17. – P. 1438– 1442.
210. Dumacheva E.V. Spatial pattern and age range of cenopopulations *Medicago* L. in the conditions of gullying of the southern part of the Central Russian Upland / E.V. Dumacheva, V.I. Cherniavskih, E.I. Markova, T.B. Klimova, E.V. Vishnevskaya // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. URL: [http://www.rjpbcs.com/pdf/2015_6\(6\)/\[243\].pdf](http://www.rjpbcs.com/pdf/2015_6(6)/[243].pdf).
211. Hooker B.A. Long-term Effects of Tillage and Corn Stalk Return on Soil Carbon Dynamics / B.A. Hooker, T.F. Morris, R. Peters [et al.] // Soil Science Society of America Journal. – 2005. – V. 69. – P. 188-196.
212. Nesmeyanova M.A. Role of allelopathic activity of plants in the regulation of infestation of agrophytocenoses / M.A. Nesmeyanova, T.A. Trofimova, A.V. Dedov // Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. – 2020. – P. 012023.
213. Peltre C. Straw export in continuous winter wheat and the ability of oil radish catch crops and early sowing of wheat to offset soil c and n losses: a simulation study / C. Peltre, M. Nielsen, S. Bruun // Agricultural Systems. – 2016. – B. 143. – P. 195-202.

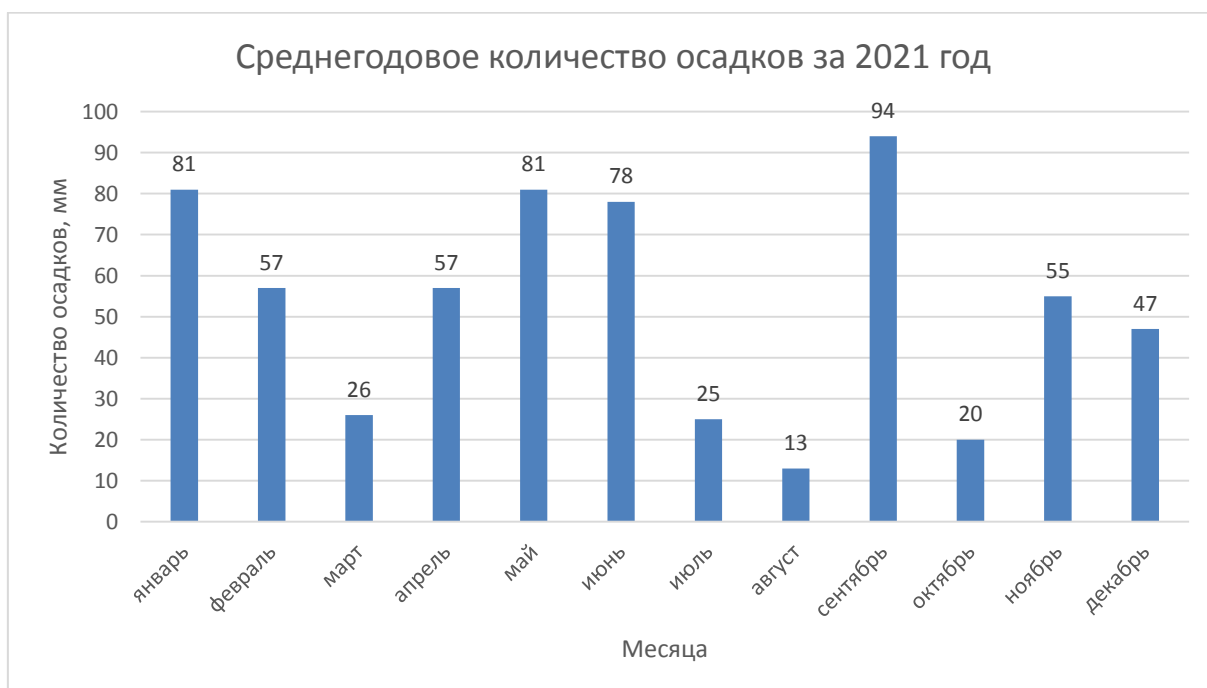
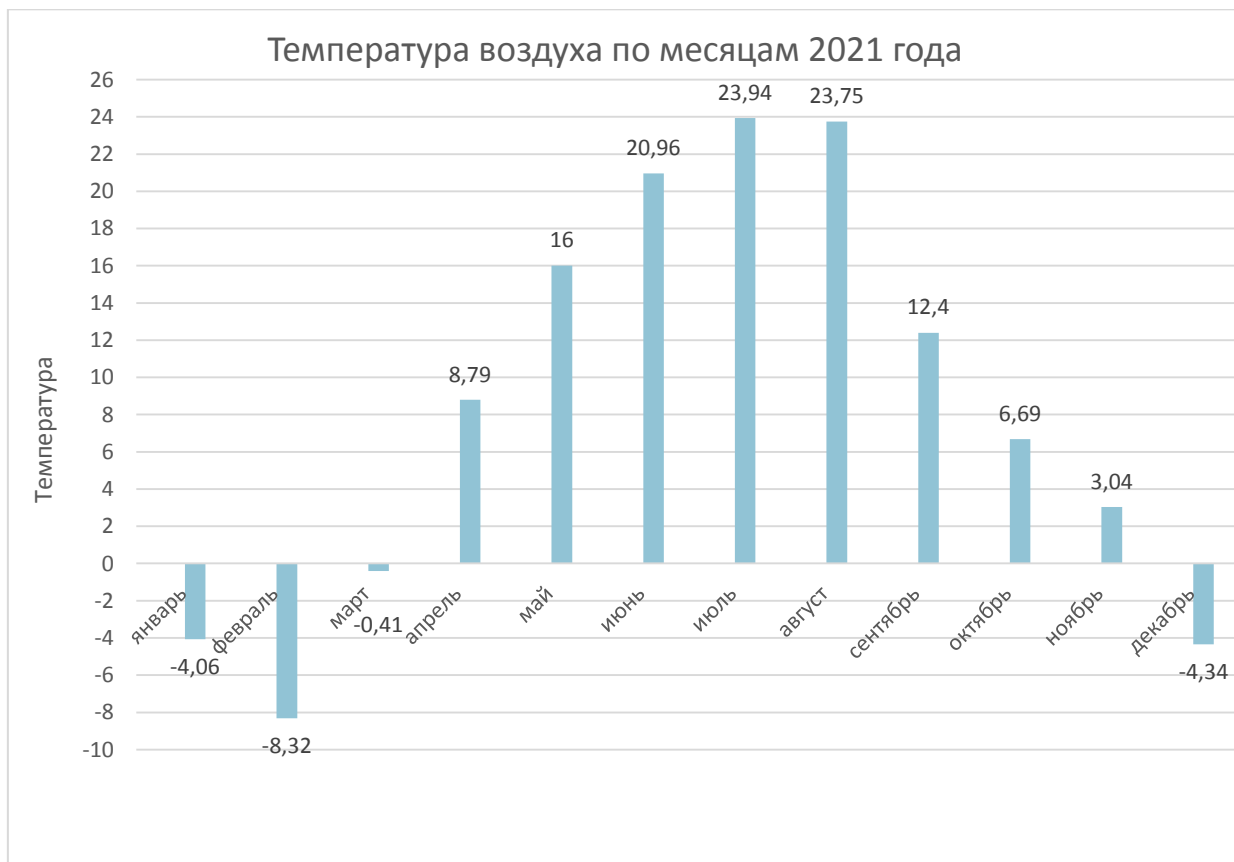
214. Schimel J.P. Nitrogen mineralization: Challenges of a changing paradigm / J.P. Schimel, J. Bennett // *Ecology*. – 2004. – V. 85. – P. 591-602.
