

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

БУЗУЕВА АНАСТАСИЯ СЕРГЕЕВНА

**ФАЦИАЛЬНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫМИ
ЭЛЕМЕНТАМИ И ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
РАЗЛИЧНЫХ ЦЕНОЗОВ АГРОЛАНДШАФТА**

Специальность 06.01.04 - Агрохимия

ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор **Медведев И.Ф**

Саратов – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
Глава 1. Обоснование выбора направления исследований	9
1.1. Понятие агроландшафта, его типизация	9
1.2. Растительные остатки как источник восполнения питательных элементов в почве	11
1.3. Питательный режим почвы и его влияние на развитие корневой системы и формирование урожая растений в различных системах агроландшафта	15
1.4. Роль удобрений в повышении элементов питания	19
Глава 2. Условия, методика и объекты проведения исследований	22
2.1. Характеристика региональных природных условий	22
2.2. Характеристика объекта исследований	26
2.3. Метеорологические условия проведения опытов	29
2.4. Методики проведения исследований	30
Глава 3. Фациальная динамика питательных элементов под различными сельскохозяйственными угодьями агроландшафта	34
3.1. Результаты фациального почвенно-агрохимического обследования	34
3.2. Характеристика водного режима в зависимости от сельскохозяйственного ценоза	38
3.3. Динамика азота в различных структурах агроландшафта в различные по уровню увлажненности годы	43
3.4. Содержание подвижных форм фосфора и калия в зависимости от экологических условий	50
3.5. Влияние азотных удобрений на динамику элементов питания	57
Глава 4. Особенности формирования корневой системы в агроландшафте	63
4.1. Влияние влагообеспеченности почвы на формирование корневой системы	63
4.2. Влияние агрофизических условий на формирование корневой системы	64
4.3. Анализ корневой системы различных ценозов как источника питательных элементов	74
4.4. Влияние различных типов севооборота на развитие корневой системы яровой пшеницы	77
4.5. Связь химического состава корневой и вегетативной массы с повышением почвенного плодородия	90
Глава 5. Фациальное изменение продуктивности ценозов в агроландшафте при внесении азотных удобрений	98

5.1.	Влияние удобрений на урожайность яровой пшеницы по фациям	98
5.2.	Влияние удобрений на продуктивность ценозов	100
Глава 6.	Энергетическая и экономическая эффективность применения удобрений, баланс азота в различных ценозах агроландшафта	104
6.1.	Влияние азотных удобрений на баланс азота в ценозах агроландшафта	104
6.2.	Биоэнергетический потенциал и экоемкость агроландшафта	106
6.3.	Экономическая эффективность применения удобрений	108
	Заключение	112
	Рекомендации производству	115
	Список использованной литературы	115
	Приложения	136

Введение

Актуальность исследований. Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства определяется ее плодородием - способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции [32,145,163,192].

Почва является питательным субстратом растений, в ней содержится главный запас потенциальной биогенной энергии в виде корней растений, биомассы микроорганизмов, гумуса и элементов питания [1,97,152,173,192] .

Почвенные запасы элементов питания играют важную роль в формировании продуктивности [88,90,185]. Однако решающее значение в регуляции, оптимизации и повышения продуктивности принадлежит минеральным удобрениям [6,96,151].

Несмотря на то, что пшеница возделывается на самых различных почвах, - это наиболее требовательная культура к почвенному плодородию из всех злаков [143]. Степень выноса отдельных минеральных веществ пшеницей коррелирует с потребностью в них растений и содержанием минеральных элементов в различных почвах. Однако почти на всех почвах получение высокого урожая этой культуры лимитируется недостатком азота и довольно часто фосфора и калия [23,50,188].

Развитие растения зависит от окружающей среды. Наиболее благоприятные условия для максимальной продуктивности и наилучшего качества урожая создаются при оптимальном сочетании питательных веществ, водообеспеченности, температуры, освещенности, воздуха [31, 190,205].

На черноземах южных обладающих высоким потенциальным плодородием, урожай в меньшей мере лимитируется недостатком питательных веществ. Фактором, ограничивающим урожай, чаще всего здесь является недостаток влаги [72,133].

Интенсивное использование сельскохозяйственных земель является основным критерием деградации агросистем. Снижение поступления растительных остатков ведет к интенсивному сокращению темпов восполнения органического вещества в почве, как основного показателя плодородия. Возникает необходимость применения минеральных удобрений с учетом рельефа агроландшафтов. Решение этой задачи увязывается с фациальной дифференциацией пашни и выявлением близких по содержанию питательных элементов в почве участков.

Степень разработанности темы. Вопросам формирования агрохимической обеспеченности ценозов, эффективности минеральных удобрений, посвящены работы Пронько В.В. (2000), Белоголовцева В.П. (2002), Минеева В.Г. (2004), Чуб М.П. (2007), Назарова В.А. (2008), Денисова Е.П. (2008), Конончука В.В. (2011), Куликовой А.Х. (2012), Сатарова Г.А. (2013), Титовой В.И. (2017), Медведева И.Ф. (2017).

Изменение ландшафта в условиях антропогенной нагрузки отражена в работах Котляровой О.Г. (1995), Кирюшина В.И. (1996), Минеева В.Г. (2000), Милащенко Н.З. (2000), Шабаетова А.И. (2003), Сычева В.Г. (2003), Николаева В.А. (2008), Дубовика Д.В. (2011), Дубовик Е.В. (2011), Котляровой Е.Г. (2012), Макарова В.З. (2017), Чумаченко А.И. (2017), Гусаковой Н.Н. (2017), Медведева И.Ф. (2017).

Однако вопросы комплексной ландшафтной оценки эффективности удобрений на черноземах южных до настоящего времени остаются малоизученными.

Цель исследований. По модернизированной технологии провести почвенно-агрохимическую фациальную диагностику уровней плодородия, определить их пространственное перераспределение в различных ценозах и установить особенности применения азотных удобрений в агроландшафте.

Задачи исследования:

- выявить фациальные различия в обеспеченности почвы азотом, фосфором и калием при использовании модернизированной технологии почвенно-агрохимического обследования;
- дать характеристику особенностям водного режима почвы под различными ценозами (пашня, залежь, целина);

- дать массовую и химическую оценку корневой системы растений под пашней, целиной и залежью;
- выявить особенности формирования динамики питательного режима почвы и рассчитать фациальный баланс азота;
- определить эффективность применения различных доз азотных удобрений;
- дать экономическую и энергетическую оценку применяемым удобрениям.

Научная новизна. Впервые на черноземе южном с использованием модернизированной почвенно-агрохимической технологии получены данные по содержанию азота, фосфора и калия, позволяющие учитывать роль рельефа территории в формировании обеспеченности растений элементами питания в различных сельскохозяйственных ценозах. Для трансэлювиальной фации определена эффективность применения различных доз азотных удобрений и их связь с рельефом, уровнем увлажненности почвы и видом ценоза.

Теоретическая и практическая значимость. На основе полученных данных по состоянию рельефа и содержанию питательных элементов выявлены основные фации агроландшафта. В трансэлювиальной фации определена динамика нарастания корневой системы, ее химический состав и связь с содержанием питательных элементов в почве изучаемых ценозов. Установлены особенности применения различных доз азотных удобрений в агроландшафте.

Практическая значимость заключается в определении фациальной дифференциации почвы агроландшафта с учетом рельефа и состояния плодородия; определении экономически обоснованных доз азотных удобрений, способных обеспечить повышение урожайности яровой пшеницы с 1,43 до 2,23 т з.ед./га, продуктивность целины с 1,20 до 1,90 т з.ед. /га, залежного ценоза – с 1,79 до 2,70 т з.ед. /га.

Разработанные приемы применения азотных удобрений с учетом модернизированной технологии почвенно-агрохимического обследования внедрены в 2017 году на площади 500 га в ФГУП «Аркадакская сельскохозяйственная опытная станция», что позволило увеличить урожайность яровой пшеницы на 36%.

Основные положения, выносимые на защиту:

- модернизированная технология почвенно-агрохимического обследования почвы;
- особенности динамики азота, фосфора и калия в почве по фациям агроландшафта;
- фациальная эффективность применяемых азотных удобрений;
- связь элементов почвенного плодородия с развитием и химическим составом корневой системы;
- особенности водного режима почвы различных ценозов агроландшафта;
- энергетическая и экономическая эффективность применения азотных удобрений.

Объект и предмет исследований. Объект исследований – фации и ценозы агроландшафта. Предмет исследований – фациальные особенности формирования питательного режима почвы и эффективность применения азотных удобрений.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе ранее проведенных исследований в агроландшафте, а также научной отечественной и зарубежной литературы. В работе использованы экспериментальные, полевые, лабораторные, аналитические и статистические методы исследований.

Степень достоверности работы подтверждается обоснованным подбором объектов исследований, схем полевых экспериментов, необходимым объемом наблюдений и анализов, использованием современной статистической обработки экспериментальных данных, а также применением новой модернизированной технологии почвенно-агрохимического обследования.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены на Международных конференциях: «Вавиловские чтения» (Саратов 2012,2013,2017), Инновационное развитие АПК в России (посвящается 140-летию со дня рождения Г.К. Мейстера) (Саратов, 2013), Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях (посвящается 140-летию А.Г. Дояренко) (Саратов, 2014), Экологическая стабилизация аграрного производства. Научные аспекты решения проблемы (посвящается 140-летию со дня рождения Н.М. Тулайкова) (Са-

ратов, 2015), Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия (Курск, 2016); на Всероссийских конференциях: Проблемы и перспективы аграрной науки в России (посвящается 135-летию со дня рождения А.И. Стебута) (Саратов, 2012,), Перспективные направления инновационного развития сельского хозяйства: материалы (посвящается 170-летию со дня рождения К.А. Тимирязева) (Ульяновск, 2013), Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов (Курск, 2014), Почвозащитное земледелие в России (посвящается 45-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии) (Курск, 2015), Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция (посвящается 130-летию со дня рождения Р.Э. Давида) (Саратов, 2017); конференциях профессорско–преподавательского состава СГАУ (Саратов, 2012, 2013, 2014).

Личный вклад соискателя. Соискатель принимала личное участие в разработке программы исследований, составлении схем опытов, полевых и лабораторных исследований, анализе полученных данных и их обработке и публикации. Доля личного участия автора в проведении исследований составляет не менее 80%.

Всем сотрудникам отдела экологии агроландшафтов, химико-аналитической лаборатории, оказывающих помощь в подготовке диссертационной работы выражаю свою благодарность.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, из них 5 – в журналах, включенных в Перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 174 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, 6 глав экспериментальной части, заключения, предложений производству, списка литературы (211 наименований, в том числе 9 на иностранном языке) и приложений, включает 29 таблиц, 21 рисунок в основном тексте, 30 таблиц в приложении.

Глава 1. Обоснование выбранного направления исследований (теоретический аспект)

1.1. Понятие агроландшафта, его типизация

Под агроландшафтом понимается земельный массив, состоящий из комплекса взаимодействующих природных компонентов, а также элементов системы земледелия с относительно автономными водным, тепловым и другими режимами с признаками единой экологической системы [14,20,55,81,98,99,167,180,181,195].

Сущность экологического подхода означает, что земля и другие природные ресурсы используются с восстановлением и сохранением равновесия в системах земледелия как экосистемах и созданием условий для воспроизводства и саморегуляции ресурсов [11,22,61,137,139].

Типизация фаций по уровню плодородия почв, активности почвообразовательных процессов является важнейшим элементом агроландшафтных исследований [197]. Определение фациальных базовых критериев и индикаторов позволяет дифференцированно с наибольшей эффективностью использовать почвенный покров в хозяйственных целях [115,141,142].

Главное требование адаптивно-ландшафтной организации территории – это выделение территории с однородными, близкими по значению критериями и индикаторами, что позволит наиболее эффективно использовать их почвенный покров [118]. При переводе естественного ландшафта в агроландшафт нарушаются как вертикальные, так и горизонтальные связи основных критериев и индикаторов формирования почвенного покрова на уровне всех элементов ландшафта, в том числе и на уровне фаций [194].

В агроландшафте почвенный покров фации наиболее полно отражает уровень развития почвообразовательных процессов, особенно в условиях сложного рельефа местности [49,99, 203].

Типизация фаций по уровню плодородия почв, активности почвообразовательных процессов является важнейшим элементом агроландшафтных исследова-

ний. Определение фациальных базовых критериев и индикаторов позволяет дифференцированно с наибольшей эффективностью использовать почвенный покров в хозяйственных целях [115,197].

С учетом разнообразия рельефа и почвенно-агрохимической обеспеченности почв элементами плодородия были выделены основные типы месторасположений, соответствующие определенным типам фаций.

Элювиальные фации расположены на плакорах (плакор — выровненная водораздельная территория), водораздельных поверхностях со слабыми уклонами ($1...2^\circ$) без существенного смыва почвы, атмосферным типом увлажнения и глубоким залеганием грунтовых вод [197]. Последние не оказывают влияния на почвообразование и растительный покров. Вещества поступают только из атмосферы с осадками и пылью. Расход веществ — с поверхностным стоком воды, дефляцией или вглубь с нисходящими токами влаги. Почвы, развивающиеся в элювиальных фациях, промыты от легкорастворимых соединений, и на некоторой глубине формируется иллювиальный горизонт, в котором накапливаются вымытые из верхней части профиля вещества. За длительное время происходит непрерывный смыв почвенных частиц, почвообразовательный процесс постепенно проникает глубже в подстилающую породу, вовлекая все новые слои. Образуется мощная кора выветривания с остаточными накопленными химическими элементами, не поддающимися выносу. Растительность захватывает минеральные элементы и препятствует их выносу. В результате биологической аккумуляции верхние горизонты почвы обогащены элементами, участвующими в биологическом круговороте веществ. Глубокое положение уровня грунтовых вод и активный водообмен определяют окислительную реакцию в почвах и коре выветривания. Это приводит к выносу тех элементов, которые дают более растворимые соединения при высоком окислении (сера, мышьяк, молибден, ванадий и др.), и затрудняет вынос элементов, окисленные соединения которых малоподвижны (железо, марганец и др.) [30,206].

Аккумулятивно-элювиальные фации — бессточные или полубессточные водораздельные понижения или впадины с затрудненным стоком, замкнутые за-

падины или котловины, с дополнительным водным питанием за счет аккумуляции атмосферных натежно-поверхностных вод, частым образованием верховодки, глубоким положением грунтовых вод. Большая часть подвижных водорастворимых соединений при поверхностном переувлажнении выносятся вглубь, попадая в грунтовые воды.

Трансэлювиальные фации расположены на верхних относительно крутых (не менее $2...3^\circ$) частях склонов. Эта группа фаций отличается условиями рельефа, специфическим водным режимом (питание осуществляется атмосферными осадками и интенсивным поверхностным стоком), характером выноса и поступления химических элементов за счет плоскостного смыва. Для них характерно поступление химических элементов с боковым твердым и жидким стоком. Унос элементов происходит здесь не только с просачиванием вод при вертикальном водообмене, но и по склону с поверхностными и грунтовыми водами, циркуляцией вод, осыпанием и сползанием почв и пород [141,142]. Микроклиматические различия таких фаций существенны и зависят от экспозиции склонов [115].

Трансаккумулятивные фации (делювиальные) расположены в нижних частях склонов и подножий. Здесь происходит не только вынос, но и частичная аккумуляция жидкого и твердого стока (делювия) [197].

1.2. Растительные остатки как источник восполнения питательных элементов в почве

Устранение негативных явлений, вызванных в почве возделыванием культурных растений, возвращение почвенного плодородия к исходному первоначальному состоянию означает простое воспроизводство плодородия [5]. Создание почвенного плодородия выше исходного уровня – расширенное воспроизводство плодородия [5,7,35,53,127,129].

Воспроизводство плодородия почвы осуществляется двумя способами: вещественным и технологическим. Первый способ предполагает интенсивное использование удобрений, мелиорантов, пестицидов, благоприятную в агрономиче-

ском отношении структуру посевных площадей, второй – обосновывается улучшением агрономических свойств почвы механической обработкой и отчасти мелиоративными приемами [64,125].

Естественнонаучной основой теории воспроизводства плодородия почвы является закон возврата – частное проявление всеобщего закона сохранения вещества и энергии [40].

Среди основных факторов управления органическим веществом почвы (растение, удобрение, обработка почвы, мелиорация) приоритет отдается растению. Через него прямо или косвенно используются новые количества факторов жизни растений [165]. Растение обуславливает перевод последних в биологически связанное состояние, наиболее ценное по своей природе, безвредное экологически, снабженное необходимым запасом энергии [13,21,,123,171].

Одним из важных вопросов проблемы является вопрос о количестве и качестве поступающих в пашню растительных остатков в виде корней возделываемых культур [16].

Существующие методы учета корневых остатков недостаточно точны. Они не позволяют оценивать не только их абсолютное количество, но и динамику поступления в почву, а также непосредственное участие в процессах гумусообразования. Количество корней после уборки культур, определенное методом радиоактивных индикаторов, было на 20-50% выше, чем после механической отмывки корней. Кроме того, в течение вегетационного периода обновилось более третьей части от оставшейся массы корней и общее разложение их может быть в 3-4 раза больше, чем количество корневых остатков, определяемое после уборки культур [44].

Роль различных культур в накоплении гумуса определяется количеством поступающих в почву растительных остатков, соотношением разных культур в севообороте [56,60,71,108].

Распахивание целинных почв и дальнейшее их сельскохозяйственное использование приводят к диспропорции между количеством синтезируемой орга-

нической массы и поступающей в почву, вызванной отчуждением большей части в виде урожая [66,69,70,82].

Возделывание культур сплошного сева положительно влияет на процессы гумусонакопления в почве, как из-за большого количества растительных остатков, так и вследствие менее интенсивной обработки почвы [8,19]. Насыщение севооборотов пропашными культурами ведет к резкому преобладанию процессов распада над синтезом органического вещества. Увеличение доли пропашных культур до 75% в структуре посевных площадей привело к увеличению потерь гумуса в четыре раза по сравнению с севооборотами, где эти культуры занимали только 25% посевных площадей.

Культура в севообороте имеет важное значение в эффективном воспроизводстве запасов органического вещества почвы [34]. Поэтому структура посевных площадей с учетом почвенно-климатических условий должна быть таковой, чтобы можно было в максимальной степени использовать положительную роль основных и промежуточных культур за счет увеличения продолжительности их воздействия как в пространстве, так и во времени. В большинстве случаев существующая структура посевных площадей не обеспечивает положительного баланса гумуса.

Севооборот остается самым эффективным средством регулирования почвенных процессов [79,176].

Растительные остатки имеют большое значение не только как фактор накопления гумуса, но и как источник питательных веществ, высвобождаемых в результате минерализации промежуточных продуктов разложения в почве. Сохранение при этом высокого уровня биологической активности почв – необходимое условие повышения эффективного плодородия [56,110,120,134,184].

Растительные остатки полевых культур, а также различные виды вносимых органических удобрений отличаются большим разнообразием химического состава, что при прочих условиях сильно влияет на интенсивность процессов минерализации-гумификации органического вещества [59]. Широко применяемым пока-

зателем для оценки химического состава и биологической активности субстрата является отношение C:N.

Скорость наступления равновесного состояния зависит от сочетания культур в севообороте, системы удобрений, интенсивности и вида используемой пашни.

Целинные почвы со свойственным им естественными фитоценозами представляют собой открытую экологическую систему. Распашка их, разные по интенсивности приемы обработки почвы, типы возделываемых культур, широкое использование органических и минеральных удобрений приводит к нарушению относительного динамического равновесия в их системе [58,69].

Важнейшим фактором динамики органического вещества в пахотных почвах является культура полевых растений. Если под естественной многолетней растительностью, особенно без отчуждения растительной продукции, в процессе почвообразования происходит аккумуляция в верхних горизонтах почвы углерода, азота и зольных элементов, то под искусственными фитоценозами, представленными, как правило, однолетними растениями одного вида, с отчуждением с поля растительной массы и без внесения удобрений баланс углерода, азота и зольных элементов в почве не может быть бездефицитным [108]

По количеству органического вещества, оставляемого полевыми растениями в почве все культуры можно разделить на три группы: многолетние травы, однолетние зерновые и зернобобовые, однолетние пропашные культуры [83,127].

Многолетние травы, оставляя в почве наибольшее количество растительных остатков, сопровождаемые минимальной механической обработкой почвы обогащают почву органическим веществом [83].

Положительное влияние многолетних трав на почву зависит, прежде всего, от величины урожая, а также от вида трав и состава травосмеси, почвенно-климатических условий местообитания. Сильный положительный эффект бобовых трав объясняется их способностью вовлекать в круговорот азота в системе почва-растение-хозяйство дополнительные количества этого элемента, фиксированного из атмосферы [114,116].

Группа однолетних зерновых и зернобобовых культур представлена однолетними культурами сплошного сева. Эти растения оставляют в почве значительно меньше растительных остатков, чем многолетние травы. Способность однолетних зернобобовых фиксировать азот атмосферы часто может лишь соответствовать их потребности в этом элементе. Между отдельными культурами, составляющими данную группу, наблюдается заметные различия. Так, озимые зерновые оставляют в почве больше органического вещества, чем яровые зерновые и зернобобовые. Последние обеспечивают поступление в почву лишь 15-30 ц/га растительных остатков [79].

Пропашные однолетние культуры оставляют в почве, как правило, наименьшие количества растительных остатков при высокой интенсивности механической обработки почвы. Кроме того, пропашные относятся к типу интенсивных культур, отличающихся высоким выносом питательных веществ; соответственно они предъявляют и более высокие требования к уровню гумусированности и плодородия почвы [19,176].

1.3. Питательный режим почвы и его влияние на развитие корневой системы и урожай растений в различных системах агроландшафта

В условиях Саратовской области потребность растений в элементах питания основной фактор, после обеспеченности влагой. В наибольших количествах из почвы потребляется азот, фосфор, сера, калий, кальций, магний, железо, натрий, кремний, кроме этого углерод, кислород и водород, поступающих в растение главным образом в составе углекислого газа и воды [106].

Потребление питательных элементов из почвы осуществляется корневой системой, распределение которой по почвенному профилю определяется обеспеченностью растений влагой, элементами питания и агрофизическими свойствами почвы [143].

Закономерности роста и распределения корневой системы яровой мягкой пшеницы в почве изучались многими исследователями [81,102,106,124, 169,170].

Корневая система в течение всего периода роста и развития находится в многостороннем и тесном взаимодействии с окружающей ее внешней средой. Лишение растения хотя бы одного из условий его жизни, недостаточный или несвоевременный приток какого-либо фактора или элемента, необходимого для жизни растения неизбежно приводит к задержке развития как корней, так и всего растения, снижает качество и размер урожая и даже приводит к гибели растения [146].

Сбалансированное содержание всех элементов питания очень важно, так как относительная недостаточность одного элемента ведет нередко даже к большим отрицательным последствиям, чем недостаточность абсолютная. Хорошо известно, например, что на богатых азотом черноземах и каштановых почвах эффективно внесение фосфорных удобрений под пшеницу в чистом виде. В то же время на бедных азотом дерново-подзолистых почвах, несмотря на недостаток в них фосфора, одностороннее применение фосфорных удобрений не дает эффекта, иногда даже снижает урожай, поскольку при этом еще больше возрастает диспропорция между азотом и фосфором [4,37,106,128].

Содержание общего азота в зерне пшеницы изменяется (в процентах к сухому весу) от 2,28 до 3,46, доля небелкового азота в семенах незначительна и редко достигает 10% от общего содержания этого элемента. [146].

В полевых опытах и даже в водной культуре не в стерильных условиях нельзя определить, в какой именно форме азот преимущественно поступает в корни, так как в результате микробиологической деятельности азотистые соединения подвергаются в почве очень быстрым превращениям [42]. Однако есть основания полагать, что в практической полевой обстановке растение усваивает главным образом нитратный азот. Особенно это относится к хорошо прогреваемым не переувлажненным почвам степной и лесостепной зон. Многочисленные агрохимические данные свидетельствуют о преобладании нитратного азота, в частности на черноземных и каштановых почвах, что связано с интенсивной нитрификацией при слабо выраженном вымывании нитратов и невысокой денитрифицирующей активностью этих почв. Даже при использовании жидкого аммиака

происходит быстрое окисление, и азот попадает в корни в основном уже в виде нитратов [41,106,154].

Пшеница нуждается в азоте от посева до конца молочного состояния зерна, однако в заметных количествах азот начинает потребляться лишь с фазы кущения, в период бурного нарастания вегетативной массы. В зонах недостаточного увлажнения в сухие годы к этому времени засуха уже сильно подавляет ростовые процессы, потребность в азоте снижается и на относительно богатых азотом черноземах и каштановых почвах удовлетворяется запасами азота самой почвы, эффективность азотных удобрений падает нередко до нуля. Во влажные годы при бурном росте растений эффективность их намного выше [106].

Азот усиливает рост корней, но особенно – надземных органов, и отношение корней к надземной массе ухудшается. Фосфор также стимулирует рост корней, причем в отличие от азота в гораздо большей степени, чем рост надземной массы, улучшая не только абсолютное, но и относительное развитие корней [48,160,189,207].

Стимуляция роста корней фосфором сильно выражена в сухой почве и не проявляется при хорошем увлажнении [45]. Это связано с тем, что при питании азотом в нитратной форме, которая преобладает в сухой почве, фосфор оказывает положительное влияние на использование азота. Во влажной же почве при снижении нитрификационной способности и наличии свободного аммиака большее влияние на усвоение азота оказывает уже калий, а значение фосфора снижается [107,162].

Калий в отличие от азота и фосфора, которые входят в состав важнейших конституционных веществ протоплазмы, играет роль регулятора физико-химического состояния протоплазмы и регулятора ряда обменных процессов [187]. Калий принимает участие в дыхании, фотосинтезе, синтезе белков и углеводов, влияет на скорость передвижения органических веществ в растении, а также наряду с кальцием, регулирует степень набухания коллоидов протоплазмы. [25,106].

Среднее содержание азота, фосфора и калия в зерне и соломе яровой пшеницы в целом для европейской части России оказалось следующим, в % к массе абсолютно сухого вещества. Для производства 1 ц зерна яровой пшеницы требуется 4,8 – 6,1 кг N, 1,6 кг P₂O₅ и 2,6 – 3,0 кг K₂O. Эти цифры рассчитаны для средней фактической урожайности пшеницы 10 – 25 ц/га. При меньших урожаях потребность в элементах питания 1 ц зерна обычно возрастает, особенно азота, а при больших урожаях несколько снижается. Пшеница потребляет гораздо больше азота, чем фосфора и калия, и эта разница еще более велика, если вместо традиционного расчета на P₂O₅ и K₂O подсчитать чистое потребление P и K. Оно составит тогда 0,7 кг P и 2,2 – 2,5 кг K на 1 ц зерна [112].

На динамику поступления элементов оказывают влияние и условия выращивания. Например, А. Н. Угаров указывает на низкую интенсивность поступления элементов питания в начале вегетации в Иркутской области из-за низких температур почвы. Наоборот, в степных районах европейской части России при быстром прогревании почвы накопление элементов питания энергично идет уже с фазы всходов, но зато при недостатке влаги нередко резко сокращается еще до колошения. Во влажные же годы максимум накопления зольных элементов приходится на более поздние сроки, вплоть до молочного состояния зерна [146].

Потребность пшеницы в элементах питания по периодам вегетации различна. Об этом можно судить по накоплению элементов питания в биомассе пшеницы. При этом выводы будут тем вернее, чем полнее обеспечены растения всеми элементами питания. Иначе прекращение поступления того или иного элемента может наблюдаться не из-за уменьшения потребности в нем, а в связи с истощением запасов доступных форм элементов в почве. Так максимум поглощения фосфора яровой пшеницей на неудобренном фоне наблюдался в фазе колошения, а при внесении фосфорных удобрений – в фазе молочного состояния зерна [45,187].

Определение валовой потребности растений в элементах питания нельзя смешивать с определением потребности в удобрениях, поскольку, с одной сторо-

ны, часть потребности растений покрывается самой почвой, а с другой, внесенные удобрения используются далеко не полностью.

А.Г. Дояренко говорил о применении минеральных удобрений: «Что же касается искусственных туков, то они никоим образом не могут считаться удобрением, так как ни в коей степени не улучшают почвы и не воздействуют на почву, а являются прямым «искусственным питанием растений» (все равно как благотворительная кормежка голодных не улучшает условий их существования) [64].

1.4. Роль удобрений в повышении доступности элементов питания

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что возделывание культур без применения удобрений вызывает снижение содержания органического вещества в почве [10,41,153,159].

Однако мнение ученых о результативности влияния минеральных удобрений разноречиво. Одни из них считают, что благодаря росту количества поступающих в почву корневых и пожнивных остатков, соответствующих большему урожаю, минеральные удобрения способны поддерживать постоянный уровень содержания гумуса, другие, исходя из непропорционального роста урожаев и количества корневых остатков, утверждают, что с помощью одних минеральных удобрений невозможно поддерживать содержание гумуса на постоянном уровне [166].

В условиях всемерного роста вносимых доз минеральных удобрений, и особенно азотных, большое значение имеет оценка размеров иммобилизации азота и его роли в пополнении минерализационных потерь органического вещества почвы. Нерациональное использование азотных удобрений приводит к негативным последствиям для окружающей среды. Для оптимизации внесения необходимо почвенно-агрохимическое обследование территории на содержание и динамику подвижного азота почвы. Применение азотных удобрений позволяет значительно повысить урожай и его качество, однако при избытке наблюдается увеличение вегетативной массы при угнетении репродукции.

Известно, что применение высоких доз азотных удобрений, глубокая вспашка, заделка неразложившихся растительных остатков, в т. ч. и соломы, приводят к иммобилизации почвенного азота [37,155,167].

Большинство исследователей находят, что внесение соломы как отдельно, так и в смеси с другими органическими удобрениями способствует увеличению содержания гумуса [56].

Поэтому в целях накопления гумуса более эффективным в ряде случаев оказывается внесение соломы в верхний (0-10) слой почвы. При заблаговременной заделке соломы совместно с азотными удобрениями в верхнем слое почвы, а также при запашке ее в первый год не замечено существенного роста урожаев зерновых культур. Последствие наблюдается во второй и третий год после внесения соломы, что связано с минерализацией азота, закрепившегося в 1-й год разложения внесенной органики [27,56].

Внесение соломы зерновых культур способствует рациональному использованию азота минеральных удобрений, увеличивая компенсирующую, но все же недостаточную роль иммобилизованного азота удобрений в восполнении валовых запасов азота в почве [189].

Систематическое применение минеральных удобрений способствует резкому увеличению подвижности гумусовых веществ с преобладанием в их составе фульвокислот [113]. Последние состоят из слабо конденсированных алифатических соединений с низкой интенсивностью светопоглощения. Значительные отрицательные последствия от применения минеральных удобрений наблюдаются на почвах с низким уровнем естественного плодородия. Внесение навоза способствует увеличению запасов органического вещества в отличие от неудобренных и удобренных только минеральными удобрениями вариантов. Величина накопления органического вещества при этом зависит от структуры посевных площадей, доз внесения органических удобрений, наличия илистой и коллоидной фракций, климатических условий и др. [75,84]. Эффективность гумификации навоза в различные периоды после распаивания целинных почв неодинакова. С наибольшей ин-

тенсивностью процессы закрепления органического вещества идут в первоначальный период и резко падают в дальнейшем [177].

Совместное внесение навоза и минеральных удобрений способствует большему накоплению гумуса, улучшению некоторых агрофизических показателей почвы, а также получению больших абсолютных урожаев полевых культур [133,201].

В настоящее время в практике сельскохозяйственного производства в хозяйствах с высокой культурой земледелия большое распространение приобретает внесение соломы в качестве удобрений. Это вызвано расширением посевных площадей под зерновыми культурами, специализацией хозяйства. Внесение соломы обуславливается также рядом соображений экономического порядка: сокращаются производственные затраты по уборке, вывозу и хранению соломы, а также отпадают дополнительные затраты, связанные с производственным циклом солома-навоз [56].

Важным резервом повышения эффективности использования пашни и агроклиматических ресурсов является применение в широких масштабах посевов промежуточных культур, предназначенных или на корм, или на зеленое удобрение. Количество образовавшегося гумуса при разложении растительных остатков промежуточных культур не восполняет полностью минерализационных потерь, однако запашка зеленой массы на удобрение в 2 раза сокращает дефицит гумуса [113].

Гумус является аккумулятором доступных форм питательных элементов. Для полного устранения дефицита гумуса целесообразно зеленые удобрения запахивать совместно с соломой. При этом достигается высокий агротехнический эффект [201].

Совместное внесение органических и минеральных удобрений при высокой интенсивности биологических процессов и при снижении напряженности минерализационных процессов способствует образованию гумуса лучшего качества.

Эффективность минеральных и органических удобрений зависит главным образом от доз внесения, влагообеспеченности почв, а также содержания элементов питания [56].

ГЛАВА 2. Условия, методика и объекты проведения исследований

2.1. Характеристика региональных природных условий

Климат. Саратовская область входит в зону засушливо-континентального климата умеренных широт, который характеризуется своей суровостью. Он формируется под влиянием переноса воздушных масс с севера, северо-запада и, особенно, с юго-востока. Это определяет соответствующие погодные условия и ход развития различных природных процессов. Переход от зимы к весне проходит быстро и характеризуется интенсивным нарастанием температур. Особенностью является большая амплитуда температуры воздуха, достигающая 33-36°, а абсолютная амплитуда достигает 79-88°, преобладание в течение года ясных и малооблачных дней, холодная и малоснежная зима, непродолжительная засушливая весна, жаркое и сухое лето. Средняя продолжительность безморозного периода - 136 дней. Продолжительность вегетационного периода 150-160 дней. Устойчивый снежный покров образуется в конце ноября - начале декабря. Продолжительность залегания снежного покрова 120-127 дней. Зимние осадки составляют 20% годовой нормы, которые при максимуме дают снежный покров высотой 20-25 см.

Положение территории определяет обилие солнечного света. Продолжительность солнечного сияния составляет здесь 1800...2400 часов в году. Средний годовой приход суммарной радиации составляет 105-116 ккал/см². Поэтому в течение лета поверхность земли сильно нагревается, что приводит к иссушению почвы. Одна из важнейших черт климата Саратовской области – засушливость. Количество осадков невелико и характерно для континентального климата. Осадки по территории выпадают неравномерно. Годовая сумма их составляет 400 - 460 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в теплую часть года (около 300 мм). ГТК в этом районе равен 0,6-0,8 [2].

Весной за период от перехода средней суточной температуры воздуха через 5°С до перехода через 15°С выпадает 25-50 мм осадков, а в каждый из летних и осенних месяцев 35-55 мм. Однако изменчивость осадков из года в год и из меся-

ца в месяц очень велика и их сумма за вегетационный период значительно отклоняется от средней.

Анализ метеоданных с 1923 по 2017 года показал, что периодичность выпадения ливней находится в следующей последовательности: каждый год выпадает ливень с объемом более 20 мм, в три года выпадает 2 дождя более 30 мм и в один год из трех - более 40 мм [111].

Однако современная тенденция изменения климата в регионе проявляется в значительном потеплении зим. С 1971 по 2000 гг. средняя температура зимнего периода в Саратовской области повысилась на 2,2 градуса, увеличилось число засух сильной интенсивности и ливневых осадков. Расчеты за 25 лет (1973-1997 гг.) выявили закономерность увеличения в последние 10 лет количества дней с осадками более 10 мм [116].

Рельеф, являясь фактором перераспределения климатических и агроклиматических ресурсов, оказывает заметное влияние на формирование почвенного покрова и продуктивность возделываемых культур.

Говоря о рельефе как о факторе эрозии, принято оценивать опасность ее проявления по горизонтальной и вертикальной территории, уклонам поверхности, строению водосборов и склонов, экспозиции.

Морфологический облик рельефа Саратовского Правобережья определяется сочетанием водоразделов, склонов, овражно-балочных форм рельефа, оползней, речных долин и надпойменных террас, что определяет большие глубины местных базисов эрозии, которые меняются от 70 до 260 м и более, а коэффициент расчлененности рельефа достигает 2,0 - 2,4 км/км² на волжском склоне возвышенности. Водоразделы развиты плоские, плосковыпуклые. Значительную площадь занимают склоны. Наиболее распространены выпуклые и выпукло-вогнутые склоны. Часто встречаются антропогенные формы рельефа: земляные насыпи дорог, карьеры, искусственные пруды. Водоразделы и склоны распаханы [97].

На территории Саратовского Правобережья 37,8% пашни расположено на землях крутизной до 1°, 44,3% - на склонах 1-3°, 14,2% - на склонах 3-5° и 3,7% - более 5° [116].

Исходя из того, что больший процент пашни, приходится на склоновые земли крутизной 1-3°, был выбран опытный участок на склоне южной экспозиции склоново-ложбинного типа агроландшафта в Экспериментальном хозяйстве НИИСХ Юго-Востока [116,124].

Таким образом, особенности климата Саратовского Правобережья, высокая расчлененность гидрографической сетью, преобладание склонов 1-3° способствуют возникновению водной эрозии почв.

Почвы. Черноземы южные малогумусные. Количество гумуса не превышает 4%, с глубиной наблюдается его резкое уменьшение. Мощность гумусового горизонта не более 50 - 55 см. В основном эти почвы тяжелосуглинистого и глинистого механического состава с содержанием илистых частиц от 39 % до 45 %. Отличительная особенность этих почв - солонцеватость. В горизонте А они имеют слабощелочную реакцию и щелочную в остальной части профиля.

Для правобережных районов характерна местная географическая изменчивость почв в пространстве - интразональность.

На фоне большой пестроты почвенного покрова Приволжской возвышенности выделяются два основных подтипа почв: обыкновенные и южные черноземы, которые занимают 2399,9 тыс. гектаров или 51% от всех почв [173].

Более 90% площадей черноземных почв имеют глинистый и тяжелосуглинистый гранулометрический состав, обладает низкой водопоглотительной способностью, вследствие чего они в большой степени подвержены смыву [77,97,192].

Черноземы южные сосредоточены на южных и восточных склонах с пятнами солонцов до 10 - 20% от общей площади. Длина склонов достигает до 4-5 км. Эти почвы формируются, в основном, на поверхностно-ледниковых отложениях, представленных покровными глинами, пылеватыми тяжелыми суглинками, супесями и песками.

В морфологическом отношении черноземы южные характеризуются небольшой мощностью гумусового горизонта (32 - 47 см) и отчетливым переходом одного горизонта к другому.

Черноземы южные имеют следующий морфологический профиль:

Горизонт $A_{\text{пах}}$ – 0-29 см, темно-серый с коричневым оттенком, комковато-пылеватый, рыхлый, без включений, тяжелый суглинок.

Горизонт B_1 – 40 - 55 см, коричневый с сероватым оттенком. Рыхлый, комковатый со слабой ячеистостью, без включений и новообразований. Тяжелый суглинок в нижней части с гумусовыми потеками, переход постепенный.

Горизонт B_2 – 68 - 81 см, желто-коричневый с узкими и широкими гумусовыми потеками, комковатый со слабой призмовидностью, рыхлый, без включений и новообразований, переход постепенный в горизонт С.

Горизонт С – коричневатая-желтая глина с включением белоглазки.

Линия вскипания лежит у нижней границы гумусового горизонта, а при наличии перерывности она залегает несколько выше, часто вскипание начинается с поверхности. Карбонаты в горизонте С представлены белоглазкой.

Черноземы южные характеризуются сравнительно большим объемным весом (1,10 - 1,12), который увеличивается в карбонатном горизонте до 1,73 и затем вновь уменьшается в материнской породе до 1,50 [124]. Исследования, проведенные лабораторией земледелия НИИСХ Юго-Востока, показали, что мертвый запас влаги, выраженный в миллиметрах, увеличивается по профилю с 9,8 до 14,2. Запас влаги при влажности завядания для слоя 1-100 см составляет 202,7мм.

По данным Н.И. Усова (1948) черноземы южные Правобережья Саратовской области обладают высоким содержанием элементов, необходимых для питания растений [179,192].

Содержание гумуса в черноземах южных достигает 4-5%, мощность гумусового горизонта - до 50 см. Большинство гумусовых кислот связано с кальцием, что обеспечивает высокую буферную способность почв. Гумус черноземов южных характеризуется широким отношением Сг.к.: Сф.к. [9,93,179].

Запасы валового азота соответствуют содержанию гумуса. Процент валового азота - средний, валового калия - высокий. Для черноземов южных характерна относительно хорошая обеспеченность микроэлементами: подвижными бором, цинком и медью, верхние горизонты богаты марганцем [94].

Более 70% площади пашни этой зоны подвержено эрозии. Содержание гумуса в неэродированных черноземах на коренных породах 4,6-5,4%, в эродированных 1,5-3,5% [67,177,178].