215. Shatokhin A.A. Field crop rotations in organic agriculture of the Volgograd region / A.A. Shatokhin, O.G. Chamurliev, A.V. Zelenev // *BIO Web of Conferences* 27 00152. – 2020.
216. Tian S.Z. Effects of different tillage methods and straw-returning on soil organic carbon content in a winter wheat field / S.Z. Tian, T.Y. Ning, Y. Wang // *Chinese Journal of Applied Ecology*. – 2010. – B. 21. – № 2. – P. 373-378.
217. Wright A.L. Crop species and tillage effects on carbon sequestration in subsurface soil / A.L. Wright., F. Dou., F.M. Hons // *Soil Science*. – 2007. – V. 172. – P. 124-131.
218. Zelenev A.V. Effectiveness of biologization predecessors and methods in increasing grain crops productivity and field crop rotations productivity in Nizhneje Povolzhje region / A.V. Zelenev, O.G. Chamurliev, Yu.A. Laptina [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 843 012024. – 2021.
219. Zelenev A.V. Promising agricultural technologies for growing winter wheat for sustainable agricultural development / A.V. Zelenev, O.G. Chamurliev, I.V. Krivtsov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 965 012003. – 2022.
220. Zelenskiy N.A. Joint crops of the winter wheat with medicago (lucerne) - the future of plant growing / N.A. Zelenskiy, G.M. Zelenskaya, A.P. Avdeenko // *European Journal of Natural History*. – 2007. – №1. – C. 128-131.