Таким образом, климатические, рельефные, геологические, агропочвенные условия и высокий уровень (более 80%) распаханности территории способствовали проявлению эрозионных процессов, что приводит к формированию интразональных по уровню плодородия почв.

2.2. Характеристика объекта исследований

Исследования проводились в экспериментальном хозяйстве ФГБНУ «НИИСХ Юго-востока», на черноземе южном мало- и легкоглинистом среднемощном на третичных делювиальных отложениях.

Территория экспериментального хозяйства расположена на водоразделе рек 1-й и 2-й Гуселки. Рельеф увалисто-холмистый, с сильно развитой сетью ложбин и потяжин, глубина которых составляет от 1,0 до 3,5 м.

Почва стационара – чернозем южный малогумусный легкоглинистый слабой и средней степени смытости. Общая порозность - 54-57%, плотность сложения пахотного слоя - 1,09-1,12 г/см³, с глубиной возрастающая до 1,72 г/см³ и вновь снижающаяся в материнской породе до 1,46 г/см³. Скорость фильтрации в пахотном слое (с нарушенной структурой) составляет 0,09-0,13 см/мин. Коэффициент дисперсности (по Качинскому) - 10,2-11,3, показатель эрозионной стойкости (ППС) - 5,0-6,5 [85].

Содержание гумуса в пахотном слое в среднем составляет 3,5%, подвижного фосфора (по Мачигину) - 39,4-59,2 мг/кг, подвижного калия - 250-320 мг/кг почвы, нитратного азота – 10,8 мг/кг почвы. Сумма поглощенных оснований составляет 27,4-29,6 мг-экв/100 г почвы с доминирующим положением в ее составе кальция.

Схема полевого опыта.

Для выявления влияния азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы с учетом рельефного фациального размещения посевов заложен полевой двухфакторный опыт в 2012 гг. на элювиальной, трансэлювиальной и трансаккумулятивной фациях с действием аммиачной селитры (таблица 1). Схема опыта включала 4 варианта на каждой фации в 3-х кратной повторности:

Делянки с удобрениями расположены в один ярус. В первом повторении размещение делянок последовательное, а в последующих – рендомизированное. Все агротехнические мероприятия проводятся согласно системе зональных общепринятых технологий возделывания культур на склонах.

Таблица 1 – Схема двухфакторного опыта по изучению влияния азотных удобрений на фациальную урожайность

Фация стационарного поля (фактор А)	Дозы удобрений (фактор Б)
Элювиальная фация	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)
Трансэлювиальная фация	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)
Трансаккумулятивная фация	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)

На преобладающей по площади трансэлювиальной фации на трех сельскохозяйственных фонах – целина (рисунок 1), залежь (рисунок 2), пашня (яровая пшеница в зернопаровом и зернотравяном севооборотах) заложен опыт, в котором велись наблюдения за содержанием и запасами питательных элементов в почвах, агрохимическими параметрами, развитием корневой системы, продуктивностью и качеством ценозов (таблица 2).

Исследования пашни трансэлювиальной фации проводились на базе стационарного сертифицированного опыта ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» (сертификат РАСХН № 056).

Таблица 2 – Схема двухфакторного опыта по изучению влияния удобрений на продуктивность ценозов агроландшафта

Вид сельскохозяйственного использования земли (фактор А)	Дозы удобрений (фактор Б)
Целина	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)
Залежь 35-ти лет	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)
Яровая пшеница (зернопаровой севооборот)	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)
Яровая пшеница (зернотравяной севооборот)	Без удобрений
	1.N ₃₀ (одинарная доза)
	2.N ₆₀ (двойная доза)
	3.N ₉₀ (тройная доза)

Опыт представлен двумя фонами шестипольных полевых севооборотов (зернотравяной и зернопаровой) с чередованием культур - 1 севооборот (фон 1): 3 года многолетние травы, 3 года яровая пшеница; 2 севооборот (фон 2): пар, озимая пшеница, яровая пшеница, просо, 2 года яровая пшеница. Объектом исследования была яровая пшеница сорта Воевода. Учетная площадь одной делянки составляет 100 м².



Рисунок 1. Целина



Рисунок 2. Залежь 35-ти лет

Закладка опытов на ценозах агроландшафта проводилась в 2012 гг. по методике Б.А. Доспехова [62] в 3-кратной повторности, с рендомизированным расположением вариантов. Учетная площадь делянок фитоценозов – 10 м².

2.3. Метеорологические условия проведения опытов

В 2012 году формирование урожая зерновых культур проходило в условиях ранней весенней засухи, отличавшейся экстремально высоким температурным режимом и острым дефицитом осадков в апреле и мае. На начало снеготаяния основные запасы продуктивной влаги (54,1%) сосредоточились в слое 0-50 см. В Саратове ГТК составил 0,4-0,5 (сильная засуха).

Формирование урожая сельскохозяйственных культур в 2013 г. проходило в условиях неустойчивого температурного режима, дефицита осадков в мае, первой декаде июня, первой половине июля и нормального увлажнения в остальную часть периода.

В мае среднемесячная температура воздуха в Саратове превысила норму на 4,8°, в июне – на 1,5°, а в июле она была ниже нормы на 0,1°. Сумма майских осадков изменялась по тестовым полигонам от 35 до 120% нормы, в Саратове за

май выпало 44 мм (102% нормы). ГТК составил 1,2, что соответствует «нормальным условиям».

Формирование урожая сельскохозяйственных культур в 2017 г. проходило в условиях пониженного температурного режима и повышенного увлажнения в течение большей части вегетационного периода, за исключением третьей декады июля и августа, когда наблюдался повышенный температурный режим и дефицит осадков.

Аномалия среднемесячной температуры воздуха в Саратове составила в мае - 1,1°, в июне -1,4°, в июле 0,3°, в августе 2,5°. Сумма осадков в мае составила 99 мм (231% нормы), в июне – 67 мм (148% нормы), в июле – 51 мм (100% нормы), в августе – 3 мм (8% нормы) (приложение 1).

В целом за основной период вегетации зерновых (май-июль) гидротермический коэффициент в Саратове составил 1,4, что соответствует условиям повышенного увлажнения.

Благодаря обильным осадкам мая и июня, метровый слой почвы под зерновыми в течение всей вегетации имел достаточные и оптимальные запасы продуктивной влаги для формирования хорошего колоса и полноценного налива зерна.

Агрометеорологические условия, сложившиеся в период созревания зерновых, были исключительно благоприятными для получения хорошей природы зерна, а состояние посевов оставалось хорошим и отличным вплоть до уборки урожая, которая проходила также при благоприятных погодных условиях.

2.4. Методики проведения исследований

Методологической основой исследований в ландшафтном земледелии является комплекс методов, позволяющих провести правильный сбор информации о протекающих на опытном участке эрозионных и других процессах [124].

Исследования проводились в стационарном сертифицированном опыте, который функционирует с 1974 года.

Исследования проводились в соответствии с методическими рекомендациями научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока, Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии, Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии, Гидрометеослужбы, почвенного института им. В.В. Докучаева, а также с учетом методических разработок Б.А. Доспехова [62,63], Е.А. Дмитриева [60], А.А. Роде [157].

В опытах велись следующие наблюдения и исследования:

1. Типизация фаций проводилась с учетом карты землепользования и рельефной карты поверхности, по средним агрохимическим показателям почвенного плодородия, до достижения экотона, являющейся зоной перехода от одной фации к другой.

2. Изучение корневой системы проводилось в полевых условиях 2012, 2013 и 2017 гг., по фенологическим фазам: кущение, колошение, полная спелость на пахотных ценозах и в фазу массового цветения трав на естественных ценозах (целина и залежь 35 лет) по методике Тарановской [170]. В исследованиях использовалась методика «площадок». Пробы отбирали из почвенного разреза, с лицевой стенки, на площади размером 25×25 см каждые 10 см на глубину до 1 м. Затем проводилось отмывание корней яровой пшеницы в колонке сит с постепенно уменьшающимся диаметром отверстий, после чего корни высушивались и взвешивались в воздушно-сухом состоянии.

3. Почвенно-агрохимическое обследование почвы проводилось по модернизированной технологии отдела «Экология агроландшафтов» ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

4. Запасы влаги в почве определялись термостатно-весовым методом с последующим пересчетом влажности на запасы продуктивной влаги в мм, в сроки: конец снеготаяния, перед посевом, в фазу кущения, колошения и полной спелости - с двух типов севооборотов, на глубину 100 см с интервалом 10 см в трехкратной повторности [157].

5. Питательный режим почвы. Почвенные образцы на определение $pH_{\text{вод}}$, содержание нитратного и аммонийного азота, подвижного фосфора и калия отбирались в почвенном разрезе в фенологические фазы кущения, колошения и пол-

ной спелости по двум типам севооборотов для полевых ценозов и в фазу массового цветения трав в естественных ценозах на глубину 100 см через каждые 10 см. Нитратный азот ($N-NO_3$) и $pH_{\text{вод}}$ в почвенных образцах определялся потенциометрическим методом на иономере по ГОСТ 26423-85; аммонийный азот ($N-NH_4$) – в почвенной вытяжке с реактивом Несслера; подвижный фосфор и подвижный калий - в 1% углеаммонийной вытяжке по Мачигину по ГОСТ 26205-91.

6. Валовое содержание гумуса определялось по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26213-84.

7. Ca^{2+} , Mg^{2+} почвенных образцах определялся комплексонометрическим методом в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26487-85.

8. Температура почвы определялась измерителем температуры почвы (ИТП-3) через каждые 10 см до глубины 1 м в фазу кущения, колошения и полной спелости. Время определения 10:00 – 10:30.

9. Агрофизическое обследование опытных участков: гранулометрический и микроагрегатный состав почвы (по Качинскому), плотность сложения почвы (по общепринятым методикам), обменные катионы по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, обменный натрий по ГОСТ 26950-86.

10. Учет урожая яровой пшеницы проводился 2 способами: биологическим методом с площадки 1 м^2 в 6-кратной повторности и хозяйственным методом - комбайном «Сампо». Урожай зерна приводился к 100%-ной чистоте и к 14%-ной влажности.

11 Фактический учет продуктивности ценозов определялась путем взвешивания трав в период накопления максимальной органической массы (в фазе цветения) с учетной деланки площадью 1 м^2 в 3-х кратной повторности и последующим пересчетом на сухую массу.

12. Химический анализ растений на содержание общего азота, фосфора, калия, магния, кальция определялся по методике ЦИНАО (ГОСТ 27262-87, ГОСТ 13496.0-70).

13. Определение эколого-экономической и эколого-энергетической эффективности технологий возделывания культур выполнялось по временной методике Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии.

14. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами корреляционного и дисперсионного анализа с использованием методов Е. А. Дмитриева (1972) и Б.А. Доспехова (1985) и компьютерных программ Excel и Agros. Картографический материал подготовлен в программных продуктах ESRI: ArcGIS и ArcMap.

15. При выполнении научной работы использовали полевые, лабораторно - полевые, лабораторные, статистические и экспедиционные методы.

Почвенно-агрохимическое тестирование проводилось по модернизированной в лаборатории «Агрolandшафтов и ГИС» отдела «Экология агроландшафтов» методике.

Исследования основных агрохимических показателей почвенного плодородия выполняли следующим образом.

1) формировалось очертание поля для получения уточненной по площади карты, на которой размещался проект профилей.

2) Определялась густота наложения профилей в зависимости от геоморфометрических особенностей поля.

3) Намечались отрезки, с которых происходил отбор объединенных почвенных проб. В журнал вносились координаты расположения проб.

4) По ходу маршрутного обследования производился отбор почвенных образцов в рамках профилей, при необходимости проводился отбор дополнительных проб на характерных участках рельефа.

5) Отбор проб осуществлялся равномерно по каждому выделенному отрезку с формированием смешанного образца. При этом каждому образцу присваивали порядковый номер и значения координат, полученных с использованием GPS навигатора.

6) Полученные смешанные почвенные пробы направляли в сертифицированную лабораторию для определения запланированных агрохимических показателей.

7) Получаемая из лаборатории информация о содержании в почве агрохимических показателей составляла основу сформированной базы данных. После введения атрибутивных данных происходила их интерполяция, статистический анализ и составление готовых карт.

Отбор 1 смешанной пробы рекомендован для условий Саратовской области с площади 5 га.

Глава 3. Фациальная динамика питательных элементов под различными сельскохозяйственными угодьями агроландшафта

3.1. Результаты фациального почвенно-агрохимического обследования

Содержание почвенно-агрохимических показателей в почве регулируется рельефом местности. В качестве примера неоднородности распределения почвенно-агрохимических показателей представлена характеристика фаций агроландшафта на стационарном опыте ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» (сертификаты РАСХН № 056, №065). Используя для обоснования границ фаций детальное, с помощью модернизированной стандартной методики, почвенно-агрохимическое тестирование состояния плодородия почв, возможно выявить распределение отдельных почвенно-агрохимических показателей и их связь с рельефом местности [117,119].

Типизация фаций по уровню плодородия почв, активности почвообразовательных процессов является важнейшим элементом агроландшафтных исследований. Определение фациальных базовых критериев и индикаторов позволяет дифференцированно с наибольшей эффективностью использовать почвенный покров в хозяйственных целях (рисунок 3) [115,142].

В основу типизации положена почвенная карта землепользования и рельефная карта поверхности [46]. Выделение фаций осуществляется в процессе почвенно-агрохимического обследования элементов питания, с учетом рельефа и расположения над уровнем моря. Переход между двумя фациями представлен экотон. Данная граница не имеет четких линий, протяженность определяется рельефом агроландшафта.

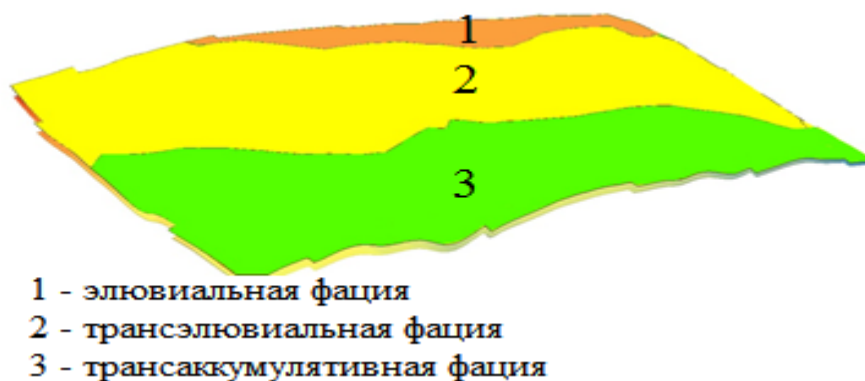


Рисунок 3 – Фациальное расположение стационарного поля

Максимальное содержание гумуса отмечено в почве, размещенной на наиболее высокой части рельефа (элювиальная фация) (рисунок 4, приложение 3).

При движении от элювиальной фации к трансэлювиально-аккумулятивной (вниз по склону) наблюдается постепенное снижение содержания гумуса в почве.

По мере выравнивания рельефа идет частичная аккумуляция почвенных частиц и несмотря на минимальное содержание гумуса (3,45%) происходит увеличение глубины гумусового горизонта. Наиболее выровненной по показателям и более обеспеченной элементами плодородия является элювиальная фация. Однако невысокий запас продуктивной влаги не позволяет получать максимальную урожайность.

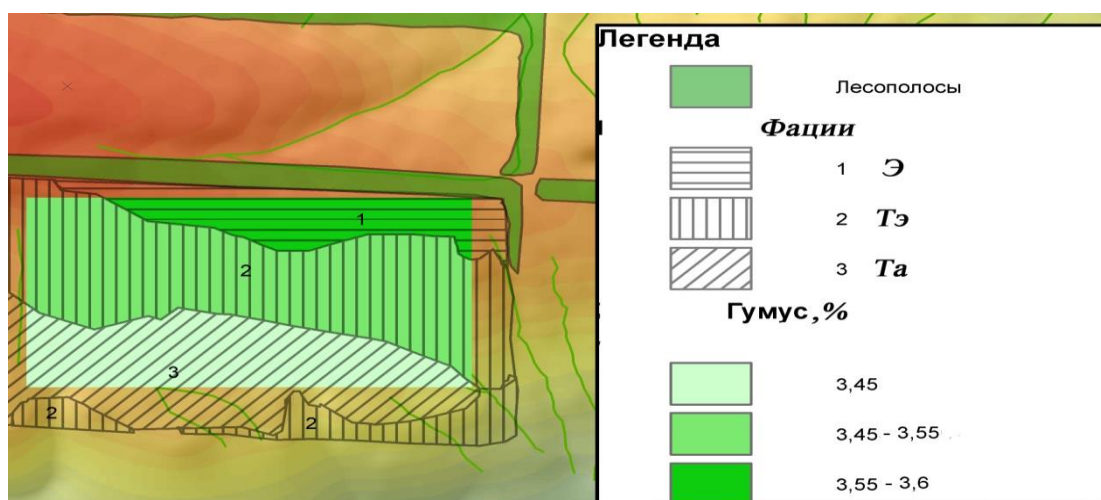


Рисунок 4 – Фациальное содержание гумуса за период исследований (слой почвы 0,30 см), %

В процессе статистической обработки данных почвенно-агрохимической диагностики пашни на полях установлена различная вариабельность агрохимических показателей по отдельным фациям (таблица 3).

Наибольшее значение уклона на трансэлювиальной фации способствовало проявлению эрозии. Чем выше значение уклона, тем активнее происходило перемещение почвенных частиц в агроландшафте.

Таблица 3 – Почвенно-агрохимическая характеристика фаций агроландшафта в среднем за три года (слой почвы 0-30 см)

Фация агроландшафта	Высота, м	Показатель почвенного плодородия			
		Гумус, %	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг/кг		
Элювиальная \bar{x}	95	3,64	6,80	39,5	238
Трансэлювиальная \bar{x}	87	3,52	10,35	30	253
Трансаккумулятивная \bar{x}	78	3,45	12,80	40	320
НСР ₀₅		0,036	0,902	2,763	9,646
Fфакт.		117,119	172,434	61,034	313,066

Содержание подвижного фосфора в элювиальной фации диагностировалось на повышенном уровне (39,5 мг/кг), затем по мере увеличения уклона снижается до среднего уровня (30 мг/кг), а далее по мере выравнивания рельефа идет его аккумуляция до 40 мг/кг почвы (рисунок 5, приложение 4).

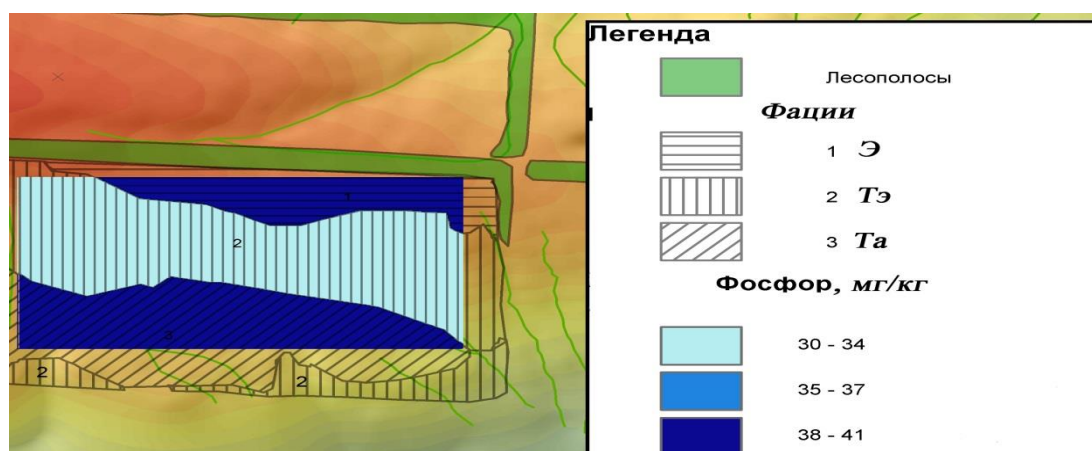


Рисунок 5 – Фациальное распределение подвижного фосфора за период исследований (слой почвы 0-30 см), мг/кг

Перераспределение подвижного калия на фациях склона южной экспозиции также происходит под влиянием микрорельефа агроландшафта. Среднее значение калия отмечено на элювиальной и трансэлювиальной фации с плавным увеличением вниз по склону от 238 до 253 мг/кг). На трансаккумулятивной фации его содержание диагностировалось в среднем по фации на повышенном уровне (320 мг/кг). Это связано прежде всего с глубиной гумусового горизонта и происшедшими эрозионными процессами на поле (рисунок 6, приложение 5).

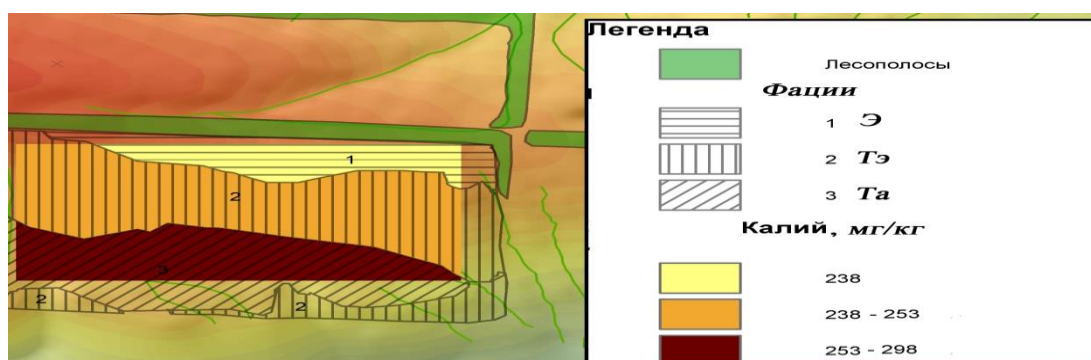


Рисунок 6 – Фациальное распределение подвижного калия за период исследований (слой почвы 0-30 см), мг/кг

Содержание в почве изучаемых фаций нитратного азота также зависело от расположения по склону и увеличивалось в направлении к трансаккумулятивной фации от низкого (6,81 мг/кг) до среднего (10,35 и 12,81 мг/кг) значения соответственно (рисунок 7, приложение 2).

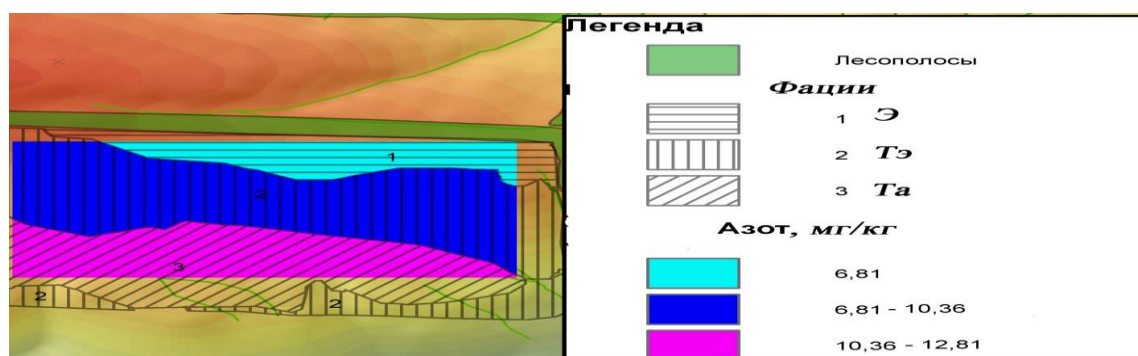


Рисунок 7 – Фациальное распределение нитратного азота за период исследований (слой почвы 0-30 см), мг/кг

Таким образом, по результатам модернизированной технологии почвенно-агрохимического обследования отмечается низкая обеспеченность фаций агроландшафта нитратным азотом. Содержание подвижных форм фосфора и калия характеризовалось средним и высоким значением.

3.2. Характеристика водного режима в зависимости от сельскохозяйственного ценоза

В производственных условиях обеспеченность почвы влагой относится к числу важнейших факторов, определяющих состояние растений. Этот фактор особенно важен в условиях нашей страны, где большая часть посевов размещается в районах с недостаточным или неустойчивым увлажнением [15,106].

Вода является главным фактором, определяющим передвижение растворенных веществ в почвенном профиле к поверхности корней, а затем и к побегам [24,80].

Для почв опытного участка характерен периодически промывной тип с атмосферным источником увлажнения, коэффициент увлажнения менее 0,8 – 1,2 в среднем 1, характеризуется средней многолетней сбалансированностью осадков и испаряемости. Годовой влагооборот охватывает только почвенную толщу (непромывные условия) в сухой год и весь слой до грунтовых вод (промывные условия) во влажный год. Промывание бывает раз в несколько лет [202].

Исследованиями подтверждено, что вид севооборота и вид использования сельскохозяйственных земель оказали влияние на запас продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы. Наибольшим запасом почвенной влаги отмечена залежь 35-ти лет. В среднем за изучаемый период значение составляет 151,1 мм, что превосходит значения севооборотов на 21,6 % и целины на 4,7 %. Показания целинного участка выше обрабатываемой пашни на 17,7% (рисунок 8).

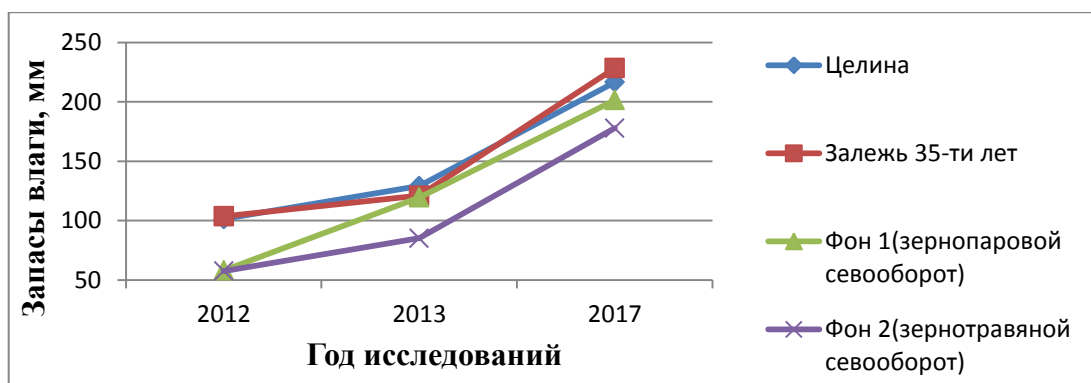


Рисунок 8 – Запас продуктивной влаги в почвах ценозов за период исследований в метровом слое почвы, мм

В условиях зернопарового севооборота в среднем за вегетацию запасы влаги в метровом слое почвы были на 20,4 % выше, чем под зернотравяным севооборотом (рисунок 9, приложение 7).

Многолетние травы способствуют улучшению структуры и дренажной способности почвы [15].

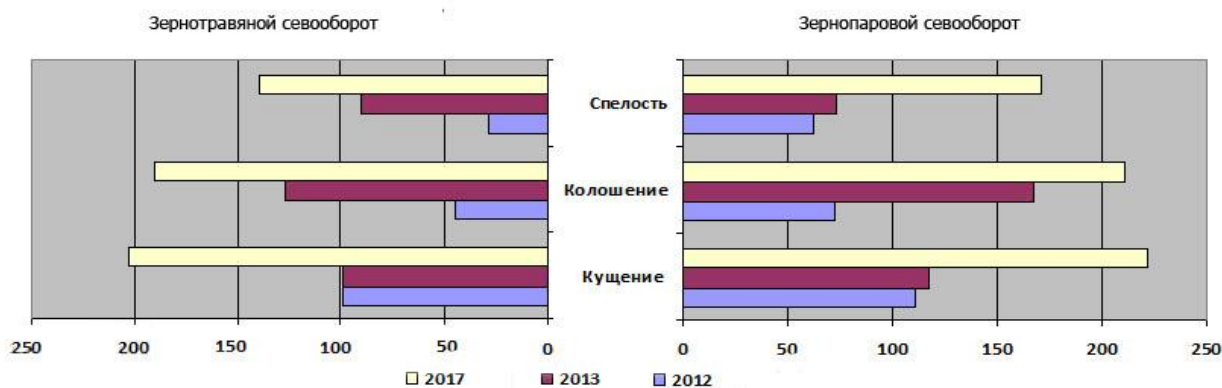


Рисунок 9 – Запас продуктивной влаги в почве в вегетацию яровой пшеницы за период исследований в слое 1 м, мм

По результатам наблюдений, яровая пшеница на зернотравяном севообороте из-за более высокого уровня плодородия почвы, всегда развиваются лучше, чем на зернопаровом севообороте, что сказывается на уровне транспирации и потерях продуктивной влаги из корнеобитаемого слоя.

Условия года напрямую влияют на влагообеспеченность почвы. В 2012 году ГТК за период вегетации яровой пшеницы составил 0,4, что по классификации означает «сильная засуха». В условиях 2012 года к концу периода снеготаяния (03.04.12г.) в метровом слое почвы содержалось 207,7 мм продуктивной влаги из которых 52 мм в пахотном слое (0-20 см), но действие ранневесенней засухи (за период выпало 17 мм) снизило запасы продуктивной влаги к сроку посева (05.05.12г.) на 43 % (88,8 мм), а в пахотном слое на 98,3 % (0,9 мм), таким образом, дефицит влаги в почве наблюдался ещё до посева культуры (таблица 4).

За период вегетации яровой пшеницы 2013 года ГТК составил 1,1, что соответствует нормальным условиям. После снеготаяния в метровом слое почвы на зернопаровом севообороте содержалось 171 мм продуктивной влаги, а на зерно-травяном 164 мм. В промежуток времени от окончания снеготаяния (7.04.13г.) до фазы всходов (6.05.13г.) выпало 30 мм атмосферных осадков, запасы влаги снизились незначительно, в среднем по двум севооборотам на 3,3 % и составили соответственно 164 и 160 мм, иссушения пахотного слоя не произошло.

Таблица 4 – Содержание продуктивной влаги в почве полевого ценоза, на трансэлювиальной фации в метровом слое почвы за период исследований,

мм

Сево-оборот	Слой почвы, см	Фазы развития растений											
		Кущение				Колошение				Спелость			
		2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее
1	0-30	6,2	13,2	26,6	15,3	3,7	15,5	23,9	14,4	10,5	7,9	7,3	8,6
Среднее	0-100	11,1	11,8	22,2	15,0	7,2	16,8	21,1	15,0	6,3	7,3	17,1	10,2
Сумма	0-100	111	117,6	222,4	150,3	71,9	167,6	211,4	150,3	62,6	73,2	170,6	102,1
2	0-30	9	7,6	21,1	12,6	2,1	14,5	21,1	12,6	5,7	3	9,1	5,9
Среднее	0-100	9,9	9,8	20,3	13,3	4,5	12,7	19,1	12,1	2,9	3	14	6,6
Сумма	0-100	98,8	98,4	202,9	133,4	44,9	127	190,8	120,9	28,9	30,1	139,9	66,3

1* - зернопаровой севооборот, 2 – зерно-травяной севооборот

Условия влажного 2017 года являются не характерными для нашей области. ГТК за период вегетации яровой пшеницы составил 1,4, что являются условиями

повышенного увлажнения. Обильное увлажнение отмечается с ранней весны. После окончания снеготаяния запас влаги в метровом слое зернопарового севооборота составлял 127 мм, зернотравяного 150,2 мм.

Атмосферные осадки основа почвенного раствора, без которого почва не может выполнять своих жизненно необходимых функций. Выпавшие осадки растворяют минеральные вещества в почве и за счет объема поступающих осадков, происходит регулирование запаса влаги и концентрации почвенного раствора [111].

В засушливый год к фазе кущения (6.06.12г.) продуктивной влаги метрового слоя составил 111 мм на зернопаровом севообороте и 98,8 мм на зернотравяном, увеличившись на 25,0 % из-за выпавших осадков (14,4 мм) накануне отбора проб. В пахотном слое (0-20 см) содержалось соответственно 13,0 мм и 16,5 мм продуктивной влаги. Несоответствие увеличения количества влаги в почве с объемом выпавших осадков объясняется тем, что опытный участок находится в нижней части склона, куда поступает часть скатывающихся по склону осадков.

В более благоприятном 2013 году (период с 06.05.13г. по 27.05.13г.) выпало 22,2 мм осадков. Запас влаги в фазу кущения составлял суммарно по метровому профилю 117,5 мм на зернопаровом севообороте и 98,3 мм на зернотравяном, снизившись соответственно на 29,1 % и 38,7 %. В пахотном слое запасы продуктивной влаги составляли 25,4 мм и 19,2 мм соответственно. Интенсивное расходование влаги обусловлено активным ростом подземной и надземной массы растений, развитие которых от фазы всходов до кущения прошло на 10 дней быстрее, чем в засушливых условиях 2012 года.

Обильное увлажнение 2017 года и отсутствие солнечных дней обусловили более позднее появление всходов относительно 2012-2013 гг. За период формирования фазы кущения (12.06.2017) суммарный запас влаги метрового слоя зернопарового севооборота составил 222,4 мм, зернотравяного 202,9 мм. Содержание продуктивной влаги пахотного слоя составляло 50,2 мм и 41,2 мм соответственно.

Результаты наблюдений показывают, что на момент окончания фазы кущения запасы продуктивной влаги метрового слоя почвы на зернопаровом севообороте превышают аналогичные показатели зернотравяного севооборота на 11,2 %.

В фазу колошения (26.06.12г.) отмечалось иссушение пахотного слоя, где содержалось в среднем по двум севооборотам 5,5 мм, и всего почвенного профиля содержание продуктивной влаги в метровом слое составило 68,3 мм на зернопаровом и 45,0 мм на зернотравяном севообороте, что на 38,5 % и 54,4 % ниже запасов в кущение.

В условиях 2013 года учет запасов влаги в почве (27.06.13г.) показал, что действие дождей ливневого характера прошедших накануне (94,9 мм) сильно увеличило уровень влажности почвы на зернопаровом севообороте на 40,9 % (167,6 мм) и на 29,3 % (127,1 мм) на зернотравяном. Из-за интенсивности выпадения осадков в результате отмечался сток воды по поверхности почвы, что снизило их эффективность. Разный уровень дренированности почвы и развития растений на сравниваемых севооборотах, оказали влияние на уровень увлажненности почвы.

Учет запасов влаги в фазу колошения 2017 года (10.07.17г.) показал, запасы влаги в профиле почвы по двум севооборотам были примерно одинаковые - 211,4 мм (зернопаровой севооборот) и 190,8 мм (зернотравяной севооборот). Расход профиля составлял 4,95 % и 6 %, расход пахотного горизонта – 4,4 % 5,1 % в сравнении с предыдущей фазой. Заметного снижения уровня продуктивной влаги не отмечается вследствие частого выпадения атмосферных осадков, питавших почвенные горизонты.

По результатам данных последнего периода вегетации наглядно видно действие растений на использование почвенной влаги. В условиях зернотравяного севооборота, где по результатам наблюдений растения всегда развивались лучше, ко времени уборки почвенный профиль практически полностью обезвожен 29,0 мм (2012 год) и 30,2 мм (2013 год). В 2017 года также наблюдается заметное расходование почвенной влаги 26,7% (139,9 мм), что составляет относительно предыдущей фазы 50,9 мм. В то время как на зернопаровом севообороте, где уро-

жайность в 2 раза ниже, к концу вегетации неиспользованными в почве остается в среднем за три года 35,8 мм продуктивной влаги.

Максимальные запасы влаги под почвами фитоценозов отмечены в 2017 году – 228,5 мм (залежь 35-ти лет) и 216,7 (целина). Залежные земли аккумулировали почвенную влагу больше на 11,8 мм в 2017г и на 2,2 мм в 2012г. Условия 2017 года более благоприятными по влагозапасу оказались на целине (129 мм), чем на залежи (121 мм) (таблица 5, приложение 6).

Таблица 5 – Запас продуктивной влаги в метровом слое почве естественных ценозов на трансэлювиальной фации за период исследований, мм

Вид	Слой почвы, см	2012	2013	2017	Среднее по годам
Залежь 35 лет	Верхний слой	9,2	12,4	29,9	17,17
	В среднем 0-100 см	10,36	12,1	22,9	15,12
	Сумма 0-100 см	103,6	121,0	228,5	151,03
Целина	Верхний слой	8,0	13,0	30,5	17,17
	В среднем 0-100 см	10,1	12,9	21,7	14,90
	Сумма 0-100 см	101,4	129,1	216,7	149,07

Таким образом, вид севооборота и вид использования сельскохозяйственных земель оказали влияние на запас продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы. Растения на зернотравяном севообороте из-за более высокого уровня плодородия почвы, всегда развиваются лучше, чем на зернопаровом севообороте, что сказывается на уровне транспирации и потерях продуктивной влаги из корнеобитаемого слоя.

3.3. Динамика азота в различных структурах агроландшафта в различные по уровню увлажненности годы

Азот является важнейшим для питания растений элементом. Уровень урожайности культур на протяжении всей истории хлебопашества определяется степенью обеспеченности растений азотом [12,26,92,136,138].

Качественный состав азота и валовое его содержание определяются условиями почвообразовательного процесса и находятся в прямой зависимости от уровня гумусированности почвы [52,68,87,148,164,175].

Количественным выражением потенциального плодородия почв можно считать содержание общего азота в них. Запасы его сконцентрированы в верхних горизонтах (А+В) почвенного профиля. В нижележащих горизонтах его содержание не превышает 10-15 % всех запасов азота метрового слоя [175].

Но растениями используется только минеральный азот, количество его в почвах зависит от рельефа, содержания в них гумуса, биологической активности почвы, а также от предшествующей культуры [39,73,90,191]. Минеральный азот (N-NO₃, N-NH₄, N-NO₂) в черноземных почвах составляет 0,9-1,6% от общего содержания азота [36,86].

Содержание минерального азота, прежде всего нитратного, наряду с влажностью в почве наиболее полно характеризует условия нарастания корневой массы (таблица 6, приложение 8).

Таблица 6 – Динамика нитратного азота в метровом слое почвы на пашне по двум севооборотам за период исследований, мг/кг

Севооборот	Слой почвы, см	Фазы развития растений											
		Кущение				Колошение				Спелость			
		2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее
1	0-30	10,2	8,2	1,4	6,6	7,2	4,4	9,2	6,9	4,5	3,1	1,1	2,9
Среднее	0-100	5,5	5,2	1,0	3,9	4,6	3,0	3,3	3,6	2,8	1,9	1,0	1,9
Сумма	0-100	55,1	52,1	8,2	38,5	46,2	30,3	33,4	36,6	27,9	19,2	7,9	18,3
2	0-30	6,9	9,4	1,2	5,8	7,3	6,7	2,5	5,5	11,6	2,5	0,9	5,0
Среднее	0-100	9,3	6,1	1,7	5,7	5,5	4,8	1,4	3,9	5,4	2,5	0,9	2,9
Сумма	0-100	93,4	61,1	17,3	57,3	54,7	47,9	14,4	39,0	53,8	25,1	7,1	28,7

*1- зернопаровой севооборот, 2 – зернотравяной севооборот

Его содержание в период вегетации яровой мягкой пшеницы было выше под зернотравяным севооборотом в среднем на 24,4 % относительно зернопарового севооборота.

В фазу кущения яровой мягкой пшеницы 2012 года в среднем по метровому профилю его содержалось 5,51 мг/кг почвы на зернопаровом и 9,34 мг/кг на зернотравяном севообороте. В условиях 2013 года аналогичный показатель на зернопаровом севообороте составил 5,21 мг/кг, на зернотравяном - 6,11 мг/кг почвы. Условия 2017 года в фазу кущения характеризуются пониженным температурным режимом, что отразилось на содержании нитратного азота в почве. В среднем по метровому профилю его содержалось 1,03 мг/кг почвы на зернопаровом и 1,73 мг/кг на зернотравяном севообороте.

Из представленной таблицы видно, что в засушливых условиях 2012 концентрация азота происходила в верхнем 0-10 см на обоих севооборотах, а ниже по профилю распределение его шло по-разному, в зависимости от типа севооборота. В условиях зернопарового севооборота содержалось его меньше, чем на зернотравяном. Распределялся нитратный азот по почвенному профилю относительно равномерно с увеличением концентрации в слое 70 - 100 см. На зернотравяном севообороте нитратный азот располагался очагами, значительная его часть содержалась в нижней части профиля 60 - 100 см, с образованием беднообеспеченного «перешейка» в слое 30 – 40 см (рисунок 10).

Условия 2013 год повлияли на процесс распределения азота по почвенному профилю. Распределение его было более равномерным, с более высоким уровнем его содержания в пахотном слое и постепенным снижением с глубиной.

Повышенное содержание азота в верхних слоях почвы связано с положительным действием солнечного света на биологическую активность и, как следствие, наращивание эффективного плодородия почвы [74,100,144].

В зернотравяном севообороте отмечалось незначительное увеличение концентрации азота внизу почвенного профиля без образования концентрированных очагов как в засушливый год. На зернопаровом севообороте содержание его, так же как и в предыдущем сезоне было ниже, чем в условиях зернотравяного севооб-

орота, распределялся он так же равномерно с уменьшением концентрации в направлении от верхних слоев к нижним.