ПРИЛОЖЕНИЯ

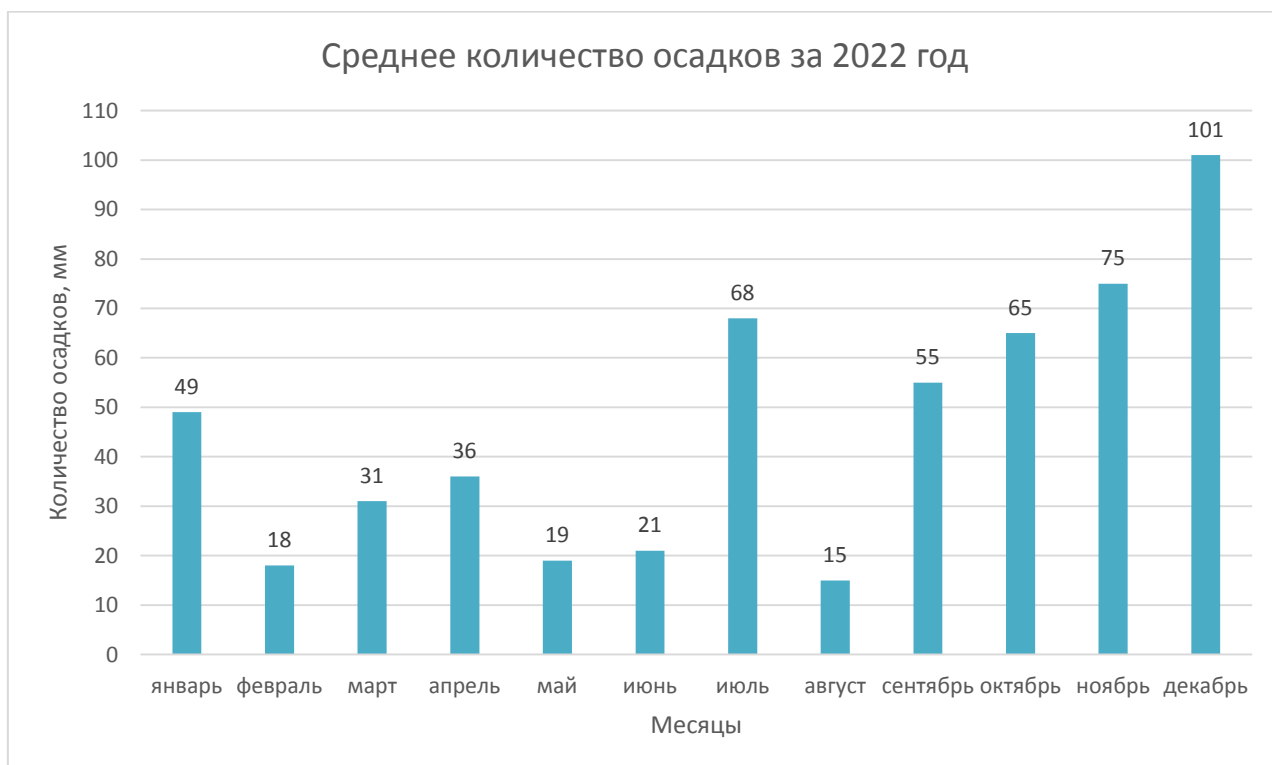
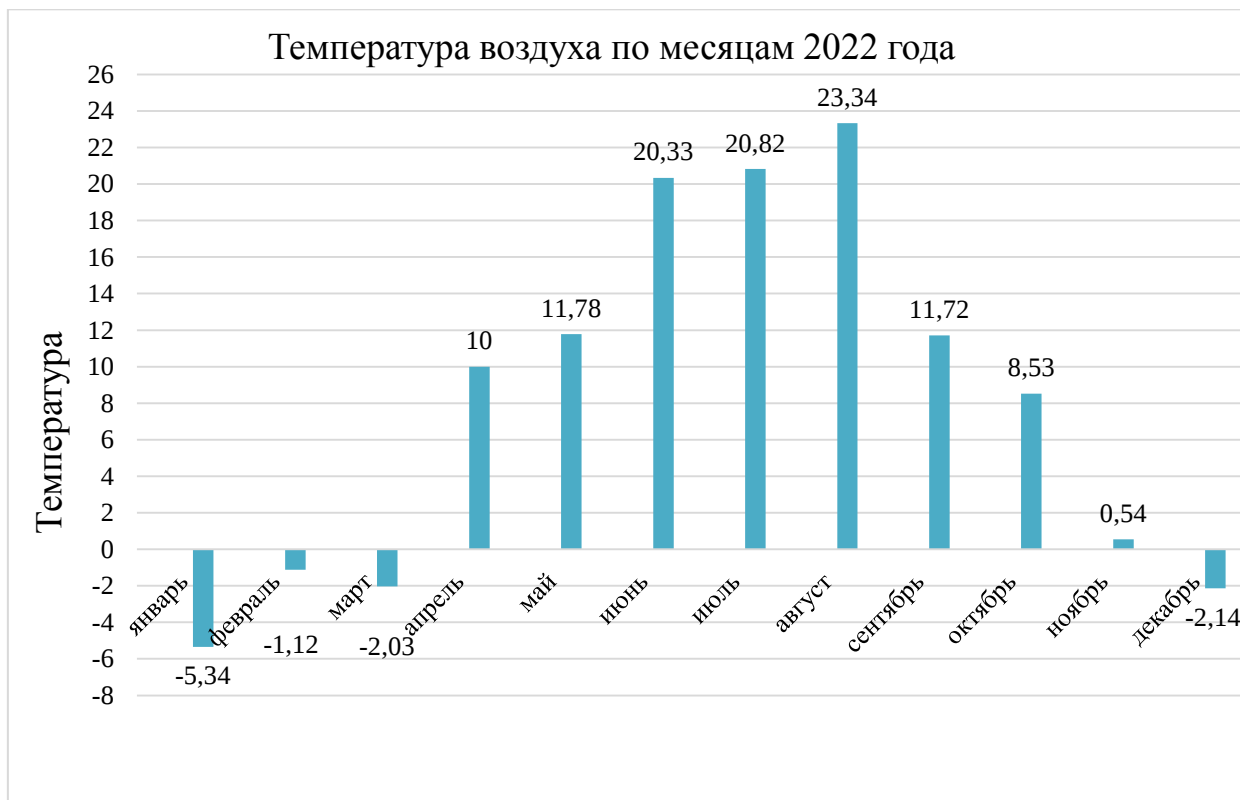
Метеорологические показатели района исследования за 2020 год