Рисунок 10 – Отбор почвенных образцов на зернопаровом севообороте

Во влажном 2017 году также наблюдается повышенное содержание нитратного азота на зернотравяном севообороте с увеличением концентрации в слое 60-100 см в 1,5 раза относительно верхних слоев. На зернопаровом севообороте наибольшая концентрация азота отмечена в слое 20-30 см, что составляет 30% от общего запаса в профиле. Дальнейшее распределение по нижележащим слоям равномерно снижается.

В питании растений большую роль играют подвижные формы азота. В силу своих физических свойств эти формы азота наиболее подвижны и легкоусвояемые. Поэтому количество нитратного азота в почве очень перманентно. Микроклимат, биологические особенности выращиваемых культур и их хозяйствен-

ное использование оказывают заметное влияние на количество и подвижность этой формы азота в почве [103,151].

Наблюдения за почвенными процессами показали, что к фенологической фазе колошения, содержания азота в почве на зернотравяном севообороте снизилось в 2012 году на 41,5%, а в 2013 на 22,0 % относительно уровня азота фазы кущения. На зернопаровом севообороте изменения составили в сторону уменьшения за аналогичный период соответственно на 16% и 42%. Характерные особенности (описанные выше) распределения нитратного азота по почвенному профилю рассматриваемых севооборотов сохранились, расходование азота происходило равномерно из всей толщи почвы. Во влажный год тенденция уменьшения содержания азота сохранилась на зернопаровом севообороте. Наблюдается снижение количества азота на 16,8% относительно фазы кущения. Однако на зернопаровом происходит резкое увеличение количественного содержания азота на 69,2%. Причем максимальное содержание отмечено в слое 0-10 см на обоих севооборотах – 25 мг/кг на зернопаровом, что составило 75% от общего запаса по профилю и 4,8 мг/кг на зернопаровом (67%). Это объясняется большим количеством солнечных дней, лучшим прогреванием почвенного покрова, вследствие чего происходит активизация почвенных микроорганизмов, участвующих в накоплении нитратного азота.

У яровой пшеницы, как видно из исследований Шатиловской опытной станции (Орловская область), поступление азота почти прекращалось после колошения. Содержание азота (в % от максимального содержания) достигало: в период кущения— 19,6, в период трубкования — 44,8, в период колошения — 97,6. Из приведенных цифр ясно, что после кущения пшеница взяла 4/6 необходимого ей азота, однако по окончании колошения азот уже почти не усваивался из почвы, ибо за весь период от окончания колошения до полной спелости потребление азота составляет лишь 2,4% [146]

В засушливых условиях 2012 года в период от колошения до полной спелости, на зернотравяном севообороте, содержание азота в метровом слое почвы снизилось на 1,6% и 40% на зернопаровом севообороте. Большие потери азота на

зернопаровом севообороте связаны с выносом его яровой пшеницей, которая в предшествующие фазы жестоко пострадала от действия засухи и после выпавших осадков (в фазу кущения) начала активно развиваться, поглощая при этом нитратный азот.

В промежуточный год за аналогичный период потери азота на обоих севооборотах были велики 48% на зернотравяном севообороте и 37% на зернопаровом. Большие потери нитратного азота из корнеобитаемого слоя почвы можно объяснить действием водной эрозии в результате выпавших в этот период времени ливневых осадков.

В условиях влажного года потери азота были также велики и составили 70% на зернопаровом и 38,2% на зернотравяном. В формировании, расходовании и распределении азота 2017 года определяющую роль играло повышенное увлажнение почвы, при котором идет быстрый переход минеральных форм азота в легкоусвояемые формы, что позволяет растениям мгновенно его усваивать и формировать высокие показатели продуктивности (рисунок 11).

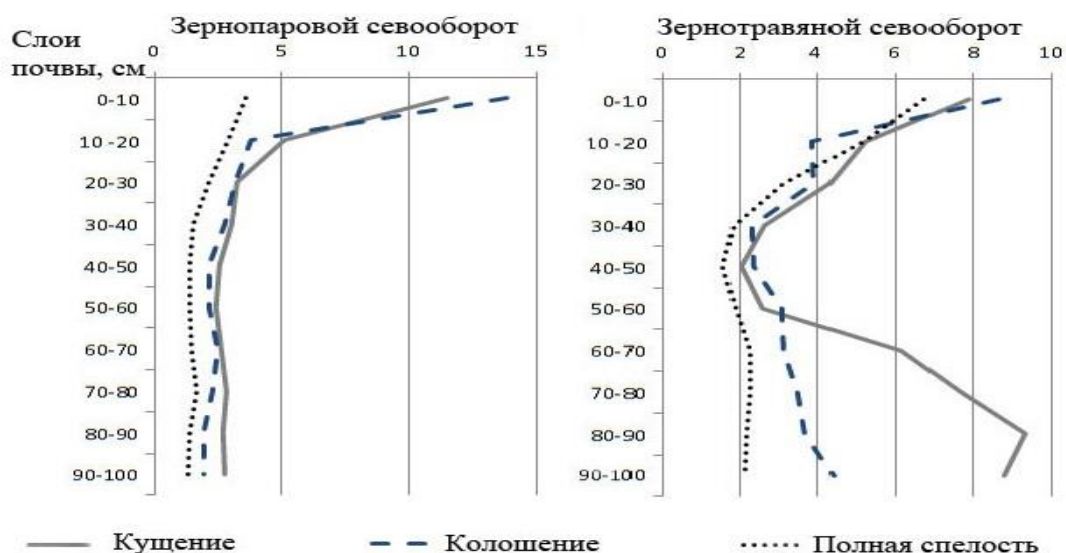


Рисунок 11 – Среднее содержание нитратного азота в метровом слое почвы за вегетацию яровой пшеницы, мг/кг (среднее за 2012, 2013 и 2017 гг.)

На залежных землях содержание нитратного азота в среднем по профилю на 49% меньше, чем на зернопаровом и на 61,5% меньше, чем на зернотравяном севооборотах. Снижение содержания азота на восстановленных землях объясняется

меньшим поступлением минеральных и органических удобрений. Целинные земли оказались еще менее обогащены нитратным азотом, чем залежные на 9,9%. В естественных ценозах преобладают формы аммонийного азота, что связано с действием температуры и водным режимом, которые более благоприятны для процесса аммонификации (таблица 7, приложение 9).

Таблица 7 – Динамика минерального азота в метровом слое почвы на естественных ценозах за период исследований, кг/кг

Вид	Слой почвы, см	2012 г.		2013 г.		2017 г.		Среднее по годам	
		N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
Залежь 35 лет	0-30	2,01	2,11	2,82	3,32	1,03	1,27	1,95	2,23
Среднее	0-100	0,92	0,74	1,06	1,65	2,05	3,32	1,34	1,90
Сумма	0-100	9,22	7,36	10,58	16,54	20,53	13,28	13,44	12,39
Целина	0-30	3,28	2,51	3,57	4,23	1,88	4,56	2,91	3,77
Среднее	0-100	2,23	1,14	1,27	1,93	1,05	4,56	1,52	2,54
Сумма	0-100	17,83	11,37	11,46	19,29	10,45	4,56	13,25	11,74

Пониженный температурный фон и высокая влажность в 2017 и 2013 году замедляют переход аммиачной формы азота в нитратную. Содержание аммиачного азота в эти годы наиболее высокое и составляют 3,32 мг/кг и 1,65 мг/кг (залежь) 4,56 мг/кг и 1,93 мг/кг (целина) относительно уровня сухого и жаркого года (0,74 и 1,14 мг/кг) (рисунок 12).

В 2012-2013 гг. максимальным содержанием нитратного азота отмечена целина, где содержание превышало залежь на 21,6 % или 3,3 мг/кг. Распределение его на обоих фитоценозах шло равномерно с уменьшением содержания вниз по профилю. Во влажный 2017 год залежь 35-ти лет отмечена повышенным содержанием нитратного азота, причем распределение его в профиле шло с резким увеличением в слое 50-100 см. Содержание нитратного азота на целине оказалось меньше чем на залежи на 8,72 мг/кг.

Важным показателем является соотношения в структуре азотного депо восстановленной и окисленной форм минерального азота (таблица 8, приложение 10).

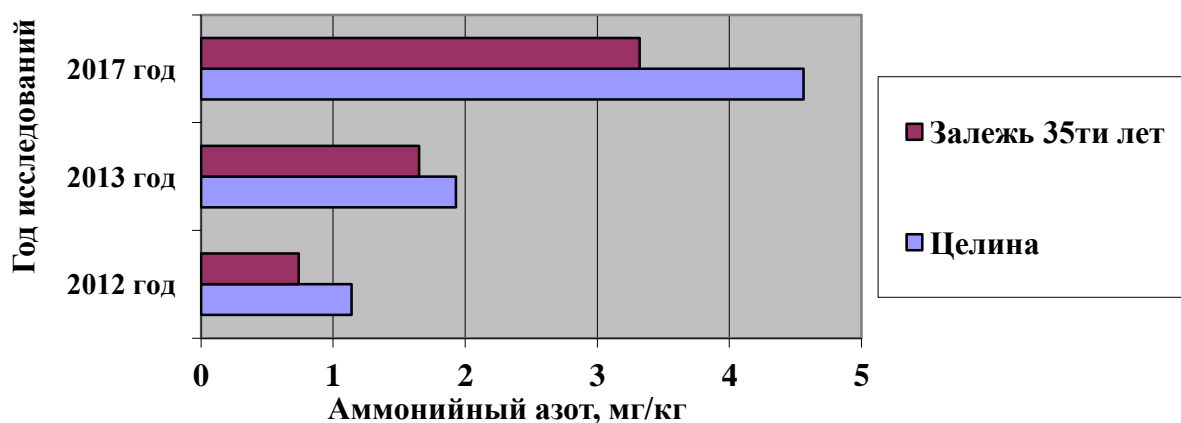


Рисунок 12 – Содержание аммонийного азота в метровом слое на естественных ценозах за период исследований, мг/кг

Более узкие отношения между двумя формами минерального азота отмечаются на ценозе, где механические обработки почвы не велись. Так на целинном участке отношения между восстановленной и окисленной формами азота, в среднем за весь период исследований, составил 0,41, а на залежном участке – 0,79.

Таблица 8 – Отношение между окисленной и восстановленной формами минерального азота естественных ценозов в метровом слое за период исследований

Вид	Слой почвы, см	Отношение между N-NH ₄ и N-NO ₃			
		2012 год	2013 год	2017 год	Среднее по годам
Залежь 35 лет	0-30	1,04	1,48	0,39	0,97
	40-60	0,43	2,93	0,00	1,12
	70-100	0	0,29	0,89	0,39
Среднее	0-100	0,44	1,46	0,47	0,79
Целина	0-30	0,76	1,26	0,53	0,85
	40-60	0,64	0,92	0	0,52
	70-100	0	0	0	0,00
Среднее	0-100	0,42	0,65	0,16	0,41

Таким образом, содержание нитратного азота в почве под зернотравяным севооборотом в среднем за вегетацию было в 1,4 раза выше, чем в соответствующем варианте зернопарового севооборота. Это, по-видимому, связано с тем, что под зернопаровым севооборотом меньше органического вещества и более низкая биологическая активность микроорганизмов. На зернотравяном севообороте

напротив многолетние травы способствуют накоплению азота, а так же оставляют после себя большее количество пожнивных осадков, которые и обеспечивают присутствие бактерий в почве. В естественных ценозах преобладают формы аммонийного азота, что связано с действием температуры и водным режимом, которые более благоприятны для процесса аммонификации.

3.4. Содержание подвижных форм фосфора и калия в зависимости от экологических условий

Основными факторами, определяющими, содержание валового и подвижного фосфора в черноземных почвах являются химический и минералогический состав почвообразующей породы, содержание в ней гумуса и уровень ее сельскохозяйственного использования [95,198].

Доступный для питания растений фосфор находится в почве в форме легкорастворимых фосфатов. Состав минеральных форм фосфатов зависит от генетического типа почв. Исследователями было выявлено около 200 различных минеральных соединений фосфора, устойчивость которых зависит от различных почвенных условий. Поэтому одна и та же форма фосфорного соединения в различных почвенных условиях может иметь различную ценность для питания растений [119,131].

В условиях щелочной реакции среды ($\text{pH} > 7,5$) в групповом составе фосфатов преобладают монозамещенные фосфат - ионы H_2PO_4 и их соли.

Минеральные соединения фосфора в черноземных почвах в основном представлены солями кальция. Наряду с кальциевыми фосфатами существенное значение имеют также фосфаты алюминия и железа.

Значительная, а нередко преобладающая часть фосфора в почвах представлена органическими соединениями. Большая часть фосфора входит в состав гуминовых и фульвокислот. В составе гуминовых кислот может находиться от 2-3 до 50-80% всего органического фосфора почвы [198].

За весь период вегетации, в метровом слое почвы, на обрабатываемых землях содержание подвижного фосфора под зернотравяным севооборотом было в 1,5 раза выше, чем под зернопаровым (таблица 9, рисунок 13, приложение 12).

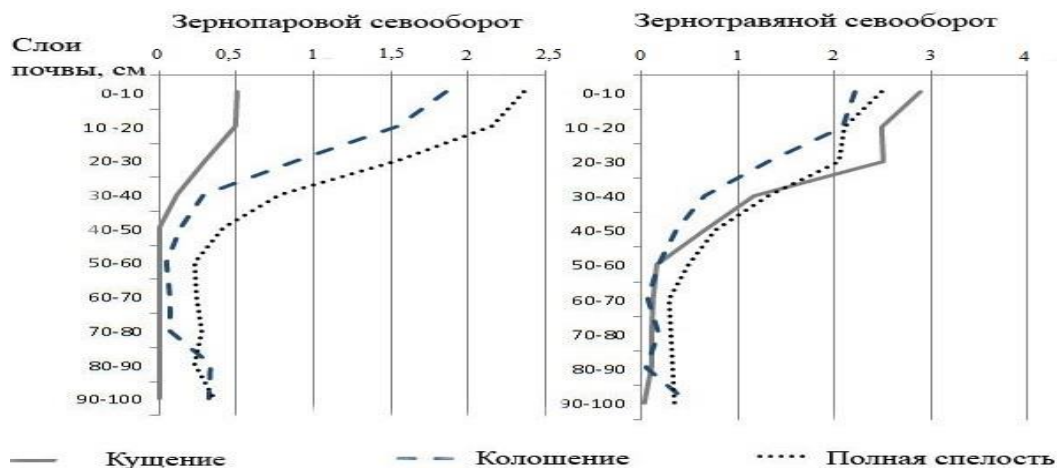


Рисунок 13 – Среднее содержание подвижного фосфора в метровом слое почвы за вегетацию яровой пшеницы, мг/кг (2012, 2013 и 2017 гг.)

На зернотравяном севообороте уровень обеспеченности фосфором выше из-за действия многолетних трав способствующих процессу накопления его в почве [26,105].

Таблица 9 – Динамика подвижного фосфора в метровом слое почвы на пашне по двум севооборотам за период исследований, мг/кг почвы

Сево-оборот	Слой почвы, см	Фазы развития растений											
		Кущение				Колошение				Спелость			
		2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее
1	0-30	21,5	14,5	3,3	13,1	19,5	14,1	9,6	14,4	27,3	12,2	21,2	20,2
Среднее	0-100	74,4	46,8	10	43,7	72,9	47	48,4	56,1	108,3	45,5	107	86,9
Сумма	0-100	7,4	4,7	1	4,4	7,3	4,7	4,8	5,6	10,8	4,6	10,7	8,7
2	0-30	28,7	22,7	27,7	26,4	28,2	10,5	17,5	18,7	38,4	12,6	15,7	22,2
Среднее	0-100	127	89,6	90,2	102,3	135	35,3	57,9	76,1	185,9	51	79,8	105,6
Сумма	0-100	12,7	9	9	10,2	13,5	3,5	5,8	7,6	18,6	5,1	8	10,6

*1- зернопаровой севооборот, 2 –зернотравяной севооборот

Из представленных данных видно, что в течение вегетации яровой пшеницы вынос фосфора из почвы культурой компенсируется объемом синтезированным бактериями из содержащейся в почве органики.

В условиях 2013 года отмечается низкое содержание фосфора в почве, что связано с более высоким выносом его яровой пшеницей, развитие которой шло более высокими темпами и с образованием большей вегетативной массы, чем в засушливом 2012 году. А также это связано с более низкой температурой окружающей среды и затенением поверхности почвы растениями пшеницы, что повлияло на биологическую активность микроорганизмов синтезирующих фосфор [35,146].

Закономерность изменения подвижного фосфора в течение вегетационного периода развития агробиоценоза - снижение содержания его от фазы кушения до полной спелости. Это объясняется в первую очередь усиленным поглощением его растущими растениями.

Также, несмотря на сложившиеся представления о низкой миграционной способности фосфорных соединений в почве, часть их в период стока вод атмосферных осадков в растворенном виде мигрирует в гидрографическую сеть.

Максимальное содержание подвижного фосфора в среднем отмечено на залежном участке (таблица 10, приложение 11). В профиле залежной почвы его содержалось в 1,4 раза больше, чем на целинном варианте и в 2,3 раза чем в почвах полевых севооборотов. Минимальное содержание подвижного фосфора отмечено в пахотном горизонте зернопарового севооборота (62 мг/кг).

Таблица 10 – Динамика подвижного фосфора в метровом слое почвы на естественных ценозах за период исследований, мг/кг почвы

Вид	Слой почвы, см	2012 г.	2013 г.	2017 г.	Среднее по годам
Залежь 35 лет	0-30	31,4	21,7	55,4	36,17
Сумма	0-100	130,5	124,2	275,3	176,67
Среднее	0-100	13,1	12,4	27,5	17,67
Целина	0-30	29,1	29,1	22,7	26,97
Сумма	0-100	151,8	132,6	86,2	123,53
Среднее	0-100	15,2	13,3	8,6	12,37

На залежных участках отмечается повышенное содержание доступных форм фосфора в 2017 году (27,5 мг/кг), при минимальном содержании его на целине (8,6 мг/кг.). Причем распределение его шло неравномерно по всем слоям, с попеременным чередованием обогащенных и обедненных промежутков. Под целинным вариантом максимальное содержание фосфора отмечалось в верхних слоях, что составляет 64% от профильных запасов.

В условиях 2012-2013 гг. содержание фосфора ожидаемо выше было на целинном варианте в среднем на 10,7%. Однако, на залежных участках в слое 0-10 см отмечается повышенное содержание доступных форм фосфора, что подтверждает накопление и аккумуляцию за счет отмирающих растений.

Калий является таким же необходимым химическим элементом для жизни растений, как азот и фосфор. Хорошее снабжение растений калием снижает также испарение воды клетками, а это способствует ее рациональному использованию в засушливых районах [109].

Большая часть калия представлена калием горных пород и минералов. Эти формы калийных соединений характеризуются малой растворимостью, а значит, и малой доступностью для растений. Они становятся доступными растениям только в результате процессов выветривания, т.е. разрушения и превращения горных пород и минералов в другие, более простые минералы и соли.

Черноземы характеризуются высоким содержанием обменного калия [119]. Более 95 % южных черноземов в основном характеризуются высокой обеспеченностью подвижным калием. По данным НИИСХ Юго-Востока изменения влажности почв, температуры, применение калийных удобрений в дозах, не превышающих вынос, существенно не влияли на калийный режим почв [116].

На черноземе южном подвижный калий довольно равномерно дифференцируется в пахотных и подпахотных слоях почвы (250-300 мг/кг) зернопарового и зернотравяного севооборотов. Однородное распределение по почвенному профилю свидетельствует о высокой потенциальной возможности чернозема южного обеспечивать растения подвижным калием.

Из представленных данных видно, что в периоды жизненной активности растений содержания калия в почве снижается, затем запасы калия опять возрастают (таблица 11, приложение 14). При нарушении баланса, например путем потребления обменного калия растениями, часть необменных форм калия, в том числе трудно-обменный и калий кристаллической решетки, под влиянием факторов (главным образом температуры и влажности) переходит в обменное состояние и равновесие, таким образом, в какой-то степени восстанавливается [109].

Условия года также влияют на количество калия в почве, в засушливых условиях растения угнетены, менее развиты и потребление питательных веществ вследствие этого снижается, в благоприятные же годы растения формируют большую надземную и корневую массу вынося из почвы большее количество веществ, в том числе и калия.

Таблица 11 – Динамика подвижного калия в метровом слое почвы на пашне за период исследований, мг/кг почвы

Севооборот	Слой почвы, см	Фазы развития растений											
		Кущение				Колошение				Спелость			
		2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее	2012	2013	2017	Среднее
1	0-30	207	187	233	209	183	177	223	194	215	173	267	218
Среднее	0-100	127	123	219	156	125	102	167	131	132	110	212	151
Сумма	0-100	1270	1225	2190	1562	1250	1020	1670	1313	1320	1100	2120	1513
2	0-30	263	273	283	273	315	237	210	254	257	248	263	256
Среднее	0-100	151	161	189	167	176	128	148	151	159	144	208	170
Сумма	0-100	1510	1610	1890	1670	1760	1280	1480	1507	1590	1440	2080	1703

*1- зернопаровой севооборот, 2- зернотравяной севооборот

За все годы наших исследований обеспеченность чернозема южного подвижным калием была высокой (рисунок 14).

Незначительные колебания в содержании подвижного калия отмечены по фазам развития растений в сторону уменьшения от кущения к полной спелости.

Уменьшение содержания подвижного калия под полевым ценозом, также как и доступного фосфора, объясняется отторжением с поля значимой доли растительных остатков, а также различиями биологических свойств естественной растительности и агрокультурами (таблица 12, приложение 13).

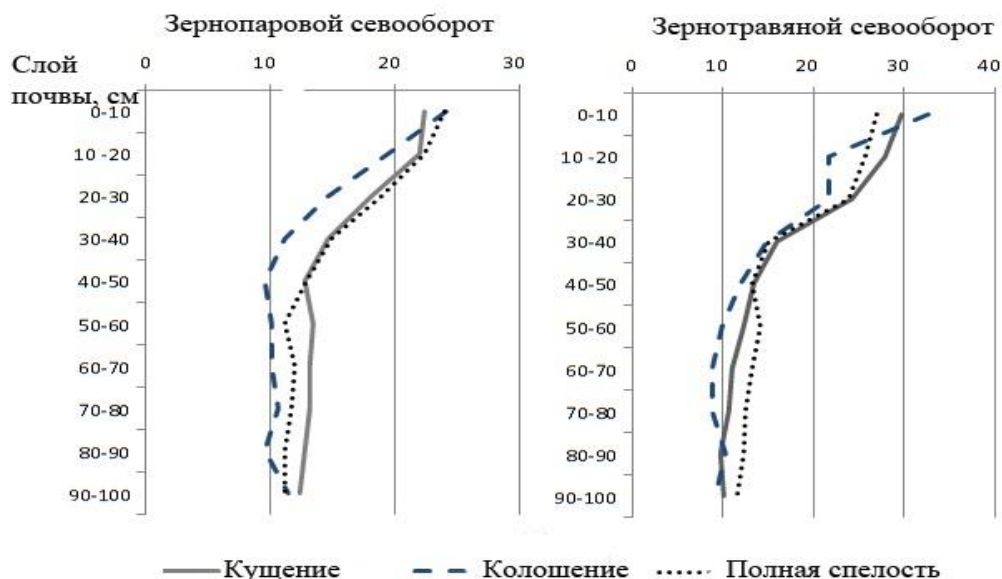


Рисунок 14 – Среднее содержание подвижного калия в метровом слое почвы за вегетацию, мг/кг (2012, 2013 и 2017 гг.)

Таблица 12 – Динамика подвижного калия в метровом слое почвы в естественных ценозах за период исследований, мг/кг

Вид угодья	Слой почвы, см	2012 г.	2013 г.	2017 г.	Среднее по годам
Залежь 35 лет	0-30	353	403	463	406,33
Сумма	0-100	2125	2120	2140	2128,33
Среднее	0-100	212,5	212	214	212,83
Целина	0-30	310	198	202	236,67
Сумма	0-100	1805	1370	1245	1473,33
Среднее	0-100	180,5	137	125	147,50

На естественных ценозах содержание калия в почве на 14,2 % выше, чем на полевых ценозах. Этот факт объясняется благоприятным действием естественной растительности, которые способствуют поддержанию плодородия почв. Профильное распределение подвижного калия имело определенную осо-

бенность. В почвах под естественным ценозом идет резкое снижение содержания вниз по профилю, в то время как в пахотном ценозе более равномерное.

Таким образом, вид угодья и тип севооборота, погодные условия и степень развитости растений влияют на содержание в корнеобитаемом слое почвы подвижного фосфора. Почвы чернозема южного Саратовской области имеют достаточно высокую обеспеченность подвижным фосфором, что связано с особенностями материнской породы.

По содержанию подвижного калия не выявлено четкой зависимости вида использования сельскохозяйственных земель от размещения калия в корнеобитаемом слое, отмечалось его увеличение в более влажных погодных условиях.

3.5. Влияние азотных удобрений на динамику элементов питания

Одним из основных элементов почвенного плодородия является содержание минерального азота и его структура [104,140,151,191]. Прежде всего влияние на содержание минерального азота оказывает режим увлажнения и тип использования пашни [137].

Для своего питания растения используют доступные формы минерального азота $-N-NO_3$ и $N-NH_4$. Уровень содержания нитратных форм определяется генетическими особенностями, погодными условиями и растительными культурами. Аммиачные формы образуются при распаде сложных органических веществ [92,139].

Для определения влияния удобрения аммиачной селитры в дозах 30 и 60 кг д.в./га на динамику минерального азота был заложен опыт на сельскохозяйственных ценозах (таблица 13, 14, 15).

Анализ полученных данных выявил определенную взаимосвязь вида использования ценозов с содержанием азота (таблица 13).

В среднем по исследуемым ценозам наибольшее содержание нитратного азота в профиле отмечено на пахотном участке 11,53 мг/кг, что превышает показатель целины на 62,7%, залежи на 66,8%. Максимальное содержание аммонийно-

го азота за время исследования отмечается на целине – 3 мг/кг, минимальное на пашне – 2,4 мг/кг. Залежь занимает промежуточное значение – 2,6 мг/кг. Данное распределение минерального азота по ценозам говорит о том, что на пахотных землях превалирует нитратная форма азота, а на естественных ценозах – аммонийная. Это связано с тем, что на землях без обработок относительно увеличена плотность сложения, низкая воздухообеспеченность и высокая водоудерживающая способность, что благоприятно сказывается на процессах аммонификации.

Таблица 13 – Влияние азотных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в метровом слое почвы в условиях засушливого года (2012 г.)

Слои почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы					
	Пашня		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2
Среднее (0-30)	<u>7,31**</u>	<u>8,39</u>	<u>3,28</u>	<u>2,99</u>	<u>2,01</u>	<u>2,40</u>
	0,78	1,10	2,51	4,10	2,10	3,40
Среднее (40-60)	<u>2,73</u>	<u>3,35</u>	<u>2,09</u>	<u>1,96</u>	<u>0,96</u>	<u>0,88</u>
	0,12	0,35	1,28	2,23	0,34	0,78
Среднее (70-100)	<u>3,24</u>	<u>2,41</u>	<u>0,60</u>	<u>0,99</u>	<u>0,07</u>	<u>0,27</u>
	0	0,19	0	1,07	0	0,37
Среднее (0-100)	<u>4,43</u>	<u>4,72</u>	<u>1,99</u>	<u>1,98</u>	<u>1,02</u>	<u>1,18</u>
	0,30	0,55	1,26	2,47	0,81	1,52
Сумма (0-100)	<u>17,71</u>	<u>18,87</u>	<u>7,96</u>	<u>7,92</u>	<u>4,06</u>	<u>4,73</u>
	1,20	2,19	5,05	9,87	3,25	6,07

1*-без удобрений; 2- доза N₆₀; ** - в числителе N-NO₃, в знаменателе – N-NH₄

В 2012 году основное содержание минерального азота сосредоточено в верхнем горизонте - 55% для нитратного азота и 35% для аммонийного, с постепенным снижением вниз по профилю. Показатель отношения между доступными формами азота в профиле почвы увеличивается от целины к пашне. В почвах естественного ценоза показатель был в 7,4 раза уже, чем на пашне полевого севооборота. На залежи соотношение относительно целины уменьшилось в 1,5раза, что связано с перестройкой фитомассы (приложение 15).

Заметное действие на содержание азота в почве оказали вносимое удобрение. Так на пашне отмечается увеличение нитратной формы на 6,1% в профиле и на 13% в пахотном горизонте, на залежи увеличение составило 14% и 19,4%. По целинному варианту прибавка нитратного азота не отмечалась. Аналогичное по-

вышение отмечено и для аммонийной формы. В среднем по профилю и по ценозам увеличение составило 46,8%. Увеличение содержания аммиачного азота наблюдалось от пашни к целине. Данная тенденция сохранилась и для пахотного горизонта, где содержание аммонийных форм азота возросло в 1,6 раза. Общее увеличение минерального азота с применением удобрений составило 21,1% .

Условия 2013 года отразились на содержании минерального азота в почве (таблица 14, приложение 16).

По сравнению с предыдущим годом наблюдается снижение нитратных форм на пашне на 19%, на естественных ценозах на 56%. Отмечается усиление аммонификации в среднем по всем видам пашни на 46,6%. Наиболее явно этот процесс выражен на залежи, где аммонийного азота было в 2,8 раза выше уровня 2012 года. Профильное распределение аммонийного азота по естественным ценозам не сильно отличалось, и в среднем составило 9,16 мг/кг, что превышало показатель пашни на 65%.

Таблица 14 – Влияние азотных удобрений на динамику минерального азота в метровом слое (мг/кг) почвы при нормальном увлажнении (2013 г.)

Слои почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы					
	Пашня		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2
Среднее (0-30)	<u>5,24</u> **	<u>10,17</u>	<u>3,57</u>	<u>2,96</u>	<u>2,82</u>	<u>3,45</u>
	2,1	2,31	4,20	5,30	3,30	4,70
Среднее (40-60)	<u>2,89</u>	<u>3,69</u>	<u>0,34</u>	<u>0,98</u>	<u>0,62</u>	<u>1,20</u>
	0,31	0,58	1,60	4,12	1,89	2,31
Среднее (70-100)	<u>2,36</u>	<u>2,52</u>	<u>0,00</u>	<u>0,05</u>	<u>0,06</u>	<u>0,18</u>
	0	0,12	1,05	1,22	1,70	2,05
Среднее (0-100)	<u>3,50</u>	<u>5,46</u>	<u>1,30</u>	<u>1,33</u>	<u>1,17</u>	<u>1,61</u>
	0,80	1,00	2,28	3,55	2,30	3,02
Сумма (0-100)	<u>13,99</u>	<u>21,84</u>	<u>5,21</u>	<u>5,32</u>	<u>4,67</u>	<u>6,44</u>
	3,21	4,01	9,13	14,19	9,19	12,08

1*-без удобрений; 2- доза N₆₀; ** - в числителе N-NO₃, в знаменателе – N-NH₄

В 2017 году на процесс перераспределения азота большое влияние оказали погодные условия (пониженные температуры и большое количество осадков) (таблица 15, приложение 17).

По неудобренным вариантам в условиях 2017 года наибольшее содержание нитратного азота отмечено на залежи – 25 мг/кг, что превышает показатель пашни на 70%, где содержание в метровом профиле составляет 7,5 мг/кг. Данное структурное формирование минерального азота по ценозам возможно объясняется темпами использования. Растительные культуры пахотных земель быстрее используют нитратный азот в отличие от естественных ценозов, где питание происходит в основном за счет аммонийной формы. Данное объяснение применимо и к содержанию аммонийной формы по всем ценозам. Наибольшее количество отмечено на пашне (20,4 мг/кг), в силу низкого их использования, минимальное – в почвах естественных ценозов, где средний показатель составляет 7,6 мг/кг.

Таблица 15 – Влияние азотных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в метровом слое почвы при высокой влагообеспеченности (2017 г.)

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы					
	Пашня		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2
Среднее (0-30)	<u>3,90</u> **	<u>4,81</u>	<u>6,23</u>	<u>6,73</u>	<u>3,40</u>	<u>5,73</u>
	6,42	6,87	4,56	5,23	3,30	6,70
Среднее (40-60)	<u>0,89</u>	<u>1,08</u>	<u>2,77</u>	<u>2,87</u>	<u>3,40</u>	<u>3,63</u>
	5,39	2,3	0	2,34	1,89	4,30
Среднее (70-100)	<u>0,78</u>	<u>0,92</u>	<u>1,95</u>	<u>2,40</u>	<u>11,98</u>	<u>7,43</u>
	3,49	0,64	0	1,36	1,70	10,30
Среднее (0-100)	<u>1,86</u>	<u>2,27</u>	<u>3,65</u>	<u>4,00</u>	<u>6,26</u>	<u>5,60</u>
	5,10	3,27	1,53	2,98	2,30	7,10
Сумма (0-100)	<u>7,43</u>	<u>9,08</u>	<u>14,6</u>	<u>16,00</u>	<u>25,04</u>	<u>22,39</u>
	20,40	13,08	6,09	11,91	9,19	28,40

1*-без удобрений; 2- доза N₆₀; ** - в числителе N-NO₃, в знаменателе – N-NH₄

Применение удобрений в 2017 году позволило повысить содержание минерального азота по всем ценозам на 18%. Наибольшее увеличение нитратной формы азота отмечалось на пашне – 18,2%, при нулевой реакции по аммиачному азоту. Залежный участок хорошо отозвался максимальным повышением аммиачного азота на 67,6%. На целине уровень нитратов повысился на 8,8%, аммиака – на 48,9%.

Таким образом, условия года, главным образом его увлажненность оказывают влияние на содержание и структурное распределение доступного азота. В

условиях 2017 года при ГТК = 1,4, содержание доступного азота в профиле почвы по всем ценозам без применения удобрений составляло 27,6 мг/кг, с применением удобрений – 33,6 мг/кг, что превышает показатель 2013 года (ГТК = 1,1) на 45,6 и 36,6%, и показатель 2012 года (ГТК = 0,4) на 52,5 и 50,9%. В более влажных условиях усиливаются процессы аммонификации.

Выявлена закономерность действия удобрений на содержание минерального азота от вида использования сельскохозяйственных земель. Наибольшее увеличение нитратной формы с применением удобрений отмечено на интенсивно используемой пашне (20,1%) и увеличение аммонийной формы на целинном (44,5%), и залежном (46%) участках.

Подвижный фосфор. Общее содержание фосфора в почвах обычно колеблется от 0,05 до 0,2%. В почве фосфор находится в виде органических и минеральных соединений.

Подвижный фосфор не участвует в круговороте веществ, поэтому вынос его должен компенсироваться внесением удобрений (таблица 16, приложения 18-20) [198,211].

Таблица 16 – Влияние азотных удобрений на запас подвижных форм фосфора и калия в метровом слое естественных ценозов в среднем за три года, мг/кг

Ценоз	Подвижная форма фосфора		Подвижная форма калия	
	Без удобрений	Удобренный вариант	Без удобрений	Удобренный вариант
Целина	117,8	124,8	1473	1496,6
Залежь	164	210,9	2128	1997,5
Пашня	78,3	65,5	1539,5	1590,7

Содержание фосфора в структуре агроландшафта увеличивается в звене с большим поступлением органической массы, как основного источника воспроизводства фосфатов. Анализ данных показал, что в почве залежного ценоза, как наиболее продуктивного, отмечается увеличение содержания элемента относительно целины на 28,1%. На интенсивно используемой пашне с наибольшим выносом и меньшим поступлением органики содержание доступного фосфора в

метровом слое почвы было минимальным (78,3 мг/кг), что меньше содержания естественных ценозов в среднем на 79%.

Действие удобрений на содержание подвижного фосфора оказалось эффективным лишь на естественных ценозах. Увеличение содержания подвижного фосфора на залежи составляет 22,3 %, на целине 5,6%. На пашне увеличение не произошло, вероятно вследствие большего выноса за счет формирующейся вегетативной и корневой массы.

Подвижный калий, на равне с азотом и фосфором участвует в формировании продуктивности. Наибольшее содержание калия отмечается в листьях, стеблях, соломе, в связи с чем большая его часть возвращается на поля. По этой причине потребность в калийных удобрениях обычно наступает позднее, чем в азотных и фосфорных. Более 95% площадей пашни на черноземе южном в основном характеризуются высокой обеспеченностью подвижным калием [109,131,209].

За годы наших исследований недостатка подвижного калия не отмечалось. Максимальное содержание отмечено на залежном варианте, что превышает показатели целины и пашни на 29%. Вносимые удобрения не оказали заметного эффекта (приложения 21-23).

Таким образом, содержание фосфора и калия находится в прямой зависимости от вида использования пашни. Содержание элементов увеличивается при повышении продуктивности, которым отмечена залежь 35-ти лет. Действие удобрений отмечено лишь на землях с экстенсивным использованием.

ГЛАВА 4. Особенности формирования корневой системы в агроландшафте

4.1. Влияние влагообеспеченности почвы на формирование корневой системы

Важнейшим фактором в формировании урожая яровой пшеницы является водный режим почвы, но в засушливых условиях Саратовской области он тесно связан с температурным режимом, а тот в свою очередь с природно-климатическими условиями, складывающимися в период вегетации культуры. Таким образом, именно эти показатели являются определяющими при возделывании пшеницы.

В последние 30 лет отмечается глобальное потепление климата, которое в условиях Саратова привело к увеличению влагообеспеченности почвы, прежде всего, за счет зимних осадков, которые на 70-80% аккумулируются почвой в период снеготаяния. Анализ повторяемости лет с различным весенним увлажнением почвы по отдельным 10-летиям свидетельствует о явном увеличении числа лет с достаточными (131-160 мм и более) запасами влаги в метровом слое почвы к началу весенних полевых работ. В районах черноземной степи, начиная с 1982 г. количество таких лет увеличилось с 72 до 94%.

Увеличение средней за период вегетации температуры воздуха по тренду на 1° выше нормы вызывает снижение урожайности яровой пшеницы на 25-30%, а уменьшение количества осадков на 35% ниже нормы обуславливает снижение урожайности яровой пшеницы на 30-40%.

Сравнительный анализ повторяемости различного типа засух в последний 30-ти летний период свидетельствуют о том, что она увеличилась с 51 до 67%. При этом наиболее заметно выросла повторяемость весенне-летних и устойчивых засух с 18 до 23% [111].

Таким образом, изменение климата привело к перестройке биосферных процессов, что сказывается и на развитии культур агроландшафта.

4.2. Влияние агрофизических условий на формирование корневой системы

Гумусовый слой исследуемого участка составлял 44 см, что позволяет отнести данные почвы к разряду среднемошных черноземов. Глубина залегания карбонатного слоя под зернопаровым севооборотом 35 см, а вскипание от НС1 на 25 см, на зернотравяном севообороте залегание карбонатов было глубже – 75 см, вскипание на 67 см. В почве под 35-летней залежью, карбонатный слой почвы был обнаружен на глубине 31 см, а вскипание от НС1 с 26 см. Почва целинного участка характеризуется залеганием карбонатов в слое 5-10 см, а вскипание на глубине 40 см. Максимальная глубина вскипания определена на целине и пашне зернотравяного севооборота [124,172].

Структура почвы – один из определяющих урожай факторов. Но оказывает влияние на растения не на прямую, а через формирование водного, воздушного, питательного, теплового режимов, то есть функционально. Хорошая структура – это благоприятные физические режимы, которые и влияют на развитие корневой системы и формирование урожая [51].

Многие авторы отмечали, что гранулометрический состав почвы оказывает значительное влияние почти на все ее свойства и плодородие [89,135, 147,199]. С величиной частиц почвы связано емкость поглощения, общий объем пор и их размер, водоудерживающая способность, водопроницаемость, температурный режим, способность к набуханию. Гранулометрическим составом почвы определяются также степень доступности почвенной влаги и калия из минеральной части почвы [51].

По общепринятой классификации, почвы под полевыми севооборотами, с учетом содержания фракций <0,01 мм, относятся к тяжелосуглинистым (таблица 17), однако преобладающей является фракция ила 25,9%, крупная пыль 24,1%.

Таблица 17 – Структурно-агрегатный состав почвы
сравниваемых севооборотов в среднем за три года в пахотном слое

Вид севооборота	Сухое просеивание, %			Мокрое просеивание, %		Кс**	Кв***
	>10 мм	10-0,25 мм	<0,25 мм	>0,25 мм	<0,25 мм		
Зернопаровой	36,6	54,9	8,5	33,6	66,4	1,2	0,37
Зернотравяной	26,7	66,4	6,9	36,7	63,3	2,0	0,40
Залежь	19,3	77,1	1,6	94,0	6,0	3,9	0,9
Целина	17,4	79,7	2,9	89,2	10,8	3,7	0,8
Статистическая обработка данных							
Показатели			НСР ₀₅	F теор.	F факт.		
10-0,25 мм			1,522*	6,0	659,599		
>0,25 мм			0,810*	6,0	19478,336		

* – данные достоверны на 5%-ном уровне значимости

** Кс – коэффициент структурности

*** Кв – коэффициент водопрочности

Коэффициент водопрочности с наибольшим значением отмечен на целинных участках - 0,9, что на 57,8% больше чем на паханных вариантах. Следует сделать вывод, что систематические обработки и дефицит свежего растительного вещества снижают водопрочность агрегатов.

По показателю суммы водопрочных оснований почва севооборотов является удовлетворительной, под зернопаровым севооборотом их количество составило 33,6%, а на зернотравяном севообороте оказалось на 9,2% выше.

Длительное использование пашни приводит к ухудшению ее структурного состояния. Средний коэффициент структурности на пашне составил 1,6, в то время, как на естественных ценозах этот показатель составляет 3,8.

Рассев почвы показал, что наибольшее содержание агрономически ценной фракции (10-0,25 мм) находится в почве целинного участка - 79,7% а наименьшее в почве пахотного горизонта зернопарового севооборота – 54,9 %. Немного больше (66,4%) на зернотравяном севообороте, за счет действия многолетних трав. Наиболее близко к целине находится почва залежного участка, где выход ценной фракции составляет 79,1%.

Таким образом, наблюдения показывают, что большее количество поступающей растительной органики, а также пожнивных остатков в виде корневой си-

стемы естественных ценозов и многолетних трав, способствует улучшению физических свойств почвы.

На процесс развития корневой системы и проникновение её в почвенную толщу влияет плотность сложения почвы [116]. По результатам наших исследований эталонной почвой по степени уплотнения является целинный вариант, где плотность сложения находится в пределах $0,70-0,95 \text{ г/см}^3$, в то время как средний показатель на пашне по двум севооборотам составил $1,15-1,45 \text{ г/см}^3$. Залежные земли занимают промежуточный вариант, так как процесс восстановления пашни обусловлен накоплением органического вещества, который положительно влияет на снижение плотности почвы.

Плотность почвы пахотных земель также изменяется под влиянием корневой системы. В начале вегетации (фенофаза кущение) плотность сложения почвы была равной на обоих севооборотах и составляла в среднем слою 0-100 см почвы $1,26 \text{ г/см}^3$. Масса корней на одно растение составляла: на зернопаровом севообороте в 2012 году $0,313 \text{ г}$, $0,681 \text{ г}$ – в 2013 году и $0,684 \text{ г}$ – в 2017 году, в условиях зернотравяного севооборота $0,336 \text{ г}$, $0,911 \text{ г}$ и $0,755 \text{ г}$ соответственно.

К фазе колошения, времени наибольшей активности корневой системы яровой пшеницы, меньшая плотность почвы отмечалась на зернопаровом севообороте, где и масса корней тоже была меньше.

В условиях сухого года плотность сложения почвы под зернотравяным севооборотом составляла $1,45 \text{ г/см}^3$ при массе корней $0,717 \text{ г}$, под зернопаровым севооборотом $1,28 \text{ г/см}$ и $0,353 \text{ г}$ соответственно.

В 2013 году на зернопаровом севообороте плотность составила в среднем по профилю $1,29 \text{ г/см}^3$, масса корней в метровом слое почвы на 1 растение – $0,683 \text{ г}$, в то время как на зернотравяном севообороте плотность почвы была на $7,0\%$, а масса корней на $69,8\%$ выше, чем на зернопаровом севообороте.

Во влажный 2017 год наблюдается увеличение плотности на зернотравяном севообороте на $10,5\%$ выше предыдущей фазы и на $8,5\%$ выше, чем на зернопаровом севообороте. Масса корней также заметно увеличилась на зернотравяном се-

вообороте на 44,5% и составила 1,360 г. Увеличение корневого веса зернопарового севооборота составило 9,6% (0,757 г).

Одинаковая плотность почвы, оптимальная для южного чернозема, в начале вегетации не препятствовала развитию корневой системы растений в условиях обоих севооборотов. В итоге к фазе колошения корни яровой пшеницы зернотравяного севооборота, из-за более высокого уровня плодородия и физических свойств почвы, развились лучше и в свою очередь начали воздействовать на почву, увеличив тем самым её плотность.

В 2012 году к фазе полной спелости на зернопаровом севообороте отмечается увеличение плотности почвы по всему почвенному профилю на 10,9% и она составила 1,42 г/см³, масса корней возросла на 97,2% (0,696 г). Активный рост корневой системы связан с выпадением осадков (спустя 2 дня после отбора проб в фазе колошения) спровоцировавшим быстрый рост корней. Прирост массы корней осуществлялся в основном за счет роста вторичной корневой системы, которая к фазе колошения ещё не была сформирована. А изменение плотности почвы связано с деятельностью корневой системы, аналогичной протекавшей на зернотравяном севообороте в фазе колошения.

На зернотравяном севообороте отмечалось увеличение массы корней на 2,8% и уменьшение плотности почвы на 6,8% относительно фазы колошения.

В условиях 2012 года влияние плотности почвы на развитие корневой системы яровой пшеницы было минимальным и не явным, отмечался обратный процесс, действие деятельности корней на плотность почвы. Связано это с тем, что сезон был засушливым, и лимитирующим фактором была влага, наличие которой в почве и определяло рост корневой системы яровой пшеницы.

К моменту полного созревания яровой пшеницы в 2013 на зернопаровом севообороте масса корневой системы метрового слоя составляла 1,533 г, прирост её составил 124,4%, плотность почвы увеличилась на 4,0% и была равна 1,36 г/см³. На зернотравяном севообороте плотность сложения почвы снизилась относительно уровня в фазу колошения на 1,3%, а масса корней увеличилась на 44,3% и составила 1,674 г.

В фазу спелости в условиях 2017 года на севооборотах отмечается максимальный рост корней на зернопаровом севообороте. Корневая масса составила $1,791 \text{ г/см}^3$, что на 57,7% больше фазы колошения. На зернотравяном севообороте также отмечено увеличение корней в 1,4 раза ($1,949 \text{ г/см}^3$). При активном росте корневой массы отмечается и повышение уплотнения почвы. Увеличение плотности почвы происходит в среднем на 5 % и составляет $1,42 \text{ г/см}^3$ на зернопаровом севообороте и $1,44 \text{ г/см}^3$ на зернотравяном.

Таким образом, плотность почвы, в условиях двух рассматриваемых севооборотов, не является определяющим фактором и не оказывает значимого влияния на рост и развитие корневой системы яровой мягкой пшеницы в 2012-2013-2017гг. Но отмечено влияние корневой системы яровой мягкой пшеницы на плотность сложения почвы, и тем оно сильнее, чем активнее рост корней, что подтверждается коэффициентами корреляции. На зернопаровом севообороте коэффициент корреляции между массой корней и плотностью сложения почвы в среднем по годам составлял: в фазу кущения - $r = -0,42$, в колошение - $r = -0,60$ и в фазу полной спелости $r = -0,65$. На зернотравяном севообороте: кущение - $r = -0,72$; колошение - $r = -0,75$; полная спелость - $r = -0,90$.

Как отмечалось выше, одним из важнейших факторов определяющим рост корневой системы, растений в целом и формирование урожая яровой пшеницы в условиях Саратова является влага, а конкретно запасы продуктивной влаги корнеобитаемого слоя почвы.

Максимальные запасы влаги в среднем по трем годам отмечаются на залежи 35-ти лет (151 мм), не многим меньше на целинных участках (149,1). Наибольший расход приходится на зернотравяной севооборот (106,9 мм) за счет низкой водопрочности почвенных агрегатов пахотных земель и большим использованием влаги растениями с более мощной корневой и вегетативной массой, чем на зернопаровом севообороте, где запасы влаги составили 134,2 мм.

Так как яровая пшеница выращивается на богаре, то наиболее важным условием, носящим регламентирующий характер, для развития растений является погодные условия. А наиболее наглядно эффективность действия осадков на раз-

витие яровой пшеницы показывает гидротермический коэффициент (ГТК). За период вегетации яровой пшеницы он составил в 2012 году 0,4, в 2013 году 1,2 и 2017 – 1,4, что по общепринятой классификации означает в первом случае «сильная засуха», во втором «нормальные условия», в третьем «условия повышенного увлажнения».

Максимальное содержание продуктивной влаги в почве независимо от предшественника отмечено сразу после окончания снеготаяния. Так на зернопаровом севообороте суммарный запас продуктивной влаги метрового слоя почвы на момент окончания снеготаяния в 2012 году составил 207,7 мм. В условиях острой засухи за один месяц (с 3.04 до 5.05) запас продуктивной влаги метрового слоя уменьшился на 42%, а в пахотном слое (0-30 см) на 75,2%.

В 2012 году посев яровой пшеницы был проведен 26 апреля, всходы появились 3 мая. На начальном этапе развития яровой пшеницы отмечалось проявление острой весенней засухи (ГТК = 0,1). Активное проявление засухи отмечено с 20 апреля по 30 мая. Сев пшеницы в 2013 году состоялся 30 апреля, всходы отмечались 6 мая. Недостатка влаги в почве не отмечено, ГТК за период посев – кущение составил 0,7. В 2017 году посев пшеницы произведен 30 апреля, с появлением всходов 10 мая. На момент всходов приходится частое выпадение осадков, ГТК составлял 2,3.

В этих условиях проходило формирование запасов продуктивной влаги корнеобитаемого слоя яровой пшеницы.

Развитие корневой системы в 2012 году было сопряжено с запасами продуктивной влаги. Вследствие достаточной обеспеченности влагой верхних слоев почвы (0-10 см – 9 мм, 0-30 см – 25мм) зернотравяного севооборота первичная корневая система развилась и начала формироваться вторичная, на зернопаровом севообороте из-за быстрого иссушения верхнего слоя (0-10 см – 6 мм, 0-30 см – 20мм), вследствие худшей водоудерживающей способности почвы, успели сформироваться только первичные корни, формирование вторичных корней началось в фазу колошения после выпадения атмосферных осадков. Вследствие этого и первичная и вторичная корневая система растений зернотравяного севооборота про-

никла глубже и использовала большую толщю почвы (70% корней в слое 30-80 см) и питание происходило более интенсивно, что позволило яровой пшенице лучше развиваться, на зернопаровом севообороте питание происходило менее активно и освоен корнями был меньший слой почвы (69% корней в слое 0-60 см).

В 2012 году в условиях Саратова случилось явление являющееся бичом этой зоны, основным негативным фактором которого является специфический процесс весеннего иссушения верхнего горизонта почвы отрицательно влияющий на развитие корневой системы яровой пшеницы. В результате, в годы весенне-летних засух урожай яровой пшеницы резко падает, а влага в почве остается недоиспользованной, вследствие недостаточного развития корневой системы [106].

В условиях 2013 года после снеготаяния в метровом слое почвы на зернопаровом севообороте содержалось 171 мм продуктивной влаги, а на зернотравяном 164 мм. К фазе всходов запасы влаги остались на том же уровне (164 и 160 мм соответственно), иссушения пахотного слоя не произошло.

Результаты наблюдений показывают, что на момент окончания фазы кущения запасы продуктивной влаги метрового слоя почвы на зернопаровом севообороте превышают аналогичные показатели зернотравяного севооборота на 15,5%.

В условиях 2017 года не наблюдается такого мощного запаса продуктивной влаги в почве после снеготаяния (138,6 мм) как в предыдущие года, что объясняется не высоким снежным покровом. Однако на момент всходов наблюдается увеличение запасов влаги на 18%.

В фазу кущения через 30 дней после посева в среднем по 2 севооборотам запас продуктивной влаги метрового слоя в 2012 году уменьшился в 2 раза (104 мм). Причем в корнеобитаемом слое запас влаги от общих метровых запасов составил всего лишь 28,0%, а в 2013 году соответственно 40,0%. Минимальное содержание влаги, в засушливый год, находилось в слое 0-40 см, а в более благоприятном 2013 году на глубине 50-70 см. В 2017 году в фазу наблюдается увеличение запасов влаги в почве на 23,6 % на зернопаровом севообороте и на 16,2 % на зернотравяном севообороте. Наибольшее содержание почвенной влаги отмече-

но в слое 0-30 см по двум севооборотам, что составляет 67,1% от общих запасов зернопарового севооборота и 69,3% - зернотравяного.

Период между фазами кущение и колошение в 2012 году характеризовался средней по активности засухой ($ГТК = 0,7$). В этот период трижды отмечалось выпадение эффективных осадков в сумме 26 мм, однако температура воздуха в отдельные дни достигала $38,6^{\circ}\text{C}$. В условиях 2013 года аналогичный период развития яровой пшеницы характеризовался экстремально влажными для этой зоны погодными условиями с суммой осадков за период 145 мм и $ГТК - 2,2$. Переход от кущения к колошению в 2017 сопровождался обильным выпадением осадков – 66,7 мм, что позволяет формировать вторичную корневую систему.

В 2012 году к фазе колошения запасы продуктивной влаги метрового слоя почвы по сравнению с предыдущей фазой уменьшились на зернопаровом севообороте на 39%, под зернотравяным на 54%. Наиболее активно продуктивная влага использовалась из слоя почвы 60-100 см. К концу фазы колошения на обоих севооборотах наблюдался прирост молодых корней в верхнем, смоченным осадками слое, в условиях зернопарового севооборота это побудило рост вторичной корневой системы, на зернотравяном севообороте узловые корни, сформированные ещё в фазу кущения, проникли на глубину до 40 см, а в слое 0-10 см из узла кущения начали расти молодые вторичные корни.

По мнению В.А. Кумакова развитие узловых корней в поле варьирует по годам в огромной степени, и нередко узловые корни отсутствуют. Они могут расти при влажности почвы в зоне узла кущения не ниже удвоенной гигроскопичности, и в неорошаемых посевах сезонность засух, их глубина и повторяемость целиком определяют характер вторичного укоренения и общую роль узловых корней в формировании урожая [106].

На зернотравяном севообороте масса корней на одно растение составляла 0,717г, а на зернопаровом севообороте 0,353 г.

В условиях 2013 года период между фазами кущения и колошения был дождливым, в итоге происходило насыщение почвы водой, вследствие чего запасы влаги метрового слоя увеличились на зернопаровом севообороте на 43% и на

29% в зернотравяном севообороте относительно уровня в фазу кущения. Погодные условия 2013 года оказали сильное влияние на рост и развитие растений. Не наблюдалось пересыхания верхних слоев почвы, в фазу колошения вторичная корневая система хорошо развилась на обоих севооборотах и находилась в слое 0–40 см. Масса корневой системы увеличилась относительно фазы кущения на зернотравяном севообороте на 27 % и на 2% в условиях зернопарового севооборота. На обоих севооборотах отмечается своевременное развитие узловых корней, которые находятся в слое почвы 0–50 см.

В 2017 году по двум севооборотам наблюдается незначительное снижение запасов влаги на 5,3% относительно предыдущей фазы. Максимальное содержание также отмечено в верхнем слое почвы за счет частых атмосферных осадков. ГТК за период колошения составляет 1,2. Наибольший прирост корней относительно предыдущей фазы отмечается на зернотравяном севообороте (44,5% или 1,360 г). На зернопаровом увеличение составляет 9,6% (0,757 Г). Общая масса корневой системы по двум севооборотам в 2017 году превышает аналогичные показатели 2012 года на 69,7% и 2013 года на 49,5%.

За время между фазами колошения и полной спелости в 2012 году отмечалась сильная засуха ГТК за период – 0,4. В 2013 году в аналогичный период наблюдается средняя засуха ГТК – 0,6, но выпавшие в предшествующий период осадки позволяют растениям развиваться в нормальном режиме. В 2017 году ГТК этого периода равен 1.

В засушливых условиях 2012 года между фазой колошения и полной спелости выпало 39 мм осадков, что отразилось в первую очередь на сильно угнетенных растениях зернопарового севооборота, вследствие чего происходило активное нарастание корневой массы, вес её увеличилась вдвое относительно фазы колошения. Запас продуктивной влаги метрового слоя почвы уменьшился по сравнению с фазой колошения на зернопаровом севообороте на 7,3%, а на зернотравяном севообороте на 35,5% и составил соответственно 62 мм и 28 мм. Дифференцированное использование влаги по разным предшественникам объясняется недоразвитостью корневой системы яровой пшеницы в условиях зернопарового севооборота, из-за этого слабым развитием растений и следовательно

но более низким уровнем транспирации, чем на зернотравяном севообороте и как результат и меньшим расходом продуктивной влаги из почвы.

В 2013 году за аналогичный период запасы влаги сократились на зернопаровом севообороте на 56,0% и 76,0% под зернотравяным севооборотом. Прирост массы относительно предыдущего периода составил на зернопаровом севообороте 73%, в условиях зернотравяного севооборота – на 44% и масса корней составила соответственно 1,533 г и 1,674 г на одно растение.

В 2017 году в фазу спелости ГТК составил 0,8. Отмечается наибольший расход запасов влаги. На зернопаровом севообороте снижение составляет 19,3%, а на зернотравяном 26,3%. Более эффективное расходование влаги зернотравяным севооборотом объясняется лучшим развитием растений и. Наименьшее содержание влаги отмечено в верхнем слое, не зависимо от севооборота, наибольшее – в слое 50-100 см. Прирост корневой системы с наибольшим значением отмечен на зернопаровом севообороте – 57,7%, что позволило сформировать 1,791 г корней на одно растение. Тем не менее, максимальная масса образовалась под зернотравяным севооборотом – 1,949 г, на 8,1% больше значения веса корней севооборота без использования трав.

Таким образом, в среднем по всем исследуемым годам и видам ценоза лучше всего корневая система формировалась в условиях 2017 года, за счет достаточного поступления влаги в почву с атмосферными осадками, умеренным поступлением солнечного света.

В среднем за вегетацию по двум севооборотам в 2017 году масса корней на одно растение больше 2012 года на 56,3%, 2013 - на 9%. Это доказывает, что сложившиеся погодные условия 2017 года более благоприятны для формирования мощной корневой системы.

В ходе исследований выявлено, что в условиях засухи, нормального увлажнения и повышенного увлажнения потребление влаги из почвы растениями яровой пшеницы идет по одинаковой схеме, с пропорционально одинаковой разницей между севооборотами, изменяются только объемы, которые зависят от уровня развития растений.

Выявлены особенности размещения корневой системы в метровом слое почвы. В засушливых условиях она располагается на зернопаровом севообороте в слое 0-60см

(69%) и в слое 30-80см (70%) на зернотравяном севообороте, тогда как во влажных условиях в слое 0-50 см (74%) независимо от севооборота. Что так же подтверждает в своих исследованиях В.А. Кумаков: «Режим влажности почвы сильно влияет на распределение массы корней. При частых осадках или поверхностном орошении 70-90% корней располагается на глубине до 40—50 см, в том числе 60-75% - в пахотном слое, а в засушливых условиях отдельные зародышевые корни проникают до 180-200 см, а вся масса корней более равномерно распределяется в слое почвы 0-80 – 0-100 см» [106].

В засушливых условиях формирование вторичной корневой системы определяется содержанием влаги в почве и количеством и сроками выпадающих атмосферных осадков.

4.3. Анализ корневой системы различных ценозов как источника питательных элементов

Корневая система растений оказывает сильное воздействие на процесс пополнения органического вещества. Отмечено, что рост ризомассы идет быстрее относительно скорости фитомассы. Отдельные ценозы могут формировать корневую систему равную или даже превышающую по массе надземную часть (рисунок 15) [29,65,174].

При учете растительных остатков, как источника минерального питания, первоочередное значение необходимо уделять именно корням на почвах интенсивно используемых в сельском хозяйстве, так как именно на пашне происходит наибольшее отчуждение элементов питания [49,50].

Исследования, проведенные на различных ценозах показали, что корневая система целинного участка имеет больший процентный вес в массе всего растения. В среднем за все время изучения этот показатель был выше на целине в 1,7 и 1,3 раза чем на залежи и на пашне (таблица 18).



Рисунок 15 – Отбор корневой системы на залежном ценозе

Условия года также оказывают влияние на массу корней. На ценозах с естественной растительностью отмечается снижение веса ризосферы с увеличением влагообеспеченности. Это позволяет предположить, что чем больше доступной почвенной влаги, тем лучше формируется вегетативная масса. Так, на целине и залежи отмечается снижение отношения массы корней к массе всего растения в условиях влажного года на 14% относительно засушливого.

На пахотных почвах наблюдается обратный процесс – с увеличением влажности почвы увеличивается и корневая система относительно веса всего растения. Так, в условиях 2017 года отношение массы корней к весу всего растения составило 42,6, что на 35,2% выше веса в 2012 году. За счет прироста корневой массы растения пахотных ценозов увеличивают площадь питания и лучше поглощают необходимые для роста и развития элементы.

Применение удобрений не отразилось на процентном увеличении корневой массы. Дополнительные питательные элементы шли на формирование вегетативной (продуктивной) массы.

Таблица 18 – Доля корневой и вегетативной массы в составе растительных остатков различных ценозов за период исследований

Вид угодья	Год	Вегетативная масса, т/га		Корневая масса, т/га		Сумма вегетативной и корневой массы, т/га		Доля массы корней в растительных остатках, %	
		1*	2	1	2	1	2	1	2
Целина (сено)	2012	0,6	0,9	0,6	0,8	1,2	1,7	48,3	48,3
	2013	2,4	4,1	1,8	2,2	4,2	6,3	44,4	34,6
	2017	4,2	4,9	3,3	4,3	7,5	9,2	43,4	45,7
Среднее по годам		2,4	3,3	1,9	2,5	4,3	5,8	45,3	43,2
Залежь (сено)	2012	2,0	3,3	0,8	1,3	2,8	4,6	29,8	28,1
	2013	2,6	4,8	1,0	1,4	3,7	6,2	28,2	22,5
	2017	6,1	7,0	1,7	2,6	7,8	9,6	22,3	27,1
Среднее по годам		3,6	5,1	1,2	1,8	4,8	6,8	26,8	25,9
Пашня (солома)	2012	1,8	2,2	0,6	0,8	2,4	3,0	25,9	27,9
	2013	2,0	2,4	0,9	1,2	2,9	3,6	30,8	33,3
	2017	2,2	2,7	1,7	2,0	3,9	4,7	43,0	42,6
Среднее по годам		2,0	2,4	1,1	1,4	3,1	3,8	33,2	34,6

1* - без удобрений, 2 – доза N₆₀

** - корневая масса метрового слоя почвы

Как видно из таблицы 18 под целинным участком в среднем за все годы масса корней была выше, чем на залежи и пашни в 1,6 и в 1,8 раза, что связано с уровнем обогащенности доступными питательными элементами (рисунок 16, приложение 24). Так, в условиях сильной засухи наибольшая масса корней отмечена на залежном участке (0,85 т/га), минимальная на целине (0,55 т/га). Это говорит о возможности корней растений естественного произрастания проникать глубоко за пределы метрового слоя, с отмиранием боковых корней.

В 2013-2017 гг. за счет достаточного количества влаги и доступности элементов питания отмечается увеличение корневой системы целины в 4,7, залежи в 2,4, пашни в 2,1 раза. При этом ризосфера целины увеличилась относительно залежи и пашни на 48%.

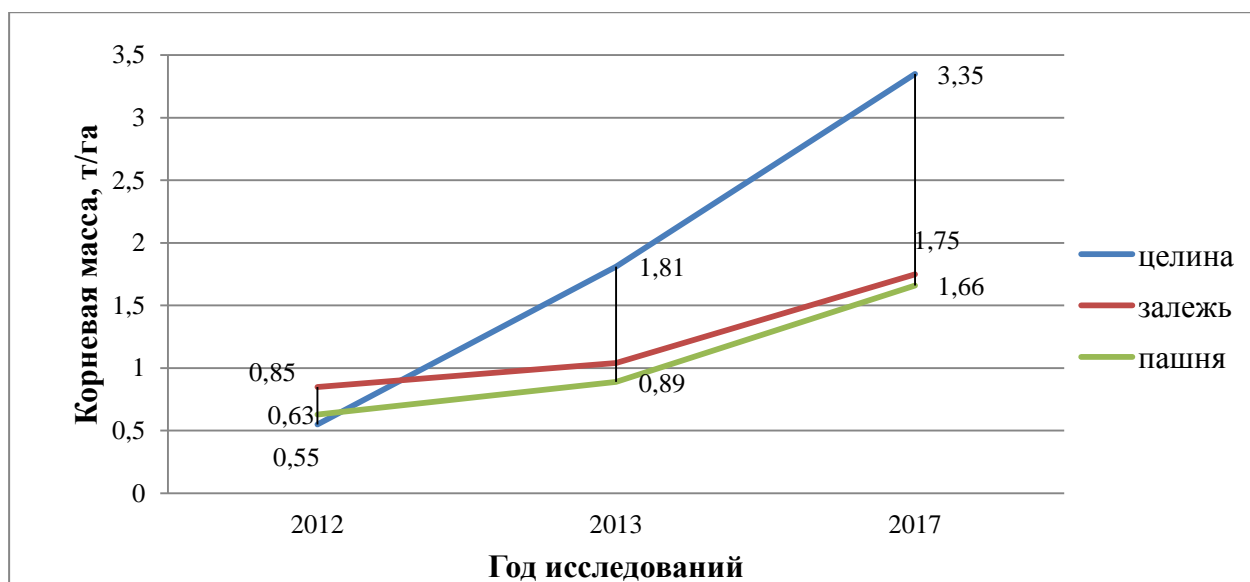


Рисунок 16 – Корневая масса метрового слоя почвы различных ценозов агро-ландшафта за время исследований, т/га

Таким образом, содержание элементов питания и уровень влагообеспеченности отражаются на процентном весе корневой массы относительно веса всего растения, а также на развитии корней в целом.

4.4. Влияние различных культур севооборота на развитие корневой системы яровой пшеницы

Наряду с влагообеспеченностью важную роль в формировании корневой системы яровой пшеницы и, в конечном итоге влияющими на ее урожайность, играют почвенно-экологические условия и, прежде всего, уровень обеспеченности и соотношения между основными элементами почвенного плодородия [121,126,151,183].

Многочисленными исследованиями подтверждено, что корневая система стремится и усиленно ветвится преимущественно в тех частях почвы, где насыщенность питательными веществами выше [101,169,182,186].

Корневая система растений эволюционно приспособлена к поиску и поглощению элементов питания, содержащихся в почве, как правило, в небольших количествах. Проявлением данной приспособленности, по-видимому, является то,

что поверхность корней значительно превосходит поверхность надземной части растения.

Температурный режим почвы сопряжено с почвенной влагой активизируют микробиологические процессы в почве, что в свою очередь способствует выделению питательных элементов в доступной для растений форме [111].

Кущение. При примерно равном содержании элементов почвенного плодородия в метровом слое почвы (10% в пользу зернотравяного севооборота) содержание отдельных элементов было выше под зернотравяным севооборотом, что, по-видимому, связано с длительным возделыванием многолетних трав в этом севообороте (с 1986 года) и разложением обогащенных азотом корневых и пожнивных остатков многолетних трав.

06.06.2012 года. По содержанию подвижного фосфора (таблица 19) корнеобитаемый слой под зернотравяным севооборотом был более обогащен, чем под зернопаровым севооборотом. В среднем по 30-ти сантиметровому слою зернотравяного севооборота его содержалось на 28%, а в метровом слое на 43 % выше, чем под зернопаровым севооборотом.

Обеспеченность калием в условиях обоих севооборотов хорошая. На зернопаровом севообороте его содержание в среднем по профилю составляет 127 мг/кг, в пахотном слое 225 мг/кг, на зернотравяном содержание калия выше соответственно на 18,9 % и 15,5 %.

Содержание минерального азота, прежде всего нитратного, наряду с влажностью в почве наиболее полно характеризует условия нарастания корневой массы. Так в 2012 году к фазе кущения содержание нитратного азота в пахотном слое под зернопаровым севооборотом было на 32,2 %, а в слое 0-50 на 31,0% выше, чем под зернотравяным. Но начиная с 60 см содержание нитратного азота под зернотравяным севооборотом прогрессивно увеличивалось, содержание его в слое 70-100 см составляло 16,4 мг/кг, что в 4 раза выше, чем под зернопаровым севооборотом.

Таблица 19 – Показатели основных экологических факторов метрового слоя почвы под яровой пшеницей различных севооборотов за период исследований

Фазы развития	Год	Севооборот	Элементы				
			NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН вод	t°С
			мг/кг				
Кущение	2012	1*	5,5	7,5	127	9,0	20,1
		2	9,3	12,7	151	8,2	19,7
	2013	1	5,2	4,7	122	9,0	18,5
		2	6,1	8,9	161	8,7	18,9
	2017	1	1,03	1	219	8,7	15,9
		2	1,73	9	189	8,0	19,1
	Среднее по годам	1	3,9	4,4	156,0	8,9	18,2
		2	5,7	10,2	167,0	8,3	19,2
Колошение	2012	1	4,6	7,3	125	9,2	23,1
		2	5,5	13,4	175	8,1	23,2
	2013	1	3,0	4,7	102	8,9	22,6
		2	4,8	3,5	128	8,8	22,8
	2017	1	3,34	4,8	167	8,8	20,6
		2	1,44	5,8	148	8,6	19,5
	Среднее по годам	1	3,6	5,6	131,3	9,0	22,1
		2	3,9	7,6	150,3	8,5	21,8
Спелость	2012	1	2,8	10,8	132	9,1	25,8
		2	5,4	18,6	159	8,2	23,2
	2013	1	1,9	4,5	110	9,2	22,6
		2	2,5	5,1	143	8,9	23,3
	2017	1	1	10,7	212	8,2	25,6
		2	0,89	8	208	8,8	24,1
	Среднее по годам	1	1,9	8,7	151,3	8,8	24,7
		2	2,9	10,6	170,0	8,6	23,5

1*-зернопаровой севооборот, 2 – зернотравяной севооборот

В среднем по метровому профилю содержание нитратного азота на зернотравяном севообороте было на 69,1 % выше, чем на зернопаровом севообороте (рисунок 17).

Основная масса корней в период кущения на зернопаровом севообороте находилась в слоях 10-30 и 40-70 см (78%), на зернотравяном севообороте 60% корней соответственно в слоях 20-50 и 60-80 см, вторичная корневая система размещалась в слое 0-10 см и составляла 26% от общей массы корней (приложение 25).

Такое контрастное распределение азота по профилю сравниваемых севооборотов, связано, видимо, с более высоким темпом образования корневой, а значит

и вегетативной массы растений в зернотравяном севообороте за счет чего и произошло его усвоение, повышенная концентрация в нижних слоях объясняется внутрипочвенной миграцией, в течение всего прошлого сезона и весны.

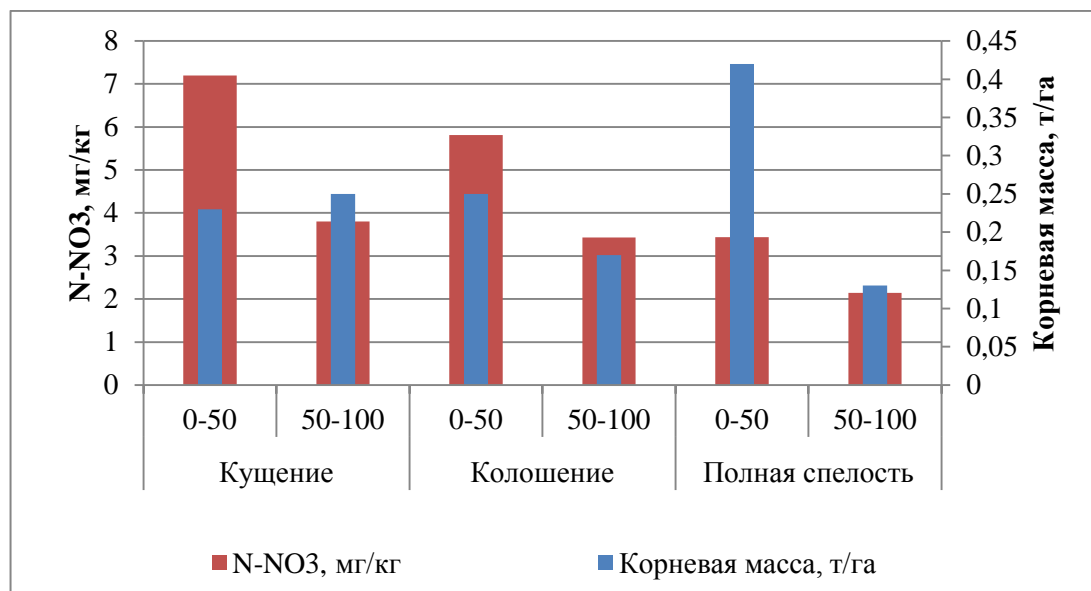


Рисунок 17 – Взаимосвязь накопления корневой массы растений в зернопаровом севообороте с содержанием в почве нитратного азота в метровом слое почвы (2012 г.)

Эта особенность скопления азота внизу почвенного профиля на зернотравяном севообороте смягчила действие засухи, вследствие того, что первичные корни стремились в нижние слои, где так же содержалось достаточное количество влаги. Это позволило сформировать вегетативную массу, способную прикрывать поверхность почвы и препятствовать в большей степени, чем на зернопаровом севообороте испарению влаги с поверхности почвы и тем самым позволило более эффективно расходовать воду, а с ней и питательные элементы.

На рост корней и процесс поглощения питательных веществ из почвы большое влияние оказывает рН среды. Реакции почвенного раствора в зоне развития корневой системы на двух рассматриваемых севооборотах была щелочной. На зернопаровом севообороте рН в верхних слоях почвы составляла 8,6 с постепенным возрастанием щелочности до 9,3 вниз по профилю. В условиях зернотравяного севооборота закономерность проявления имела интразональный характер. В

слое 0-10 см значение рН составило 8,0 единиц. В зоне наиболее активной деятельности корневой системы многолетних трав (40 см) этот показатель снижался до 7,3, затем щелочность почвенного раствора вниз по профилю до глубины 1 м увеличивалась до 8,9 единиц. В среднем же по профилю реакция среды на зернопаровом севообороте составляла 9,0 единиц, а на зернотравяном на 9,4 % меньше.

Более высокий уровень взаимосвязи массы корневой системы с элементами почвенного плодородия на зернотравяном севообороте обусловлен активным её ростом (0,336 г) и вегетативной части 8,025 г, на зернопаровом севообороте в связи с большой угнетенностью растений прирост корней был меньше на 6,8%, а надземной части на 51,5%.

27.05.2013 года. Действия засухи к фазе кущения не отмечалось, но общая тенденция распределения элементов плодородия по профилю сохранилась.

Содержание в почве нитратного азота в среднем по метровому профилю почвы на зернопаровом севообороте было ниже на 5,4%, чем в 2012 году. На зернотравяном севообороте на третий год после распашки многолетних трав, содержание азота составило 6,1 мг/кг, что на 34,4% ниже, чем в аналогичный период прошлого года. Так же не осталось азота в нижней части профиля 70-100 см (рисунок 18).

Содержание фосфора так же было ниже, чем в 2012 году, в условиях зернопарового севооборота на 57,4 % и на 29,9 % в условиях зернотравяного севооборота, составив соответственно 4,7 мг/кг и 8,9 мг/кг. Содержание фосфора на зернотравяном севообороте было на 89,4 % выше.

Более низкое содержание фосфора и нитратного азота в 2013 году относительно предыдущего сезона можно объяснить выносом их культурой, особенно в условиях зернотравяного севооборота, где сформировался запас азота от деятельности многолетних трав. А так же более низкими температурами окружающей среды, что как известно влияет на биологическую активность почвенных микроорганизмов.

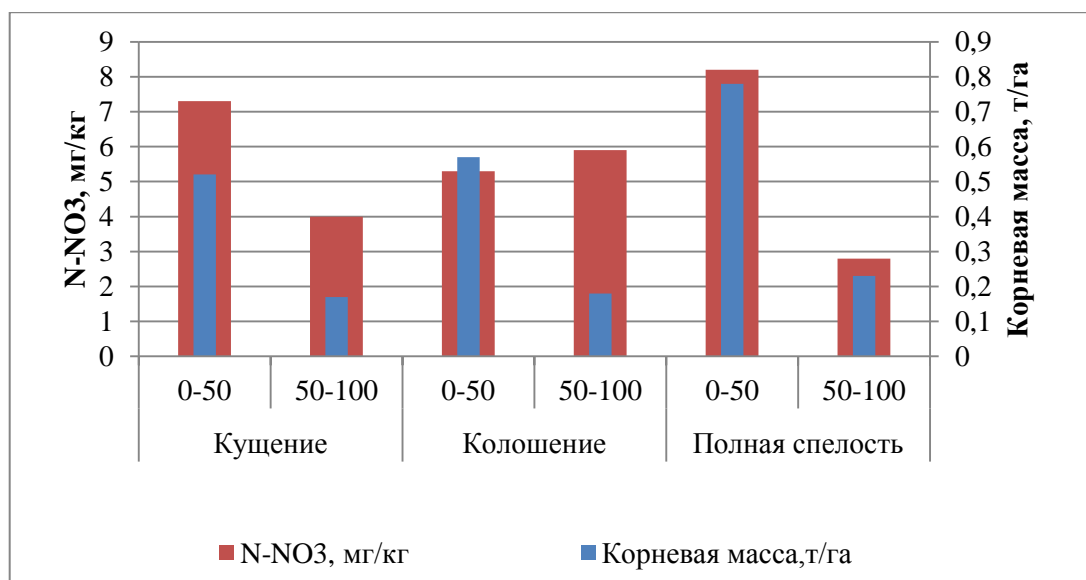


Рисунок 18 – Взаимосвязь накопления корневой массы растений в зернотравяном севообороте с содержанием в почве нитратного азота в метровом слое почвы (2013 г.)

Реакция среды в среднем по метровому профилю в условиях 2013 года была более щелочной, чем в 2012 году на зернотравяном севообороте - 8,7 единиц и осталась на прежнем уровне 9,0 на зернопаровом севообороте. Особенности распределения по профилю сохранялась на протяжении всего времени наблюдения и во все фенологические фазы, изменялась только степень щелочности, обычно увеличиваясь в середине вегетации растений.

Формирование корневой системы происходило, созвучно почвенно-экологическим условиям, в которых она находилась. На зернотравяном севообороте масса корней была выше на 34,1% выше, чем на зернопаровом севообороте. Узловые корни к фазе кущения сформировались в условиях обоих севооборотов, но масса их была больше также на зернотравяном севообороте. Находилась вторичная корневая система в слое 0-20 см под зернопаровым севооборотом и в слое 0-30 см под зернотравяным севооборотом.

Более высокая связь прироста корневой системы с почвенно-экологическими факторами в условиях 2013 года обуславливается интенсивностью роста корней, масса которых была выше, чем в аналогичный период 2012 года в зернопаровом севообороте на 117,2% и в зернотравяном севообороте на

171,4%. А так же достаточным увлажнением, вследствие чего повысилась степень потребления питательных элементов растениями яровой мягкой пшеницы.

В начале вегетации на рост корней яровой пшеницы первостепенное влияние оказывает степень обеспеченности их нитратным азотом, фосфором, калием и достаточное количество продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы.

12.06.2017 года. Обеспеченность таким элементом питания, как доступный фосфор на момент кущения яровой пшеницы на обоих севооборотах была низкая, и сконцентрирована в верхнем почвенном горизонте. В условиях зернопарового севооборота в слое 0-30 сосредоточено 100% всего почвенного запаса, что составило 10 мг/кг почвы. Под почвой зернотравяного севооборота основной запас фосфора располагался в слое 0-40 см, что на 88,9% больше зернопарового севооборота, за счет положительного действия многолетних трав прошлого года. Нижние слои почвы обеднены доступным фосфором из-за низкой активности фосфорсинтезирующих бактерий что связано с малым количеством солнечных дней. Новообразованное количество доступного фосфора одномоментно расходуется на формирование корневой и вегетативной массы.

Содержание нитратного азота в почве также заметно уступает предыдущим годам. Запас практически не формируется за счет активного расхода на рост и развитие растений. Максимальная концентрация сосредоточена в слое 20-30 см - 58,5% от метровых запасов на зернопаровом, и в слое 60-100 см (39,5%) на зернотравяном севообороте. В среднем тенденция большего накопления питательных элементов под зернотравяным севооборотом сохранилась и в 2017 году - разница между севооборотами составила 2,1 раза, в пользу пашни с использованием многолетних трав.

Обеспеченность подвижным калием 2017 года выше по сравнению с предыдущими годами на зернопаровом севообороте на 43%, и составила в среднем по профилю 219 мг/кг почвы. В условиях зернотравяного севооборота доступность выше на 17,5% (189 мг/кг почвы).