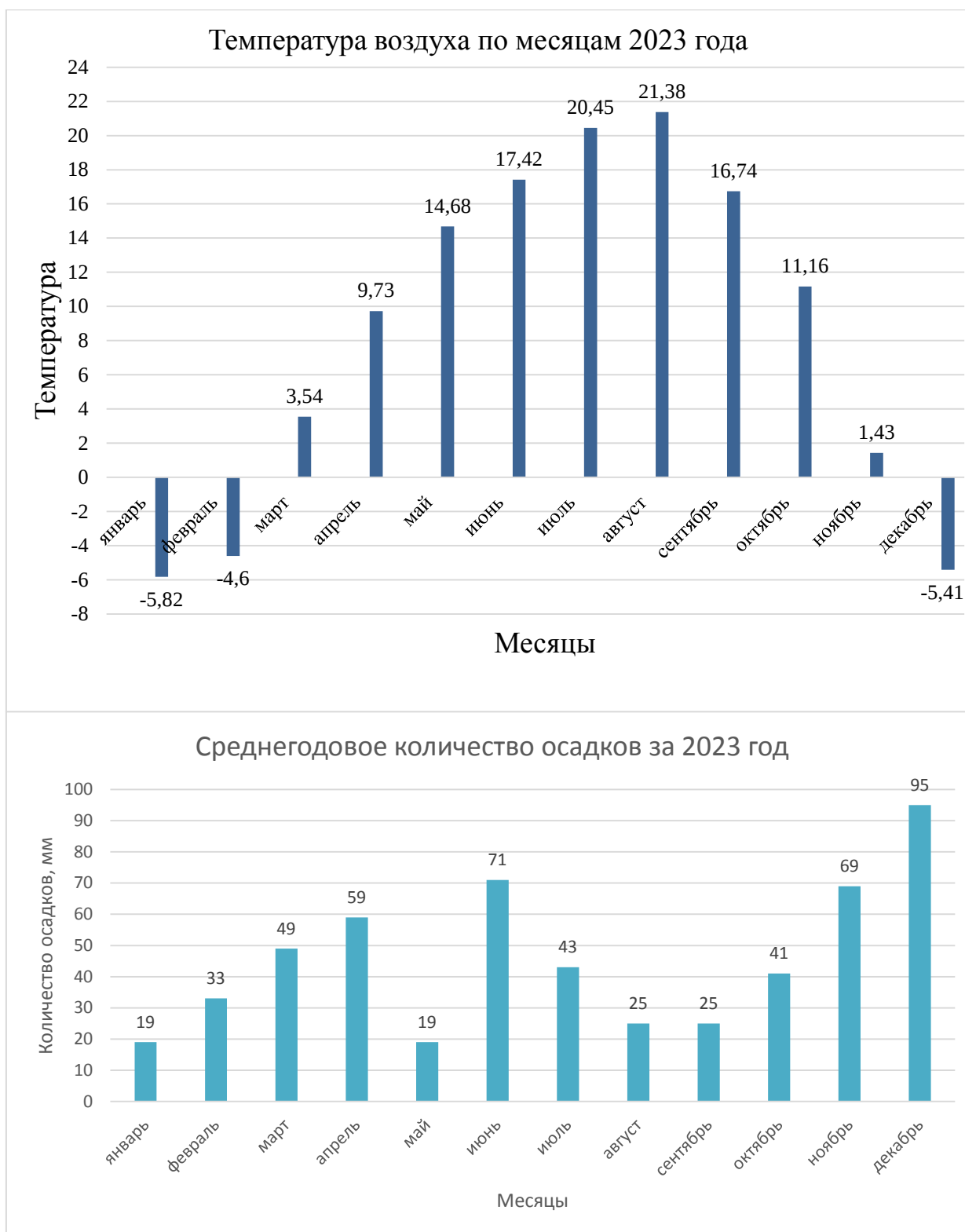
Метеорологические показатели района исследования за 2021 год



Метеорологические показатели района исследования за 2022 год



Метеорологические показатели района исследования за 2023 г.



Величина гидротермического коэффициента
в период с 2020 по 2023 годы

Год	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	Среднее за вегетацию
2020	1,3	2,0	1,5	0,9	0,2	0,06	1,0
2021	2,2	1,6	1,2	0,3	0,2	2,5	1,3
2022	1,2	0,5	0,3	1,1	0,2	1,6	0,8
2023	2,0	0,4	1,4	0,7	0,4	0,6	0,9
Среднее по месяцам	1,7	1,1	1,1	0,8	0,3	1,2	

Распределение типов почв в пределах хозяйства

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБУ "ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТР АГРОХИМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ "ВОРОНЕЖСКИЙ"

Область : Воронежская

Цикл обследования : 10

Район : Каширский

Год обследования : 2019

Хозяйство : ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. 13 019

Стр. 1

Код типа почв	Наименование типа почв	Общая пл.		Площадь по видам мех. состава					
		га	%	глинистые	тяж. суглин.	сред. суглин.	легкосуглин.	супесчаные	песчаные
10 ПАШНЯ									
2530	Чер. типичные	817.00	83.8 %	568.00	249.00				
2912	Лугово-черноземные	140.00	14.4 %	140.00					
2920	Луг.-чер.выщел.	18.00	1.8 %	18.00					
Итого по угодью: ПАШНЯ		975.00		726.0	249.0				
		100.0%		74.5%	25.5%				
Итого по хозяйству:		975.00		726.0	249.0				
		100.00%		74.5%	25.5%				

Директора центра

Начальник отдела

Руководитель Испытательного центра



Д.А. Куницин

С.В. Мишуков

Е.В. Васильева

Морфологическое строение исследуемых черноземов типичных Каширского района Воронежской области

1. **Авторы и дата описания:** Плотников С. 3 августа 2019
2. **Географическая привязка:** область Воронежская, район Каширский, ФЗ «Каменная Степь», пашня
3. **Привязка**
 - 3.1. **Словесная привязка:** 2400 м Ю от асфальтовой дороги, 500 м В от лесной полосы
 - 3.2. **Координаты** C51.015424° B40.726089°
4. **Рельеф:**
 - 4.1. **Общий рельеф** Среднерусская возвышенность
 - 4.2. **Микрорельеф** Пахотные борозды
5. **Положение в рельефе:** Автономное, Водораздел рек Дон и, 191 м над уровнем моря
 - 5.1. **Склон:** нет
6. **Выделенный предварительно (фактически) тип леса** отсутствует
 - 6.1. **Выделенные предварительно (фактически) парцеллы** нет
 - 6.2. **Возраст древостоя** Древостой отсутствует
 - 6.3. **Следы антропогенного воздействия** пахотные борозды
 - 6.4. **Признаки заболаченности или другие характерные признаки** нет
7. **Описание почвы**

<u>Горизонт</u>	Описание горизонта
<u>Апах</u> 0-25 см	Свежий, темно-серый, глыбисто-комковато-пылеватый, тяжелосуглинистый, рыхлый, токопористый, внутриагрегатные поры практически отсутствуют, корни растений, переход заметный по плотности.
<u>AB</u> 25-60 см	Свежий, темно-серый, зернисто-комковатый, тяжелосуглинистый, уплотнен, токопористый, корни растений, переход постепенный.
<u>B_{Ca}</u> 60-95 см	Влажный, бурый с серыми затеками гумуса, комковатый, тяжелосуглинистый, уплотнен, токопористый, карбонаты в виде пропитки, единичные корни растений, переход постепенный.
<u>BC_{Ca}</u> 95-110 см	Влажный, буровато-желтый, призмовидно-комковатый, тяжелосуглинистый, уплотнен, токопористый, карбонаты в виде псевдомицелия, единичные корни растений, переход постепенный.
<u>C_{Ca}</u> >110 см	Влажный, желтый, комковато-призмовидный, тяжелосуглинистый, уплотнен, токопористый, карбонаты в виде псевдомицелия.

 - 7.1. **Тип почвы** Чернозем типичный среднемощный глинистый на карбонатных покровных суглинках.
 - 7.2. **Глубина и характер вскипания от HCl** начинает вскипать с глубины 65 см, обильное вскипание характерно для почвообразующей породы.
8. **Примечания** В «Классификации и диагностике почв 2004» соответствует: Агрочернозем миграционно-мицелярный карбонатсодержащий среднемощный глинистый на карбонатных покровных суглинках. По WRB – Chernozems Chernic (CHch)

Продолжительность межфазных периодов развития фацелии сортов Наталия и
Услада в период с 2020 по 2023 годы, n = 3

Сорт	Вегета- ционный год	Межфазные периоды, сут. ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)			
		посев – всходы	посев - бутонизация	всходы – цветение	всходы – начало созревания
Наталия	2020	17±3	33±1	50±3	81±5
Услада		6±2	26±3	41±4	75±7
Наталия	2021	8±1	30±3	55±4	75±4
Услада		6±1	21±4	38±3	80±6
Наталия	2022	7±1	27±1	47±3	82±6
Услада		11±3	26±2	47±5	84±5
Наталия	2023	8±2	30±2	48±5	86±7
Услада		5±1	27±4	42±5	81±5
НСР ₀₅		1,01	1,08	1,03	1,05

Примечание: n – число повторностей, $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение; $s_{\bar{x}}$ – ошибка среднего арифметического.

Динамика морфо-биологических показателей фацелии сортов Наталия и Услава
в период с 2020 по 2023 годы, n = 3

Сорт	Вегета- ционный год	Морфо-биологические показатели фацелии, см ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)			
		Высота растений	Диаметр куста	Диаметр стебля	Длина соцветий
Наталия	2020	76,9±3,8	43,5±5,1	1±0,3	16,2±1,5
Услава		74,2±2,4	41,5±3,0	2±0,4	9,5±0,7
Наталия	2021	89,8±11,0	51,1±3,7	1,3±0,4	25,3±1,4
Услава		75,1±5,4	42,7±4,7	2,4±0,3	12,1±1,6
Наталия	2022	64,3±7,8	33,4±1,8	0,7±0,3	14,8±1,6
Услава		54,3±3,1	35,4±2,4	1,5±0,5	8,4±1,5
Наталия	2023	77,4±2,9	45,6±2,7	1±0,2	16,5±0,7
Услава		69,6±1,9	40,4±1,4	2,1±0,5	9,6±0,5
НСР ₀₅		1,01	1,08	1,03	1,05

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

Коэффициенты корреляции между морфо-биологическими характеристиками различных сортов фацелии (числитель – Наталия, знаменатель – Услада), ее нектаропродуктивность, мёдопродуктивностью и климатическими показателями

	ГТК	Осадки	Температура
Высота растений	$\frac{0,88}{0,76}$	$\frac{0,76}{0,75}$	$\frac{0,25}{0,32}$
Диаметр куста	$\frac{0,78}{0,77}$	$\frac{0,75}{0,76}$	$\frac{0,34}{0,29}$
Диаметр стебля	$\frac{0,89}{0,75}$	$\frac{0,76}{0,75}$	$\frac{0,27}{0,29}$
Длина соцветий	$\frac{0,96}{0,95}$	$\frac{0,93}{0,93}$	$\frac{0,15}{0,23}$
Нектаропродуктивность	$\frac{0,94}{0,96}$	$\frac{0,79}{0,81}$	$\frac{0,31}{0,41}$
Мёдопродуктивность	$\frac{0,99}{0,86}$	$\frac{0,88}{0,75}$	$\frac{0,21}{0,23}$

Урожайность наземной (числитель) и подземной (знаменатель) биомассы
фацелии сортов Наталия и Услава в ц/га и в бисортовых посевах в разные фазы
вегетации в период с 2020 по 2023 годы, $n = 3$

Сорт	Урожайность, ц/га ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)			
	2020	2021	2022	2023
Биопродуктивность в период бутонизации				
Наталия	$\frac{154 \pm 10,0}{12 \pm 0,4}$	$\frac{186 \pm 9,6}{15 \pm 0,2}$	$\frac{147 \pm 8,3}{10 \pm 0,5}$	$\frac{165 \pm 7,9}{11 \pm 0,2}$
Услава	$\frac{155 \pm 6,3}{14 \pm 0,3}$	$\frac{190 \pm 7,4}{16 \pm 0,3}$	$\frac{144 \pm 7,6}{12 \pm 0,4}$	$\frac{151 \pm 6,9}{14 \pm 0,3}$
(Наталия + Услава)	$\frac{187 \pm 10,1}{15 \pm 0,3}$	$\frac{194 \pm 10,0}{17 \pm 0,3}$	$\frac{174 \pm 5,8}{13 \pm 0,4}$	$\frac{181 \pm 7,9}{15 \pm 0,4}$
Биопродуктивность в фазу цветения				
Наталия	$\frac{169 \pm 8,9}{16 \pm 0,4}$	$\frac{202 \pm 5,4}{20 \pm 0,2}$	$\frac{161 \pm 5,8}{15 \pm 0,3}$	$\frac{188 \pm 8,1}{17 \pm 0,2}$
Услава	$\frac{185 \pm 8,8}{18 \pm 0,6}$	$\frac{191 \pm 6,1}{21 \pm 0,3}$	$\frac{155 \pm 7,8}{16 \pm 0,4}$	$\frac{185 \pm 9,1}{17 \pm 0,3}$
(Наталия + Услава)	$\frac{257 \pm 9,1}{20 \pm 0,5}$	$\frac{265 \pm 9,4}{22 \pm 0,6}$	$\frac{215 \pm 5,9}{17 \pm 0,7}$	$\frac{255 \pm 6,7}{21 \pm 0,4}$
Биопродуктивность перед заделкой на глубину				
Наталия	$\frac{189 \pm 9,4}{23 \pm 0,4}$	$\frac{219 \pm 8,7}{25 \pm 0,5}$	$\frac{181 \pm 7,3}{21 \pm 0,3}$	$\frac{191 \pm 8,4}{23 \pm 0,3}$
Услава	$\frac{295 \pm 8,7}{24 \pm 0,2}$	$\frac{297 \pm 5,6}{26 \pm 0,5}$	$\frac{265 \pm 6,9}{22 \pm 0,2}$	$\frac{291 \pm 9,8}{24 \pm 0,4}$
(Наталия + Услава)	$\frac{307 \pm 10,1}{25 \pm 0,2}$	$\frac{330 \pm 10,4}{27 \pm 0,4}$	$\frac{299 \pm 10,3}{23 \pm 0,4}$	$\frac{304 \pm 10,0}{25 \pm 0,3}$

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

Нектаропродуктивность (числитель) и мёдопродуктивность (знаменатель)
фацелии сортов Наталия и Услада в ц/га и в бисортовых посевах в период с
2020 по 2023 годы, $n = 3$

Сорт	Нектаропродуктивность / мёдопродуктивность, кг/га ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)			
	2020	2021	2022	2023
Наталия	$\frac{718,2 \pm 9,9}{410 \pm 5,4}$	$\frac{736,9 \pm 9,7}{437,7 \pm 8,8}$	$\frac{706,2 \pm 9,8}{400,1 \pm 5,7}$	$\frac{719,1 \pm 4,8}{408,6 \pm 9,1}$
Услада	$\frac{612,6 \pm 10,0}{400,6 \pm 4,9}$	$\frac{631,2 \pm 6,9}{405,8 \pm 5,1}$	$\frac{601,5 \pm 9,7}{376,2 \pm 6,9}$	$\frac{613,1 \pm 6,4}{402,2 \pm 5,5}$
(Наталия + Услада)	$\frac{793,5 \pm 11,1}{416,9 \pm 6,9}$	$\frac{825,8 \pm 7,6}{437,8 \pm 5,9}$	$\frac{787,4 \pm 11,0}{415,1 \pm 7,4}$	$\frac{796,9 \pm 7,7}{417 \pm 4,8}$

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ РАСТЕНИЕВОДСТВА, МЕХАНИЗАЦИИ ХИМИЗАЦИИ
И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТР АГРОХИМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ «ВОРОНЕЖСКИЙ»

МАТЕРИАЛЫ
АГРОХИМИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО
ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

ИП Главы К(Ф)Х Азовцева В.А.

Каширского района
Воронежской области

Директора центра

Начальник отдела

Руководитель Испытательного центра



Д.А. Куницын

С.В. Мишуков

Е.В. Васильева

ВОРОНЕЖ 2019

Влияние фацелии на запасы доступной влаги $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ в мм в черноземе типичном

(числитель – слой 0-30 см, знаменатель – слой 0-100 см)

в период с 2020 по 2023 годы

Вегетационный год	Вариант опыта	Срок отбора образцов			НСР ₀₅
		Перед посевом	Бутонизация	После заделки	
2020	Фацелия	$\frac{32 \pm 1,0}{111 \pm 10,2}$	$\frac{51 \pm 1,0}{145 \pm 9,8}$	$\frac{57 \pm 1,1}{153 \pm 9,5}$	$\frac{1,2}{8,5}$
	Контроль	$\frac{29 \pm 1,0}{118 \pm 8,1}$	$\frac{25 \pm 0,8}{112 \pm 6,3}$	$\frac{26 \pm 0,3}{108 \pm 6,2}$	
2021	Фацелия	$\frac{37 \pm 1,5}{121 \pm 9,2}$	$\frac{57 \pm 1,2}{150 \pm 9,7}$	$\frac{63 \pm 0,5}{160 \pm 9,9}$	$\frac{1,5}{10,4}$
	Контроль	$\frac{35 \pm 1,1}{124 \pm 5,0}$	$\frac{30 \pm 0,3}{116 \pm 7,9}$	$\frac{30 \pm 0,2}{110 \pm 8,1}$	
2022	Фацелия	$\frac{37 \pm 1,1}{122 \pm 8,9}$	$\frac{58 \pm 1,4}{152 \pm 10,0}$	$\frac{62 \pm 1,2}{160 \pm 10,2}$	$\frac{1,0}{10,5}$
	Контроль	$\frac{34 \pm 1,0}{120 \pm 6,9}$	$\frac{27 \pm 0,8}{115 \pm 7,5}$	$\frac{27 \pm 0,4}{107 \pm 8,1}$	
2023	Фацелия	$\frac{34 \pm 1,0}{114 \pm 10,1}$	$\frac{50 \pm 1,1}{145 \pm 11,2}$	$\frac{58 \pm 1,0}{158 \pm 10,3}$	$\frac{1,1}{8,1}$
	Контроль	$\frac{30 \pm 0,7}{118 \pm 9,4}$	$\frac{26 \pm 0,6}{113 \pm 9,0}$	$\frac{25 \pm 0,5}{107 \pm 8,2}$	

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

Влияние фацелии на $pH_{KCl} \bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ в черноземе типичном

в период с 2020 по 2023 годы

Вегетационный год	Вариант опыта	Срок отбора образцов			НСР ₀₅
		Перед посевом	Бутонизация	После заделки	
2020	Фацелия	5,2±0,1	5,6±0,2	6,2±0,2	0,12
	Контроль	5,4±0,1	5,4±0,1	5,5±0,1	
2021	Фацелия	5,3±0,2	5,7±0,1	6,3±0,1	0,15
	Контроль	5,3±0,1	5,2±0,1	5,1±0,1	
2022	Фацелия	5,6±0,2	6,0±0,2	6,4±0,2	0,10
	Контроль	5,4±0,1	5,2±0,1	5,2±0,1	
2023	Фацелия	5,1±0,2	5,5±0,3	6,3±0,1	0,11
	Контроль	5,4±0,1	5,4±0,1	5,4±0,1	

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

Влияние фацелии на процентное содержание гумуса $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$

в черноземе типичном в период с 2020 по 2023 годы

Вегетационный год	Вариант опыта	Срок отбора образцов			НСР ₀₅
		Перед посевом	Бутонизация	После заделки	
2020	Фацелия	6,9±0,10	7,7±0,02	7,9±0,02	0,11
	Контроль	7,2±0,09	6,6±0,05	6,3±0,07	
2021	Фацелия	7,1±0,08	7,8±0,09	7,8±0,06	0,10
	Контроль	7,1±0,09	6,4±0,04	6,2±0,04	
2022	Фацелия	6,9±0,10	7,8±0,08	7,9±0,05	0,10
	Контроль	6,9±0,07	6,3±0,07	6,3±0,07	
2023	Фацелия	7,1±0,08	7,9±0,06	7,9±0,08	0,09
	Контроль	6,8±0,05	6,5±0,04	6,4±0,03	

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

Влияние фацелии на содержание азота, фосфора, калия (мг/кг) $\bar{x} \pm s_x$

в черноземе типичном в период с 2020 по 2023 годы

Вегетационный год	Вариант опыта	Срок отбора образцов			НСР ₀₅
		Перед посевом	Бутонизация	После заделки	
N-NH ₄					
2020	Фацелия	76,5±4,1	93,5±3,4	99,0±4,3	5,05
	Контроль	76,5±5,0	75,5±3,2	75,0±3,7	
2021	Фацелия	75,5±2,8	88,0±2,7	94,0±4,2	4,95
	Контроль	75,0±4,2	70,0±4,4	70,0±2,6	
2022	Фацелия	83,5±3,6	88,5±5,7	99,5±5,3	4,35
	Контроль	83,0±2,9	79,5±3,6	77,5±4,1	
2023	Фацелия	85,5±4,1	94,0±2,5	98,5±3,9	3,80
	Контроль	85,5±2,5	81,0±2,3	80,5±2,7	
P ₂ O ₅					
2020	Фацелия	122±2,8	145±4,0	149±2,7	8,08
	Контроль	123±2,9	120±3,9	114±1,8	
2021	Фацелия	119±1,9	138±2,8	146±5,9	6,09
	Контроль	119±1,8	115±4,4	109±3,2	
2022	Фацелия	128±4,3	164±4,5	178±4,4	5,07
	Контроль	129±3,6	125±5,1	121±3,8	
2023	Фацелия	134±4,7	176±5,8	189±4,9	8,07
	Контроль	132±3,1	122±2,3	121±3,7	
K ₂ O					
2020	Фацелия	145±5,0	156±1,9	166±3,0	6,17
	Контроль	143±7,1	141±3,0	138±6,9	
2021	Фацелия	133±3,8	142±2,2	158±4,4	5,50
	Контроль	131±2,2	131±3,3	130±3,2	
2022	Фацелия	142±4,4	169±5,4	178±7,1	8,27
	Контроль	141±5,9	144±3,9	136±2,5	
2023	Фацелия	140±2,7	158±3,8	174±3,3	9,63
	Контроль	140±1,2	135±2,0	131±2,6	

Примечание: обозначения те же, что и в приложении 8.

Алгоритм расчета экологической емкости биоэнергетического потенциала территории

$$\text{БЭПТ} = (\text{НQ1} + \text{KQ2}) + (\text{Н1Q1} + \text{K1Q2}) + (\text{ОВП Q3} + \Delta\text{ЕП})S,$$

где БЭПТ – биоэнергетический потенциал территории, ГДж/га;

Н – запас надземной фитомассы, т/га;

Q1 – энергосодержание надземной фитомассы, ГДж/т,

К – запас подземной (корневой) массы, т/га;

Q2 – энергосодержание корневой массы, ГДж/т,

Н1 – ежегодный прирост надземной массы, т/га,

К1 – ежегодный прирост корневой массы, т/га;

ОВП – запасы органического вещества почвы, т/га;

Q3 – энергосодержание ОВП, ГДж/т;

$\pm\Delta\text{ЕП}$ – прирост или убыль энергии органического вещества почвы, ГДж/га;

S – площадь, занятая определенным типом растительности.

Энергия минеральных элементов питания существенно меняет производительность агроэкосистем и экосистем, поэтому ее необходимо учитывать при определении экологической емкости территории агроландшафта, которая включает в себя и БЭПТ.

$$\text{Э} = (\text{НQ1} + \text{KQ2}) + (\text{Н1Q1} + \text{K1Q2}) + (\text{ОВП Q3} \pm \Delta\text{ЕП}) + (\text{ЕМЭП} \pm \Delta\text{ЕМЭП}),$$

где Э – экологическая емкость агроландшафта, ГДж/га;

ЕМЭП – энергия минеральных элементов питания (подвижных форм) в пахотном слое почвы, ГДж/га;

$\pm\Delta\text{ЕМЭП}$ – прирост или убыль энергии подвижных форм элементов питания, ГДж/га.

Для характеристики различных агроландшафтов используют следующие данные: 1) количество органической массы на единице площади: лесных ценозов, травяных ценозов, полевых ценозов; 2) учет продуктивности

надземной фитомассы (проводят прямым методом с использованием первичных отчетов хозяйств); учет продуктивности подземной фитомассы проводят (прямым или расчетным методом с использованием уравнений регрессии); 3) энергосодержание надземной и корневой массы (определяют прямым методом с использованием калориметра или по справочным данным); 4) содержание гумуса в почве (определяют по материалам почвенного и агрохимического обследования).

Запасы органического вещества в почве определяют по формуле:

$$Зг = ГУ25,$$

где $Зг$ – запасы гумуса в пахотном слое почвы, т/га;

$Г$ – содержание гумуса в почве, %;

$У$ – объемный вес почвы, г/см³ или т/м³;

25 – пахотный слой почвы, см.

Запасы энергии органического вещества в почве определяют через запасы гумуса и его энергосодержание:

$$ЕОВП = ЗгQОВП,$$

где $ЕОВП$ – энергия органического вещества в почве в пахотном слое, ГДж/га;

$Зг$ – запасы в пахотном слое почвы, т/га;

$QОВП$ – энергосодержание гумуса, ГДж/га (23,045 ГДж/т).

Прирост или убыль энергии органического вещества определяют прямым методом (на калориметре) или через разницу между энергией подземной фитомассы и количеством минерализованного гумуса в почве:

$$\pm \Delta E = EОВП \text{ (начало периода)} - EОВП \text{ (конец периода)},$$

$$\text{или } \pm \Delta = (ЕПО + ЕКО) - ЕМГ,$$

где $\pm \Delta E$ – прирост или убыль энергии органического вещества почв, ГДж/га;

$ЕПО$ – энергия подвижных остатков на полевых ценозах, МДж/га;

$ЕКО$ – энергия корневых остатков во всех ценозах, МДж/га;

$ЕМГ$ = энергия минерализованного гумуса, МДж/га.

Для перевода МДж в ГДж полученный результат следует разделить на 1000.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов исследований соискателя Панина Евгения Васильевича в
производственную деятельность ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А.

Выдан индивидуальным предпринимателем главой крестьянского (фермерского) хозяйства Азовцевым Владимиром Александровичем в том, что научные разработки и рекомендации по внедрению фацелии пижмолистной сортов Наталия и Услада и их сочетания для увеличения биологической продуктивности сельскохозяйственных культур, медопродуктивности, нектароносности и создания медоносного конвейера, сделанные им по результатам проведенных экспериментов в период с 2020-2023 гг. на опытных полях ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А. в рамках диссертационного исследования на тему: «Продуктивность и агроэкологическое обоснование использования фацелии пижмолистной в сельскохозяйственных экосистемах лесостепи Воронежской области» в настоящее время используются в практике хозяйства. В частности применение фацелии пижмолистной как сидеральной культуры повышает урожайность последующей культуры севооборота (яровой пшеницы) до 23% при экономии удобрений за счет стабилизации органической составляющей почвенного компонента и улучшения показателей плодородия агроценозов. Также при размещении выездной пасеки на опытной территории с посевами фацелии пижмолистной за период цветения совмещенных посевов ее сортов Услада и Наталия отмечается стабильный медоносный конвейер. При этом показатели медопродуктивности достигали в отдельные годы более 400 кг с гектара.

30.09.2024

ИП Глава К(Ф)Х Азовцев В.А.



В.А. Азовцев