Реакция среды в среднем по профилю зернопарового севооборота была более щелочной на 8%. С постепенным увеличением вниз по профилю до 8,95. В

почве верхнего слоя зернотравяного севооборота отмечается рН равная 7,1, при максимальном значении в нижнем слое [132,200]

Развитие корневой системы проходило одинаково не зависимо от севооборота, наибольшей освоенностью отмечен слой 0-30 см, что составляет 32% от профильного распределения. По сравнению с предыдущими исследуемыми годами достаточное количество влаги позволило увеличить корневую массу на 78,6% относительно 2012 года и 55,5% относительно 2013 года по зернопаровому севообороту. Однако уступает 2013 году по массе корней на одно растение на зернотравяном севообороте на 17,2% за счет большего содержания доступных элементов питания.

Взаимосвязь с основными факторами, определяющие формирование корневой системы для фазы кущения в среднем за три года составляла: в зернопаровом севообороте для азота $r = 0,53$ ($y = -0,6003x + 7,1878$, $R^2 = 0,28$), для фосфора $r = 0,89$ ($y = -0,179x + 1,4218$, $R^2 = 0,79$), для калия $r = 0,88$ ($y = -1,0737x + 21,522$, $R^2 = 0,77$), для реакции среды $r = -0,90$ ($y = 0,0718x + 8,5171$, $R^2 = 0,81$), для температуры $r = 0,86$ ($y = -0,5778x + 21,158$, $R^2 = 0,74$) и $r = -0,30$ ($y = 0,4137x + 3,4522$, $R^2 = 0,09$), $r = 0,95$ ($y = -0,3533x + 2,9669$, $R^2 = 0,90$), $r = 0,95$ ($y = -2,3182x + 29,433$, $R^2 = 0,90$), $r = -0,91$ ($y = 0,1378x + 7,5653$, $R^2 = 0,83$), $r = 0,97$ ($y = -0,9044x + 23,931$, $R^2 = 0,94$) в зернотравяном соответственно (приложение 26).

Колошение. Наступление этой фазы отмечалось через 20 дней в 2012 году, через 31 день в 2013 году и через 33 дня в 2017 году после наступления фазы кущения.

Период между фазами кущения и колошения в 2012 году характеризовался средней по активности засухой (ГТК = 0,7). В этот период трижды отмечалось выпадение эффективных осадков в сумме 26 мм, однако температура воздуха в отдельные дни достигала 38,6°C. На зернотравяном севообороте растения развивались с опережением на 4-5 дней относительно зернопарового севооборота. В этот период вегетации отмечалась гибель отдельных растений в результате воздействия засухи предыдущего периода. Количество погибших растений было

примерно одинаково на обоих севооборотах и составило 33-34% от общего количества всходов.

В условиях 2013 года аналогичный период развития яровой пшеницы характеризовался экстремально влажными для этой зоны погодными условиями с суммой осадков за период 145 мм и ГТК=2,2. Растения сравниваемых севооборотов развивались одинаковыми темпами.

В 2017 году ГТК составил 1,2, что говорит об оптимальных погодных условиях для нормального развития растения в целом. Иссущения пахотного слоя не наблюдалось. Развитие растений зернотравяного севооборота шло с небольшим опережением.

Самое большое потребление питательных элементов отмечалось в зоне максимального сосредоточения корневой системы яровой пшеницы. Содержание азота в почве снизилось в среднем по профилю за 2012-2013 гг, под зернопаровым севооборотом на 16,4% и 42,3%, под зернотравяным севооборотом на 34,4% и 21,3%. Наиболее активное потребление азота в 2012 году происходило из слоя почвы 40-100 см, что обусловлено недостаточным увлажнением верхних горизонтов. В 2013 году распределение корневой системы по почвенному профилю было равномерным и вместе с этим потребление всех питательных элементов происходило из всего профиля, и увеличенное потребление в зоне действия вторичных корней 0-40 см. Условия 2017 года сложились таким образом, что в период колошения наблюдается накопление нитратного азота за счет повышения температурного режима, уменьшения частоты выпадения осадков и вследствие активизации микробиологической активности. Запасы восполнились на 66% под почвами зернопарового севооборота и на 75,4% под зернотравяным севооборотом соответственно.

Потребление фосфора и калия по годам было различным. В условиях 2012 года содержание этих элементов увеличивалось, в среднем по двум севооборотам на 2,8% и 8,1% соответственно. Это говорит о том, что деятельность микроорганизмов почвы была высока, а потребление растениями из-за засухи было настолько низким, что происходило их накопление. В 2013 году содержание этих элемен-

тов по почвенному профилю было ниже на зернопаровом севообороте фосфора на 35,5%, калия на 18,4%, на зернотравяном севообороте соответственно на 74,3% и 27,1%. Их потребление яровой пшеницей происходило особенно активно в условиях зернотравяного севооборота, где содержание фосфора снизилось относительно фазы кущения на 60,6%, а калия на 20,3%. На зернопаровом севообороте содержание фосфора осталось на прежнем уровне, калия сократилось на 16,7%.

Во влажном, нестандартном 2017 году на зернопаровом севообороте отмечается увеличение содержания подвижного фосфора на 79% по сравнению с фазой кущения. Наибольшая концентрация отмечена в слое 0-10 см (16,4 мг/кг почвы) и в слое 80-100 (6,0 мг/кг почвы), за счет внутрипочвенной миграции и стока в нижележащие горизонты. На зернотравяном севообороте выявлен закономерный расход элемента на 35,8%, содержание которого сосредоточено в верхнем горизонте.

В середине вегетационного периода 2017 года отмечен расход подвижного калия в среднем по двум севооборотам на 22,9%.

В 2012 года на зернотравяном севообороте вторичная корневая система развилась и проникла на глубину до 30 см, на зернопаровом севообороте питание растений происходило за счет первичных корней, вторичные не сформировались из-за иссушения верхнего слоя почвы, масса корней на одно растение составляла соответственно 0,353г и 0,717г.

Погодные условия 2013 года оказали сильное влияние на рост и развитие растений. Не наблюдалось пересыхания верхних слоев почвы, в фазу колошения вторичная корневая система хорошо развилась на обоих севооборотах и находилась в слое 0-40 см. Масса корневой системы увеличилась относительно фазы кущения на зернотравяном севообороте на 27 %, на зернопаровом севообороте на 2%.

Хорошее увлажнение 2017 года позволило активно наращивать корневую массу, лимитирующим фактором являлась скорость формирования доступных для растений элементов питания. По сравнению с 2012-2013 гг. масса корневой системы увеличилась на 31,6% на зернопаровом и на 26,3% - на зернотравяном се-

вообороте. Разница между севооборотами влажного года составила 1,8 раза, что говорит о лучшем формировании питательного режима для развития корней в условиях применения многолетних трав. Основная масса корней (31,4%) по двум севооборотам не выходит за пределы слоя 30 см, по этому можно судить, что растениям не требуется углубляться в профиль для обеспечения своих потребностей.

Наиболее важными экологическими факторами оказывающими влияние на рост и развитие корневой системы в этот период по итогам трех лет оказались на зернопаровом севообороте содержание азота в почве $r = 0,95$ ($y = -0,7604x + 7,846, R^2 = 0,90$), содержание фосфора $r = 0,88$ ($y = -0,1645x + 1,4656, R^2 = 0,77$), содержание калия $r = 0,93$ ($y = -1,2444x + 19,978, R^2 = 0,86$), pH среды $r = -0,52$ ($y = 0,0579x + 8,632, R^2 = 0,27$) и температура почвы $r = 0,95$ ($y = -0,8945x + 27,047, R^2 = 0,90$). На зернотравяном севообороте содержание нитратного азота $r = 0,78$ ($y = -0,2321x + 5,1738, R^2 = 0,61$), содержание фосфора $r = 0,89$ ($y = -0,2271x + 2,008, R^2 = 0,79$), калия $r = 0,96$ ($y = -2,2737x + 27,556, R^2 = 0,92$), pH среды $r = -0,78$ ($y = 0,1362x + 7,7644, R^2 = 0,61$) и температура почвы $r = 0,94$ ($y = -0,903x + 26,82, R^2 = 0,88$) (приложение 27).

Полная спелость. За время между фазами колошения и полной спелости в 2012 году отмечалось повторное обострение засухи за период (ГТК=0,4). В 2013 году в аналогичный период наблюдается слабая засуха (ГТК =0,6), но выпавшие в предшествующий период осадки позволяют растениям развиваться в нормальном режиме. Засухи в период спелости яровой пшеницы 2017 не отмечается, ГТК = 0,8.

В этот период в 2012 году на зернотравяном севообороте содержание азота в метровом слое почвы практически не изменилось, фосфора увеличилось на 38,1% калия снизилось на 9,0%, на зернопаровом содержание азота снизилось на 40,3%, а запасы фосфора и калия увеличились соответственно на 47,9% и 6,1%. В 2013 году под зернопаровым севооборотом содержание азота и фосфора снизилось соответственно на 37,2% и 3,3%, а калия возросло на 8,1%, на зернотравяном севообороте азота стало меньше на 48,0%, а содержание фосфора и калия увели-

чилоь соответственно на 44,1% и 12,4%. Потребление питательных элементов определялось состоянием растений и наличием влаги. В условиях 2017 года отмечено снижение нитратного азота на 76,2% под почвами зернопарового севооборота и на 49,2% - под зернотравяным севооборотом. Содержание фосфора и калия заметно увеличивается на 54,8% и 21,2% на зернопаровом севообороте и 27,4% и 28,8% - на зернотравяном севообороте. Данная динамика объясняется тем, что растения не успевают усваивать весь доступный объем элементов, за исключением нитратного азота, который продолжает учувствовать в формировании зерна.

Реакция почвенного раствора в 2013 году на обоих севооборотах увеличилась в среднем по профилю на 0,1 - 0,2 единицы и составила на зернопаровом севообороте 9,2, а на зернотравяном севообороте 8,9. В 2012 и 2017 гг. этот показатель на зернотравяном севообороте изменился в сторону увеличения, а на зернопаровом в сторону уменьшения и достиг уровня периода кущения. В среднем по метровому профилю составив 9,1 (2012 г), 8,3 (2017 г) для зернопарового севооборота и 8,2 (2012 г) 8,9 (2017 г) для зернотравяного севооборота (рисунок 19).

В засушливых условиях 2012 года между фазой колошения и полной спелости выпало 39 мм осадков, что отразилось в первую очередь на сильно угнетенных растениях зернопарового севооборота, где масса корней увеличилась на 97% относительно фазы колошения и составила 0,69 г на одно растение, на зернотравяном севообороте корневая масса увеличилась всего на 3% и составила 0,74 г. Именно этот факт определил активное потребление азота, фосфора и калия на зернопаровом севообороте и незначительное, в сравнении зернотравяным севооборотом, где развитие корневой системы и растений в целом происходило без скачков.

Ранжировать экологические факторы по степени их влияния на рост и развитие корневой системы яровой мягкой пшеницы, исходя из коэффициентов корреляционной зависимости в фазу полной спелости можно следующим образом.

На зернопаровом севообороте – содержание азота $r = 0,93$ ($y = -0,2008x + 3,0007$, $R^2 = 0,86$), фосфора $r = 0,93$ ($y = -0,2376x + 2,1762$, $R^2 = 0,86$), калия $r = 0,95$ ($y = -1,4465x + 23,089$, $R^2 = 0,90$), реакция среды $r = -0,81$ ($y = 0,1231x + 8,1858$, $R^2 =$

0,66), температура почвы $r = 0,97$ ($y = -0,8347x + 29,171$, $R^2 = 0,94$). На зернотравяном севообороте – содержание азота в почве $r = 0,90$ ($y = -0,3954x + 5,1022$, $R^2 = 0,81$), содержание фосфора $r = 0,97$ ($y = -0,2653x + 2,5147$, $R^2 = 0,94$), содержание калия $r = 0,94$ ($y = -1,7343x + 26,556$, $R^2 = 0,88$), pH реакция среды $r = -0,75$ ($y = 0,1032x + 8,0978$, $R^2 = 0,56$), температура почвы $r = 0,95$ ($y = -0,5824x + 26,667$, $R^2 = 0,90$) (приложение 28).



Рисунок 19 – Определение pH водной в почвенных образцах на иономере

В 2013 году прирост массы относительно предыдущего периода составил на зернопаровом севообороте 73%, в условиях зернотравяного севооборота на 44 %, масса корней составила соответственно 1,18 г и 1,67 г на одно растение. В 2017 году корневая масса зернопарового севооборота увеличилась на 57,7% (1,791 г на одно растение), и на 30,2% (1,949 г на одно растение) на зернотравяном. Погодные условия определяли рост и развитие корневой системы яровой пшеницы, масса её в 2013 год была на 55% выше, а 2017 на 61,5%, чем в условиях засушливого 2012. Наряду с отличиями в массе отмечались различия и в локализации

корней пшеницы, в условиях достаточного увлажнения они равномерно распределились по почвенному профилю, с незначительным увеличением концентрации в зоне действия вторичных корней 0-50 см, а в 2012 году основная масса корней стремилась к слоям почвы насыщенным влагой и концентрировалась в горизонте 40-80 см где наблюдался некоторая стабильность обеспечения корневой системы яровой пшеницы, как продуктивной влагой, так и питательными элементами.

Таким образом, в экологических условиях засушливого года формирование корневой системы определяется содержанием влаги в почве и количеством и сроками выпадающих атмосферных осадков, влияние на её развитие уровня обеспеченности почв питательных элементов является второстепенным. Во влажные годы напротив наличие питательных элементов обуславливает и лимитирует рост и развитие корневой системы растений яровой мягкой пшеницы.

Предшественник яровой пшеницы оказал заметное влияние на содержание питательных элементов в корнеобитаемом слое почвы, как следствие на зернотравяном севообороте по результатам трех лет масса корней была на 30%, а урожайность в 2,2 раза выше, чем на зернопаровом севообороте.

4.5. Связь химического состава корневой и вегетативной массы с повышением почвенного плодородия

В условиях интенсивного использования сельскохозяйственных земель главным условием является поддержание и повышение уровня плодородия почвенной системы [133,149,201,210].

Плодородие – это сложная система, подразумевающая удовлетворять потребности растений в оптимальных условиях для произрастания. Важным составляющим плодородия является органическое вещество почвы, которое образуется из отмерших и послеуборочных остатков растений (корни, листья), почвенных животных и микроорганизмов, продуктов их жизнедеятельности. В литературе приводится ряд сведений о роли корневых и пожнивных остатков в повышении почвенного плодородия пахотных земель [101, 150,169,182,208].

Сельскохозяйственные угодья, входящие в состав агроландшафта, включают различные растения, отличающиеся корневой системой, химическими показателями растительной продукции. Отмечено, что культуры одного семейства в зависимости от применения удобрения имеют разные качественные характеристики.

Формирование продуктивности ценозов идет в прямой зависимости от развития корневой системы (таблица 20).

Таблица 20 – Влияние удобрений на вегетативную и корневую массу сельскохозяйственных ценозов в среднем за три года

Угодье		Вегетативная масса, т/га	Корневая* масса, т/га	Соотношение
Целина	Без удобрений	2,39	2,02	1,2
	Удобр. (N ₃₀)	2,84	2,26	1,3
	Удобр. (N ₆₀)	3,79	2,64	1,4
	Удобр. (N ₉₀)	3,05	2,51	1,2
Залежь	Без удобрений	3,58	1,21	3,0
	Удобр. (N ₃₀)	4,69	1,70	2,8
	Удобр. (N ₆₀)	5,40	1,98	2,7
	Удобр. (N ₉₀)	4,90	2,10	2,3
Пашня	Без удобрений	2,00	1,10	1,8
	Удобр. (N ₃₀)	2,20	1,30	1,7
	Удобр. (N ₆₀)	2,70	1,40	1,9
	Удобр. (N ₉₀)	2,50	1,32	1,9

* - корневая масса в метровом слое почвы

Наиболее широкие показатели имеет залежная пашня, имеющая хорошо развитую вегетативную массу за счет многолетних корнеотпрысковых сорняков. Однако корневая система менее развита, за счет смены травостоя. При внесении удобрений происходит сужение отношения, за счет лучшей проникающей способности под действием дополнительных элементов питания.

Бесперывный естественный ценоз способствовал лучшей освоенности корневой системы по профилю почвы и масса корней и вегетативной массы уравнивается. При внесении удобрений отношение надземной и подземной частями увеличивается за счет лучшего формирования вегетативной массы. По сравнению с залежным участком отношение уже на 53,7%. Внесение удобрений на интенсивно

используемых землях в одинарной дозе сужает соотношение за счет активного формирования корневой системы, а при внесении двойной дозы аммиачной селитры соотношение корней и надземных органов снова увеличивается из-за повышения вегетативной массы.

Таким образом, применение удобрений способствовало сужению отношения надземных органов к подземным на интенсивно и экстенсивно используемой пашне и увеличению на ценозе, где вмешательство не происходило.

По химическому составу растительных остатков, оставляемых в поле после уборки, и в процессе вегетации сельскохозяйственными культурами можно судить об их ценности в качестве источника пополнения элементов почвенного плодородия (таблица 21).

Проведенные нами исследования показывают, что влияние на качественный состав оказывают вид сельскохозяйственного использования пашни и действие вносимых минеральных удобрений. Наиболее высокое содержание углерода и азота, как наиболее ценных элементов почвенного плодородия отмечено в вегетативной массе на целинном участке, что составляет на 5,1% и 17,2% больше чем на залежном варианте и на 15,8% и 47% чем на пахотном участке неудобренных вариантов. Такая же тенденция прослеживается и с содержанием элементов в корневой массе, что говорит о высокой способности целинного участка восстанавливать почвенное плодородие за счет содержания в растительном сообществе большого числа бобовых культур.

Содержание кальция, магния, фосфора и калия в вегетативной массе растений увеличивается по мере уменьшения использования ценозов. Минимальное содержание в среднем по всем элементам отмечено на пашне (0,33%), максимальное на целине (0,98%). Залежный участок занимает промежуточное положение, и составляет 0,78%.

Противоположная тенденция просматривается со стороны содержания элементов в корневой системе – по мере увеличения влияния на ценоз, процент содержания элементов повышается. Возможно, это объясняется тем, что почвы при

интенсивном использовании более обеднены питательными элементами, и растения аккумулируют их в корневой системе.

Таблица 21 – Влияние удобрений на химический состав корневой и вегетативной массы ценозов в среднем за три года, %

Ценоз	Растительный образец	Удобрение	Элементы, %					
			С	N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K
Целина	Вегетативная масса	Б/у	50,7	1,34	0,86	0,83	0,61	1,60
		N ₆₀	49,8	2,09	0,71	0,68	0,69	1,77
	Прибавка		-0,9	0,75	-0,15	-0,15	0,08	0,17
	Корневая масса	Б/у	35,9	1,69	0,76	0,41	0,63	1,52
		N ₆₀	41,2	1,74	0,73	0,54	0,74	1,69
	Прибавка		5,3	0,05	-0,03	0,13	0,11	0,17
Залежь	Вегетативная масса	Б/у	48,1	1,11	0,39	0,42	0,57	1,74
		N ₆₀	51,0	2,27	0,50	0,49	0,65	2,08
	Прибавка		2,9	1,16	0,11	0,07	0,08	0,34
	Корневая масса	Б/у	31,2	0,96	0,74	0,63	0,68	1,47
		N ₆₀	34,8	1,21	0,87	0,6	0,98	1,66
	Прибавка		3,6	0,25	0,13	-0,03	0,3	0,19
Пашня	Вегетативная масса	Б/у	42,7	0,71	0,21	0,08	0,20	0,82
		N ₆₀	44,5	1,24	0,29	0,10	0,31	1,45
	Прибавка		1,8	0,53	0,08	0,02	0,11	0,63
	Корневая масса	Б/у	21,8	0,88	0,93	0,56	1,79	1,48
		N ₆₀	24,8	1,07	0,74	0,64	1,15	0,93
	Прибавка		3	0,19	-0,19	0,08	-0,64	-0,55
НСР ₀₅ вегетативной массы		A	0,495	0,080	0,086	0,050	0,068	0,046
		B	0,404	0,065	-	0,041	0,055	0,037
		AB	0,701	0,113	0,121	0,071	-	0,065
НСР ₀₅ корневой массы		A	0,639	0,063	-	0,051	0,430	0,037
		B	0,522	0,052	-	0,041	0,035	0,030
		AB	0,904	0,090	0,099	0,071	0,061	0,052
Ффакт. вегетативной массы		A	529,9*	275,7*	132,5*	161,9*	135,7*	1014,5*
		B	42,04*	770,5*	0,2	269,1*	17,4*	700,9*
		AB	33,7*	40,1*	9,1*	208,7*	0,2	83,0*
Ффакт. корневой массы		A	1446*	397,4*	5,6	30*	1247*	486,8*
		B	288,1*	48,9*	1,8	14*	31,5*	23,3*
		AB	8,795*	6,1*	17,2*	8,7*	441,2*	443,3*

* - корневая масса в метровом слое почвы

Удобрения за счет повышения продуктивности способствовали повышению содержания химических элементов в частях растений. Максимальная прибавка по углероду в вегетативной массе была на залежи – 2,9%. На пашне этот показатель составил 1,8%. Действие удобрений на содержание углерода в качественном составе целинных трав не оказал видимый эффект, в то время как в корневой систе-

ме он был максимальный, и составлял 5,3%. Также высокий отклик в повышении углерода на удобрения показала корневая система залежного и паханного ценозов – прибавка составила 3,6% и 3%

Содержание азота максимально увеличилось во всех частях растений на залежном участке – 51,1% (вегетативная масса) и 20% (корневая масса). Заметное увеличение отмечено и на пашне – 42,7% и 17,8%. Наименьшая прибавка выявлена в корневой системе целинных земель и составила всего 2,9%, что объясняется низким откликом бобовых культур.

По влиянию удобрений на остальные элементы в растительных остатках можно сказать, что общая прибавка в вегетативной массе составила 27,5%, с наибольшим процентом на пашне (38,9%). В корневой массе наибольшая прибавка отмечена на залежи – 14,6%, что в итоге позволило увеличить содержание кальция, магния, фосфора и калия по всем ценозам на 12,7%.

Важными показателями при повышении плодородия почвы являются отношения кальция к магнию и углерода к азоту (таблица 22).

Таблица 22 - Влияние удобрений на показатель отношения C/N и Ca/Mg в растительных остатках в среднем за три года

Ценоз	Варианты	Вегетативная масса		Корневая масса	
		C/N	Ca/Mg	C/N	Ca/Mg
Целина	1*	37,84	1,04	21,24	1,85
	2	23,83	1,04	23,68	1,35
Залежь	1	43,33	0,93	32,50	1,17
	2	22,47	1,02	29,00	1,45
Пашня	1	60,14	2,63	24,72	1,66
	2	35,89	2,90	23,17	1,16

1* - без удобрений, 2- доза N₆₀

По мере увеличения использования земли отношения между углеродом и азотом становятся уже, так на пашне выявлено наиболее широкое отношение по вегетативной и корневой массе – 60,14 и 24,72. Наименьшее отношение на целине 37,84 и 21,24. Чем уже соотношение между элементами, тем лучше происходит разложение растительных остатков, тем быстрее происходит восстановление почвенного плодородия. Действие внесенных удобрений сужал показатель отноше-

ния по всем вариантам. Наиболее ярко этот процесс просматривается с увеличением использования земли, так на пашне под действием удобрений показатель отношения углерода к азоту в вегетативной массе снизился в 1,7 раз.

Отношение между кальцием и магнием в надземных органах имеет более широкие пределы также на пашне, на целине и залежи показатели примерно одинаковые и в среднем составляют 0,99. Повышение соотношения между элементами в корнях под целинным участком объясняется увеличением содержания магния. Действие удобрений также положительно сказывается, приводя к сужению показателей.

Большое значение имеет не только качественный состав растительных остатков, но и количественное поступление элементов в почву (таблица 23) [130,172].

Таблица 23 – Влияние удобрений на химический состав растительных остатков в среднем за три года, кг/га

Ценоз	Растительный образец	Варианты	Вес, кг/га	Элементы, кг/га					
				С	N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K
Целина	Вегетативная масса	Б/у	2390	1211,7	32,0	20,6	19,8	14,6	38,2
		N ₆₀	3314	1650,4	69,3	23,5	22,5	22,9	58,7
	Корневая масса**	Б/у	2700	969,3	45,6	20,5	12,5	17,0	41,0
		N ₆₀	3050	1256,6	53,1	22,3	14,6	22,6	51,5
Залежь	Вегетативная масса	Б/у	3583	1723,4	39,8	14,0	15,0	20,4	62,3
		N ₆₀	5047	2574,0	114,6	25,2	24,7	32,8	105,0
	Корневая масса	Б/у	1435	447,7	13,8	10,6	9,0	12,1	21,1
		N ₆₀	1780	619,4	21,4	15,5	10,7	12,8	29,5
Пашня	Солома	Б/у	2000	854,0	14,2	5,1	1,6	4,0	16,4
		N ₆₀	2450	1090,3	30,4	5,8	2,5	7,6	35,5
	Корневая масса	Б/у	1057	229,9	9,3	9,8	5,9	18,9	15,6
		N ₆₀	1350	334,1	14,4	10,0	8,6	15,5	12,6

** - корневая масса в метровом слое

Различия в выносе химических элементов определялось прежде всего продуктивностью и видом сельскохозяйственного использования пашни. Максимальное поступление вегетативной массы поступало в почву с залежи 35-ти лет. Ее величина превышает целинный показатель в 1,5 раза, а пахотный в 1,8 раз. И соответственно поступление химических элементов с травостоя залежи было больше,

чем с целины и пашни: углерода в 1,4 и 2, азота в 1,2 и 2,8, фосфора в 1,4 и 5,1, калия в 1,6 и 3,8 раза.

Наибольшее поступление корневой массы отмечено с целины, что является следствием лучшей сформированностью корневой системы бессменного ценоза. Меньшее количество отмечено на залежи и пашне, что составляет 53,8% от целинного участка. Поступление углерода, азота кальция, магния, фосфора и калия соответственно на целине больше относительно залежи в среднем по всем элементам в 2, а пашни в 2,8 раз.

Внесение удобрений оказало большое влияние на повышение количества элементов в растительных остатках. В среднем по вегетативной массе прибавка составила 16,1%, по корневой – 24,2%. Лучшей отзывчивостью на применение удобрений оказался азот в надземной (57,5%) и подземной (28,4%) частях растений.

Таким образом, при учете растительных остатков, как источника восполнения почвенного плодородия необходимо брать во внимание корневую систему.

Наилучшие качественные показатели как вегетативных, так и корневых остатков принадлежат целинному участку, за счет увеличения семейства бобовых культур.

Действие удобрений на качественный и количественный состав вегетативной массы находится в прямой зависимости с продуктивностью ценозов. В среднем с удобренных вариантов в почву поступает с вегетативной массой на 30%, с корневой массой 24,4% больше химических элементов.

Глава 5. Фациальное изменение продуктивности ценозов в агроландшафте при внесении азотных удобрений

5.1. Действие азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы по фациям

Для применения минеральных удобрений необходимо учитывать почвенные особенности территории – рельеф и содержание элементов питания. Оптимальные дозы внесения являются главными условиями рационального природопользования. Снижение оптимальной дозы ведет к недополучению планируемой урожайности и уменьшению экономической выгоды. Увеличение дозы вносимых удобрений негативно сказывается на экологической обстановке, а также на качестве получаемой продукции. Следует вывод, что использование минеральных удобрений должно исходить из дифференциации территории по пестроте почвенного плодородия [151,156,204].

Внутри полевое фациальное различие по урожайности объясняется стоком питательных веществ вниз по склону, от элювиальной фации к аккумулятивной. Чем больше количество атмосферных осадков, тем интенсивнее сток по склону и более выражена пестрота элементов питания. Соответственно увеличивается и разность в урожайности фации [124]. В условиях чернозема южного на склоне южной экспозиции внутрислоевая урожайность яровой пшеницы на трансаккумулятивной фации без применения удобрений в среднем за 3 года составила 1,63 т/га (или на 58% выше среднего значения по годам), на трансэлювиальной – 0,73 т/га, а на элювиальной фации соответственно 0,66 т/га (таблица 24, приложение 29).

Наибольшая урожайность была получена в условиях влажного года на трансаккумулятивной фации (1,88 т/га), что превышает показатели предыдущих лет на 20,2%. На трансэлювиальной фации в условиях повышенного увлажнения 2017 года показатель урожайности составлял 1,56 т/га, что на 57,8% выше 2012 года (условия сильной засухи) и на 20% выше, чем в 2013 году. На элювиальной фации

этот показатель составил 0,74 т/га, превышая урожайность предыдущих лет на 15%. Благоприятный водный режим во влажные годы способствует повышению активности микробиологического процесса, что приводит к накоплению нитратного азота, который необходим для активного формирования вегетативной массы и закладки генеративных органов пшеницы.

Рациональное использование минеральных удобрений с учетом фациального размещения территории позволит уравновесить получаемый урожай с наименьшим недобором продукции и максимальным использованием потенциала почвы.

Таблица 24 – Влияние азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы за три года, т/га

Фация (фактор А)	Вариант удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га			
		2012 г.	2013 г.	2017 г.	Среднее
Элювиальная	Б/у	0,60	0,65	0,74	0,66
	N ₃₀	0,65	0,90	1,50	1,02
	N ₆₀	0,86	1,95	2,10	1,64
	N ₉₀	0,77	1,47	1,57	1,27
Трансэлювиальная	Б/у	0,64	1,24	1,55	1,14
	N ₃₀	0,68	1,81	2,20	1,56
	N ₆₀	0,87	2,12	2,35	1,78
	N ₉₀	0,72	1,95	2,32	1,66
Трансаккумулятивная	Б/у	1,45	1,56	1,88	1,63
	N ₃₀	1,93	2,09	2,86	2,29
	N ₆₀	2,12	2,61	2,87	2,53
	N ₉₀	1,51	2,41	2,74	2,22
НСР ₀₅	А	0,029	0,111	0,078	
	В	0,033	0,129	0,090	
	АВ	0,58	0,223	0,156	
Fфакт.	А	3633,518*	147,932*	438,541*	
	В	196,615*	113,613*	222,426*	
	АВ	63,538*	4,302*	8,637*	

Внесение удобрений оказалось хорошим фактором интенсификации. В среднем за 3 года по удобренным вариантам прибавка урожайности на элювиальной и трансаккумулятивной фациях составила 0,9 т/га, трансэлювиальной – 0,7т/га.

При внесении одинарной дозы прибавка урожайности составила в среднем по всем фациям 30% (0,5 т/га).

Наибольшая прибавка урожайности от внесенной одинарной дозы аммиачной селитры (30 кг/га д.в.) на элювиальной фации в 2017 году и в 2013 году, что составило в среднем 39% наименьшая в 2012 году – 8%.

Применение двойной дозы (60 кг/га д.в.) в среднем по годам и фациям позволило получить прибавку в 44% (0,9 т/га). Наибольший отклик на применение удобрений отмечен на элювиальной фации – 56%, наименьшая на трансэлювиальной фации - 36% (0,84 т/га).

Применение тройной дозы (90 кг/га д.в.) оказалось менее эффективным, чем двойная доза на 37% (0,3 т/га). Средняя прибавка по фациям за время исследований составила 36% (0,54 т/га)

Таким образом, расположение фации по рельефу играет определяющую роль в формировании урожайности. Наибольшая продуктивность неудобренных вариантов была получена на трансаккумулятивной фации за счет повышенного уровня влагообеспеченности. Действие удобрений оказывает лучший эффект на элювиальной фации. Применение аммиачной селитры в дозе N_{30} и N_{60} кг/га д.в. повышало продуктивность, в то время как действие тройной дозы привело к снижению урожайности по всем фациям.

5.2. Влияние азотных удобрений на продуктивность ценозов в агроландшафте

Продуктивность сельскохозяйственных ценозов определяется прежде всего погодными условиями произрастания и уровнем доступности питательных элементов, а также видом использования пашни (рисунок 20) [76,186].

Наибольшая продуктивность была получена на залежном участке в среднем по исследуемым годам – 3,6 т/га, что превышает показатель целинного участка на 33,3%. Это объясняется более разнообразным фито составом залежи, с большой долей семейства астровые.

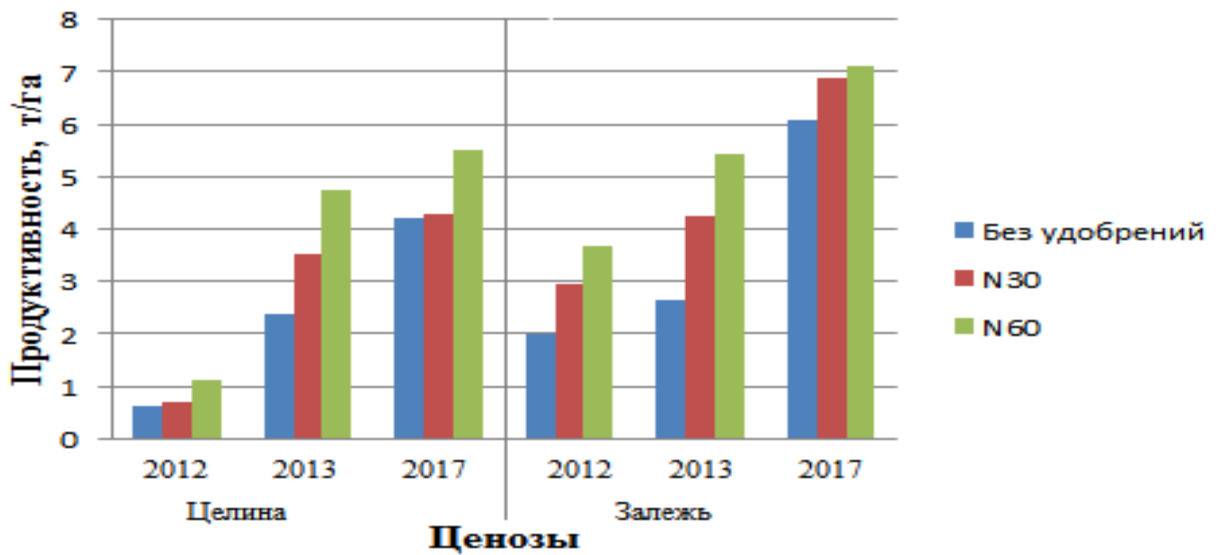


Рисунок 20 – Продуктивность естественных ценозов за время исследований, т/га

Для определения влияния удобрений на продуктивность ценозов были заложены опыты на различных сельскохозяйственных фонах (целина, залежь, пашня), которые сравнивались между собой. Для интенсификации процессов почвообразования вносилось 2 дозы азотного удобрения (аммиачная селитра) из расчета: 30 и 60 кг/га (таблица 25). На целине и залежи удобрения вносились в период отрастания травы, а под яровую пшеницу – под предпосевную культивацию.

Максимальное эффективное действие азотных удобрений отмечалось на необрабатываемых фонах 2012-2013 гг. Однако в 2017 году большая отзывчивость на вносимые удобрения оказалась на пашне. Внесение N_{30} по сравнению с неудобренным вариантом позволило увеличить урожай залежного ценоза на 32, % в 2012 году (ГТК 0,4) и на 37,4 % - в 2013 году (ГТК 1,1), а целинного ценоза на 11,4% и 32,7 % соответственно

На пашне (2012-2013 гг.) уровень продуктивности на варианте с внесением 30 кг д.в./га аммиачной селитры значительно уступал другим изучаемым угодьям. По сравнению с неудобренным контролем эффективность доз вносимых удобрений составила 6,2% и 23,6%.

Продуктивность агрофонов 2017 года при ГТК=1,4 складывалась иным образом. Действие N_{30} увеличило продуктивность пашни на 41,8%, залежи на 11,5% и целины на 2,3%. (приложение 30).

Таблица 25 – Продуктивность различных ценозов агроландшафта за время исследований, т/ га з. ед.

Год	Угодья											
	Целина				Залежь 35 лет				Пашня			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2012	<u>0,60</u>	<u>0,70</u>	<u>1,11</u>	<u>0,85</u>	<u>2,00</u>	<u>2,95</u>	<u>3,68</u>	<u>3,20</u>	<u>0,64</u>	<u>0,68</u>	<u>0,87</u>	<u>0,72</u>
	0,31	0,35	0,56	0,43	1,00	1,48	1,84	1,64	0,80	0,85	1,09	0,91
2013	<u>2,37</u>	<u>3,54</u>	<u>4,75</u>	<u>3,80</u>	<u>2,65</u>	<u>4,23</u>	<u>5,42</u>	<u>4,70</u>	<u>1,24</u>	<u>1,81</u>	<u>2,12</u>	<u>1,95</u>
	1,19	1,77	2,38	1,93	1,33	2,12	2,71	2,35	1,55	2,03	2,65	2,44
2017	<u>4,20</u>	<u>4,30</u>	<u>5,50</u>	<u>4,50</u>	<u>6,10</u>	<u>6,90</u>	<u>7,10</u>	<u>6,70</u>	<u>1,55</u>	<u>2,20</u>	<u>2,35</u>	<u>2,32</u>
	2,10	2,15	2,75	2,25	3,05	3,45	3,55	3,35	1,94	2,75	2,95	2,92
Среднее по годам	<u>2,39</u>	<u>2,85</u>	<u>3,79</u>	<u>3,05</u>	<u>3,58</u>	<u>4,69</u>	<u>5,40</u>	<u>4,87</u>	<u>1,14</u>	<u>1,56</u>	<u>1,78</u>	<u>1,66</u>
	1,20	1,42	1,90	1,54	1,79	2,35	2,70	2,45	1,43	1,88	2,23	2,09
Статистическая обработка данных												
Факторы		НСР ₀₅ 2012				НСР ₀₅ 2013				НСР ₀₅ 2017		
А (агробиеоценоз)		0,036				0,180				0,472		
В (удобрение)		0,042				0,208				0,542		
АВ		0,072				0,360				-		
Факторы		Fфакт. 2012				Fфакт. 2013				Fфакт. 2017		
А (агробиеоценоз)		992,159*				50,820*				9,290*		
В (удобрение)		3058,317*				116,982*				23,384*		
АВ		187,730*				7,380*				2,096		

*1-без удобрений; 2- доза N_{30} ; 3- доза N_{60} ; 4 – доза N_{90}

Числитель – т/га; знаменатель – т/га з.ед.

Внесение двойной дозы азотного удобрения (N_{60}), в среднем по всем сельскохозяйственным фонам и годам, способствовало росту продуктивности на 36,9%. Наиболее эффективно двойная доза работала на целине и залежи, где прибавка продуктивности от двойной дозы по сравнению с одинарной составила в 2012 г – 40%, в 2013 г – 51%. Самая низкая эффективность двойной дозы азота оказалась в 2017 г – 19%.

При внесении тройной дозы (N_{90} аммиачной селитры) продуктивность по всем ценозам снизилась по сравнению с двойной дозой на 19% (целина), 9,4% (залежь), 6,3% (пашня).

Таким образом, выявленная закономерность изменения эффективности применения удобрений на различных сельскохозяйственных фонах связана, прежде всего, с видом сельскохозяйственного использования пашни и изменением влагообеспеченности почвы. В условиях хорошего увлажнения 2017 года ($\Gamma\text{TK}=1,4$) максимальный эффект от использований удобрений дает обрабатываемая пашня, в то время как при засушливых условиях 2012-2013 ($\Gamma\text{TK}=0,7$) наибольшую прибавку дают фитоценозы. Это доказывает сильную зависимость от действия удобрений на пахотных землях. На участках без обработок почвенная влага не является лимитирующим фактором из-за высокой отзывчивости трав на азотные удобрения, не зависимо от уровня увлажнения.

Глава 6. Энергетическая и экономическая эффективность применения удобрений

6.1. Влияние азотных удобрений на баланс азота в ценозах агроландшафта

Сопряженные наблюдения за состоянием минерального азота показал, что в различных ценозах баланс азота даже на неудобренных вариантах складывается неодинаково. На целине за счет азотофиксации бобовыми культурами баланс азота положительный. На пашне и залежи за счет большего выноса питательных элементов достичь положительного баланса возможно при применении азотных удобрений.

Вегетативная масса целинного и залежного ценоза рассматривалась с учетом сенокосов.

Для расчета баланса были взяты исходные данные естественного поступления азота в почву: 5 кг с атмосферными осадками, за счет азотофиксации свободно живущими микроорганизмами (5кг на неудобренном фоне и 10 кг на удобренном) и 3,8 кг/га с семенами. В естественный вынос включали 15% от дозы удобрений на денитрификацию. Таким образом, для расчета баланса азота приход на вариантах с удобрениями выражался в сумме доза вносимого удобрения + естественный приход азота в почву. Соотношение зерна с соломой по результатам анализа снопового материала составило 1,5. (таблица 26).

Расчеты показали, что при полученных уровнях урожайности сельскохозяйственных культур на вариантах без применения удобрений баланс складывается с дефицитом на залежном и пахотном участках. Азотные удобрения оказывают положительное влияние на формирование баланса азота. Однократное внесение аммиачной селитры на пашне и залежи не привело к получению положительного баланса. На целинном ценозе недоиспользованный азот удобрения увеличился до 17,4 кг/га. При внесении двойной дозы аммиачной селитры на пашне получен положительный баланс азота (8,73 кг/га). На залежном ценозе при применении двойной дозы удобрений баланс азота оставался отрицательным. Положительный

баланс отмечался лишь при внесении тройной дозы удобрения, уровень поступления азота достигает 34,8 кг/га.

Таблица 26 – Баланс азота сельскохозяйственных ценозов метрового слоя в среднем за три года

Доза удобрений		Приход, кг/га			Вынос с урожаем, кг/га				Баланс, кг/га	Интенсивность баланса, %
		естественный приход	корневая масса	суммарный приход	зерно	вегетативная масса	естественный вынос	суммарный вынос		
Целина	Б/у	13,8	34,14	47,94	-	32,0	-	32	15,94	149,8
	N ₃₀	18,8	38,42	87,22	-	49,4	4,5	53,9	33,32	161,8
	N ₆₀	18,8	45,41	124,21	-	80,0	9	89	35,21	139,6
	N ₉₀	18,8	43,67	152,47	-	73,8	13,5	87,3	65,17	174,7
Залежь	Б/у	13,8	11,62	25,42	-	39,7	-	39,7	-14,28	64,0
	N ₃₀	18,8	18,19	66,99	-	84,4	4,5	88,9	-21,91	75,4
	N ₆₀	18,8	24,16	102,96	-	122,6	9	131,6	-28,64	78,2
	N ₉₀	18,8	27,3	136,1	-	88,2	13,5	101,7	34,4	133,8
Пашня	Б/у	13,8	9,68	23,48	22,34	14,2	-	36,54	-13,06	64,3
	N ₃₀	18,8	12,35	61,15	33,70	23,76	4,5	61,96	-0,81	98,7
	N ₆₀	18,8	14,7	93,5	40,94	34,83	9	84,77	8,73	110,3
	N ₉₀	18,8	15,84	124,64	36,52	33,50	13,5	83,52	41,12	149,2

Внесение тройной дозы удобрения на целинном и пахотном участках позволяет максимально увеличить содержание азота - до 65,17 кг/га и 41,12 кг/га. Максимальная интенсивность баланса получена на удобренных вариантах пашни и целины – 149,2-174,7 %, минимальная на залежных ценозах – 133,8%.

Таким образом, азотные удобрения оказывают положительное влияние на формирование баланса азота. На целинном участке внесение каждой дозы способствовало повышению баланса с 33,82 кг/га до 65,17 кг/га. На пашне положительный баланс отмечается при внесении двойной дозы (N₆₀) аммиачной селитры, а на залежи при внесении тройной дозы (N₉₀). Максимальная интенсивность баланса получена на удобренных вариантах пашни и целины 149,2-174,7 %, минимальная на залежных ценозах (133,8%).

6.2. Биоэнергетический потенциал и экоемкость территории

В условиях истощения земельных ресурсов, рациональное природопользование должно основываться на экологически сбалансированных агроландшафтах [116].

Степень экологичности ландшафтов – это создание бездефицитного биоэнергетического баланса. При распашке целинных земель теряется биоразнообразие, сокращается доля пастбищ и сенокосов что ведет к снижению экологической емкости ландшафта. Природная значимость почв, и происходящие в ней процессы обеднения диктуют установить научные принципы сбережения агропочвенного многообразия [40].

На данный момент, в связи с практически полным сокращением био- и агропочвенного многообразия сложились условия для экологического кризиса [124].

В отличие от естественных ценозов, агроценозы находятся под воздействием антропогенной нагрузки, в виде сельскохозяйственной деятельности. Данная нагрузка изменяет биоэнергетический потенциал территории. Методом управления этими процессами является анализ и оценка эффективности функционирования агроэкосистем на биоэнергетической основе.

Биоэнергетический потенциал территории складывается из энергии надземной и подземной фитомассы и органического вещества. При учете энергии минеральных элементов питания можно определить эколого-энергетическую емкость ценозов [122].

Перевод пашни в залежное состояние позволяет восстанавливать ее энергозапас с помощью растительности, не выносимой за пределы ее произрастания. Наибольшим энергопотенциалом обладают целинные земли, где антропогенного воздействия на почву не происходит (рисунок 21).

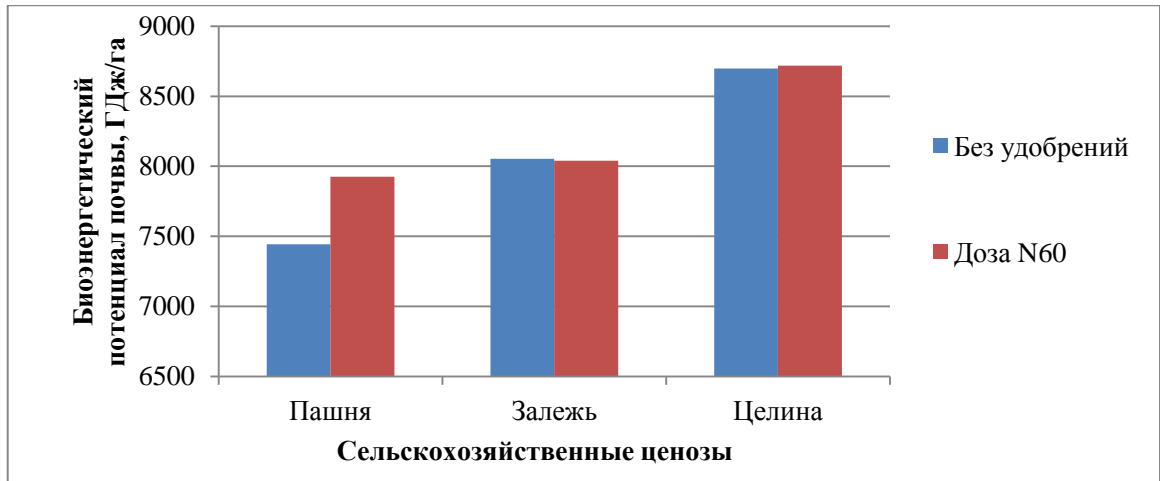


Рисунок 21 – Биоэнергетический потенциал сельскохозйственных ценозов в среднем за три года

Сельскохозйственное использование почвы привело к потере 17% энергии гумуса. Пашня залежного ценоза способствует восстановлению энергии, так за 35-ти летний период увеличение потенциала составило 8%.

Применение удобрений не сильно отразилось на увеличении энергии естественных ценозов, в то время как на пашне энергозапас увеличился с 8698,8 до 8737,9 ГДж/га (таблица 27).

Таблица 27 – Энергетическая емкость различных сельскохозйственных ценозов в среднем за три года, ГДж/га

Ценоз	Фитомасса + корни		Урожайность зерна		гумус	Элементы питания		БЭПТ	Энергетическая емкость территории
	1*	2	1	2		1	2		
Без применения удобрений									
Пашня	72,4	8,93	29,6	5,7	7304,8	23	-0,56	7420,8	7443,2
Залежь	133,5	28,3			7847,8	34,9	9,7	8009,6	8054,2
Целина	128,4	36,2			8520,3	18,6	-4,6	8684,9	8698,8
Удобренный вариант									
Пашня	88,1	10,3	42,6	9,4	7753,5	23,2	-1,3	7903,9	7925,7
Залежь	163	28,2			7847,8	35,6	10,3	8039,2	8074,2
Целина	156,4	42,2			8520,3	19	3,6	8718,9	8737,9

1* - начало исследований; 2 – конец исследований

Принято считать, что основным показателем почвенного плодородия является величина собранного урожая, однако это утверждение не всегда верно. Спо-

способность территории удовлетворять нужды растений определяются почвенными, климатическими и растительными ресурсами в результате круговорота веществ и энергии.

Таким образом, перевод пашни в залежное состояние позволяет восстанавливать ее энергозапас с помощью растительности, не выносимой за пределы ее произрастания. Наибольшим энергопотенциалом обладают целинные земли, где антропогенного воздействия на почву не происходит.

6.3. Экономическая эффективность применения удобрений

Применение минеральных удобрений позволяет в значительной мере влиять на продуктивность агроценозов. Для получения наибольшего валового дохода с наименьшими затратами необходимо определить экономическую эффективность применяемых средств производства.

При экономической оценке прямые затраты (заработная плата, затраты на горючее, текущий ремонт и амортизацию), взяты из нормативов «Экспериментального хозяйства» ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». При расчете стоимости продукции в расчете на 1 т были использованы фактически сложившиеся цены при производстве сельскохозяйственной продукции в условиях Саратовского Правобережья.

Наиболее важными экономическими показателями, характеризующими возделывание яровой пшеницы, являются величина чистого дохода и уровень рентабельности (таблица 29).

Расчет экономической эффективности применения азотных удобрений показал, что урожайность яровой пшеницы зависит главным образом от расположения фации по рельефу.

На элювиальной фации без применения удобрений отмечается отрицательный условный чистый доход. Это сказывается и на рентабельности возделывания яровой пшеницы, показатель которой составляет – 20,4%. На трансэлювиальной и трансаккумулятивной фациях за счет более высокой урожайности получен поло-

жительный чистый доход - 2217 руб./га и 6382 руб./га, уровень рентабельности составил 29,7% и 85,4% соответственно.

Применение одинарной дозы аммиачной селитры увеличило чистый доход на 986 руб./га на элювиальной, на 3359 руб./га – на трансэлювиальной и на 5399 руб./га – на трансаккумулятивной фации. Уровень рентабельности вырос в 2,7 раза в среднем по всем фациям (таблица 28).

Таблица 28 – Экономическая оценка эффективности азотных удобрений на фациях агроландшафта

Вариант		Выход с 1 га, т	Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	Всего затрат на 1 га, руб.	Себестоимость, 1 т/руб.	Условный чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
Элювиальная фация	Б/у	0,66	5610	7473	11322,7	-	-
	N ₃₀	1,02	8670	7684	7533,3	986	12,8
	N ₆₀	1,64	13940	7895	4814,0	6045	76,6
	N ₉₀	1,27	10795	8106	6382,7	2689	33,2
Трансэлювиальная фация	Б/у	1,14	9690	7473	6555,3	2217	29,7
	N ₃₀	1,56	13260	7684	4925,6	5576	72,6
	N ₆₀	1,78	15130	7895	4435,4	7235	91,6
	N ₉₀	1,66	14110	8106	4883,1	6004	74,1
Трансаккумулятивная фация	Б/у	1,63	13855	7473	4584,7	6382	85,4
	N ₃₀	2,29	19465	7684	3355,5	11781	153,3
	N ₆₀	2,53	21505	7895	3120,6	13610	172,4
	N ₉₀	2,22	18870	8106	3651,4	10764	132,8

Доза удобрений N₆₀ кг/га д.в. позволила повысить величину чистого дохода по сравнению с дозой N₃₀ кг/га д.в. на 36%. Рентабельность составила 76,6% на элювиальной фации, 91,6% - на трансэлювиальной фации и 172,4% - на трансаккумулятивной фации.

Внесение тройной дозы снизило величину условного чистого дохода и соответственно уровень рентабельности за счет меньшего влияния на урожайность яровой пшеницы по всем фациям агроландшафта.

Анализ экономической эффективности ценозов на трансэлювиальной фации показал, что затраты целинного и залежного вариантов находятся на одном уровне, меняясь лишь от доз удобрений. При внесении одинарной дозы за-

траты на естественных ценозах увеличились на 9%, при двойной на 16,1%, при тройной на 22,3% (таблица 29).

Таблица 29 – Экономическая оценка эффективности применения удобрений на сельскохозяйственных ценозах

Варианты		Выход с 1 га, т/з. ед.	Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	Всего затрат на 1 га, руб.	Себестоимость, 1 т/руб.	Условный чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
Целина	Контроль	1,2	4200	2200	1833,3	2366,7	107,6
	N ₃₀	1,4	4900	2411	1722,1	3177,9	131,8
	N ₆₀	1,9	6650	2622	1380,0	5270	201,0
	N ₉₀	1,5	5250	2833	1812,3	3361,3	118,6
Залежь 35 лет	Контроль	1,8	6300	2200	1222,2	5077,8	230,8
	N ₃₀	2,4	8400	2411	1004,6	7395,4	306,7
	N ₆₀	2,7	9450	2633	975,2	8474,8	321,9
	N ₉₀	2,5	8750	2833	1133,2	7616,8	268,9
Пашня	Контроль	1,4	11900	7473	5337,8	4427	59,2
	N ₃₀	1,9	16150	7684	4044,2	8466	110,2
	N ₆₀	2,2	18700	7895	3588,6	10805	136,9
	N ₉₀	2,1	17850	8106	3860,0	9744	120,2

Затраты интенсивно используемой пашни увеличились за счет дополнительных рабочих процессов в 3,4 раза относительно целины и залежи.

Учитывая производственные затраты была получена себестоимость сельскохозяйственной продукции. Применение аммиачной селитры в дозе N₃₀ кг/га д. в. снизило себестоимость с целины на 6,1%, с залежи на 17,8% с пашни на 24,2%. Внесение аммиачной селитры в дозе N₆₀ кг/га д.в. привело к снижению себестоимости на 24,7% ,20,2% и 32,8%. Анализ себестоимости продукции при внесении N₉₀ кг/га д.в. аммиачной селитры показал, что снижение относительно контроля составило всего 6% на фитоценозах и 27,7% на пашне. По сравнению с двойной дозой по всем ценозам себестоимость выросла на 287,2 рубля.

Наибольший чистый доход без применения удобрений был получен на залежном и пахотном ценозах, что составляет 5077,8 руб. и 4427 руб., на целине этот показатель составил всего 2366,7 руб. По всем вариантам внесение удобрений увеличивало условно чистый доход. Наибольшая прибавка при внесении одинарной дозы отмечена на пашне – 47,7%, на фитоценозах увеличение дохода

составило в среднем 28,4 . Применение двойной дозы позволило получить максимальный чистый доход по всем исследуемым ценозам 51,4% (+ - 5%). Незначительная прибавка (2,9%) получена на залежи при использовании тройной дозы аммиачной селитры. Этот же показатель так же уступал величине чистого дохода с использованием двойной дозы на целине и пашне.

Уровень рентабельности находится в тесной взаимосвязи с продуктивностью ценозов. Наиболее высокий уровень рентабельности отмечен на залежи 35 лет и составляет 230,8%, что на 53,4% выше целины и на 74,4% выше пашни. Пахотный участок имеет минимальное значение за счет увеличения затрат, по сравнению с целиной показатель рентабельности снизился 1,8 раз, по сравнению с залежью в 3,9 раза. Применение удобрений в дозе 30 и 60 кг д.в. позволило увеличить рентабельность на 27,6% и 39,7%, а доза 90 кг д.в. снижала рентабельность относительно двойной дозы в 1,3 раза. использование двойной дозы позволяет получать повышение продуктивности с наименьшими затратами. Применение тройной дозы не оказывает должный эффект на увеличении продуктивности, а получение прибыли не оправдывает затраченные средства.

Таким образом, вариант без внесения удобрений на элювиальной фации является экономически не выгодным. Условный чистый доход и рентабельности имеют отрицательное значение за счет низкой урожайности по сравнению с другими фациям. Применение дозы N_{30} и N_{60} кг/га д.в. увеличивают основные экономические показатели. Внесение тройной дозы снизило величину условного чистого дохода и соответственно уровень рентабельности за счет меньшего влияния на урожайность яровой пшеницы по всем фациям агроландшафта.

Экономическая оценка производства продукции на различных сельскохозяйственных фонах показала, что наиболее высокий уровень рентабельности производства получен на залежном участке, минимальный на интенсивно используемой пашне. Уровень рентабельности находится в тесной взаимосвязи с продуктивностью ценозов и себестоимостью продукции. Использование двойной дозы позволяет получать повышение продуктивности с наименьшими затратами. Применение тройной дозы не оказывает должный эффект на увеличении продуктивности, а получение прибыли не оправдывает затраченные средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целях фациальной дифференциации почвенных ресурсов была разработана модернизированная технология агрохимического обследования почвы с учетом рельефа агроландшафта.

Выявлены основные фации агроландшафта исследуемого участка с преобладающей трансэлювиальной фацией, занимающей 45% от общей площади.

Содержание в почве изучаемых фаций нитратного азота зависело от расположения по склону и увеличивалось в направлении от элювиальной фации (6,81 мг/кг) к трансэлювиальной (10,35 мг/кг) и трансаккумулятивной (12,81 мг/кг).

Содержание подвижного фосфора в элювиальной фации диагностировалось на повышенном уровне. По мере увеличения уклона, на трансэлювиальной фации, содержание подвижного фосфора снижается до среднего уровня, наибольшее содержание отмечено на трансаккумулятивной фации.

Перераспределение подвижного калия на фациях склона также происходит под влиянием микрорельефа агроландшафта. Среднее значение калия отмечено на элювиальной и трансэлювиальной фациях с плавным увеличением вниз по склону.

Наибольший запас почвенной влаги отмечен на 35-летней залежи. В среднем за изучаемый период запас влаги составил 151,1 мм, что превосходит значения севооборотов на 21,6 % и целины на 4,7%. В условиях зернопарового севооборота (фон 1) в среднем за вегетацию яровой пшеницы запасы влаги в метровом слое почвы были на 20,4% выше, чем под зернотравяным севооборотом (фон 2).

Содержание нитратного азота в почве под зернотравяным севооборотом в среднем за вегетацию было в 1,4 раза выше, чем в соответствующем варианте зернопарового севооборота. На залежных землях содержание нитратного азота в среднем по профилю на 55% меньше, чем на пашне. Целинные земли на 9,9% меньше обогащены нитратным азотом, чем залежные. В естественных ценозах преобладают формы аммонийного азота, что связано с действием температуры и водным режимом, которые более благоприятны для процесса аммонификации.

Выявлена закономерность действия удобрений на содержание минерального азота в зависимости от вида использования сельскохозяйственных земель. Максимальное увеличение нитратной формы с применением удобрений отмечено на интенсивно используемой пашне (20,1%) и увеличение аммонийной формы на целинном (44,5%), и залежном (46%) участках.

Содержание фосфора и калия в почве находится в прямой зависимости от вида использования пашни. Количество элементов увеличивается при повышении продуктивности, которым отличается залежь 35 лет. Действие удобрений на содержание подвижных форм фосфора и калия отмечено лишь на почвах без применения обработок.

Более интенсивно формирование корневой системы по ценозам исследованного агроландшафта происходило в условиях 2017 г., за счет достаточного поступления влаги в почву с атмосферными осадками.

Степень влияния питательных элементов на рост корневой системы обуславливается потребностью в них растений, что подтверждается коэффициентами корреляции: с содержанием азота $R = 0,75$ ($y = -0,2959x + 5,2938$, $R^2 = 0,56$), фосфора $R = 0,96$ ($y = -0,2378x + 2,0922$, $R^2 = 0,92$), калия $R = 0,98$ ($y = -1,6818x + 24,689$, $R^2 = 0,96$).

Оптимальное соотношение массы корневой системы по отношению к массе всего растения отмечено на целинном участке (45,3%),

Применение удобрений способствовало сужению отношения между надземной и корневой системами растения на пашне и залежи и увеличению в естественном ценозе, за счет большей продуктивности надземной массы.

Действие удобрений на качественный и количественный состав вегетативной массы находится в прямой зависимости от продуктивности ценозов. В среднем с удобренных вариантов в почву поступает с вегетативной массой на 30%, с корневой массой на 24,4% больше химических элементов.

Азотные удобрения оказывают положительное влияние на формирование баланса азота. На целинном участке внесение каждой дозы способствовало повышению баланса с 33,82 кг/га до 65,17 кг/га. На пашне положительный баланс от-

мечается при внесении двойной дозы (N_{60}) аммиачной селитры, а на залежи при внесении тройной дозы (N_{90}). Максимальная интенсивность баланса получена на удобренных вариантах пашни и целины 149,2-174,7 %, минимальная на залежных ценозах (133,8%).

Фациальные условия играют определяющую роль в формировании урожайности яровой пшеницы. На вариантах без применения удобрений наибольшая урожайность за счет повышенного содержания нитратного азота по сравнению с другими фациями была получена на трансаккумулятивной фации.

Удобрения, независимо от фациальных условий, оказали положительное влияние на урожайность яровой пшеницы. Прибавка урожайности яровой пшеницы при внесении N_{30} - N_{60} по сравнению с неудобренным вариантом составило 0,97 т/га. Применение тройной дозы N_{90} снижало урожайность по всем фациям в среднем на 37,1%.

В условиях повышенного увлажнения ($ГТК=1,4$) максимальная прибавка от использования азотных удобрений была получена на пашне в трансэлювиальной фации, в то время как при ($ГТК=0,4-1,1$) удобрения более эффективно использовались на необрабатываемых сельскохозяйственных фонах.

Перевод пашни в залежное состояние позволяет восстанавливать ее энергозапас с помощью растительности, не выносимой за пределы ее произрастания. Наибольшим энергопотенциалом обладают целинные земли, где антропогенного воздействия на почву не происходит. Сельскохозяйственное использование почвы привело к потере 17% энергии гумуса. Пашня залежного ценоза способствует восстановлению энергии, так за 35-летний период увеличение потенциала составило 8%.

Применение удобрений не отразилось на увеличении энергии обрабатываемой и залежной пашни, в то время как на целине энергозапас увеличился с 8698,8 до 8737,9 ГДж/га.

На элювиальной фации по сравнению с другими фациями условный чистый доход и рентабельность имеют отрицательное значение за счет низкой урожайности яровой пшеницы. Применение аммиачной селитры в дозах N_{30} и N_{60} по всем

фациям увеличивает основные экономические показатели. На варианте с внесением N_{90} независимо от фации отмечается снижение чистого дохода и уровня рентабельности внесенной дозы удобрения при возделывании яровой пшеницы.

Экономическая оценка производства продукции на различных сельскохозяйственных фонах показала, что наиболее высокий уровень рентабельности производства получен на залежном участке, минимальный на интенсивно используемой пашне. Использование двойной дозы позволяет повышать продуктивность с наименьшими затратами. Применение тройной дозы не повышает чистый доход и уровень рентабельности на всех элементах растительной структуры агроландшафта.

Предложения производству

- В целях оптимизации питательного режима почвы агроландшафта и повышения эффективности вносимых удобрений необходимо проводить почвенно-агрохимическое обследование с учетом рельефа местности на основе применения современных методов ГИС технологий.

Для поддержания уровня плодородия используемой пашни следует вводить зернотравяные севообороты, а также применять азотные удобрения в двойной дозе N_{60} .

Список литературы

1. Авдонин, Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции / Н.С.Авдонин - М.: Колос, 1979 – 302 с.
2. Агроклиматические ресурсы Саратовской области. - Л.: Гидрометиздат., 1970. - 122 с.
3. Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Поволжья. -М.: Наука, 1966. - 359 с.
4. Агрохимия. Под ред. П. М. Смирнова и А. В. Петербургского. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Колос», 1975. - 512 с.
5. Адерихин, П.Г. Изменение химического состава и физико-химических свойств черноземных почв при использовании их в сельском хозяйстве /П.Г. Адерихин // Охрана природы Центрально-Черноземной полосы. – Воронеж. - 1964.- №5. - С. 31-49.
6. Адрианов, С.Н. Запасы гумуса и элементов питания растений в дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах / С.Н. Адрианов //Агрохимия. - 1990. - № 4. - С. 126-138.
7. Акулов, П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов / П.Г. Акулов. М.: Колос, 1992. - 223 с.
8. Александрова, Л.Н. Изучение процессов гумификации растительных остатков и природы новообразованных гумусовых кислот / Л.Н. Александрова // Почвоведение. – 1972. – № 7. - С. 37-45
9. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. - Л.: Наука, 1980. - 288 с.
10. Алексеева, Е.Н. Влияние длительного применения различных доз удобрений на плодородие средневыщелоченного тяжелосуглинистого чернозема / Е.Н. Алексеева // Почвоведение. - 1970. - №3. - С. 127 — 132.
11. Алиев, С.А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв / С.А. Алиев. Баку, 1978. – 156 с.

12. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
13. Афанасьев, Р.А. Почвозащитные функции травяных экосистем / Р. А. Афанасьев // Плодородие. -2003. -№ 1 (10). С. 11-13
14. Афанасьев, Р.А. Учет внутривершинной гетерогенности почвы и посевов при дифференцированном применении удобрений / Р.А. Афанасьев // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сб. докладов Международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 10-12 сентября 2008 г., Курск. - 2008. – С. 304-320.
15. Ахметьева, Н.П. Загрязнение грунтовых вод удобрениями / Н.П. Ахметьева, М.В. Лола, А.Г. Горецкая. – М.: Наука. - 1991. – 104 с.
16. Баясгалан, Д. Структура и динамика подземной фитомассы основных фитоценозах лесостепной зоны Монголии: / Д. Баясгалан / Автореф. дис. . канд. биол. наук. СПб., 1992. - 18 с.
17. Белоголовцев, В.П. Оптимизация минерального питания сорго сахарного на орошаемой светло-каштановой почве с помощью метода почвенной диагностики / В.П. Белоголовцев // Агрехимия. – 2001. - № 4. – С. 28–31.
18. Белоголовцев, В.П. Комплексная диагностика параметров взаимодействия минерального питания и формирования продуктивности культур каштановой зоны Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.П. Белоголовцев. – Саратов. - 2002. – 48 с.
19. Богданов, Ф.М. Влияние различных систем удобрений на гумусное состояние и продуктивность чернозема типичного / Ф.М. Богданов, Н.А. Середина // Агрехимия. - 1998. - № 4. - С. 18-24
20. Бондаренко, Ю.В. Пространственно-временная эволюция почвенного плодородия эродированных склонов / Ю.В. Бондаренко, В.В. Афонин, Б.В. Фисенко // Адаптивные технологии производства качественного зерна в засушливом Поволжье. – Саратов. - 2004. – С.156–160.
21. Блэк, К. Растение и почва / К. Блэк. – М.: Колос, 1973. – 503 с.

22. Булаткин, Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов / Г.А. Булаткин. Пущино: ОНТБИ АН СССР, 1986. - 209 с.
23. Буткевич, В.В. Температура почвы и влияние удобрений на урожай и качество яровой пшеницы / В.В. Буткевич // Докл. АН СССР. - 1937. - Т. 17. - №2. - С.47 – 49.
24. Бялый, А.М. Водный режим в севообороте на черноземных почвах Юго-Востока / А.М. Бялый. – Л.: Гидрометеиздат., 1971. - 232 с.
25. Важенин, И.Г. Методы определения калия в почве /И.Г. Важенин // Агрохимические методы исследования почвы. - 1965. - С. 128-1654.
26. Валеев, И.Г. Почвенно-агрохимические основы формирования урожая сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне / И.Г. Валеев, И.Д. Давлятшин, Ф.Ш. Фасхутдинов. – Казань, 2003. - 132 с.
27. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. - М.: Россельхозиздат., 1984. - 254 с.
28. Васильчук, Н.С. Корневая система как фактор продуктивности яровой пшеницы / Н.С. Васильчук, О.И. Горбань, В.А. Кумаков // Сб. материалов V Всерос. науч.-практ. Конф. - Пенза. - 2001 - С. 29-30.
29. Вахмистров, Д.Б. Распределительная функция корневой системы растения / Д.Б. Вахмистров. – Иркутск, 1974 - 283 с.
30. Вернадский, В.И. Биосфера / В.И. Вернадский. – М.: Академиздат., 1960. - Т.6 – 422 с.
31. Вернадский, В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1979. – 358 с.
32. Вильяме, В.Р. Почвоведение / В.Р. Вильяме. М.: Сельхозгиз., 1949. - 439 с.
33. Вильямс, В.Г. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозиздат., 1951. – 576 с.
34. Вильямс, В.Р. Травопольные севообороты /В.Р. Вильямс. - М.-Л.: изд-во ВАСХНИЛ, 1947. - 91 с.

35. Вильямс, В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозиздат., 1951. – 576 с.
36. Власова, Т.А. Азот в черноземах Среднего Поволжья / Т.А. Власова. - М.: Агроконсалт., 1999. - 62 с.
37. Влияние применения удобрений на азотный режим южного чернозема засушливого Поволжья / М.П. Чуб, Н.В. Потатурина, В.В. Пронько, Л.Б. Сайфуллина // Агрехимия. – 2005. - № 10. – С. 5-12.
38. Влияние севооборотов на гумусное состояние чернозема выщелоченного / С.М. Надежкин, С.В. Широков, Л.Ф. Николаева, А.П. Гороховцева // Материалы 39 науч. конф. молодых ученых, посвящ. 100-летию со дня рождения проф. К.А. Кузнецова. – Пенза: ВЦ ПГСХА. - 2000. - С.70-72
39. Возбуждая, А. Е. Химия почв / А. Е. Возбуждая. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1968. – 427 с.
40. Волобуев, В.Р. Введение в энергетику почвообразования / В.Р. Волобуев. М.: Наука, 1974. - 122 с.
41. Воронина, И.И. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность севооборотов и агрохимические показатели типичного чернозема: автореф. дис. . канд. с. х. наук / И.И. Воронина. - М. - 1982. - 24 с.
42. Гамзиков, Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова. - Новосибирск: Наука ,1985. - 160 с.
43. Гамзиков, Г.Н. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почв / Г.Н. Гамзиков, М.Н. Кулагина // Почвоведение. - 1990. - № 4. - С. 57-67.
44. Геллер, И.А., Табеницкий Д.А. Корневые выделения и питание растений // ДАН СССР.- 1957. - Т.115 №2. -С.389-391.
45. Гинзбург, К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 242 с.
46. Глазовская, М.А. Роль и функция педосферы в геохимических циклах углерода / М.А. Глазовская // Почвоведение. – 1996. - №2. – С.16–19.

47. Голубев, В.Д. Применение удобрений: принципы системы. Особенности использования удобрений в Поволжье / В.Д. Голубев. - Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1969. – 222 с.
48. Горбань, О.И. Распределение биомассы и азота между органами растений разных генотипов яровой твердой пшеницы / О.И. Горбань // Нива Поволжья. -2011. -№4(21). -С. 16-20.
49. Горбань, О.И. Роль корневой системы яровой твердой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. -2011. -№5. -С. 6-8.
50. Горбань, О.И. Урожайность и качество яровой твердой пшеницы в зависимости от развития корневой системы в условиях Нижнего Поволжья / О.И. Горбань // Нива Поволжья. 2008. - № 3 (8). - С. 1-4
51. Горкун, М. И. Влияние механического состава и культуры севооборота на структуру и водно-физические свойства мощных черноземов: автореф. дис. кандидата с.-х. наук / М. И. Горкун – Киев, 1969. – 29 с.
52. Гришина, Л.А. Трансформация органического вещества почв / Л.А. Гришина, Г.Н. Концик, М.И. Макаров. М.: Наука, 1990. - 195 с.
53. Губарев, Д.И. Дифференциация почвенного плодородия как фактор формирования урожайности озимой пшеницы / Д.И. Губарев, И.Ф. Медведев, В.М. Попов // Инновационных технологии агрономии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в рамках фестиваля аграрной науки, 14-17 марта 2011. – М.И. - 2011. – С. 45–47.
54. Гуревич, С.М. Влияние длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства и плодородие мощного чернозема / С.М. Гуревич, В.И. Скороход // Агрохимия. 1975. - №9. - С. 77 - 82.
55. Данейко, Е.К. Изменение свойств почв агросистем / Е.К. Данейко //Природно-антропогенные геосистемы Центральной лесостепи Русской равнины. –М. - 1989. - С. 112-120.

56. Данилов, А.Н. Севообороты, солома и сидераты в экологическом земледелии Поволжья / А.Н. Данилов, В.Н. Титов - Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2002. - 152 с.
57. Деградация, охрана и восстановление черноземов Поволжья. Модели и технологии оптимизации земледелия / И.Ф. Медведев, Л.Б. Сайфуллина, О.В. Никитова, С.В. Каземиров // Модели и технологии оптимизации земледелия. - Курск. - 2003. – С. 161 – 164.
58. Денисов, Е.П. Особенности залежей сухостепной зоны Саратовского Заволжья / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Б.З. Шагиев, Е.В. Подгорнов и др. // Плодородие. - 2007. - № 4 (37). - С. 32-33.
59. Денисов, Е.П., Агеев Ю.Д., Царев А.П. и др. Севооборот, удобрения и плодородие почвы. - Саратов: СГАУ, 1999. - 216с.
60. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. – 292 с.
61. Добровольский, Г.В. Экологические функции почвы / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М.: МГУ, 1986. - 136 с.
62. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1979. - 416 с.
63. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат., 1985. – 351 с.
64. Дояренко, А.Г. Факторы жизни растений / А.Г. Дояренко. - М.: Колос, 1966. – 280 с.
65. Духанин, К.С. К вопросу о скорости разложения корневых и пожнивных остатков трав и травосмесей на почвах засушливого Юго-Востока / К.С. Духанин // Почвоведение. – 1940. - №11. – С. 49-54.
66. Дьяконова, А.А. Изменение некоторых физических и химических свойств целинных черноземов при их обработке / А.А. Дьяконова // Изв. Вое. Фил. АН СССР. 1957. - №3. - С. 14 – 28.
67. Дьяконова, К.В. Роль органического вещества / К.В. Дьяконова // Земледелие. – 1988. - № 1 – С. 25-26.

68. Дьяконова, К.В. Система показателей гумусового состояния для моделей плодородия черноземов / К.В. Дьяконова, Б.М. Когут // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использ. – М. - 1990. – С. 211-217.
69. Егоров, В.Е. Изменение почв при окультуривании / В.Е. Егоров. - М.: Знание, 1965. – 167 с.
70. Егоров, В.П. Сравнительная агрохимическая характеристика целинных и пахотных черноземов Зауралья / В.П. Егоров, Н.И. Дюрягина // Агрохимия. - 1972. -№ 4 – С. 45-51.
71. Жаркова, Ю.Г. Методика оценки почвозащитных свойств естественной травянистой растительности / Ю.Г. Жаркова // Закономерности проявления эрозийных и русловых процессов в различных природных условиях: тез. докл. 2-ой межвуз. конф. – М.: Колос, 1976. – С.18.
72. Жежель, Н.Г. Агрохимия /Н.Г.Жежель, Е.И. Пантелеева. - Л.: Колос, 1966. - 264 с.
73. Жуков, Ю.П. Баланс питательных веществ как прогнозно — экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур / Ю.П. Жуков // Агрохимия. - 1996. - №7. - С. 35 - 45.
74. Заболоцкая, Т.Г. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность / Т.Г. Заболоцкая – Л.: Наука, 1985. – 179 с.
75. Загорча, К.Л. Оптимальная система удобрения в полевых севооборотах / К.Л. Загорча. - Кишинев: Штинца, 1960. - 287 с.
76. Запольский, Г.М. Действие минеральных удобрений на лугах: сб. работ Ленинградской опытной станции животноводства /Г.М. Запольский. - Л.: - 1941. - Вып. 18.- Гл.4. - С. 27-38.
77. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
78. Зыбалов, В.С. Агроэкологическая оценка агроценозов и залежных почв южной лесостепи Челябинской области / В.С. Зыбалов, М.Н. Кокорева» // Вестник ЧГАУ. - 2005. - Т. 45. - С. 91-93.

79. Ивойлов, А.В. Влияние различных систем удобрения зернопропашного севооборота на баланс питательных веществ, агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого / А.В. Ивойлов, М.Н. Бессонова, Г.П. Наумова // Агрохимия. - 1995. - № 7. - С. 3-14.
80. Изменение химического состава поверхностных и подземных вод при интенсивном использовании пашни в эрозионно опасных агроландшафтах / И.Ф. Медведев, В.А. Гусев, Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова // Основы рационального природопользования. – Саратов. - 1999. – С. 17-23.
81. Иванов, А.Л. Рациональное применение удобрений в агроландшафтах Верхневолжья / А.Л. Иванов. – Иваново. - 1998. – С. 24-29.
82. Ивлев, А.М. Деградация почв и их рекультивация: учебное пособие / А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева; научный редактор В.И. Ознобихин. - Владивосток. Изд-во ДВГУ, 2002. - С.20.
83. Каземиров, С.В. Экологические аспекты развития почвенно-растительной системы южного чернозема на залежах / автореферат канд. с.-х.н. 2007. - 20 с.
84. Проблема гумуса пахотных почв при интенсивном земледелии / И.С. Кауричев, А.М. Лыков // Почвоведение. - 1979. - №12. - С. 5- 15.
85. Качинский, Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. - М.: Высшая школа, 1970. - Т. II. - 360 с.
86. Кирюшин, В.И. Изменение содержания гумуса и азота в почвах черноземной зоны в результате их сельскохозяйственного использования / В. И. Кирюшин, И. Н. Лебедева // Особенности формирования и использования почв Сибири и Дальнего Востока. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е. - 1982. - С.180-190.
87. Кирюшин, В.И. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев и др. М.: Изд-во МСХА, 1993. - 99 с.
88. Козловский, Ф.И. Агродеградация черноземов / Ф.И. Козловский, В.А. Чаплин // Степи Русской равнины: состояние, рационализация аграрного освоения. М.: Наука. - 1994. - С. 174 - 190.

89. Ковда, В.А. Минеральный состав растений и почвообразование / В.А. Ковда // Почвоведение. - 1956. - № 1. – С. 25-31.
90. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М.: Наука. - 1985. – С.107-286.
91. Ковда, В.А. Почвоведение в естественных науках и в земледелии / В.А. Ковда // Пробл. почвоведения и агрохимии. – М. - 1986. – С.14-24.
92. Кононова, М.М. Использование растением минеральных и органических форм азота / М.М. Кононова // Органические удобрения. – М. - 1972. – С. 96-105.
93. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства, методы изучения / М.М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
94. Кононова, М.М. Проблема органического вещества почвы на современном этапе / М.М. Кононова // Органическое вещество целинных и освоенных почв. – М. - 1972. – С. 7-29.
95. Кордуняну, П.Н. Биологический круговорот элементов питания с/х культур в интенсивном земледелии / П.Н. Кордуняну. - Кишинев. Штиница, 1985. - 360 с.
96. Костычев, П.А. Почвоведение / П.А. Костычев. - М.: Сельхозгиз., 1941. – 222 с.
97. Костычев, П. А. Почвы черноземной области России / П.А. Костычев. М.- Л.: Сельхозгиз., 1937. - 239 с.
98. Котлярова, О.Г. Ландшафтная система земледелия - основа повышения плодородия почв / О.Г. Котлярова. – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 2000. – 46 с.
99. Котлярова, О.Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зоны / О.Г. Котлярова. – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА., 1995. – 294 с.
100. Кравков, С.П. Биохимия и агрохимия почвенных процессов / С.П. Кравков. Л.: Наука, 1978. - 291 с.

101. Кравченко, Л.В. Ризосфера область взаимодействия микроорганизмов и растений / Л.В. Кравченко // С.-х. микробиология в XIX-XXI веках: тез. докл. Всерос. конф. - СПб., 2001 - С. 59.
102. Красовская, И.В. Корневая система яровой пшеницы и рост ее в зависимости от внешних условий / И.В. Красовская // Науч. отчет ин-та зерн. хоз-ва Юго-Востока СССР за 1943-1945 гг.- Саратов. - 1947.- С. 167-188.
103. Круговорот и баланс гумуса и питательных веществ как научная основа прогнозирования плодородия почв полесских, лесостепных и степных районов УССР / И.Г. Захарченко и др. // Круговорот и баланс питательных веществ, и изменение физических свойств основных почв страны в земледелии. – М. - 1978. – С. 51–74.
104. Кулаковская, Т.Н. Агрохимические свойства почв и их значение в использовании удобрений / Т.Н. Кулаковская – Минск: Урожай. - 1965. – С.72-75.
105. Куликова, А.Х. Агроэкологическая оценка плодородия почв Среднего Поволжья и концепция его воспроизводства / А.Х. Куликова, А.В. Карпов, И.А. Вандышев, В.П. Тигин. – Ульяновск, 2007. – 158 с.
106. Кумаков, В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В.А. Кумаков. – М.: Росагропромиздат., 1998. – 104 с.: ил.
107. Кудеярова, А.Ю. Формы аккумуляции и миграции фосфора в почвах в условиях антропогенеза /А.Ю. Кудеярова // Естественная и антропогенная эволюция почв. – Пушкино. - 1988. - С. 107-116.
108. Лавренко, Е.М. О взаимоотношениях между растениями и средой в степных фитоценозах /Е.М. Лавренко // Почвоведение. - 1941.- №3. - С. 42-58.
109. Лазарев, А.А. Динамика подвижных соединений азота, фосфора и калия в обыкновенных черноземах Каменной Степи /А.А. Лазарев // Вопросы травопольной системы земледелия. - 1953. - Т. II. - С. 382-438.
110. Ларин, И.В. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство /И.В. Ларин.- Л.: Колос, 1969. - 552 с.

111. Левицкая, Н.Г. Современные тенденции изменения климата и их влияние на продуктивность с.-х. культур в Нижнем Поволжье / Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. – Саратов. - 2000. – Ч. 2. – С. 33–47.
112. Левин, Ф.И. Окультуривание подзолистых почв / Ф.И. Левин – М.: Наука, 1972. – 123 с.
113. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почвы / А.М. Лыков. – М.: Колос, 1985. - 191с.
114. Лысак, Г.Н. Почвоводоохранная роль буферных полос из многолетних трав / Г.Н. Лысак, А.И. Климентьев, Н.К. Бискаев // Земледелие. – 1989. - № 12. – С. 38–40.
115. Макаров, В.З. Ландшафтное районирование Саратовского Заволжья: опыт картографирования и анализ / В.З. Макаров, Н.В. Пичугина, А.Н. Павлова // Пробл. региональной экологии. – 2009. - № 3. – С. 3-6.
116. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М., 1988. – 159 с.
117. Медведев, И.Ф. Агроэкологические основы повышения плодородия склоновых черноземных почв Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук // И.Ф. Медведев. – Саратов. - 2001. – 384 с.
118. Медведев, И.Ф. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия и их роль в повышении плодородия черноземных почв /И.Ф. Медведев // Основы рационального природопользования: сб.науч. работ. – Саратов. - СГАУ им. Н.И. Вавилова. - 1999. - С. 66-74.
119. Медведев, И.Ф. Геохимическая миграция и почвенное плодородие в эрозионноопасных агроландшафтах Поволжья /И.Ф. Медведев // Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства: сб. матер. Межд. науч.-прак. конф., посвящен. 50-летию кафедры земледелия. Пенза. – 2004. - С. 53-56.
120. Медведев, И.Ф. Изменение продуктивности и химического состава органических остатков в процессе ремутации деградированной пашни: матер. Все-

рос. науч. - пр. конф., посвящ. 117-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова /И.Ф. Медведев, В.А. Гусев, С.В. Каземиров. – Саратов. - 2004. - С. 70-73.

121. Медведев, И.Ф. Особенности формирования потенциального и эффективного плодородия почвы под залежами различной длительности: междун. науч.-практич. конф. Агрохимия и экология: история и сов-ть / И.Ф. Медведев, С.В. Каземиров, И.И. Елистратова. – Н.Новгород. – 2008.- С. 52-56.

122. Медведев, И.Ф. Процесс восстановления деградированной черноземной пашни через залежь // Землеустроительное и кадастровое обеспечение функционирования земельно-имущественного комплекса: мат. Междунар. науч.-практ. конф. ученых и специалистов /И.Ф. Медведев, С.В. Каземиров. - Омск: изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ. - 2005. - С. 326-328.

123. Медведев, И.Ф. Медведев И.Ф. Реакция почвенно-растительной системы на залежное использование пашни // Основы рационального природопользования: сб. научн. тр. Саратов. ГСХ им. Н.И. Вавилова /И.Ф. Медведев, С.В. Каземиров. – Саратов. - 2005. - С. 73-76.

124. Медведев, И.Ф. Роль экологических условий рельефа и удобрений в формировании урожайности яровой пшеницы / И.Ф. Медведев, М. Н. Любимова // Вестн. СГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2008. - № 4. – С. 28–30.

125. Медведев, И.Ф. Роль залежных и полевых ценозов в формировании плодородия почв // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова / И.Ф. Медведев. Л.Б. Сайфуллина, И.И. Елистратова, М.Н. Панасов. - Саратов. - 2009. – С.22-27.

126. Медведев, И.Ф. Роль экологических условий Саратовской области в формировании продуктивности целинных и залежных фитоценозов: матер. регион. науч.-практич. конф. / И.Ф. Медведев, И.И. Елистратова, В.И. Ефимова, В.А. Куликова. – Саратов. - 2009. – С. 116-120.

127. Медведев, И.Ф. Состояние, охрана и воспроизводство плодородия черноземных почв в условиях Поволжья / И.Ф. Медведев // Науч. наследие акад. Н.М. Тулайкова и практ. применение в современном земледелии. – Ульяновск. - 2000. – С. 45-52.

128. Медведев, И.Ф. Состояние азотного фонда черноземных почв Саратовской области: матер. межрегион. конф. молод. учен. и спец. системы АПК Приволж. фед. округа. Вавиловские чтения /И.Ф. Медведев, Л.Б. Сайфуллина, С.В.Каземиров.- Саратов. – 2003. - С. 1-2.

129. Медведев, И.Ф. Процесс восстановления деградированной черноземной пашни через залежь // Землеустроительное и кадастровое обеспечение функционирования земельно-имущественного комплекса: мат. Междунар. науч.-практ. конф. ученых и специалистов /И.Ф. Медведев, С.В. Каземиров. - Омск: изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ. - 2005. - С. 326-328.

130. Медведев, И.Ф. Экологические проблемы при переводе черноземной пашни в залежное состояние: сборник науч. трудов ГНУ НИИСХ Юго-Востока / И.Ф. Медведев, И.И. Елистратова, В.А. Куликова, Н.В. Алманова. – Саратов. - 2009. – С. 204-213.

131. Медведев, И.Ф. Экология и биопродуктивность ландшафтов Саратовской области / И.Ф. Медведев, В.А. Гусев // Изв. Саратов. гос. ун-та. - Новая сер. – 2004. – Т. 4, вып. 1-2. – С. 139–145.

132. Милащенко, Н. З. Производство экологически чистых и биологически полноценных продуктов питания / Н. З. Милащенко, В. Н. Захаров // Химизация сельского хозяйства. - 1991. - №1. - С.4-8.

133. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат., 1990. – 206 с.

134. Мишустин, Е.Н. Растительные остатки как фактор формирования потенциального и эффективного плодородия почвы / Е.Н. Мишустин // Органические удобрения. – М. - 1972. – С. 135-150.

135. Муха, В.Д. Агрочвоведение: учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений / В.Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д.В. Муха; под ред. В. Д. Мухи. - М.: Колос, 2003. - 528 с.

136. Надежкина, Е.В. Экология и агрохимия азота черноземов лесостепи Приволжской возвышенности / Е.В. Надежкина. — М.: МГУ, 2003. -206 с.

137. Назаров, В.А. Система агроэкологических приемов и агрохимических регулирования плодородия черноземных почв Поволжья / В.А. Назаров, И.В. Назаров // Вестн. СГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2008. - №5. – С. 40–42.
138. Назарюк, В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В.М. Назарюк. Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2002. - 256 с.
139. Никитишен, В.И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии / В.И. Никитишен. М.: Наука, 2003. - 183 с.
140. Никифорова, Л.И. Влияние удобрений и обработки почв на содержание в них гумуса / Л.И. Никифорова // Агрохимия. – 1985. - №8. – С.106–122.
141. Николаев, В.А. Основные учения об агроландшафтах / В.А. Николаев // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. – М.: Изд-во Моск. ун-та. - 1992. - С.4-57.
142. Николаев, В.А. Рекомендации к ландшафтному обоснованию природоохранных систем земледелия / В.А. Николаев, В.К. Жучкова, Н.И. – М.:– 1993. С. 56-78.
143. Носатовский, А.И. Пшеница/ А.И. Носатовский - М.: Колос. - 1965- 567 с.
144. Носко, Б.С. Параметры плодородия основных типов почв / С.Б. Носко, А.А. Христенко. М.: Агропромиздат., 1988. - 237 с.
145. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Т. Минеев. – М.: Агропромиздат., 1987. – 512 с.
146. Петербургский, А.В., Кудеяров А. Ю. Вынос питательных веществ урожаями культур и возврат их в почву с удобрениями в 1968-1972 гг. // Агрохимия. – 1975.- № 4.
147. Потери элементов питания в земледелии и охрана окружающей среды: обзорн. информ. ВНИИТЭИСХ / С.Н. Юркин, З.К. Благовещенская, Н.Б. Макаров, Е.А. Пименов. – М., 1978. – 52 с.
148. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. - Л.: Наука, 1980. – 222 с.

149. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. - М.: Агропромиздат., 1987. 512 с.
150. Прогноз развития агрохимической науки на период до 2010 г. / под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Изд-во ВИУА, 1987. – 58 с.
151. Пронько, В.В. Изменения плодородия черноземных почв Поволжья и роль минеральных удобрений в повышении их продуктивности / В.В.Пронько, Д. Ю. Журавлев, Н.Ф. Климова // Вестн. Саратов. ГАУ им. Н.И.Вавилова. – 2007. - № 5. – С. 77–79.
152. Пронько, В.В. Продуктивность севооборота и баланс питательных веществ при длительном внесении минеральных удобрений в степном Поволжье / В.В. Пронько, М.П. Чуб, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова, Д.Ю. Журавлев //Аграрный научный журнал. - 2017. - №5. – С. 33-40.
153. Пронько, В.В. Факторы эффективности удобрений в сухостепной зоне Поволжья /В.В. Пронько, П.Н. Гришин, Г.К. Соловова // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. – Саратов. - 2000. – Ч. 2. – С. 122–142.
154. Пронько, В.В. Экологические функции органических и минеральных удобрений в агроландшафтах степного Поволжья / В.В. Пронько // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2002. - № 2. – С. 45–46.
155. Пустан, А. Влияние некоторых минеральных удобрений на изменение физических свойств почв и на вынос питательных веществ поверхностным стоком / А. Пустан, В. Казо, Ф. Матэ //УШ Международный конгресс по минеральным удобрениям. Доклады зарубежных участников. – М. - 1976. – Т. 2. – С. 44–53.
156. Рассел, Э. Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. – М. - 1955. – 624 с.
157. Роде, А.А. Почвенная влага / А.А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 456 с.
158. Сатаров, Г.А. Влияние минеральных удобрений на экологию агроландшафтов / Г.А. Сатаров, С.В. Кольцов // Актуальные проблемы мониторинга экосистем антропогенно нарушенных территорий. Материалы научно-практической конференции с международным участием. – УлГУ. - 2011. – С. 28-32.

159. Сатаров, Г.А. Плодородие черноземов и эффективность удобрений в Поволжье. - М.: Изд-во МГУ, 1999. - 176 с.
160. Сатаров, Г.А. Эколого-агрохимические проблемы воспроизводства плодородия почв, повышения продуктивности земледелия и пути их решения в лесостепи Поволжья: дисс. ... д-ра с.-х. наук / Г.А. Сатаров. - 1999. – 445 с.
161. Сатаров, Г.А. Эффективное плодородие почв и применение зеленых удобрений для его улучшения / Г.А. Сатаров // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. - №1.- С. 148-154
162. Сдобникова, О.В. Фосфорные удобрения и урожай /О. В. Сдобникова // М.: Агропромиз-дат., 1985. - 111с.
163. Сибирцев, Н.М. Почвоведение / Н.М. Сибирцев// М.: Сельхозгиз., 1951.- 472 с.
164. Сидоров, М.И. Роль негумифицированных растительных остатков почвы в земледелии / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков // Вестн. С.-х. науки. - 1981. - №11. - С. 78-84.
165. Сеницына, Н.Е. Биологические ресурсы воспроизводства почвенного плодородия обыкновенных черноземов Саратовского Поволжья / Н.Е. Сеницына // Проблемы земледелия в Поволжье: сб. науч. работ. – Саратов: Саратовская СХА. - 1996. – С.89-99.
166. Словцова, Г.А. О возможности загрязнения окружающей среды в результате направленного использования минеральных удобрений / Г.А. Словцова //Химия в сел. хоз-ве. – 1975. - №12. – С. 51–54.
167. Современное состояние биосферных процессов в агроландшафтах Поволжья / И.Ф. Медведев, Н.Г. Левицкая, Д.И. Губарев, А.А. Бочков // Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф., г. Курск, 14-16 сент. 2010 г. – Курск, 2010. – С. 211–214.
168. Соколов, О.А. Роль нитратных фондов в азотном питании растений / О.А. Соколов // Агрохимия. - 1998. - №7. - С. 91 - 97.

169. Станков, Н.З. Корневая система полевых культур / Н.З. Станков. - М.: Наука, 1964. - 56 с.
170. Тарановская, М.Г. Методы изучения корневых систем / М.Г. Тарановская. - М.: Сельхозгиз, 1957. - 216 с.
171. Титлянова, А.А. Агроценозы степной зоны / А.А. Титлянова, В.И. Кирюшин, И.П. Охинько и др. Новосибирск: Наука. - 1984. - 214 с.
172. Тихова, Е.П. Плодородие, залежи и пашни /Е.П. Тихова // Труды ВГУ.- Воронеж. - 1950. - С. 24-31.
173. Томпсон, Л.М. Почвы и их плодородие / Л.М. Томпсон, Ф.Р. Трой. - М.: Колос, 1982. - 462 с.
174. Трепачев, Е.П. Влияние пожнивно-корневых остатков и неучтенного органического вещества люцерны и костра безостого на плодородие / Е.П. Трепачев, Л.Д. Алейникова // Почвоведение. - 1982. - № 4. - С. 120-127.
175. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Туев. - М.: Агропромиздат., 1989. - 24 с.
176. Тулайков, Н.М. Проблемы залежи и севооборота в пшеничном хозяйстве/ Н.М. Тулайков. - М.-Л.: Сельхозгиз. - 1930. - С. 30 - 65.
177. Тюлин, А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, генезис и значение для корневого питания растений /А.Ф. Тюлин.- М.: изд-во АН СССР. - 1968. - N7. - С. 75-93.
178. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. - М.: Наука, 1965. - 316 с.
179. Усов, Н.И. Почвы Саратовской области в 2х томах /Н.И. Усов. - Саратов: ОГИЗ, 1948. - 356 с.
180. Устойчивое развитие агроландшафтов: в 2-х т. Т. 1/ Н.З. Милащенко, О.А. Соколов, Т. Брайсон, В.А. Черников. - Пушкино, 2000. - 315 с.
181. Устойчивое развитие агроландшафтов: в 2-х т. Т. 2/ Н.З. Милащенко, О.А. Соколов, Т. Брайсон, В.А. Черников. - Пушкино, 2000. - 598 с.

182. Устименко, А.С. Корневая система и продуктивность сельскохозяйственных растений / А.С. Устименко, П.В. Данильчук, А.Т. Гвоздиковская-Киев: Урожай, 1975. - 368 с.

183. Федулова, А.А. Полевые севообороты и изменение показателей плодородия почвы /А.А. Федулова // Преобразование природы в Каменной Степи. - М.:Россельхозиздат. - 1969. - С. 157-176.

184. Фокин, А.Д. Участие различных соединений растительных остатков в формировании и обновлении гумусового вещества / А.Д. Фокин // Пробл. почвоведения. – М. - 1978. – С. 60-65.

185. Хабаров, А.В. Почвоведение / А.В. Хабаров, А.А. Яскин. М.: Колос, 2001. - 232 с.

186. Чернов, В.К. Корневая система мягкой и твердой яровой пшеницы в связи с их продуктивностью и засухоустойчивостью / В.К. Чернов, К.Ф. Гурьянова, Н.Г. Епонешникова // Вопр. ботаники Юго-Востока — Саратов. - 1988. - Вып. 6.- С. 46-51.

187. Чириков, Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф.В. Чириков. - М.: Сельхозиздат., 1956. - 464 с.

188. Чуб, М.П. Определение потребности яровой пшеницы в удобрениях в зависимости от погодных факторов и содержания в почве подвижных элементов питания // Эффективность удобрений и повышение плодородия почв в засушливом Поволжье: сб. науч. тр. НИИСХ Юго-Востока /М.П. Чуб. – Саратов. - 1986. - С. 4-19.

189. Чуб, М.П. Оптимизация систем удобрений в севообороте и изменение плодородия почв на черноземах засушливого Поволжья / М.П. Чуб, Э.С. Гюрова, Н.В. Потатурина // Пробл. и пути преодоления засухи в Поволжье. – Саратов. - 2000. – Ч.2. - С. 48-69.

190. Чуб, М.П. Оптимизация минерального питания культур и систем удобрений в севооборотах на черноземных и темно-каштановых почвах засушливого Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук / М.П. Чуб. – Саратов, 1989. – 450 с.

191. Чуб, М.П. Современное состояние плодородия почв Саратовской области / М.П. Чуб, И.Ф. Медведев, Н.В. Потатурина // *Агрохимия*. - 2003. - №4. - С. 5-13.
192. Чуб, М.П. Черноземные почвы Поволжья, их распространение, состав и использование (на примере Саратовской области) / М.П. Чуб, И.Ф. Медведев, Э.С. Гюрова // *Плодородие черноземных почв*. – М. - 1998 – С. 509–553.
193. Хабаров, А.В. Почвоведение / А.В. Хабаров, А.А. Яскин. М.: Колос, 2001. - 232 с.
194. Шабаев, А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев. – Саратов, 2003. – 284 с.
195. Шабаев, А.И. Особенности разработки систем земледелия на ландшафтной основе для черноземной степи Саратовской области / А.А. Шабаев, И.Ф. Медведев // *Проблемы ландшафтного земледелия*. - Курск. - 1997. - С. 97–107.
196. Шикула, Н.К. Потери питательных веществ из серых оподзоленных почв с поверхностным стоком / Н.К. Шикула, М.М. Ломакин // *Почвоведение*. - 1978. - №4. - С. 113-120.
197. Ширинян, М.Х. Рельеф агроландшафтной местности, его влияние на плодородие почвы, урожайность озимой пшеницы и эффективность удобрений // *Совершенствование систем земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: сб. статей*. – Краснодар. - 2004 -2012. - С. 59 – 61
198. Шконде, Э.И. Влияние растений и удобрений на характер распределения фосфатов по профилю почвы / Шконде Э.И. // *Питание растений и применение удобрений*. М. - 1960. - Т. 2. - С. 122 - 131.
199. Шлевкова, Е.М. Биологическая активность чернозема южного в зависимости от способа обработки почвы / Е.М. Шлевкова // *Почвоведение*. - 1993. - №3. - С. 40 - 44.
200. Щербаков, А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. М.: Колос, 1983. - 189 с.
201. Ягодин, Б. А. *Агрохимия* / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. - М: Колос, 2002. - С.584.

202. Явтушенко, В.Е. Потери органического вещества и элементов питания растений из почвы в результате водной эрозии / В.Е. Явтушенко, Н.Б. Макаров // *Агрохимия*. – 1996. - №4. – С. 117–123.
203. Adriano D.C. Trace elements in terrestrial environments / D.C. Adriano. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag., 2001. - 868 p.
204. Czuba R. Experience with fertilizer recommendation in Eastern Europe. / R. Czuba. / *Development of K- fertilizer recommendation. Int. Potash. Inst. Bern*, 1990. - p. 311.
205. Hocket E.A., Wesebbery D.M. Response of agronomic soil. Phosph. egr. – 1977. - №31. - N70. - p. 47-62.
206. Keulen Van H., Wolf J. Modelling of agricultural production of agricultural production: Weather Soils and crops. – Wagen, 1986. - 479p.
207. Jenkinson D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called «priming» effect // *J. Soil Sei.* - 1985. - V. 36. - № 3. - P. 425-444.
208. Lai R., Kimble J.M., Follett R.F., Cole C. V. The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Boca Raton, Fl. CRC/Lewis Publishers, 1998. - 128 p.
209. Mutscher H. Measurement and assessment of soil potassium / *Intern. Potash Inst. Research Top. Basel: IPI*. -1995. - № 4. –P. 102-106.
210. Saric, M.R. Theoretical approaches to the genetic specificity of mineral of plants/M.R. Saric // *Plant and soil*. - 1983. - Vol.72. -№ 2/3. - P.137-138.
211. Walsh L.M., Beaton J.D. *Soil Testing and Plant Analysis*, revised edition. Madison, Wis.: Soil Science Society of America, 1973. - p. 491.

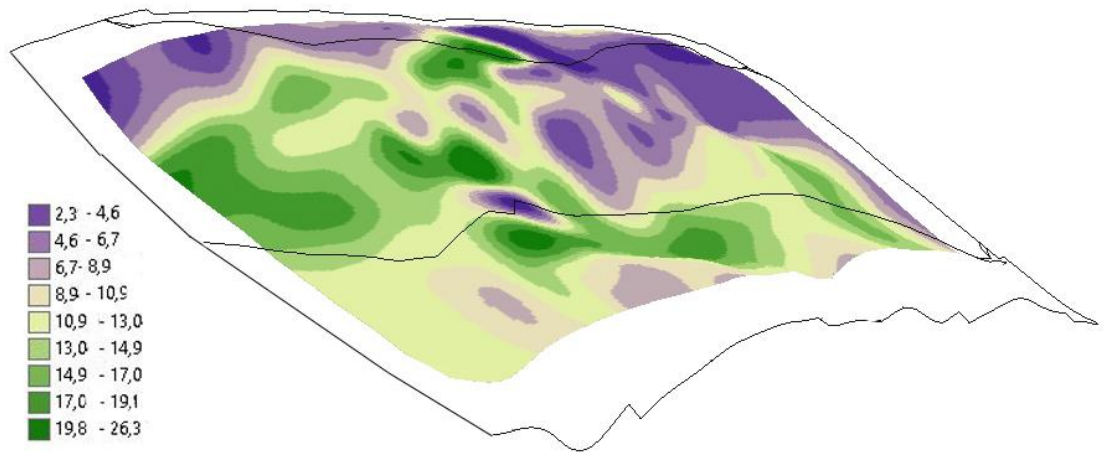
Приложения

Приложение 1

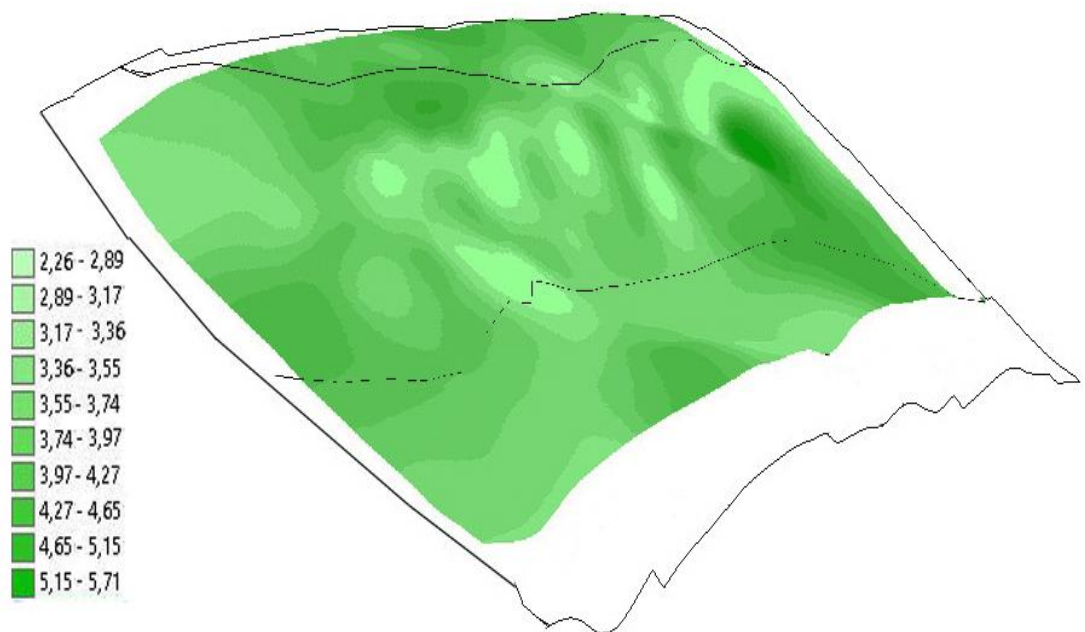
Агрометеорологические условия за 2012-2017гг., м/с Саратов ЮВ

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя температура воздуха, °С												
2012	-9,4	-14,5	-4,7	13,6	19,3	23,0	23,9	22,2	14,9	9,7	2,1	-7,1
2013	-8,3	-6,4	-3,4	9,6	19,6	20,9	21,3	21,4	13,2	7,1	3,6	-2,9
2017	-7,4	-5,7	0,5	8	13,9	18	21,7	22,4				
Сред. многолетнее	-8,4	-8,9	-2,5	10,4	17,6	20,6	22,3	22,0				
Сумма осадков, мм												
2012	70	59	59	17	6	47	27	95	23	62	33	27
2013	49	21	53	31	44	141	37	11	115	9	15	18
2017	19,2	39,8	5,3	79	99,3	66,7	51,5	3,3				
Средн. многолетнее	46,1	39,9	39,1	42,3	49,8	84,9	38,5	36,4				
Относительная влажность воздуха, %												
2012	82	78	79	50	45	52	51	59	62	70	80	79
2013	84	82	77	58	49	59	59	58	76	72	80	81
2017	85	75	78	60	55	61	64	60				
Средн. многолетнее	83,7	78,3	78,0	56,0	49,7	57,3	58,0	59,0				
ГТК												
	май	июнь	июль	август	сентябрь	май-июль	За период с t > 10°					
2012	0,1	0,7	0,4	1,4	0,5	0,4	0,6					
2013	0,7	2,2	0,6	0,2	2,9	1,1	1,2					
2017	2,3	1,2	0,8	0,1	0,7	1,4	1,02					

Содержание нитратного азота в пашне стационарного поля по элементам рельефа,
мг/кг

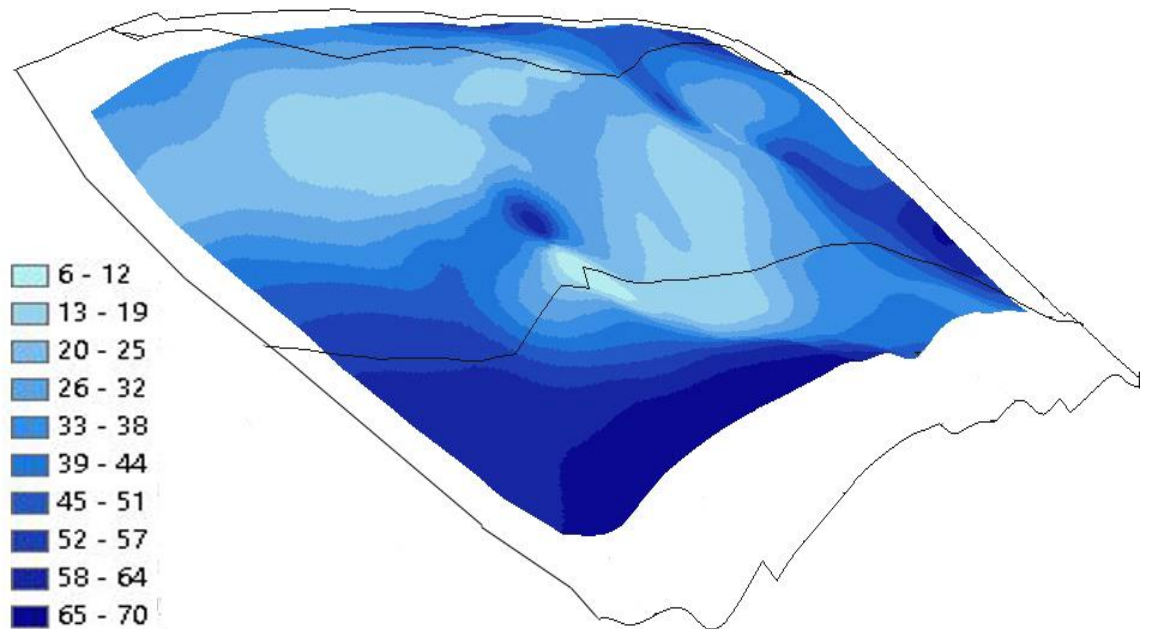


Содержание гумуса в пашне стационарного поля по элементам рельефа, %



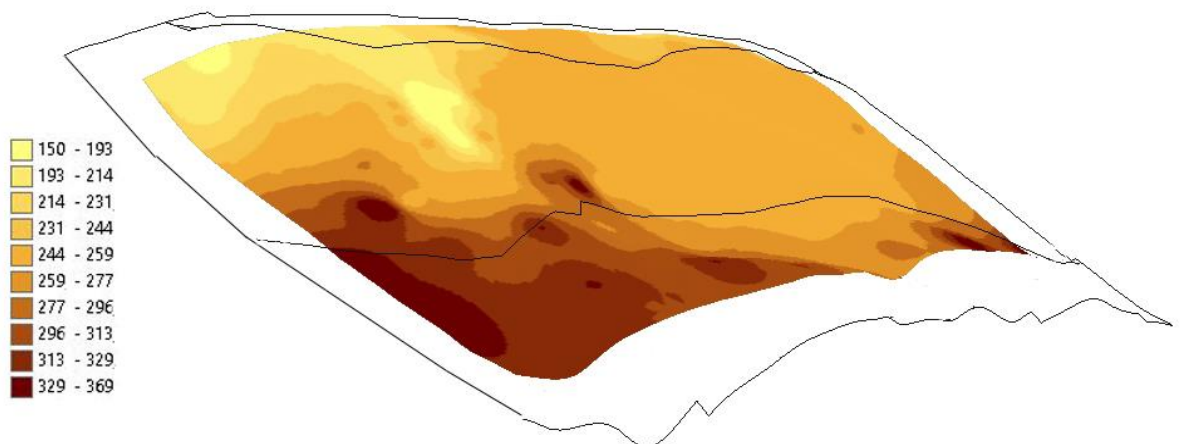
Приложение 4

Содержание подвижного фосфора пашни стационарного поля по элементам рельефа, мг/кг



Приложение 5

Содержание подвижного калия в пашне стационарного поля по элементам рельефа, мг/кг



Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы естественных ценозов за период исследований, мм

Вид ценоза	Слой почвы, см	2012	2013	2017
Залежь 35 лет	0-10	9,2	12,4	29,9
	10-20	9,8	11,6	26,2
	20-30	9,5	10,0	20,4
	30-40	9,4	10,2	22,1
	40-50	10,9	11,4	26,4
	50-60	11,7	11,9	13,5
	60-70	11,2	12,8	18,9
	70-80	10,4	13,9	20,1
	80-90	10,7	13,4	22,0
	90-100	10,8	13,4	17,1
Сумма	0-100	103,6	121	228,5
Целина	0-10	8,0	13,0	30,5
	10-20	8,2	13,7	26,2
	20-30	8,2	11,1	24,3
	30-40	8,4	12,2	19,1
	40-50	10,1	13,3	23,5
	50-60	10,6	13,2	22,1
	60-70	11,7	12,4	21,5
	70-80	12,2	12,6	19,8
	80-90	11,4	13,4	20,5
	90-100	12,6	14,2	20,9
Сумма	0-100	101,4	129,11	216,7

Содержание продуктивной влаги на пашне по двум севооборотам в метровом слое почвы за период исследований, мм

Севооборот	Слой почвы, см	Фазы развития яровой пшеницы								
		Кущение			Колошение			Спелость		
		2012	2013	2017	2012	2013	2017	2012	2013	2017
Зерно-паровой	0-10	6,2	13,2	26,6	3,7	15,5	23,9	10,5	7,9	7,3
	10-20	6,8	12,2	23,6	5,4	20,0	24,1	6,4	15,7	17,8
	20-30	6,8	11,2	23,0	4,9	18,4	19,2	5,8	8,8	19,1
	30-40	8,1	11,1	22,6	4,6	18,7	17,6	4,4	4,5	19,0
	40-50	11,0	11,3	22,9	7,1	16,5	18,4	5,8	3,8	16,3
	50-60	12,6	7,7	21,7	7,9	16,1	18,5	5,5	4,7	17,7
	60-70	13,7	7,9	22,0	7,6	15,5	21,3	4,5	5,5	19,9
	70-80	14,0	14,7	21,2	7,9	14,8	27,2	5,3	6,0	18,4
	80-90	16,0	13,3	19,8	10,2	16,9	20,9	7,6	8,3	17,6
	90-100	15,8	15,0	19,0	12,6	15,2	20,3	6,8	8,0	17,5
Сумма	0-100	111	117,6	222,4	71,9	167,6	211,4	62,6	73,2	170,6
Зерно-травяной	0-10	9,0	7,6	21,1	2,1	14,5	21,1	5,7	3,0	9,1
	10-20	7,6	11,6	20,1	4,1	18,1	18,0	6,4	6,7	14,4
	20-30	8,0	11,3	21,0	5,5	16,7	18,2	3,2	3,2	14,3
	30-40	5,9	8,1	21,2	4,1	14,8	18,2	1,0	1,7	14,0
	40-50	6,5	6,6	20,1	2,1	14,6	19,2	1,7	3,1	14,6
	50-60	10,2	9,9	19,9	4,2	12,7	19,6	2,3	2,3	15,6
	60-70	11,3	9,1	20,7	5,2	10,1	19,6	2,5	1,3	14,8
	70-80	12,3	11,3	19,7	4,8	8,9	19,0	1,1	1,7	14,6
	80-90	14,0	11,3	19,5	7,0	9,3	18,4	3,0	3,3	14,5
	90-100	14,0	11,6	19,6	5,8	7,3	19,5	2,0	3,8	14,0
Сумма	0-100	98,8	98,4	202,9	44,9	127	190,8	28,9	30,1	139,9

Динамика нитратного азота в метровом слое почвы на пашне по двум
Севооборотам за период исследований, мг/кг

Сево- оборот	Слой почвы, см	Фазы развития яровой пшеницы								
		Кущение			Колошение			Спелость		
		2012	2013	2017	2012	2013	2017	2012	2013	2017
Зерно- паро- вой	0-10	23,62	10,00	0,86	11,66	4,80	25,00	5,60	4,10	1,02
	10-20	4,01	9,60	1,68	5,62	4,30	1,62	4,90	3,00	0,96
	20-30	3,09	5,00	1,73	4,41	4,10	1,07	2,90	2,30	1,20
	30-40	2,78	5,50	0,94	4,06	3,40	0,92	2,00	1,70	0,88
	40-50	2,56	4,30	0,89	3,30	2,30	0,83	1,80	1,50	1,00
	50-60	2,44	4,10	0,73	3,81	1,80	0,84	1,80	1,45	0,98
	60-70	3,13	4,00	0,73	3,60	3,00	0,83	1,90	1,45	1,02
	70-80	4,22	3,60	0,66	3,48	2,60	0,87	2,80	1,40	0,90
	80-90	4,31	3,20	0,61	3,05	2,10	0,71	2,20	1,15	0,98
	90-100	4,91	2,80	0,58	3,22	1,90	0,71	2,00	1,15	0,85
Сред- нее	0-100	5,51	5,21	1,03	4,62	3,03	3,34	2,79	1,92	1,00
Сумма	0-100	55,07	52,10	8,22	46,21	30,3	33,40	27,9	19,2	7,96
Зерно- травя- ной	0-10	13,65	8,90	1,22	15,39	5,80	4,80	17,40	1,90	0,9
	10-20	3,80	10,80	1,18	4,07	6,30	1,20	11,20	3,50	0,88
	20-30	3,34	8,50	1,19	2,37	7,90	1,45	6,30	2,20	0,98
	30-40	1,89	5,10	0,97	2,13	3,70	1,15	3,20	1,40	1,00
	40-50	1,94	3,30	0,88	1,91	4,20	1,02	2,50	1,30	0,88
	50-60	3,09	3,20	1,43	1,74	6,60	1,00	3,30	1,60	0,78
	60-70	11,76	3,50	3,17	4,49	4,00	0,9	2,70	3,30	0,84
	70-80	14,64	6,00	2,56	6,67	3,00	0,83	2,30	3,60	0,87
	80-90	20,88	5,20	2,48	6,79	3,20	1,02	2,30	3,30	0,91
	90-100	18,44	6,60	2,25	9,09	3,20	1,00	2,60	3,00	0,89
Сред- нее	0-100	9,34	6,11	1,73	5,47	4,79	1,44	5,38	2,51	0,89
Сумма	0-100	93,43	61,10	17,28	54,65	47,9	14,37	53,8	25,1	7,13

Динамика минерального азота в метровом слое почвы на естественных
ценозах за период исследований, мг/кг

Вид	Слой поч- вы, см	2012		2013		2017	
		N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
Залежь 35 лет	0-10	2,64	2,9	4,11	4,00	1,09	1,27
	10-20	1,90	1,95	3,25	3,20	1,06	-
	20-30	1,50	1,48	1,11	2,75	0,94	-
	30-40	1,67	0,54	0,94	1,89	0,10	-
	40-50	0,78	0,15	0,41	1,90	1,29	-
	50-60	0,44	0,34	0,51	1,10	1,67	-
	60-70	0,29	0	0,14	1,70	2,86	4,64
	70-80	0	0	0,11	0	3,72	3,12
	80-90	0	0	0	0	3,90	4,25
	90-100	0	0	0	0	3,90	-
Среднее	0-10	0,92	0,74	1,06	1,65	2,05	3,32
Сумма	0-100	9,22	7,36	10,58	16,54	20,53	13,28
Целина	0-10	3,50	3,2	4,81	5,10	2,88	4,56
	10-20	2,53	1,74	3,64	3,90	1,66	-
	20-30	3,81	2,59	2,25	3,70	1,09	-
	30-40	2,07	2,8	0,76	2,10	0,93	-
	40-50	1,74	0,87	0,26	1,90	0,84	-
	50-60	2,45	0,17	0	0,89	0,71	-
	60-70	1,73	0	0	1,70	0,66	-
	70-80	0,53	0	0	0	0,62	-
	80-90	0,15	0	0	0	0,60	-
	90-100	0	0	0	0	0,46	-
Среднее	0-100	2,23	1,14	1,27	1,93	1,05	4,56
Сумма	0-100	17,83	11,37	11,46	19,29	10,45	4,56

Отношения между окисленной и восстановленной формами минерального азота в метровом слое почвы естественных ценозов 2012-2013-2017 гг.

Вид	Слой поч- вы, см	Отношения между N-NH ₄ и N-NO ₃		
		2012	2013	2017
Залежь 35 лет	0-10	1,10	0,97	1,17
	10-20	1,03	0,98	0,00
	20-30	0,99	2,48	0,00
	30-40	0,32	2,01	0,00
	40-50	0,19	4,63	0,00
	50-60	0,77	2,16	0,00
	60-70	0,00	1,14	1,62
	70-80	0,00	0,00	0,84
	80-90	0,00	0,00	1,09
	90-100	0,00	0,00	0,00
Среднее	0-100	0,44	1,46	0,47
Целина	0-10	0,91	1,06	1,58
	10-20	0,69	1,07	0,00
	20-30	0,68	1,64	0,00
	30-40	1,35	2,76	0,00
	40-50	0,50	0,00	0,00
	50-60	0,07	0,00	0,00
	60-70	0,00	0,00	0,00
	70-80	0,00	0,00	0,00
	80-90	0,00	0,00	0,00
	90-100	0,00	0,00	0,00
Среднее	0-100	0,42	0,65	0,16

Динамика подвижного фосфора в метровом слое почвы на естественных
ценозах за период исследований, мг/100 гр. почвы

Вид	Слой поч- вы, см	2012	2013	2017
Залежь 35 лет	0-10	3,79	2,19	7,56
	10-20	2,90	2,24	6,76
	20-30	2,74	2,07	2,30
	30-40	1,71	1,83	0,98
	40-50	1,05	1,55	0,33
	50-60	0,47	1,20	2,03
	60-70	0,12	0,20	3,20
	70-80	0,09	0,49	2,14
	80-90	0,10	0,30	1,47
	90-100	0,08	0,35	0,76
Сумма	0-100	13,05	12,42	27,53
Среднее	0-100	1,31	1,24	2,75
Целина	0-10	3,65	3,65	4,53
	10-20	3,07	3,07	1,68
	20-30	2,00	2,00	0,59
	30-40	1,74	1,74	0,52
	40-50	1,54	1,54	0,16
	50-60	1,37	1,37	0,26
	60-70	0,85	0,85	0,26
	70-80	0,60	0,60	0,24
	80-90	0,09	0,09	0,20
	90-100	0,27	0,27	0,18
Сумма	0-100	15,18	13,26	8,62
Среднее	0-100	1,52	1,33	0,86

Динамика подвижного фосфора в метровом слое почвы на пашне по двум севооборотам за период исследований, мг/100 гр. почвы

Севооборот	Слой почвы, см	Фазы развития яровой пшеницы								
		Кущение			Колошение			Спелость		
		2012	2013	2017	2012	2013	2017	2012	2013	2017
Зерно-паровой	0-10	2,40	1,74	0,47	2,36	1,58	1,64	3,39	1,56	2,12
	10-20	2,50	1,82	0,20	2,38	1,40	0,88	3,25	1,34	1,9
	20-30	1,56	0,78	0,33	1,12	1,24	0,35	1,56	0,75	2,34
	30-40	0,98	0,08	0	0,26	0,34	0,26	0,60	0,26	1,5
	40-50	0	0,03	0	0,20	0	0,22	0,41	0,12	0,72
	50-60	0	0,08	0	0,08	0	0,06	0,34	0,03	0,35
	60-70	0	0,03	0	0,16	0	0,06	0,24	0	0,52
	70-80	0	0,00	0	0,11	0	0,13	0,44	0	0,41
	80-90	0	0,08	0	0,26	0,03	0,72	0,24	0,11	0,45
Сумма	0-100	7,44	4,68	1	7,29	4,7	4,84	10,83	4,55	10,7
Среднее	0-100	0,74	0,47	0,10	0,73	0,47	0,48	1,08	0,46	1,07
Зерно-травяной	0-10	2,76	2,08	3,84	3,00	1,16	2,50	4,23	1,40	1,88
	10-20	2,71	2,24	2,56	2,58	1,20	2,50	3,56	1,31	1,47
	20-30	3,13	2,50	1,9	2,89	0,78	0,26	3,72	1,08	1,35
	30-40	2,05	0,74	0,72	1,73	0,18	0,06	2,82	0,47	0,68
	40-50	1,48	0,47	0	0,70	0,11	0,26	1,52	0,41	0,35
	50-60	0,15	0,34	0	0,34	0,10	0,06	0,94	0,20	0,35
	60-70	0,15	0,20	0	0,20	0	0	0,54	0	0,34
	70-80	0,08	0,24	0	0,44	0	0,09	0,42	0	0,52
	80-90	0,15	0,15	0	0,15	0	0	0,42	0,15	0,54
Сумма	0-100	12,7	8,96	9,02	13,5	3,53	5,79	18,59	5,1	7,98
Среднее	0-100	1,27	0,90	0,90	1,35	0,35	0,58	1,86	0,51	0,80

Динамика подвижного калия в метровом слое почвы естественных ценозах
за период исследований, мг/100 гр. почвы

Вид угодья	Слой поч- вы, см	2012	2013	2017
Залежь 35 лет	0-10	52,5	55,5	63
	10-20	29,0	39,5	43
	20-30	24,5	26,0	33
	30-40	19,0	20,5	22
	40-50	18,0	21,0	14
	50-60	17,5	16,5	9,5
	60-70	16,5	9,5	7,0
	70-80	16,5	9,0	7,0
	80-90	10,0	7,5	7,5
90-100	9,0	7,0	8,0	
Сумма	0-100	212,5	212	214
Среднее	0-100	21,2	21,2	21,4
Целина	0-10	39,0	24,0	29,5
	10-20	35,5	19,5	18,0
	20-30	18,5	16,0	13,0
	30-40	17,0	16,0	11,0
	40-50	17,5	11,0	9,5
	50-60	15,0	12,5	9,0
	60-70	11,0	9,0	9,0
	70-80	10,0	10,0	8,0
	80-90	9,0	10,0	8,5
90-100	8,0	9,0	9,0	
Сумма	0-100	180,5	137	124,5
Среднее	0-100	18,0	13,7	12,5

Динамика подвижного калия в метровом слое почвы на пашне по двум севооборотам за период исследований, мг/100 гр. почвы

Севооборот	Слой почвы, см	Повторности								
		Кущение			Колошение			Спелость		
		2012	2013	2017	2012	2013	2017	2012	2013	2017
Зернопаровой	0-10	22,5	21,0	24,0	21,5	23,0	28,0	23,0	20,0	29,0
	10-20	23,0	20,0	23,0	18,5	16,0	24,0	23,5	18,0	26,0
	20-30	16,5	15,0	23,0	15,0	14,0	15,0	18,0	14,0	25,0
	30-40	14,5	9,5	20,0	10,5	9,0	14,0	12,0	10,0	23,0
	40-50	8,5	9,0	21,0	9,0	7,0	13,0	10,0	8,0	21,0
	50-60	8,0	9,5	23,0	9,5	7,0	14,0	8,0	8,0	18,0
	60-70	8,0	9,0	23,0	10,5	6,0	14,0	10,0	8,0	18,0
	70-80	8,5	10,0	21,0	10,0	6,0	16,0	9,5	8,0	18,0
	80-90	9,0	9,5	21,0	10,0	7,0	12,0	9,0	8,0	17,0
90-100	8,5	10,0	20,0	10,5	7,0	17,0	9,0	8,0	17,0	
Среднее	0-100	12,7	12,3	21,9	12,5	10,2	16,7	13,2	11,0	21,2
Сумма	0-100	127	122,5	219	125	102	167	132	110	212
Зерно-травяной	0-10	27,0	27,0	35,0	39,0	24,0	35,0	29,0	24,0	28,0
	10-20	25,0	29,0	30,0	27,5	23,0	15,0	26,0	25,5	26,0
	20-30	27,0	26,0	20,0	28,0	24,0	13,0	22,0	25,0	25,0
	30-40	15,5	15,0	19,0	16,0	12,0	17,0	14,5	11,0	20,0
	40-50	13,5	12,0	15,0	13,0	9,0	14,0	12,5	10,0	17,0
	50-60	10,0	11,0	16,0	12,0	8,0	10,0	13,5	11,0	18,0
	60-70	9,0	10,0	14,0	10,5	7,0	9,0	11,5	9,5	19,0
	70-80	9,0	9,5	14,0	9,5	7,0	10,0	10,0	9,5	18,0
	80-90	7,5	10,0	13,0	11,0	7,0	13,0	10,0	9,0	19,0
90-100	7,5	11,0	13,0	9,0	7,0	12,0	10,0	9,0	18,0	
Среднее	0-100	15,1	16,1	18,9	17,6	12,8	14,8	15,9	14,4	20,8
Сумма	0-100	151	161	189	176	128	148	159	144	208

**Влияние удобрений на динамику нитратного азота в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2012 году**

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зерноотрубной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	13,63	15,4	15,5	17,8	3,5	2,96	2,64	2,86
10-20	4,84	5,06	6,36	8,95	2,53	3,12	1,9	2,41
20-30	3,47	4,71	4,00	5,41	3,81	2,89	1,5	1,93
30-40	2,95	3,80	2,41	3,45	2,07	2,25	1,67	1,23
40-50	2,55	3,25	2,12	3,24	1,74	2,07	0,78	0,98
50-60	2,68	3,01	2,71	3,68	2,45	1,56	0,44	0,43
60-70	2,88	1,88	6,32	4,65	1,73	1,38	0,29	0,59
70-80	3,50	2,36	7,87	6,62	0,53	1,27	0	0,23
80-90	3,19	2,76	9,99	7,35	0,15	0,98	0	0,19
90-100	3,38	2,65	10,0	8,41	0	0,34	0	0,05
Среднее (0-100)	4,31	4,49	6,73	6,96	1,85	1,88	0,92	1,09
Сумма (0-100)	43,07	44,88	67,28	69,56	18,51	18,82	9,22	10,90

1*-без удобрений; 2- удобренный вариант

Влияние удобрений на динамику нитратного азота в метровом слое почвы (мг/кг)
в 2013 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой се- вооборот		Зерноотравной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	6,30	13,0	5,53	9,85	4,81	3,74	4,11	4,7
10-20	5,63	12,6	6,87	7,36	3,64	2,98	3,25	3,55
20-30	3,80	4,90	6,20	7,21	2,25	2,15	1,11	2,10
30-40	3,53	4,77	3,40	5,32	0,76	1,34	0,94	1,65
40-50	2,70	3,52	2,93	4,35	0,26	1,14	0,41	1,23
50-60	2,45	2,77	3,80	3,91	0	0,45	0,51	0,71
60-70	2,82	2,82	3,60	3,57	0	0,17	0,14	0,53
70-80	2,53	2,65	4,20	2,86	0	0,03	0,11	0,12
80-90	2,15	2,53	3,90	2,56	0	0	0	0,05
90-100	1,95	2,07	4,27	3,23	0	0	0	0
Среднее (0-100)	3,39	5,16	4,47	5,02	1,17	1,20	1,06	1,46
Сумма (0-100)	33,86	51,63	44,70	50,22	11,72	12,00	10,58	14,64

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Влияние удобрений на динамику нитратного азота в метровом слое почвы (мг/кг)
в 2017 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зернотравяной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	8,96	11,1	2,31	11,8	9,6	10,0	3,6	8,8
10-20	1,42	1,76	1,09	1,20	5,5	7,1	3,5	4,8
20-30	1,33	1,57	1,21	1,21	3,6	3,1	3,1	3,6
30-40	0,91	1,14	1,04	0,99	3,1	2,4	0,3	3,3
40-50	0,91	1,13	0,93	1,04	2,8	3,3	4,3	3,4
50-60	0,85	0,97	1,07	1,02	2,4	2,9	5,6	4,2
60-70	0,86	0,87	1,64	1,23	2,2	2,7	9,5	7,1
70-80	0,81	0,94	1,42	1,35	2,1	2,5	12,4	8,6
80-90	0,72	1,08	1,31	1,42	2,0	2,6	13,0	7,2
90-100	0,74	0,78	1,06	1,49	1,5	1,8	13,0	6,8
Среднее (0-100)	1,75	2,13	1,31	2,28	3,48	3,84	6,83	5,78
Сумма (0-100)	17,51	21,34	13,08	22,75	34,80	38,40	68,30	57,80

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Влияние удобрений на динамику подвижного фосфора в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2012 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зернотравяной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	27,2	17,5	33,3	24,5	30,7	32,5	29,0	35,6
10-20	27,1	14,7	29,5	21,2	20,0	25,4	27,4	30,2
20-30	14,1	12,1	32,5	23,4	17,4	16,5	17,1	25,2
30-40	6,1	8,7	22	18,6	15,4	16,2	10,5	13,9
40-50	2	5,1	12,3	10,6	13,7	10,4	4,7	5,6
50-60	1,4	3,3	4,8	7,6	8,5	9,6	1,2	2,3
60-70	1,3	0,3	3	1,4	6,0	7,5	0,9	2,6
70-80	1,8	0,3	3,1	0,5	0,9	3,2	1,0	2,1
80-90	1,7	0	2,4	0,6	2,7	2,4	0,8	1,6
90-100	2,4	0,3	6,4	0,2	2,3	1,8	0,3	1,3
Среднее (0-100)	8,5	6,2	14,9	10,9	12,8	13,7	10,3	13,2
Сумма (0-100)	85,1	62,3	149,3	108,6	115,3	123,7	92,6	119,1

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Влияние удобрений на динамику подвижного фосфора в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2013 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зернотравяной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	16,3	11,3	15,5	13,4	36,5	-	21,9	-
10-20	15,2	11,8	15,8	12,5	30,7	-	22,4	-
20-30	9,2	7,0	14,5	17,8	20,0	-	20,7	-
30-40	2,3	3,1	4,6	11,8	17,4	-	18,3	-
40-50	0,5	0,8	3,3	5,8	15,4	-	15,5	-
50-60	0,4	0,5	2,1	2,1	13,7	-	12,0	-
60-70	0,1	0,8	0,7	1,8	8,5	-	2,0	-
70-80	0,00	0,2	0,8	0,8	6,0	-	4,9	-
80-90	0,7	0,2	1,0	0,9	0,9	-	3,0	-
90-100	1,8	0,2	0,3	1,1	2,7	-	3,5	-
Среднее (0-100)	4,65	3,59	5,86	6,8	15,18	-	12,42	-
Сумма (0-100)	46,5	35,9	58,6	68	151,8	-	124,2	-

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Влияние удобрений на динамику подвижного фосфора в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2017 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зернотравяной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	14,1	17,2	27,4	17,2	45,3	-	75,6	-
10-20	9,9	13,5	21,8	13,5	16,8	-	67,6	-
20-30	10,1	10,2	11,7	10,2	5,9	-	23,0	-
30-40	5,9	6,6	4,9	6,6	5,2	-	9,8	-
40-50	3,1	6,2	2,0	6,2	1,6	-	3,3	-
50-60	1,4	0,5	1,4	0,5	2,6	-	20,3	-
60-70	1,9	0,6	1,1	0,6	2,6	-	32,0	-
70-80	1,8	0,3	2,0	0,3	2,4	-	21,4	-
80-90	3,6	1,9	1,4	1,9	2,0	-	14,7	-
90-100	2,8	2,3	2,0	2,3	1,8	-	7,6	-
Среднее (0-100)	5,5	5,9	7,6	5,93	8,6	-	27,5	-
Сумма (0-100)	54,6	59,3	75,7	59,3	86,2	-	275,3	-

1*-без удобрений; 2- удобренный вариант

Влияние удобрений на динамику подвижного калия в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2012 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зернотравяной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	223	275	317	305	390	420	525	480
10-20	217	232	262	278	355	320	290	360
20-30	165	193	257	272	185	270	245	220
30-40	123	157	153	175	170	190	190	190
40-50	92	95	130	160	175	185	180	150
50-60	85	95	118	125	150	140	175	120
60-70	95	88	103	125	110	90	165	150
70-80	93	90	95	95	100	80	165	135
80-90	93	90	95	94	90	80	100	90
90-100	93	88	88	101	80	60	90	90
Среднее (0-100)	127,9	140,3	161,8	173	180,5	183,5	212,5	198,5
Сумма (0-100)	1279	1403	1618	1730	1805	1835	2125	1985

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Влияние удобрений на динамику подвижного калия в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2013 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зернотравяной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	213	192	250	237	240	-	555	-
10-20	180	193	258	228	195	-	395	-
20-30	143	162	250	201	160	-	260	-
30-40	95	113	127	192	160	-	205	-
40-50	80	77	103	145	110	-	210	-
50-60	82	77	100	138	125	-	165	-
60-70	77	78	88	116	90	-	95	-
70-80	80	83	87	104	100	-	90	-
80-90	82	85	87	101	100	-	75	-
90-100	83	88	90	95	90	-	70	-
Среднее (0-100)	111,5	114,8	144	155,7	137	-	212	-
Сумма (0-100)	1115	1148	1440	1557	1370	-	2120	-

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Влияние удобрений на динамику подвижного калия в метровом слое почвы
(мг/кг) в 2017 году

Слой почвы, см	Вид сельскохозяйственного использования почвы							
	Зернопаровой севооборот		Зерноотравной севооборот		Целина		Залежь	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
0-10	270	290	327	290	295	-	630	-
10-20	243	227	237	227	180	-	430	-
20-30	210	210	193	210	130	-	330	-
30-40	190	190	187	190	110	-	220	-
40-50	183	172	153	172	95	-	140	-
50-60	183	157	147	157	90	-	95	-
60-70	183	157	140	157	90	-	70	-
70-80	183	163	140	163	80	-	70	-
80-90	163	147	143	147	85	-	75	-
90-100	177	140	133	140	90	-	80	-
Среднее (0-100)	198,5	185,3	180	185,3	124,5	-	214	-
Сумма (0-100)	1985	1853	1800	1853	1245	-	2140	-

1*-без удобрений; 2- удобрённый вариант

Профильное распределение корневой системы различных ценозов в метровом слое почвы за период исследований, т/га

Слой почвы, см	2012			2013			2017		
	Целина	Залежь	Пашня	Целина	Залежь	Пашня	Целина	Залежь	Пашня
0-10	0,11	0,20	0,15	0,23	0,40	0,25	1,03	0,81	0,50
10-20	0,10	0,11	0,06	0,20	0,21	0,16	0,79	0,33	0,36
20-30	0,03	0,12	0,07	0,35	0,14	0,14	0,33	0,25	0,23
30-40	0,09	0,11	0,10	0,26	0,11	0,09	0,27	0,06	0,16
40-50	0,08	0,11	0,06	0,14	0,06	0,07	0,19	0,10	0,11
50-60	0,08	0,05	0,05	0,16	0,04	0,04	0,17	0,07	0,05
60-70	0,03	0,04	0,04	0,13	0,03	0,05	0,16	0,04	0,10
70-80	0,03	0,01	0,04	0,11	0,03	0,04	0,15	0,04	0,04
80-90	0,0	0,00	0,03	0,13	0,01	0,03	0,15	0,03	0,05
90-100	0,0	0,00	0,02	0,1	0,02	0,02	0,10	0,01	0,04
Среднее (0-100)	0,055	0,09	0,06	0,181	0,10	0,09	0,34	0,18	0,17
Сумма (0-100)	0,55	0,85	0,63	1,81	1,04	0,89	3,35	1,75	1,66

Масса корней яровой пшеницы по фенологическим фазам в граммах на одно растение за период исследований (слой почвы 1 м)

Сево- обо- рот	Слой почвы, см	Фазы развития растений								
		Кушение			Колошение			Спелость		
		2012	2013	2017	2012	2013	2017	2012	2013	2017
Зер- нопа- ровой	0-10	0,014	0,115	0,176	0,049	0,121	0,342	0,251	0,433	0,513
	10-20	0,038	0,270	0,152	0,046	0,102	0,119	0,056	0,243	0,413
	20-30	0,050	0,070	0,149	0,022	0,113	0,057	0,075	0,301	0,236
	30-40	0,015	0,093	0,082	0,042	0,105	0,027	0,095	0,130	0,200
	40-50	0,053	0,038	0,059	0,053	0,061	0,030	0,053	0,153	0,161
	50-60	0,048	0,014	0,005	0,031	0,039	0,061	0,034	0,074	0,028
	60-70	0,055	0,029	0,018	0,030	0,050	0,034	0,037	0,064	0,078
	70-80	0,021	0,023	0,029	0,023	0,036	0,033	0,038	0,043	0,049
	80-90	0,012	0,015	0,011	0,038	0,025	0,032	0,034	0,048	0,068
90-100	0,008	0,014	0,005	0,019	0,030	0,023	0,022	0,045	0,044	
Сум- ма	0-100	0,313	0,680	0,684	0,353	0,683	0,757	0,696	1,533	1,791
Зерно нотра тряной	0-10	0,086	0,150	0,188	0,113	0,438	0,365	0,104	0,479	0,543
	10-20	0,014	0,210	0,166	0,017	0,098	0,356	0,085	0,320	0,374
	20-30	0,040	0,185	0,141	0,075	0,167	0,212	0,091	0,231	0,307
	30-40	0,041	0,095	0,091	0,133	0,111	0,079	0,137	0,178	0,178
	40-50	0,058	0,046	0,074	0,048	0,062	0,037	0,091	0,090	0,104
	50-60	0,016	0,120	0,014	0,090	0,084	0,105	0,067	0,071	0,110
	60-70	0,036	0,044	0,059	0,067	0,057	0,074	0,053	0,096	0,167
	70-80	0,028	0,039	0,016	0,092	0,056	0,062	0,045	0,096	0,052
	80-90	0,008	0,019	0,004	0,044	0,048	0,031	0,045	0,073	0,061
90-100	0,011	0,003	0,002	0,039	0,039	0,040	0,018	0,039	0,054	
Сум- ма	0-100	0,336	0,912	0,755	0,717	1,160	1,360	0,737	1,674	1,949

Корреляционная зависимость развития корневой системы яровой пшеницы от элементов почвенного плодородия метрового слоя в фазу кущения (в среднем за три года)

ЗЕРНОПАРОВОЙ СЕВООБОРОТ

Идентификатор расчета: НИТРАТНЫЙ АЗОТ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	1.910	2.810	1.930	1.190	1.200	0.660	0.910
0.550	0.280	0.190					
Признак	2						
	11.490	5.100	3.270	3.070	2.580	2.420	2.620
2.830	2.710	2.760					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.163	0.264	0.698	0.835	71.827		
2	3.885	0.879	7.729	2.780	71.561		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.53	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	1.910	2.810	1.930	1.190	1.200	0.660	0.910
0.550	0.280	0.190					
Признак	2						
	1.540	1.510	0.890	0.350	0.010	0.030	0.010
0.000	0.030	0.010					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.163	0.264	0.698	0.835	71.827		
2	0.438	0.201	0.406	0.637	145.395		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.89**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	1.910	2.810	1.930	1.190	1.200	0.660	0.910
0.550	0.280	0.190					
Признак	2						
	22.500	22.000	18.170	14.670	12.830	13.500	13.330
13.170	13.170	12.830					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		

1	1.163	0.264	0.698	0.835	71.827
2	15.617	1.215	14.751	3.841	24.593

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.88**	1.00

* Значимо на 5% уровне
 ** Значимо на 1% уровне
 (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: РЕАКЦИЯ СРЕДЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	1.910	2.810	1.930	1.190	1.200	0.660	0.910
	0.550	0.280	0.190				
Признак	2						
	8.530	8.670	8.690	8.830	8.910	9.030	9.090
	9.070	9.120	9.180				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	1.163	0.264	0.698	0.835	71.827		
2	8.912	0.070	0.050	0.223	2.498		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.90**	1.00

* Значимо на 5% уровне
 ** Значимо на 1% уровне
 (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	1.910	2.810	1.930	1.190	1.200	0.660	0.910
	0.550	0.280	0.190				
Признак	2						
	20.730	19.470	19.500	19.070	18.370	17.830	17.200
	16.500	15.770	15.370				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	1.163	0.264	0.698	0.835	71.827		
2	17.981	0.557	3.106	1.762	9.801		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.86**	1.00

* Значимо на 5% уровне
 ** Значимо на 1% уровне
 (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

ЗЕРНОТРАВЯНОЙ СЕВООБОРОТ

Идентификатор расчета: НИТРАТНЫЙ АЗОТ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.380	2.610	2.590	1.740	1.560	0.910	1.160
	0.670	0.220	0.170				
Признак	2						

	7.920	5.260	4.340	2.650	2.040	2.570	6.140
7.730	9.510	9.100					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	1.501	0.343	1.175	1.084	72.219		
2	5.726	0.881	7.761	2.786	48.653		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.30	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.380	2.610	2.590	1.740	1.560	0.910	1.160
	0.670	0.220	0.170				
Признак	2						
	2.890	2.500	2.510	1.170	0.650	0.160	0.120
	0.110	0.100	0.030				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	1.501	0.343	1.175	1.084	72.219		
2	1.024	0.369	1.363	1.168	114.029		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.95**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.380	2.610	2.590	1.740	1.560	0.910	1.160
	0.670	0.220	0.170				
Признак	2						
	29.670	28.000	24.330	16.500	13.500	12.330	11.000
	10.830	10.170	10.500				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	1.501	0.343	1.175	1.084	72.219		
2	16.683	2.430	59.059	7.685	46.065		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.95**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: РЕАКЦИЯ СРЕДЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.380	2.610	2.590	1.740	1.560	0.910	1.160
	0.670	0.220	0.170				

Признак	2						
	7.920	7.850	7.660	7.980	8.220	8.500	8.710
8.770	8.780	8.840					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.501	0.343	1.175	1.084	72.219		
2	8.323	0.142	0.201	0.449	5.390		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.91**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.380	2.610	2.590	1.740	1.560	0.910	1.160
0.670	0.220	0.170					
Признак	2						
	25.030	21.370	20.730	20.170	18.500	17.730	17.130
17.230	16.000	15.670					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.501	0.343	1.175	1.084	72.219		
2	18.956	0.912	8.322	2.885	15.219		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.97**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Корреляционная зависимость развития корневой системы яровой пшеницы от элементов почвенного плодородия метрового слоя в фазу колошения (в среднем за три года)

ЗЕРНОПАРОВОЙ СЕВООБОРОТ

Идентификатор расчета: НИТРАТНЫЙ АЗОТ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.090	1.620	1.120	1.050	0.930	0.820	0.710
0.580	0.630	0.450					
Признак	2						
	13.820	3.850	3.190	2.790	2.140	2.150	2.480
2.320	1.950	1.940					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.100	0.245	0.601	0.775	70.461		
2	3.663	1.145	13.100	3.619	98.810		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.95**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.090	1.620	1.120	1.050	0.930	0.820	0.710
0.580	0.630	0.450					
Признак	2						
	1.860	1.550	0.900	0.290	0.140	0.050	0.070
0.080	0.340	0.330					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.100	0.245	0.601	0.775	70.461		
2	0.561	0.207	0.430	0.655	116.841		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.88**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.090	1.620	1.120	1.050	0.930	0.820	0.710
0.580	0.630	0.450					
Признак	2						

24.170	19.500	14.670	11.170	9.670	10.170	10.170
10.670	9.670	11.500				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт		Коэф.вар.
1	1.100	0.245	0.601	0.775		70.461
2	13.136	1.559	24.316	4.931		37.539

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.93**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: РЕАКЦИЯ СРЕДЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.090	1.620	1.120	1.050	0.930	0.820	0.710
	0.580	0.630	0.450				
Признак	2						
	8.710	8.760	8.750	8.910	9.020	9.140	8.510
	9.210	9.220	9.270				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт			Коэф.вар.
1	1.100	0.245	0.601	0.775			70.461
2	8.950	0.083	0.068	0.261			2.916

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.52	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	3.090	1.620	1.120	1.050	0.930	0.820	0.710
	0.580	0.630	0.450				
Признак	2						
	28.330	24.270	23.630	22.830	22.200	21.500	20.600
	20.000	19.130	18.770				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт			Коэф.вар.
1	1.100	0.245	0.601	0.775			70.461
2	22.126	0.903	8.148	2.854			12.901

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.95**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

ЗЕРНОТРАВЯНОЙ СЕВООБОРОТ

Идентификатор расчета: НИТРАТНЫЙ АЗОТ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1
---------	---

	5.400	3.160	2.820	2.040	0.890	1.790	1.280
1.370	0.760	0.750					
Признак	2						
	8.660	3.860	3.910	2.330	2.380	3.110	3.130
3.500	3.670	4.430					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	2.026	0.458	2.096	1.448	71.460		
2	3.898	0.569	3.238	1.800	46.166		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.78**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.400	3.160	2.820	2.040	0.890	1.790	1.280
1.370	0.760	0.750					
Признак	2						
	2.220	2.090	1.310	0.660	0.360	0.170	0.070
0.180	0.050	0.490					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	2.026	0.458	2.096	1.448	71.460		
2	0.760	0.261	0.679	0.824	108.419		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.89**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.400	3.160	2.820	2.040	0.890	1.790	1.280
1.370	0.760	0.750					
Признак	2						
	32.670	21.830	21.670	15.000	12.000	10.000	8.830
8.830	10.330	9.330					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коеф.вар.		
1	2.026	0.458	2.096	1.448	71.460		
2	15.049	2.511	63.049	7.940	52.763		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.96**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: РЕАКЦИЯ СРЕДЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.400	3.160	2.820	2.040	0.890	1.790	1.280
	1.370	0.760	0.750				
Признак	2						
	8.000	7.920	8.230	8.260	8.380	8.500	8.860
	8.990	8.910	9.090				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	2.026	0.458	2.096	1.448	71.460		
2	8.514	0.134	0.179	0.424	4.976		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.78**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.400	3.160	2.820	2.040	0.890	1.790	1.280
	1.370	0.760	0.750				
Признак	2						
	28.930	23.100	23.230	22.570	22.030	21.330	20.270
	19.700	18.970	18.400				
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	2.026	0.458	2.096	1.448	71.460		
2	21.853	0.953	9.081	3.014	13.790		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.94**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Корреляционная зависимость развития корневой системы яровой пшеницы от элементов почвенного плодородия метрового слоя в фазу полной спелости (в среднем за три года)

ЗЕРНОПАРОВОЙ СЕВООБОРОТ

Идентификатор расчета: НИТРАТНЫЙ АЗОТ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.350	3.180	2.580	1.940	1.600	0.980	1.250
0.590	0.680	0.490					
Признак	2						
	3.570	2.950	2.130	1.530	1.430	1.410	1.460
1.700	1.440	1.330					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.864	0.478	2.283	1.511	81.053		
2	1.895	0.243	0.590	0.768	40.542		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.93**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.350	3.180	2.580	1.940	1.600	0.980	1.250
0.590	0.680	0.490					
Признак	2						
	2.360	2.160	1.550	0.790	0.420	0.240	0.250
0.280	0.270	0.380					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	1.864	0.478	2.283	1.511	81.053		
2	0.870	0.264	0.698	0.836	96.053		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.93**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	5.350	3.180	2.580	1.940	1.600	0.980	1.250
0.590	0.680	0.490					
Признак	2						
	24.000	22.500	19.000	15.000	13.000	11.330	12.000
11.830	11.330	11.330					

Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.
1	1.864	0.478	2.283	1.511	81.053
2	15.132	1.551	24.059	4.905	32.415

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.95**	1.00

* Значимо на 5% уровне
 ** Значимо на 1% уровне
 (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: РЕАКЦИЯ СРЕДЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1	2	3	4	5	6	7
1	5.350	3.180	2.580	1.940	1.600	0.980	1.250
0.590	0.680	0.490					
Признак	2	3	4	5	6	7	8
1	8.470	8.280	8.360	8.600	8.900	9.070	9.170
9.230	9.310	9.240					

Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.
1	1.864	0.478	2.283	1.511	81.053
2	8.863	0.126	0.159	0.399	4.500

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.81**	1.00

* Значимо на 5% уровне
 ** Значимо на 1% уровне
 (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1	2	3	4	5	6	7
1	5.350	3.180	2.580	1.940	1.600	0.980	1.250
0.590	0.680	0.490					
Признак	2	3	4	5	6	7	8
1	31.500	26.000	25.300	25.100	24.500	23.970	23.370
22.670	21.970	21.430					

Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.
1	1.864	0.478	2.283	1.511	81.053
2	24.581	0.900	8.102	2.846	11.580

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.97**	1.00

* Значимо на 5% уровне
 ** Значимо на 1% уровне
 (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

ЗЕРНОТРАВЯНОЙ СЕВООБОРОТ

Идентификатор расчета: НИТРАТНЫЙ АЗОТ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	6.060	4.190	3.450	2.710	1.590	0.880	1.220
1.000	0.960	0.610					
Признак	2						
	6.730	5.190	3.160	1.870	1.560	1.890	2.280
2.260	2.170	2.160					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	2.267	0.570	3.246	1.802	79.479		
2	2.927	0.535	2.858	1.691	57.760		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.90**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	6.020	4.190	3.450	2.710	1.590	0.880	1.220
1.000	0.960	0.610					
Признак	2						
	2.500	2.110	2.050	1.320	0.760	0.500	0.290
0.310	0.370	0.330					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	2.263	0.567	3.213	1.792	79.207		
2	1.054	0.275	0.755	0.869	82.417		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.97**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	6.020	4.190	3.450	2.710	1.590	0.880	1.220
1.000	0.960	0.610					
Признак	2						
	27.000	25.830	24.000	15.170	13.170	14.170	13.330
12.500	12.670	12.330					
Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.		
1	2.263	0.567	3.213	1.792	79.207		
2	17.017	1.907	36.363	6.030	35.436		

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.94**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: РЕАКЦИЯ СРЕДЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	6.020	4.190	3.450	2.710	1.590	0.880	1.220
1.000	0.960	0.610					

Признак	2						
	8.310	8.450	8.350	8.390	8.440	8.570	8.900
8.970	9.100	9.170					

Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.
1	2.263	0.567	3.213	1.792	79.207
2	8.665	0.105	0.111	0.333	3.846

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	-0.74*	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Идентификатор расчета: ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Исходные данные

Признак	1						
	6.020	4.190	3.450	2.710	1.590	0.880	1.220
1.000	0.960	0.610					

Признак	2						
	27.070	25.000	24.670	24.100	23.470	23.070	22.470
22.300	21.430	21.070					

Признак	Средняя	Ошибка	Дисперсия	Стандарт	Коэф.вар.
1	2.263	0.567	3.213	1.792	79.207
2	23.465	0.573	3.287	1.813	7.727

Матрица коэффициентов корреляции

	1	2
1	1.00	
2	0.95**	1.00

* Значимо на 5% уровне

** Значимо на 1% уровне

(отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

**Эффективность применения азотных удобрений на
различных фациях чернозема южного за период исследований**

Фация (фактор А)	Варианты удобрений (фактор В)	Урожайность, т/га		
		2012 г	2013 г	2017 г
Элювиальная	Б/уд	0,60	0,65	0,74
	N30	0,65	0,90	1,50
	N60	0,86	1,95	2,10
	N90	0,77	1,47	1,57
Трансэлювиальная	б/уд	0,64	1,24	1,55
	N30	0,68	1,81	2,20
	N60	0,87	2,12	2,35
	N90	0,72	1,95	2,32
Трансаккумулятивная	б/уд	1,45	1,56	1,88
	N30	1,93	2,09	2,86
	N60	2,12	2,61	2,87
	N90	1,51	2,41	2,74
НСР ₀₅	А	0,029	0,204	0,078
	В	0,033	0,235	0,090
	АВ	0,58	0,408	0,156
Fфакт.	А	3632,512*	37,183*	438,541*
	В	196,615*	28,792*	222,426*
	АВ	63,538*	2,096	8,637*
Fтеор.	А	3,44	3,44	3,44
	В	3,05	3,05	3,05
	АВ	2,55	2,55	2,55

Идентификатор расчета: 2012 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В) -R

(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 4

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	0.57	0.60	0.63	0.60
2	0.65	0.64	0.66	0.65
3	0.82	0.84	0.90	0.85
4	0.73	0.77	0.80	0.77
5	0.63	0.62	0.66	0.64
6	0.64	0.66	0.74	0.68
7	0.84	0.80	0.91	0.85
8	0.70	0.72	0.74	0.72
9	1.35	1.50	1.50	1.45
10	1.90	1.90	2.00	1.93
11	2.10	2.05	2.20	2.12
12	1.43	1.50	1.60	1.51

Восстановленные даты:

x= 1.064 sx= 0.020 p= 1.86

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	9.746	35			
Блоки	0.043	2	0.022	18.508*	
Варианты	9.676	11	0.880	748.737*	0.058
Фактор А	8.535	2	4.268	3632.518*	0.029
Фактор В	0.693	3	0.231	196.615*	0.033
Взаим.АВ	0.448	6	0.075	63.538*	0.058
Остат.	0.026	22	0.001		

Множественные сравнения частных средних :

0.60a 0.65ab 0.85f 0.77d
 0.64ab 0.68bc 0.85ef 0.72cd
 1.45g 1.93i 2.12j 1.51h

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана
 Средние по фактору А: (Sa= 0.010)

0.72; 0.72; 1.75;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

0.72a 0.72a 1.75b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана
 Средние по фактору В: (Sb= 0.011)

0.90; 1.09; 1.27; 1.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

0.90a 1.09c 1.27d 1.00b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: 2013 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
 (А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 4

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	0.63	0.63	0.69	0.65
2	0.83	0.90	0.97	0.90
3	1.45	2.30	2.10	1.95
4	1.40	1.50	1.52	1.47
5	1.11	1.30	1.20	1.20
6	1.80	1.90	1.72	1.81
7	2.10	2.10	2.15	2.12
8	1.91	1.93	2.00	1.95
9	1.55	1.52	1.60	1.56
10	2.10	2.03	2.15	2.09
11	2.55	2.62	2.65	2.61
12	2.35	2.35	2.53	2.41

Восстановленные даты:

x= 1.726 sx= 0.076 p= 4.41%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	12.020	35			
Блоки	0.111	2	0.055	3.177	
Варианты	11.526	11	1.048	60.229*	0.223
Фактор А	5.147	2	2.574	147.932*	0.111

Фактор В	5.930	3	1.977	113.613*	0.129
Взаим.АВ	0.449	6	0.075	4.302*	0.223
Остат.	0.383	22	0.017		

Множественные сравнения частных средних :

0.65a	0.90b	1.95fg	1.47d
1.20c	1.81ef	2.12g	1.95fg
1.56d	2.09g	2.61i	2.41hi

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: (Sa= 0.038)

1.24; 1.77; 2.17;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.24a	1.77b	2.17c
-------	-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: (Sb= 0.044)

1.14; 1.60; 2.22; 1.94;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.14a	1.60b	2.22d	1.94c
-------	-------	-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: 2017 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R

(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 4

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	0.69	0.73	0.80	0.74
2	1.34	1.45	1.70	1.50
3	2.10	2.10	2.10	2.10
4	1.51	1.58	1.63	1.57
5	1.45	1.61	1.60	1.55
6	2.10	2.30	2.20	2.20
7	2.31	2.35	2.40	2.35
8	2.25	2.30	2.40	2.32
9	1.75	2.00	1.90	1.88
10	2.70	2.80	3.08	2.86
11	2.75	2.70	3.15	2.87
12	2.60	2.80	2.82	2.74

Восстановленные даты:

x= 2.057 sx= 0.053 p= 2.58%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	13.926	35			
Блоки	0.207	2	0.104	12.231*	
Варианты	13.532	11	1.230	145.107*	0.156
Фактор А	7.436	2	3.718	438.541*	0.078
Фактор В	5.657	3	1.886	222.426*	0.090
Взаим.АВ	0.439	6	0.073	8.637*	0.156
Остат.	0.187	22	0.008		

Множественные сравнения частных средних :

0.74a	1.50b	2.10de	1.57b
-------	-------	--------	-------

1.55b 2.20efg 2.35g 2.32fg
 1.88c 2.86ij 2.87j 2.74hij

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.027$)

1.48; 2.11; 2.59;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.48a 2.11b 2.59c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.031$)

1.39; 2.19; 2.44; 2.21;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.39a 2.19b 2.44c 2.21

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Продуктивность различных ценозов агроландшафта за период исследования, т/з. ед.

Год	Угодья											
	Целина				Залежь 35 лет				Пашня			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2012	0,60	0,70	1,11	0,85	2,00	2,95	3,68	3,20	0,64	0,68	0,87	0,72
	0,31	0,35	0,56	0,43	1,00	1,48	1,84	1,64	0,80	0,85	1,09	0,91
2013	2,37	3,54	4,75	3,80	2,65	4,23	5,42	4,70	1,24	1,81	2,12	1,95
	1,19	1,77	2,38	1,93	1,33	2,12	2,71	2,35	1,55	2,03	2,65	2,44
2017	4,20	4,30	5,50	4,50	6,10	6,90	7,10	6,70	1,55	2,20	2,35	2,32
	2,10	2,15	2,75	2,25	3,05	3,45	3,55	3,35	1,94	2,75	2,95	2,92
Статистическая обработка данных												
НСР ₀₅				2012				2013				2017
А (агробиоценоз)				0,036				0,180				0,472
В (удобрение)				0,042				0,208				0,542
АВ				0,072				0,360				-
Ффакт.												
А (агробиоценоз)				992,159*				50,820*				9,290*
В (удобрение)				3058,317*				116,982*				23,384*
АВ				187,730*				7,380*				2,096
Fтеор.												
А (агробиоценоз)				3,98				3,98				3,98
В (удобрение)				3,59				3,59				3,59
АВ				3,09				3,09				3,09

Идентификатор расчета: 2012 год

Восстановленные даты:

x= 1.328 sx= 0.023 p= 1.75%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	13.350	23			
Блоки	0.038	1	0.038	35.471*	
Варианты	13.300	11	1.209	1116.877*	0.072
Фактор А	2.148	2	1.074	992.159*	0.036
Фактор В	9.932	3	3.311	3058.317*	0.042
Взаим. АВ	1.219	6	0.203	187.730*	0.072
Остат.	0.012	11	0.001		

Множественные сравнения частных средних :

0.31a 1.19e 2.10j 0.34a
 1.00d 1.33f 3.05k 1.48gh
 0.79bc 1.55h 1.94i 0.85c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: (Sa= 0.012)

0.99; 1.71; 1.28;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

0.99a 1.71c 1.28b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: (Sb= 0.013)

0.70; 1.36; 2.36; 0.89;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

0.70a 1.36c 2.36d 0.89b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: 2013 год

Восстановленные даты:

x= 2.160 sx= 0.116 p= 5.35%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	13.752	23			
Блоки	0.168	1	0.168	6.294*	
Варианты	13.290	11	1.208	45.170*	0.360
Фактор А	2.719	2	1.359	50.820*	0.180
Фактор В	9.387	3	3.129	116.982*	0.208
Взаим. АВ	1.184	6	0.197	7.380*	0.360
Остат.	0.294	11	0.027		

Множественные сравнения частных средних :

1.78c 2.15cde 0.56a 2.38defg

2.12cde 3.45h 1.84c 2.72g

2.43efg 2.76g 1.09b 2.65fg

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: (Sa= 0.058)

1.72; 2.53; 2.23;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.72a 2.53c 2.23b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: (Sb= 0.067)

2.11; 2.79; 1.16; 2.58;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

2.11b 2.79c 1.16a 2.58c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: 2017 год

Восстановленные даты:

x= 2.202 sx= 0.303 p= 13.78%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	20.672	23			
Блоки	0.003	1	0.003	0.018	
Варианты	18.644	11	1.695	9.210*	0.944
Фактор А	3.419	2	1.710	9.290*	0.472
Фактор В	12.910	3	4.303	23.384*	0.545

Взаим.АВ	2.315	6	0.386	2.096
Остат.	2.024	11	0.18	

Множественные сравнения частных средних :

2.75def	0.43a	1.93cd	2.25cd
3.55f	1.64bc	2.35cde	3.35ef
1.90cd	0.91ab	2.44cde	2.92def

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.152$)

1.84; 2.72; 2.04;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.84a	2.72b	2.04a
-------	-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.175$)

2.73; 0.99; 2.24; 2.84;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

2.73bc	0.99a	2.24b	2.84c
--------	-------	-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана