

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени И.Т. Трубилина»

На правах рукописи



Дарвеш Налиев

**Почвенно-агрохимические основы применения  
органических удобрений на черноземе выщелоченном  
в насаждениях яблони Западного Предкавказья**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: профессор  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор кафедры агрохимии КубГАУ  
Л.М. Онищенко

Краснодар – 2023

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ЯБЛОНИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ...	12
1.1 Удобрения – источники биогенных элементов питания.....	14
1.1.1 Азот.....	14
1.1.2 Фосфор.....	19
1.1.3 Калий .....	24
1.1.4 Кальций.....	26
1.1.5 Магний.....	26
1.2 Характеристика источников поступления в почву органического вещества	28
1.2.1 Навоз.....	32
1.2.2 Биогумус.....	33
1.2.3 Зеленое удобрение .....	34
2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗОВ.....	38
2.1 Программа исследования и объекты	38
2.2 Почвенно-климатические и агрометеорологические условия	46
2.3 Методика и методы проведения исследований.....	53
3 ДЕЙСТВИЕ УДОБРЕНИЙ НА МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ПЛОДОНОСЯЩИХ ЯБЛОНЕВЫХ ДЕРЕВЬЕВ .....	55
3.1 Почвенное органическое вещество.....	55
3.2 Физико-химические параметры плодородия.....	61
3.3 Минеральные соединения азота .....	63
3.4 Подвижный фосфор .....	79
3.5 Обменный калий .....	86
3.6 Обменный кальций .....	92
3.7 Подвижный магний.....	100
4 ДИАГНОСТИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РОСТОВЫХ ПОБЕГАХ ЯБЛОНИ .....	108
4.1 Листовая.....	108
4.2 Функциональная.....	111
4.3 Качество минерального питания плодовых деревьев яблони	116
5 МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ЯБЛОНИ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ПЛОДОВ.....	118
5.1 Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева...	118
5.2 Урожайность плодоносящего яблоневого сада в зависимости от удобрений.....	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	133
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	134
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	167

## ВВЕДЕНИЕ

Культура яблони широко распространена в мире и имеет обширную географию выращивания, а ее плоды наиболее востребованы. В России яблоко самый потребляемый фрукт и по вкусовым качествам имеет преимущество вследствие разнообразных почвенно-климатических условий, способствующих накоплению углеводов. Площадь многолетних плодово-ягодных насаждений в России в последнее десятилетие варьирует от 463 до 486 тыс. га, в том числе в плодоносящем возрасте – 357 – 401 тыс. га. В структуре площадей семечковые культуры занимают более 50 %. Валовой сбор при этом составляет в 2018 – 3 337 тыс. т, в 2019 – 3 500 и в 2020 – 3 661 тыс. т (95 % от сбора семечковых – яблоки). Общий объем производства яблок составил 1,75 млн. т, а импорт – 850 тыс. т (в мире – 76,2 млн. т). Краснодарский край является регионом-лидером по урожаю. В регионе произведено 498 тыс. т. Однако потребность населения страны не удовлетворяется. Обеспеченность относительно рекомендуемой нормы потребления составляет 65 %, а в отдельные, низкоурожайные годы эта цифра снижается до 26,3 % из-за возвратных заморозков на юге страны. Для самообеспеченности в России необходимо производить 3,3 млн. т. (<http://esxr.ru/article/3979>).

Яблоня одна из широко распространенных культур в мире, занимающая в Сирийской Арабской Республике 52 тыс. га. В арабском мире по производству яблок Сирия занимает третье место и 33 место в мире. (<http://moaar.gov.sy/>). Мировые производители яблок – Китай, Турция и Индия. Крупнейшая страна производящая и потребляющая продукцию этой культуры – Китай. В стране производят 44 500 тыс. т плодов. Производство яблок снизилось в Германии, Италии и Франции на 46 %, 23 и 8 % соответственно. Но при этом в этих странах высокая урожайность: Германия – 52-55 т/га, Италия – 46-50 и Франция – 48-50 т/га. Садоводство в России сохраняет направленность на интенсивное развитие отрасли, имея очень высокую долю импортной составляющей при закладке и уходе за интенсивным садом. (<http://esxr.ru/article/3979>).

*Актуальность.* Яблоня – многолетнее растение, характеризуется двухлетним периодом образования плодовых почек и периодичностью плодоношения. Монокультура ухудшает свойства почвы, нарушает биоценоз сада и в пределах одного сада могут быть значительные различия между выращиваемыми деревьями. Научные разработки по сохранению плодородия почвы, улучшению минерального питания, по биологизации и внедрению отдельных элементов агротехнологий, способствующих повышению продуктивности садовых биоценозов на основе агроэкологических принципов, начали: А. К. Приймак (1963, 1967, 1969); С. С. Рубин (1983); П. Г. Копытко (1983); С. Ф. Неговелов (1985); Т. Д. Беседина (1986); А. В. Бузоверов, (1988), Е. С. Блажний, Ф. Я. Гаврилюк, В. Ф. Вальков, Н. Е. Редькин (1985); Э. А. Бабарина, Л. М. Жукова, Л. К. Шевцова (1987), А. В. Бузоверов, В. П. Попова, Н. Г. Пестова (1992), В. И. Кашин (1995); В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин (1995), затем продолжили В. П. Попова (1997, 1999, 2001, 2003); В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников (2008), Н. Н. Сергеева (2008); Т. Н. Дорошенко, А. В. Бузоверов, А. Н. Кондратенко (2011); В. П. Власенко, В. И. Терпелец (2012); Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова, С. С. Чумаков (2015); Ю. В. Трунов (2002, 2003, 2016); А. Л. Иванов, Б. М. Когут, В. М. Семенов (2017); Н. Н. Сергеева, И. Ю. Савин, Ю. В. Трунов, И. А. Драгавцева (2018); В. Л. Захаров (2020) и другие.

В изменяющихся почвенно-климатических условиях остро стоят агроэкологические вопросы сохранения и поддержания плодородия почв при одновременном формировании более продуктивных яблоневых насаждений с устойчивым плодоношением. Поэтому актуальны исследования по почвенно-агрохимической оценке почвы, созданию системы мониторинга плодородия и усовершенствования системы удобрения в условиях длительной монокультуры плодоносящего яблоневого сада.

Разработка рациональной системы удобрения яблоневых садов для традиционных типов является актуальной задачей, как для Российской Федерации, так и для Сирийской Арабской Республики. Экологически неустойчи-

вая, сложная и изменяющаяся во времени система при однотипном выносе элементов питания (Бузоверов А.В., 1998), отсутствии регулярного пополнения почвенного органического вещества требует ее усовершенствования необходимого для сохранения устойчивости насаждений яблони и поддержания плодородия почвы.

В условиях импорт замещения формирование стабильного продукционного процесса культуры, за счет сбалансированного по элементному составу питательного режима почвы, позволит стабилизировать обеспечение населения качественной плодовой продукцией. В современных условиях развития отрасли плодоводства на Кубани для получения, регулярных и стабильных урожаев яблок необходимо решать вопросы, связанные с рисками часто повторяющихся стрессов погодной направленности. Это неблагоприятные агрометеорологические проявления – экстремально низкие и высокие температуры атмосферного воздуха, резкие ее колебания. Стоит проблема в обеспечении качественным и адаптивным к условиям региона посадочным материалом.

Значимой агроэкологической проблемой, в достижении стабильно планируемой продуктивности с соответствующим качеством плодов яблони является обеспеченность растений, с учетом их критических периодов роста, питательными веществами в доступной форме и оптимальном количестве в почве. При этом актуален мониторинг за состоянием свойств черноземных почв в условиях монокультуры яблоневого сада. Длительное использование их в плодоносящих насаждениях яблони без учета динамики состояния приводит к деградиационным процессам и ухудшению плодородия почвы. По мнению Ю. В. Трунова и Л. Б. Труновой (2010) отдельного изучения требует проблема замены в системе удобрения садов минеральных удобрений органическими и применения сидератов.

К тому же, в литературе имеются довольно противоречивые сведения об отрицательных процессах, протекающих в почве под действием применяемых минеральных удобрений. По сведениям А. В. Бузоверова, В. П. Попо-

вой, Н. Г. Пестовой, (1992); А. И. Столярова, В. И. Сидоренко, С. В. Бодни (1993) происходит увеличение кислотности, изменение состава почвенно поглощающего комплекса. Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов, И. И. Карманов и др. (1991), Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин и др. (1995); Н.Ф. Коробской (2005) отмечают значительный вынос элементов питания и ухудшение свойств почвы – снижение емкости катионного обмена. Однако о положительном действии при научно обоснованных нормах использования минеральных удобрений свидетельствуют исследования А. Х. Шеуджена, Т. Н. Бондаревой, С. В. Кизинька (2013) и А. Х. Шеуджена (2015).

Поэтому вопросы усовершенствования системы удобрения в многолетних насаждениях яблони с целью повышения их продуктивности в почвенно-климатических условиях юга России актуальны. В настоящее время плодую культуру яблони предпочтительней выращивать с учетом все более набирающей популярности концепции, основанной на принципах органического (биологического) и экологического земледелия в свете действующего в регионе закона об органическом земледелии (Кощаев А.Г., Дорошенко Т.Н., 2020). При этом должны быть даны сравнительные оценки показателям плодородия почвы, минеральному питанию растений, а также продукционному процессу яблони в ходе замены системы применения минеральных удобрений на органические. В связи с этим мы провели исследования по установлению действия различных удобрений стабилизацию урожайности яблони.

**Цель исследований.** Определить влияние удобрений на почвенно-агрохимические свойства чернозема выщелоченного, позволяющих стабилизировать урожайность и качество плодов культуры в условиях агробиоценоза плодоносящего яблоневого сада юга Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья.

В соответствии с целью исследований поставлены следующие задачи:

– провести мониторинг параметров физико-химических свойств чернозема выщелоченного в плодоносящих насаждениях яблони и дать оценку направленности их изменений;

– выявить влияние удобрений на трансформацию почвенного органического вещества чернозема выщелоченного, содержание углерода гумусовых веществ и его фракционно-группового состава в многолетних насаждениях яблони;

– проследить влияние удобрений на динамику содержания минерального азота, подвижных форм фосфора, калия, кальция и магния в черноземе выщелоченном в зависимости от применяемых удобрений;

– показать влияние содержания доступных элементов минерального питания в почве на содержание азота, фосфора и калия в листьях однолетних побегов яблони;

– определить долю поступления и накопления наиболее дефицитных элементов питания в индикаторные органы растения – листья яблони;

– показать агрономическую эффективность действия удобрений в плодоносящем яблонево-м саду на урожайность и качество плодов яблони.

**Научная новизна.** Впервые в условиях юга России на черноземе выщелоченном юга Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья в агробиоценозе плодоносящего яблоневого сада проведены исследования и комплексно изучено влияние удобрений на почвенно-агрохимические свойства почвы, урожайность и качество плодов культуры. Прослежена динамика содержания наиболее дефицитных элементов в листьях однолетних побегов яблони. Применение почвенной и растительной диагностик позволяет усовершенствовать систему удобрения культуры яблони. В соответствии с улучшением условий минерального питания яблони при внесении органических удобрений, возможно стабилизировать и поддерживать содержание почвенного органического вещества.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Экспериментальные данные, полученные в агрофитоценозе плодоносящего яблоневого сада, по влиянию минеральных, органических удобрений, в том числе и зеленого удобрения, на содержание доступных элементов минерального питания в почве и в индикаторных органах растений можно использовать специалистам

отрасли плодоводства для выбора агрохимических средств и расчета доз на планируемый урожай культуры. Результаты опыта могут являться научно-обоснованными нормативами, которые непосредственно привязаны к свойствам почвы и отвечают одной из задач агрохимии – использование их при определении потребности культуры в удобрениях.

Использование сведений по трансформации почвенного органического вещества, содержанию углерода гумусовых веществ, его фракционно-групповому составу, а также теоретически рассчитанной доле поступления и накопления питательных веществ в растения яблони, произрастающей на черноземе выщелоченном юга Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья позволит оптимизировать условия минерального питания культуры на основании научно обоснованной системы удобрения с целью получения стабильных урожаев плодов желаемого качества. Теоретическими предпосылками для эффективного использования минеральных и органических удобрений также являются научные сведения об улучшении обеспеченности яблони минеральным азотом, подвижными формами фосфора, калия, кальция и магния в условиях чернозема выщелоченного.

#### **Степень достоверности и апробация результатов исследования.**

Научные исследования проведены в 2018–2020 гг. на кафедре агрономической химии и являются частью исследований, проводимых в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по теме «Разработка агробиологических основ управления формированием урожая и качества плодов в насаждениях юга России». Номер государственной регистрации АААА-А16 116021110064-3.

Результаты научных исследований получены в условиях полевого опыта в фитоценозе плодоносящего яблоневого сада, произрастающего на Азово-Кубанской низменности. Химические анализы образцов почвы, растений и плодов, выполнены на кафедре агрохимии Кубанском ГАУ и ЦАС «Краснодарский». Сформулированное в диссертационной работе заключение и рекомендации производству основаны на многолетних экспериментальных данных



с использованием новых методик анализов, включенных в Общероссийский классификатор стандартов РФ. Достоверность их обеспечивается точностью аналитических работ и подтверждается статистической обработкой данных.

В 2020-2021 учебном году и в настоящее время сведения об особенностях питания яблони при различных системах удобрения на черноземе выщелоченном внедряются в учебный процесс кафедры агрохимии Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина. Материал используется в лекционных курсах и при написании курсовых работ в лекционном курсе по дисциплинам, преподаваемым на кафедре, в темах «Питание растений и пути его регулирования» и «Агрохимические свойства почвы». Научные сведения важны для формирования профессиональных компетенций обучающихся. Это поможет разработать системы удобрений яблони с учетом свойств почвы и биологических особенностей растений, что будет способствовать их более рациональному использованию.

Результаты работы прошли апробацию на уровне бакалавриата при изучении дисциплины «Агрохимия» по направлениям 35.03.05 «Садоводство», направленность подготовки «Декоративное садоводство, плодовоовощеводство, виноградарство и виноделие»; 35.03.04 «Агрономия», направленность подготовки «Защита растений». Дисциплины «Региональная агрохимия» по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», направленность подготовки «Почвенно-агрохимическое обеспечение АПК», а также уровень магистратуры по направлению 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение», профиль Агробиохимия при изучении дисциплины «Агробиохимия».

Апробация результатов диссертационной работы проходила на ежегодных научных конференциях в Кубанском ГАУ (2018; 2019 и 2021), отдельные материалы исследований вошли в ежегодный научный сборник трудов кафедры агрохимии «Энтузиасты аграрной науки» (2019 и 2020). Основные положения прошли апробацию на международных научно-практических экологических конференциях: г. Краснодар: КубГАУ (2019 и 2020); во всероссийских научно-практических конференциях, посвященной 310-летию Йогану Готтшальку

Валлериусу и 90-ию академика Ефимова Виктора Никифоровича (2019); X Всероссийской конференции молодых ученых (2017, 2019); II научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума (2018).

**Методология и методы исследования.** Методологическую основу исследований составил системный подход в работе. Основывались на предварительном анализе сведений из научных публикаций, как отечественных, так и зарубежных авторов, имеющихся в литературе и связанных с почвенно-агрохимическим обоснованием применения органических удобрений в многолетних насаждениях яблони. Результаты полевых опытов, данные химических анализов почвенных и растительных образцов представлены в системе – *почва – растения – удобрения*. Методология исследования прослеживается в организации научных исследований, предусматривающей сопоставление полученных показателей, повторяющихся в период распускание почек, цветение и плодоношения культуры. Экспериментальные данные обрабатывались с использованием статистических методов и компьютерных прикладных программ «MS EXCEL» и «STATISTICA».

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- положительное действие органических удобрений в плодоносящих насаждениях яблони, выращиваемых по традиционной технологии, на показатели плодородия почвы: содержание почвенного органического вещества, фракционно-групповой состав гумуса чернозема выщелоченного, физико-химические свойства почвы;
- существенное изменение содержания элементов питания в почве и в листьях побегов яблони от применяемых удобрений;
- стабильное увеличение урожайности и качества плодов яблони под влиянием удобрений за счет улучшения почвенно-агрохимического состояния почвы под многолетней культурой яблони.

**Публикации.** По результатам экспериментальных исследований по теме диссертационной работы опубликовано 11 научных работ, из них 3 статьи в научных изданиях, которые включены в перечень специальных изданий,

утвержденных ВАК Российской Федерации и 8 – в сборниках материалов национальных и международных конференций.

**Личный вклад соискателя** состоит в выборе методологии, непосредственном проведении полевого эксперимента, получении и обработке результатов, метода и методик исследований, в самостоятельном выполнении аналитических работ. Самостоятельно подготовлена работа и выводы по результатам исследований диссертации и их публикация в научных изданиях различного уровня.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 202 страницах текста компьютерного набора. В диссертацию включено: введение, шесть основных разделов, заключение, практические рекомендации, приложения, список использованной литературы. Всего 310 источника, из которых 11 – иностранных авторов. Работа проиллюстрирована 47 рисунками и 11 таблицами. В работе имеется 35 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность заведующим кафедрами почвоведения профессору РАН О.А. Подколзину и агрохимии академику РАН А.Х. Шеуджену за ценные советы и помощь при выполнении работы. Благодарю за большую практическую помощь и консультации заведующую кафедрой плодоводства, профессора, д. с. - х. наук Т.Н. Дорошенко и профессора кафедры плодоводства, д. с. - х. наук С.С. Чумакова.

## **1 ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ЯБЛОНИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

В настоящее время урожаи плодов семечковых насаждений по всем категориям хозяйств невысокие – 3,5 – 4,5 т/га. Главной причиной низкой продуктивности плодоносящих садов яблони является недостаточное количество применяемых удобрений. К. И. Довбан (2009) считает, что применение раз в три года в яблоневых садах органических (40 – 60 т/га) и минеральных удобрений ( $N_{60-100}$ ,  $P_{60-90}$ ,  $K_{120-180}$ ) будет способствовать повышению урожаев при сохранении плодородия почвы. Однако в вопросах интенсификации ведения отрасли – подъема урожайности за счет применения удобрений при выращивании плодовых культур, есть другое мнение – обеспечение потребительского рынка экологически безопасными плодами. В настоящее время наметилась тенденция в преобразованиях, суть которой заключается в конверсии традиционного садоводства в органическое – производство экологически безопасной плодовой продукции без применения агрохимических средств и средств защиты растений. Одним из основных направлений биологизации – перевода садоводства в органическое, по мнению В. М. Мутикова, А. В. Селиванова, Н. И. Васильева, И. Н. Нурсова (2018), является сохранение и регулирование деятельности биоты, активизация которой зависит от поступления в почву органического вещества, температуры и влажности. Поэтому А. А. Пачкин, Л. А. Васильева, В. А. Яковук, и др. (2016) считают, что для выявления факторов, определяющих продуктивность культуры необходима разработка агротехнологических приемов ее возделывания по органической методике и их апробация в производственных условиях.

В многочисленных научных работах российских и зарубежных ученых возникает другой вопрос, в котором говорится о важности мониторинга плодородия почв. Это особенно важно для формирования устойчивой продуктивности садовых культур, в условиях складывающегося особого многолетнего агрофитоценоза. Необходимо проследить комплекс взаимодействующих факторов, где особое значение имеют почвенные факторы. Так, В. Н. Кудея-

ров (2018) наглядно показал критическую ситуацию по возрастанию питательной деградация пахотных угодий, проанализировав за 25-летний период в земледелии России баланс азота, фосфора и калия (дефицит выражен в млн. т). Применение минеральных удобрений является существенным фактором, воздействующим на биогеохимические циклы биофильных элементов – отчужденные питательные элементы урожаями сельскохозяйственных культур практически никогда не возвращаются на поля, за исключением небольшой их доли, вносимых с навозом.

В современном плодоводстве, по мнению В. П. Поповой, Н. Н. Сергеевой, Т. Г. Фоменко, О. В. Ярошенко, Н. И. Ненько (2018), черноземы подвержены существенной трансформации и изменению направленности биогеохимического круговорота. В насаждениях плодовых культур интенсивность воздействий на почву, как отмечают авторы, значительно выше, чем при возделывании однолетних сельскохозяйственных культур. Поэтому в многолетних насаждениях все чаще отмечаются деградационные процессы в почве и вопросы плодородия стоят очень остро. Для почв сельскохозяйственных ландшафтов характерна дифференциация и элювиально-иллювиальное распределение элементов (Жученко А. А., 1994; Кашин В. И., 1995; Хрусталева М. А., 2016).

Черноземы выщелоченные являются ценными в сельскохозяйственном отношении почвами Западного Предкавказья. В настоящее время показатели плодородия почвы зависят от характера сельскохозяйственного использования, от положительного действия на урожай органических и минеральных удобрений (Колтакова П. С., 1964; Лепнев Д. А., Корабельников Н. П., 1964; Копытко П. Г., 1999), от содержания органического вещества и связанных с ним соединений азота почвы (Шевцова Л.К., Сизова Д. М., 1970).

Научно обоснованное применение минеральных удобрений определяет обеспеченность растений элементами минерального питания: азотом, фосфором, калием, что во многом способствует стабильной урожайности плодовых насаждений (Прянишников Д. Н., 1945; Панников В. Д., Минеев В. Г., 1977; 1987). Для яблоневых насаждений особенно необходимым азот (Трунов Ю. В.,

2003), в обменных почвенных и физиолого-биохимических процессах значительна роль принадлежит кальцию, магнию, сере и микроэлементам (Ягодин Б. А., Смирнов П. М., Петербургский А. В. и др., 1989; Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Кизинек С. В., 2013; Трунов Ю. В., 2003; 2013).

## **1.1 Минеральные удобрения – источник биофильных элементов питания**

### **1.1.1 Азот**

В азотном питании растений основную роль играет минеральный азот. Один из лимитирующих факторов урожайности культуры – недостаточная ее обеспеченность азотом (Самохвалова Л. М., Колбин С. А., Шарков И. Н., 2016). Азот в почве, по мнению В. Н. Кудеярова (2018), практически не накапливается. В окружающей среде азот удобрений наиболее трансформируемый элемент. Он интенсивно потребляется растениями и активно вовлекается почвенными микроорганизмами с участием  $C_{орг}$  в трансформационный цикл : иммобилизация ↔ минерализация ↔ иммобилизация. К тому же за счет миграции  $N - NO_3$  с обильными осадками уходит за пределы экосистем, а также в виде  $N_2$ ,  $N_2O$  улетучивается в атмосферу, подвергнувшись денитрификации.

Содержание азота в почве сильно варьирует в пределах одной и той же почвенной зоны (Назарюк В. М., 2002). В почвах Кубани в этом показателе имеются значительные различия. По данным В.Т. Куркаева (2000) А.Х. Шеуджена (2003; 2010) азота содержится в серых лесных – 0,16-0,31, лугово-черноземных – 0,20-0,35 и черноземах – 0,18 – 0,40 %. Запас азота в 0-100 см слое черноземных почвах варьирует от 17,0 до 35,8 т/га. Сумма минеральной и легкогидролизуемой форм азота, колеблется в пределах 18 – 22 % от общего содержания элемента. Однако азот почвы гумусных горизонтов на 93 – 99 % представлен органическими соединениями. Доля органических форм азота, по сведению Д. С. Орлова (1985) в более глубоких горизонтах уменьшается до 30 – 60 %. Однако М. С. Розанова., Т. В. Прокофьева., Л. В. Лысак и А. А. Рахлеева (2016) отмечают высокие запасы органического

углерода, не только в 30 см слое почвы, но и в метровой толще за счет органического вещества погребенных и техногенных горизонтов.

Соединений азота нет в составе материнских пород, они являются продуктом жизнедеятельности микроорганизмов и могут поступать в почву с атмосферными осадками, остатками животных и растительных организмов, органическими и минеральными удобрениями. По мнению Лукина С. В. (2011), насаждения яблони должны быть постоянно обеспечены азотом. Во многих рекомендациях по оценке содержания азота в почве речь идет о содержании в первую очередь минерального азота – аммонийного и нитратного.

Знания об азотном фонде почвы необходимы для эффективного использования удобрений в садовых агроценозах. Черноземы выщелоченные Западного Предкавказья занимают промежуточное положение среди других почв по содержанию азота. Этот показатель в черноземах варьирует от 0,15 до 0,50 %. Обладая высоким запасом общего азота, черноземы этого типа имеют достаточно низкое содержание и поэтому для сельскохозяйственных культур среди элементов питания он находится в первом минимуме (Шмук А.А. 1950). В фонде чернозема выщелоченного, по мнению А.Х. Шеуджена и Л.М. Онищенко (2014) азот представлен в органической форме: легкогидролизуемый – 6,89 – 7,27 %, трудногидролизуемый – 12,26 – 15,27 % и негидролизуемый азот – 78,80 – 82,00 %, от общего содержания в почве. В агроценозе без применения удобрений снижается доля легкогидролизуемого азота в 0–20 и 21 – 40 см слое почвы до 1,7 – 2,5 %.

Азотный фонд почвы, как отмечают Н. А. Сапожников (1973), А. Х. Шеуджен (2015, 2018), включает минеральные и органические соединения. В состав органических соединений азота почвы входят растительные и животные остатки, остатки микробной биомассы, продуктов метаболизма почвенной фауны, а также гумуса простые и сложные белки, амины и амиды, аминокислоты, мочевины, хитин и другие органические кислоты. Минеральные формы азота представлены водорастворимыми формами – нитраты, нит-

риты и соли аммония; обменно-поглощенный и необменно-поглощенный аммоний.

*Азотные удобрения.* В многолетних опытах с удобрением яблони П. Г. Копытко и Н. И. Михалевской (1984) было установлено, что азотное удобрение вызывает существенные изменения содержания в почве доступных для растений форм соединений азота, что способствует усилению роста и плодоношения деревьев. По данным М. Ф. Овчинниковой, Д. С. Орлова (1964), М. Ф. Овчинниковой (1965), Д. С. Орлова, М. Ф. Овчинниковой (1966), Д. А. Коренькова 1976; 1979 Д. А. Коренькова, И. А. Лавровой, Д. А. Филимонова, Д. А. Руделева, 1976; Д. А. Коренькова, И. А. Лавровой, Н. В. Харченко 1979, размеры усвоения растениями азота из удобрений невысоки – 30-40 %, потери элемента составляют 20 – 30 % от внесенного количества, а также от 10 до 30 % азота закрепляется органическим веществом почвы в трудногидролизуемых соединениях и, естественно, на какое-то время выходит из сферы потребления культурами.

В садовом ценозе, рассматривая дифференциацию свойств черноземных почв и методические подходы оценки параметров почвенного плодородия Т. Г. Фоменко, В. П. Попова, А. И. Иванов (2012) и Т. Г. Фоменко, В. П. Попова, Н. Г. Пестова и др. (2014), установили увеличение содержания азота нитратного – на 19,3 мг/кг, аммонийного – на 4,74 мг/кг. По данным Головки Э. А., Переверзева В. Н., Алексеевой Н. С. (1967) содержание азота в почве с применением азотсодержащих веществ после уборки урожая культур было применено таким же, как и без их использования. Авторы утверждают, что это связано с тем, что азот, внесенный с минеральными удобрениями, полностью был использован растениями и микроорганизмами. Однако, А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, и др. 2014; А. Х. Шеуджен, 2015 считают, что длительное использование минеральных удобрений способствует повышению азота общего на 200 мг/кг, или на 8,3 % по сравнению с исходным содержанием в 0–20 см слое почвы. Объясняют исследователи это большим накоплением в почве растительных остатков под воздействием



вносимых удобрений, закреплением части внесенного азота в почве и неполным использованием его растениями.

На мобилизацию азота почвы большее влияние оказывают азотные минеральные удобрения. Внесение минеральных удобрений на черноземе выщелоченном, по данным Соколова А. В. (1962), приводит к усилению гидролитических процессов в почве и накоплению подвижных форм не только азота, но и фосфора за счет одноименных соединений почвы.

Азотный режим почвы определяют свойства почвы, система обработки, агрометеорологические условия, применяемые органические и минеральные удобрения. Образование нитратного азота в почве, благодаря биологической активности почвы, как отмечает А. А. Кудрявцева (1957), сопряжено с условиями жизнедеятельности нитрифицирующих микроорганизмов. Меньшие запасы нитратов в задерненных почвах садов объясняются потреблением минерального азота травянистой растительностью, задерняющей междурядья (Вальков В. Ф., 1986; Бузоверов А. В., Попова В. П., Пестова Н. Г., 1992). Н. М. Луценко (1969) определено положительное влияние органических и минеральных удобрений на содержание в почве поглощенного аммония. Высокие дозы минеральных удобрений  $N_{90}P_{90}K_{90}$  относительно  $N_{60}P_{60}K_{60}$  существенно усиливали процесс нитрификации в почве.

Содержание нитратного азота в почве существенно изменяется вследствие его вымывания с обильными осадками, а также использования микроорганизмами. М. С. Бутенко, О. А. Ульянова (2019) считают, что количественное накопление минерального азота в почве определяется соотношением процессов нитрификации и аммонификации при минерализации азотсодержащих органических соединений. При этом Шмук А. А. (1950), приводит факты полного исчезновения нитратов под растениями к концу летнего периода. Содержание аммонийного азота, выраженное в процентах от суммы минеральных форм азота, находится в обратной зависимости от интенсивности процесса нитрификации в почве и сильно колеблется в течение вегетационного периода.

Изучая действие длительного применения минеральных удобрений Н. И. Николаева (1963), Э. А. Бабарина, Л. М. Жукова, Л. К. Шевцова (1987) отмечают увеличение более чем на 10 % в сравнении с контролем содержание общего азота почвы. Но коэффициент использования азота удобрений был наиболее высоким (43,3 %) на контроле, при меньшем содержании доступного азота в почве. Т. Б. Лебедева, С. М. Надежкин, Е. В. Надежкина и др. (1998) считают, что внесение в почву быстро разлагающейся свежей растительной массы сидератов, богатой белками и углеводами, приводит к улучшению азотного режима чернозема и увеличению урожая выращиваемых культур.

Определяя эффективность минеральной системы удобрения для черноземов В. А. Романенков, М. В. Беличенко, О. В. Рухович, Л. В. Никитина, О. И. Иванова (2020) установили, что оптимальный баланс азота и наиболее полное использование внесенного удобрения растениями обеспечивался в диапазоне доз азота 120–150 кг/га. Уменьшение же дозы азота способствует неустойчивости выноса элемента, зависимости урожайности культуры от агрометеорологических условий и истощению почвы, а большие дозы – потенциальный источник загрязнения агроценозов.

При длительном применении минеральных удобрений Е. С. Гасановой, Н. Г. Мязиным, К. Е. Стекольниковым (2018) получены данные по элементному составу гуминовых кислот (ГК) чернозема выщелоченного, которые дают представление об их строении и свойствах. Специфичный и сохраняющийся во времени показатель – соотношение элементов в ГК, где обязательным элементом является азот. В состав неорганической части ГК входят зольные элементы. Авторы свидетельствуют, что использование черноземов, способствует увеличению содержания углерода в ГК и предполагают, что систематическое внесение минеральных удобрений приводит под влиянием микроорганизмов, окислительном воздействии нитрат-ионов и образующихся кислот, к отщеплению периферических мало углеродных фрагментов ГК и увеличению ароматических высоко углеродных фрагментов (Надежкин С. М., 2000; Стекольников К. Е., 2004; Орлов Д. С., 2005).

Таким образом, можно заключить, что применение только минеральных удобрений, способствует увеличению минерализации органического вещества почвы при одновременном уменьшении выноса растениями азота из почвы, замедлению снижения содержания этого элемента в почве, обеспечивая уравновешенный его баланс в агроценозе под отдельными культурами.

### **1.1.2 Фосфор**

Фосфор, как отмечают В. Г. Минеев Н. Ф. Гомонова И. Н. Скворцова и др. (1998), находится во втором после азота минимуме, и называют его стратегическим элементом земледелия.

Содержание фосфора в почве, состав его соединений обусловлен степенью обогащения материнской породы, интенсивностью процессов разложения и минерализации органических веществ и уровнем сельскохозяйственного использования почвы. Валовой фосфор в основном сосредоточен в гумусово-аккумулятивном горизонте, что обуславливается его биологической аккумуляцией. Содержание валового фосфора в 0–20 см и в 21–40 см слоях высокое: 1 499 и 1 393 мг/кг. Содержание фосфора и форм его соединений по профилю чернозема выщелоченного снижается. Максимальная аккумуляция органических фосфатов приходится на верхние горизонты, для которых характерно высокое содержание гумуса, микробной массы, корневых и пожнивных остатков (Спирина В. З., 2010; Шеуджен А. Х., Суетов В. П., Онищенко Л. М. и др., 2014; Спирина В. З., Каллас Е. В., 2016).

В черноземных почвах Кубани содержание валового фосфора и фосфора органического вещества (доля от валового) в пахотном слое почвы, находится в довольно широких пределах и изменяется от 0,16 до 0,24 % и от 10 до 70 (по отдельным источникам до 80) % соответственно. Эти показатели коррелирует с наличием элемента в почвообразующей породе и степенью гумусированности почвы. Значительная часть фосфора почвы приходится на долю фосфорорганических соединений, однако большая часть его органических и минеральных соединений недоступна для растений. (Шмук А. А.,

1951; Эйсерт Э. К., Ачканов А. Я., Дургарьян Н. Г. и др., 1987; Шеуджен А. Х., Куркаев В. Т., Онищенко Л. М., 2007).

Содержание фосфора и форм его соединений по профилю чернозема выщелоченного за счет уменьшения органофосфатов снижается (Шеуджен А.Х., 2015). Вопросы минерализации органических форм соединений фосфора и подвижности минеральных фосфорных соединений представляют наибольшее значение в изучении питания растений. Органический фосфор почвы является продуктом биологического синтеза (неспецифические органофосфаты) и гумусообразования (специфические соединения) и, как следствие, резервом минеральных форм доступного растениям фосфора. Процесс минерализации органических фосфатов происходит вследствие микробиологической активности в почве и сводится к гидролитическому отщеплению фосфорной кислоты из фосфорорганических соединений. Легкодоступное органическое вещество почвы, как считает И. Н. Шарков (1984) может быстро поглощаться почвенными микроорганизмами. Поэтому накопление в почве фосфора органическими соединениями зависит от количества поступившего органического вещества и его обогащенности этим элементом. Показывая метод оценки потребности в органических удобрениях, И. Н. Шарков (1986) вскрыл причины слабой минерализации навоза, указав на его химическую природу, где содержится до 60 % гумусовых и лигниноподобных веществ, имеющих повышенную устойчивость к действию микроорганизмов.

Растения потребляют практически весь необходимый им фосфор из черноземных почв в основном в виде гидро- и дигидрофосфатов ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  и  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) кальция и магния. Фосфаты кальция и магния нерастворимы в воде и малорастворимые в слабых кислотах, поэтому для большинства культур они недоступны за исключением, в частности, гороха, люпина и эспарцета. Благодаря повышенной кислотности их корневых выделений и большей потребности в кальции, чем в фосфоре (В. П. Носов. 1973; К. Е. Гинзбург 1981; В. П. Суетов, 1994; Никитишен В. И., Дмитракова Л. К., Личко В. И., 2000;

С. Н. Андрианов, 2004; Н. Ф. Коробской, 2005; А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко, 2007; Б. А. Сушеница, 2007; М. И. Макаров, 2009).

По результатам мониторинга почв Кубани О. А. Подколзиным, И. В. Соколовой, А. В. Осиповым, В. Н. Слюсаревым (2017) установлено, что содержание подвижного фосфора в почве изменяется от очень низкого до очень высокого. Доля территории со средним и повышенным содержанием в почве фосфора – 46,7 % и 22,1 % соответственно, с низким – 15,3 %, с высоким – 9,3 %, с очень высоким – 4,3 %, с очень низким – 2,3 %.

*Фосфорные удобрения.* Проблема использования в агроценозах фосфорных удобрений и фосфорного питания растений, по мнению В. М. Назарюк, Ф. Р. Калимуллина (2019), является одним из наиболее сложных вопросов, несмотря на то, что в экспериментальных научных исследованиях этим проблемам уделяется постоянное внимание в различных почвенно-климатических условиях. Так в условиях Кубани при урожайности, которая варьировала от 18,1 до 30,5 т/га (выше на контроля на 3,6 – 7,8 т/га), на черноземе выщелоченном Сергеева Н. Н. (2008) установила, что после внесения удобрений в слое почвы 0 – 40 см в разные годы содержание доступного фосфора увеличивалось от 16 % до 90 %.

Обеспеченность фосфором, выращиваемых сельскохозяйственных культур, остается одним из неперенных условий достижения стабильной продуктивности и качества производимой продукции. В масштабе всего земледелия России, по данным В. Н. Кудеярова (2018) за четверть века вынос фосфора с урожаями культур превысил в 3 раза над его внесением с удобрением. Баланс фосфора остродефицитный – 23 млн. т  $P_2O_5$ . При этом автор отмечает, что выпускаемой фосфорсодержащей продукции на мировой рынок поставляется три четверти от производимых агрохимических средств.

В условиях сложившейся высокой цены и недостатка фосфорных удобрений возрастает актуальность проблемы мобилизации почвенных фосфатов и регулирования фосфатного уровня почвы. Заслуживают особого внимания органические удобрения и сидераты. Механизм кислотного характера взаи-

модействия биомассы в процессе ее разложения в почве и воздействия на природные соединения фосфора в почвах, как считают Г. А. Кольцова, Р. Ф. Хасанов и И. М. Серeda (1994) носит обменный характер, связанный с нарушением состояния равновесия между отдельными формами почвенных фосфатов. Сидераты (бобовые культуры) попадая в почву, в результате жизнедеятельности микроорганизмов разлагаются с выделением значительного количества органических веществ кислотной природы, которые в процессе разложения биомассы в почве воздействуют на труднодоступные фосфаты.

Содержащийся в растительной массе сидератов фосфор, по данным О. Г. Котляровой и В. В. Черенкова (1998) представлен легкоусвояемыми соединениями, а скорость процесса образования подвижных форм фосфора в почве с сидеральными удобрениями была выше, чем в черном пару, что приводило к накоплению элемента в почве. Сидеральные культуры, по мнению ученых, накапливают 41-55 % объема сухого органического вещества, которое может быть внесено с 40 т/га навоза.

В почве, по данным Лисовой А. П. и Левченко Л. А. (1968) В. Н. Багринцева, Н. Н. Крестьянинова, Н. А. Ходжаева (2000) имеются значительные запасы фосфора, однако подавляющая часть их находится в недоступных для растений органических и минеральных соединениях. Вносимые в почву растворимые фосфаты, как считает Соколов А. В. (1958; 1962) в основном переходят в обменные усвояемые фосфаты с высокой степенью подвижности, что не согласуется с общепринятыми взглядами о закреплении фосфорной кислоты в почве и превращении её в трудноусвояемые для растений соединения фосфора. Однако имеется устоявшееся мнение многих исследователей, в том числе и С. Н. Адрианов (2000), В. А. Демина, Муса Ауду (2001), что для формирования фосфатного потенциала почвы при внесении фосфорных удобрений растворимые формы соединений быстро превращаются в труднорастворимые и недоступные для питания растений соединения.

При изменении кислотно-основного состояния почвы, как замечают П.С. Колтакова (1964) и А.И. Иванов (2000) повышается степень насыщенно-

сти поглощенными основаниями, и гумусовые вещества верхних слоев почвы становятся малоподвижными благодаря «склонности к образованию нерастворимых форм гуматов (Са) и других устойчивых органоминеральных соединений». Обозначая проблемы в изучении почвенного гумуса, М. М. Кононова (1965) и Н. Г. Мязин, Т. М. Парахневич. (2000), свидетельствуют о том, что систематическое использование навоза и фосфорных удобрений на черноземе выщелоченном изменяет направление почвообразовательного процесса в сторону повышения содержания гумуса и образования свободных гуминовых кислот способных оказывать положительное влияние на рост и развитие растений (Донских И. Н., Воропаева Е. В., 2000).

Изучая действие длительного применения удобрений на плодородие почв Э. А. Бабарина, Л. М. Жукова, Л. К. Шевцова (1987), отмечают интересный факт, что наиболее высокие показатели урожая возделываемых культур ими получены не в варианте с навозом, а при внесении минерального удобрения. По-видимому, как считают авторы, последние определяют более благоприятный состав гумуса, обеспечивая почву доступными растениям соединениями наиболее дефицитного фосфора (Христенко А. А., 2001).

Таким образом, наблюдаем биогенное накопление фосфора в перегнойно-аккумулятивном горизонте почвы под воздействием систематически используемых минеральных удобрений. Общие запасы абсолютного содержания минеральных соединений фосфора в почве увеличиваются вследствие проявления физиологической кислотности азотными и калийными удобрениями. В агроценозе благодаря деятельности корней растений повышается подвижность обменных оснований, полуторных оксидов и гумусовых веществ, и происходит перераспределение фосфатов в почвенном профиле из нижележащих горизонтов почвы в верхние. Запахивание сидератов, навоза увеличивает степень подвижности фосфора, но несколько снижает содержание валового фосфора относительно его первоначальных значений в почве. Предпочтение биологическим путям мобилизации запасов почвенного фосфора не отменяет применения фосфорных удобрений. Фосфор удобрений способствует со-

зданию более высокого фосфатного уровня в питании растений, обеспечивающего значительную концентрацию фосфора в почвенном растворе.

### 1.1.3 Калий

Калий относится к важнейшим элементам минерального питания растений (Прокошев В. В., Дерюгин И. П., 2000). По данным агрохимической службы (Подколзин О. А., Соколова И. В., Осипов А. В., Слюсарев В. Н., 2017) за период с 1990 по 2016 г. наблюдается увеличение средневзвешенного показателя содержания обменного калия с 413 до 424 мг/кг. В настоящее время на Кубани (с 2000 по 2016 гг.) уже выявлено свыше 150 тыс. га с низким и средним содержанием обменного калия. Содержание калия зависит от минералогического состава почвы. Распределен он равномерно по профилю почвы, несколько уменьшается его количество с глубины 180 см и, как считают Простаков и П.Е., Носов П.В. (1964) в десятки раз в ней больше, чем азота и фосфора. Количество валового калия у предкавказских черноземов – 2,5-3 %, но отсутствует корреляционная связь между содержанием валового калия и его легкоподвижными формами в почве (Пчелкин В. У., 1966). Наибольшее содержание калия в почвах с тяжелым гранулометрическим составом (Петербургский А. В. 1981) и содержание калия по мере увеличения дисперсности частиц почвы повышается (Панников В. Д., Минеев В. Г., 1987).

Большая часть калия содержится в минеральной части почвы, значительно меньше его в органической. Находится элемент в кристаллических решетках первичных и вторичных минералов, растительных остатках, в плазме микроорганизмов, грибах и почвенном растворе в виде минеральных солей, коллоидных частицах почвы. (Редькин Н. Е. 1964; Пчелкин В. У., 1966; Погорелов Ю. Г., 1969; Петербургский, А. В. 1979; Минеев В. Г., 1999; Якименко В. Н. 2000 и 2003; Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И., 2002; Шеуджен А. Х., 2003; Минеев В. Г., 2004). Черноземы Кубани относятся к группе с повышенным и высоким содержанием этого элемента (Симакин А. И., 1988), содержится обменного калия в пахотном слое – 430 мг/кг (Н. Е. Редькина (1964) и может возрасти до 450 мг/кг (Симакин А. И., По-



горелов Ю. Г., 1970). Однако в интенсивном агроценозе не состоятельны надежды на «неисчерпаемые» запасы калия в почве (Якименко В. Н., 2019).

*Калийные удобрения.* Необходимость внесения в почву калийных удобрений, показывает величина отрицательного баланса элемента. Обеднения почв этим элементом связано со значительным уменьшением применения минеральных и органических удобрений. В минеральном питании растений принимают участие практически все формы калия в почве, но существенное значение имеет обменная его форма. В калийном фонде почвы, как считают А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов и др. (2014), общая доля водорастворимой и органической форм не более 0,4 %, этого количества недостаточно для удовлетворения потребности растений в калии. Содержание обменного калия подвержено сезонной динамике. Удобрения в 0–20 см и в 21–40 см слоях почвы повышали содержание водорастворимого калия на 21,9 и 21,4 %, что способствовало формированию устойчивых урожаев культур.

Нельзя получить сбалансированную по элементному составу сельскохозяйственную продукцию без применения калийных удобрений, а также полностью реализовать потенциал эффективности применяемых азотных и фосфорных удобрений (Кудеяров В. Н., 2018).

По данным Сергеевой Н. Н. (2008), на черноземе выщелоченном при урожайности яблони 10,0 – 24,7 т/га после применения удобрений содержание обменного калия было больше, чем в контрольном варианте на 44,5 и 77,8 %. При использовании биогумуса автором определено увеличение общего гумуса в пахотном слое почвы на 4,0–8,6 %. Значительного изменения содержания подвижных форм основных элементов питания не установлено.

В агроценозе калийное состояние почвы, по мнению В. Н. Якименко (2019) ухудшается при длительном дефицитном балансе калия, что приводит к существенному снижению продуктивности культуры. Сохранение плодородия почвы в отношении калия и оптимальное калийное питание растений

обеспечивается при использовании калийсодержащих удобрений в расчетных дозах, допускающих небольшой (20–30 %) дефицит баланса в агроценозе.

#### **1.1.4 Кальций**

Доступный обменный кальций из почвенного поглощающего комплекса почвы вытесняет аммонийный азот, содержащийся в минеральных удобрениях, который впоследствии теряется с обильными осадками. Процессу декальцинация почвы способствуют (в меньшей степени) и калийные удобрения. Внесение фосфорных удобрений определяет значительно меньшие потери элемента, так как в почве фосфаты химически связаны (Шильников И. А., Сычев В. Г., Шеуджен А. Х. и др., 2012).

Содержание обменно поглощенного кальция в черноземе выщелоченном высокое. В составе поглощенных оснований его доля составляет свыше 70 % от их суммы. Кальций определяет экологические свойства почвы: влияет на природу гумусовых комплексов, создает условия для трансформации органического вещества, подвижности питательных веществ и интенсивности микробиологических процессов, образования глинистых минералов и во многом определяет структуру почвы, а также реакцию почвенного раствора.

А. А. Шмук писал, что кальций склеивает отдельные почвенные агрегаты, обуславливая желательную для земледелия комковатую структуру... Потеря кальция из почвы, сказывается на изменении физических свойств в нежелательную сторону и возникает необходимость искусственного пополнения запасов кальция в почве.

#### **1.1.5 Магний**

Изменения в содержании магния в пределах каждого типа почвы бывают значительными и связаны они с минералогическим составом материнской породы и с почвообразовательным процессом на породах, где основным минералом был каолинит, который беден магнием. Магний может мигрировать в нижние горизонты почвы, что значительно превалирует над биологической аккумуляцией элемента. Вынос магния из поверхностного слоя почвы, как правило, обычно выше других химических элементов (Блажний Е. С.,

Гаврилюк Ф. Я., Вальков В. Ф., Редькин Н. Е., 1985; Прокошев В. В., Неугодова О. В., Смирнов Ю. А., 1987; Коробской Н. Ф., 2005; Шеуджен А. Х., Бочко Т. Ф., Онищенко Л. М. и др., 2015).

Режим увлажнения почвы значительно изменяет содержание водорастворимого магния за счет выщелачивания его из пахотного слоя почвы. В почвенном растворе в зоне достаточного увлажнения содержание этой формы магния незначительно – 12-18 мг/л. Применение удобрений сопровождается повышением растворимости соединений магния и ведет к подкислению почвенного раствора, что увеличивает содержание водорастворимых и обменных его форм. Потребление растениями магния, по данным и А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко и др. (2015), обуславливает снижение концентрации обменного (на 0,18 и 0,02 %) и водорастворимого (на 0,05 и 0,06 %).

При выращивании плодов яблони, как считают Е. В. Леоничева, Т. А. Роева, Л. И. Леонтьева, М. Е. Столяров, М. А. Макаркина (2018), на почвах, имеющих высокое содержание обменного калия и магния, значимыми факторами, влияющими на поступление этих элементов в растения, являются нагрузка деревьев урожаем и агрометеороусловия периода вегетации. Это связано с тем, что кальций поступает пассивным путём вместе с водой через корни в растения и далее транспортируется по сосудам ксилемы. Поэтому факторы – уровень урожайности, влажностный режим определяют уровень поглощения элемента культурой, а также наличие или отсутствие физиологического расстройства – «горькой ямчатости». (White P. J., Broadley M. R., 2003; Jemrić T., Fruk I., Fruk M., Radman S., Sinkovič L., Fruk G. 2016; Miqueloto A., Amarante C. V. T., Steffens C. A., Santos Ad., Mitcham E. 2014; Hocking B., Tyerman S. D., Burton R. A., Gilliam M., 2016).

О достаточной обеспеченности растений кальцием, имеются данные Ю. В. Трунова, 2013; Watkins C., Schupp J., Rosenberger D., 2004, которые свидетельствуют об уровне содержания этого элемента в листьях яблони – 1,6-3,0 % сухой массы. Недостаток кальция восполняют приобретающие по-

пулярность сложные органоминеральные соединения, поликомпонентные минеральные удобрения, имеющие в своем составе макро-, мезо- и микро-элементы в хелатной форме.

Таким образом, длительная монокультура и применение минеральных удобрений без пополнения почвы органическим веществом снижает плодородие почвы, что негативно сказывается на состоянии агрофитоценоза. Отмечается повышение кислотности, уменьшение суммы поглощенных оснований и содержания кальция и магния в почвенно-поглощающем комплексе, ухудшается питательный режим почвы.

## **1.2 Характеристика источников поступления в почву органического вещества**

Возрастающую роль органических удобрений в плодовых насаждениях как многолетней монокультуре, особенно при содержании почвы в паровом состоянии отмечали многие ученые. Подтверждение тому, результаты почвенно-агрохимических исследований, выполненных в длительных опытах, полученные данные о повышении уровня плодоношения яблони и установленные стабильные показатели плодородия почвы (Рубин С. С. 1983; Жукова Л.М., 1980; Синягин И. И., 1980; Шконде Э.И. Благовещенская З.К., 1982; Михайлина В.И. 1983; Минеев В.Г. Шконде Э. И., Благовещенская З.К., 1982; Apfelthaler R., 1979; Prasad B., Singh A. J., 1980).

Проблему изменения содержания гумуса пахотных почв в настоящее время нельзя считать решенной. В экспериментальных исследованиях В. И. Волынкин, О. В. Волынкина, А. Н. Копылов (2019) выявили изменение почвенного плодородия. Снижение содержания гумуса на естественных и улучшенных фонах питания культур за 40 лет составило 0,5– 0,7 %.

Факторы, приведшие к снижению плодородия черноземов Кубани – усилению минерализации органического вещества в результате обработки почв, снижение уровня применения удобрений, потери гумуса, ухудшение водно-физических свойств почвы обозначили О. А. Подколзин, И. В. Соко-

лова, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев (2017). С 1990 по 2016 г. наблюдается уменьшение в почве средневзвешенного содержания гумуса с 3,9 до 3,7 %.

Значительно уменьшается содержание лабильных форм гумуса, за счет которого растения впоследствии обеспечиваются элементами минерального питания. Этот показатель коррелирует с обеспеченностью плодовых растений азотом, и как следствие, с реализацией генетического потенциала культуры (Попова В.П., 2005). К тому же разное качество гумуса как параметра потенциального и эффективного плодородия по-прежнему требует изучения (Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н., Ходжаева Н.А., 2000; Дедов А.В., Придворев Н.И., Морозов Е.В., 2001).

Зависимость процессов поступления, разложения и гумификации растительных остатков в почве, равно как и минерализации гумуса, от целого ряда конкретных экологических и антропогенных условий определили Б.Н. Золотарева, Л.И. Петрова, Л.М. Мироненко (1991); Г.Д. Чимитдоржиева, Р.А. Егорова (2000) и В.Г. Минеев (2000). При длительном применении минеральных систем удобрения, поддерживая режим питания растений и получая высокие урожаи, одновременно, как отмечают Л. К. Шевцова, В. А. Черников, В. Г. Сычѳв, М. В. Беличенко, О. В. Рухович, О. И. Иванова (2019), снижается плодородие почв за счет потери устойчивости почвенного органического вещества, и устойчивости всей агроэкосистемы в изменяющемся климате. Почва, как утверждают авторы, обогащается более «молодыми» в химическом отношении гумусовыми веществами (минуя этап образования устойчивых гумусовых веществ). При различных системах удобрения образующиеся гумусовые вещества существенно различаются по содержанию, запасам, качественному составу органического вещества почвы, по молекулярной структуре и свойствам препаративно выделенных гуминовых кислот.

Важным показателем, определяющим плодородие почвы, является распределение и запас гумуса в профиле почвы (Юмашев, Н.П. 2004; Юмашев Н. П., Трунов И. А., 2006). Содержание и запасы гумуса в почве непосредственно не определяют уровень урожайности плодовых насаждений, так

считают А. В. Бузоверов, 1988, А. В. Бузоверов, В. П. Попова, Н. Г. Пестова 1992; К. Н. Кондратьев, 1991; Т. Н. Дорошенко, 2002. Однако многие исследователи в экспериментальных работах показывают благоприятное влияние содержания органического вещества в почве на режим питания плодовых растений, воздушный и водный режимы, микробиологическую активность, формирование структуры почвы и ее физико-химические свойства (Симакин А. И., 1969; Листопадов, И. Н. Шапошникова И. М., 1984; Вальков В. Ф., 1986; Гамзиков Г.П., М.Н. Кулагина, 1992; Попова В. П., 2005; Трунов, Ю. В., 2010; 2013).

В плодовых насаждениях плодородие почвы снижается вследствие длительной монокультуры (Петербургский А. В., 1979). К тому же А. И. Симакин (1969) отмечает, что ежегодно из почвы теряется азота – 31 кг/га, фосфора – до 13,5 и калия – до 70 кг/га. В процессе минерализации органического вещества почвы высвобождаются и становятся доступными элементы минерального питания, которые поглощаются и выносятся плодовыми растениями с урожаем (Петербургский А. В., 1979; Листопадов И. Н., Шапошникова И. М., 1984; Юмашев Н. П., Трунов Ю. В., 2006). В.П. Попова (2005) считает, что только за счет внесения минеральных удобрений улучшить питательный режим нельзя, так как растения почти половину азота используют за счет запасов почвы независимо от применяемых минеральных удобрений.

Установлено, что интенсивно и длительно используемая минеральная система удобрения культур оказала негативное воздействие на изменение и соотношение практически всех процессов и свойств почвы – поступление в почву органического вещества и его минерализацию (Балаев. А. Д., Гаврилюк М. В., Недбаев В.Н., 2015), а также антропогенное воздействие изменяет физико-химические показатели: увеличилась гидролитическая кислотность, снизилась степень насыщенности почвы основаниями, уменьшилось (почти в 2 раза) содержание обменных катионов (Са и Mg преобладают в составе обменных оснований, но абсолютное их содержание низкое), что не способствует закреплению новообразованных гумусовых веществ и отражается на их составе. Развитие процессов минерализации и гумификации приводит к

образованию более лабильных форм гумусовых веществ (Лыков А.М., 1989; Шевцов Н.М., 1990; Лукин С.В., Явтушенко В.Е., Тютюнов С.И., 2000; Зудилин С.Н., 2001; Столяров А.И., Онищенко Л.М., 2003; Слюсарев В.Н., Онищенко Л.М., Швец Т.В., 2013).

Действие минеральных удобрений на содержание органического вещества в почве является все еще вопросом научной дискуссии. Результаты научных исследований многочисленных авторов – показали противоречивость полученных данных. Применение минеральных удобрений, как считают одни авторы, способствует росту количества поступающих в почву растительных остатков, и они способны поддерживать постоянный уровень содержания гумуса (Шевцова Л.К., 1988; Лыков А.М., Еськов А.Л., Новиков М.П., 2004; Лапа В.В., Иваненко Н.Н., 2012; Шеуджен А.Х., 2015). Другие, напротив, утверждают, что минеральные удобрения не могут поддерживать на постоянном уровне содержание гумуса. Они в невысокой дозе –  $N_{60}P_{60}K_{60}$  не компенсируют снижение важного показателя плодородия относительно исходного значения, и лишь внесение  $N_{180}P_{180}K_{180}$  способствует стабилизации содержания гумуса (Дьяконова К.В., Титова Н.А., Когут Б.М., Исмагилова Н.Х., 1990). Аналогичные результаты имеются в работах и других исследователей – А.И. Хабарова, З.К. Благовещенская, 1981; Р. Тейт, 1991; А.Д. Хлыстовский, Е.Ф. Корниенко, 1981; Л.Н. Александрова, 1980; В.И. Никитишен, 2003. Рассматривая влияние возрастающих доз минеральных удобрений, Н.Е. Завьялова, А.И. Косолапова, А.Н. Строжева (2014) пришли к выводу, что высокие дозы минеральных удобрений повышали содержания гидролизуемых форм азота, но не изменяли соотношения фракций азота, характерных для почвы.

Наибольшим действием, по мнению Т.Н. Лебедевой, Н.П. Масютенко, В.М. Семенова, Б.М. Когут, Н.Б. Зиняковой, А.С. Акименко (2018), обладают минеральные удобрения и навоз. Сидераты не дают значимой прибавки урожайности, но способствуют росту урожая при использовании их на фоне минеральных удобрений или навоза, демонстрируя синергический эффект.

Зеленые удобрения авторы предлагают рассматривать не столько удобрениями, сколько средствами повышающим действие минеральных и органических удобрений посредством оптимизации агрофизических и биологических свойств почвы.

### 1.2.1 Навоз

Наибольшее обогащение почвы гумусом происходит за счет навоза, однако и минеральные удобрения способствуют некоторому повышению ее гумусированности. Органическое вещество навоза и пожнивно-корневые остатки является основным источником накопления гумуса в почве (Шевцова Л.К., Сизова Д. М., 1970). По мнению В. С. Цховребова, В. И. Фаизовой, А. М. Никифоровой (2016), содержание органического вещества и его запасы – критериально-оценочный показатель плодородия почвы. Оно способствует агрегированию почв, является питательным субстратом для микрофлоры.

В первое время после внесения навоза наблюдалось незначительное уменьшение усвояемого азота в почве, считает А. В. Соколов (1962). Связывает он это наблюдение с временным его закреплением в микробной массе почвы. В дальнейшем в процессе минерализации органического вещества навоза происходит постепенное повышение содержания минерального азота.

Плодородие чернозема выщелоченного находится в тесной зависимости от характера сельскохозяйственного использования почвы и от применения удобрений. По наблюдению П. С. Колтаковой (1964) на чернозёме выщелоченном прибавка в содержании гумуса в метровом слое почвы возрастает до 0,58 %, если ежегодно в почву с внесением навоза применяют и минеральные удобрения. Это сочетание оказывает существенное влияние на общие запасы гумуса в почве и на содержание подвижной его части: содержание свободных гуминовых кислот. Запасы гумуса определяют плодородие почв. Максимальные его запасы, по данным Хрусталева М. А. (2016) выявлены в апреле, а минимальные – в сентябре.



## 1.2.2 Биогумус

Биогумус (вермикомпост) как биологический вид удобрений, представляет собой гумусное органическое удобрение, получаемое при переработке компостов с помощью дождевых червей. Это ценное микробиологическое органическое удобрение. В одной тонне абсолютно сухого удобрения содержится до 60-80 кг питательных веществ, находящихся в доступных для растений формах. Имеет нейтральную реакцию среды, рН изменяется в пределах от 6,8 до 7,2 единиц. Содержит: гумуса – 25-30 %, азота – 1,5-3,0 %, фосфора – 1,8-4,0 %, калия 1,5-3,0 %, кальция 4,5-7,0 % и другие элементы минерального питания, а также стимулирующие рост растений вещества: почвенные антибиотики, ферменты, витамины, гормоны роста и развития растений. Биогумус, играющий аккумулятивную, регуляторную и протекторную функции в жизнедеятельности растительного организма, способствует повышению урожайности культур на 20-30 %, при улучшении качества продукции. По содержанию гумуса превосходит навоз и компост в более чем в 4 раза. Он имеет большую гидрофильность, влагостойкость и влагоемкость, а также его гранулы обладают механической прочностью.

Достоверное повышение содержания углерода органического вещества, аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия, в экспериментальных исследованиях выявили О. В. Сенкевич, О. А. Ульянова, С. В. Хижняк (2019) при внесении вермикомпостов в почву.

Применение биогумуса экономически менее выгодно, чем других органических удобрений, так как требует больших материальных затрат. Для него характерны такие свойства, как регулируемая влажность, технологичность использования, рассыпчатость, небольшие энергетические затраты на производство, транспортировку и внесение в почву.

По данным М. С. Бутенко и О. А. Ульяновой (2019) биогумус способствует статистически значимому увеличению урожая культуры. Он достоверно увеличивает запасы азотсодержащих соединений в почве, а благоприятный гидротермический режим, способствует интенсификации процессов

аммонификации, приводящих к накоплению  $N-NH_4$ . С внесением вермикомпоста, по данным авторов, доля трудногидролизуемой формы азота при этом варьировала от 5 до 16 %, а доля легкогидролизуемого – от 4 до 13 %.

По данным Н.Н. Сергеевой (2008), при использовании биогумуса на черноземе выщелоченном при урожайности яблони 10,0 – 24,7 т/га в верхнем слое почвы определено увеличение содержания общего гумуса на 4,0 – 8,6 %, но значительного изменения содержания доступных форм наиболее дефицитных элементов минерального питания не выявлено.

### 1.2.3 Зеленое удобрение

Теоретические основы использования зеленого удобрения разработал основоположник отечественной агрохимической науки академик Д.Н. Прянишников (1953, 1965). Он считал зеленое удобрение мощным средством повышения урожайности культуры при одновременном сохранении плодородия почвы.

В настоящее время недостаточно производятся органические удобрения и в земледелии применяется только 1,5 – 2,0 т/га, тогда как рекомендованная – 12 – 14 т/га. В литературе накоплены знания о положительном влиянии зеленого удобрения на плодородие почвы, однако в условиях изменяющихся почвенно-агрохимических свойств чернозема выщелоченного в прикубанской зоне садоводства они незначительны. Поэтому актуальны исследования по выявлению влияния зеленого удобрения на урожайность плодовой культуры – яблони.

Зеленое удобрение – важный резерв улучшения свойств почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Однако многие вопросы использования сидератов и их влияния на показатели плодородия черноземных почв и в частности на азотный режим, как считают А.М. Берзин, А.А. Шпедт (2001), в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения остаются малоизученными.

Проблема воспроизводства органического вещества в почвах садовых агроценозов является актуальной и возникает необходимость поиска других источников пополнения органического вещества почвы. По мнению В.П. По-

повой (2005), в плодовом саду формируется особый многолетний фитоценоз, который неустойчив вследствие скудного видового разнообразия произрастающих растений. Поэтому для создания устойчивости почвенно-образовательного процесса, для обеспечения синтеза биомассы и пополнения состава и соотношения компонентов органического вещества в агрофитоценозе может быть использовано зеленое удобрение (Онищенко Л.М., Дарвеш Налиен и Кашина П.Р., 2020).

Источниками воспроизводства гумуса Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский (2000) считают растительные остатки и органические удобрения, которые определяют запас гумуса и состав новообразованных гумусовых веществ в почве.

Применение зеленого удобрения способствует: сохранению и поддержанию плодородия почвы, предотвращая миграции элементов минерального питания и эрозии почвы. Сидераты обеспечивают агрохимическую, почвозащитную, экологическую, санитарную функции: активизирует малый биологический круговорот питательных веществ в системе «почва – растение», повышают доступность труднорастворимых фосфорных соединений; оптимизируют водно-воздушный режимы, а благодаря жизнедеятельности клубеньковых и свободноживущих бактерий в почве накапливается органическое вещество и биологический азот, стабилизируя при этом содержание гумуса, улучшая физические, физико-химические и микробиологические свойства почвы (Онищенко Л.М., Дарвеш Налиен, Кашина П.Р., 2020). После сидерации В. Я. Тихомирова (2010) наблюдала прирост в содержании калия в почве, которое по отношению к исходному его значению увеличилось на 20 % (на 36 мг/кг) и фосфора – на 12 % (на 29 мг/кг).

Растения гороха при коротком вегетационном периоде накапливают значительную растительную биомассу, трансформируют из глубоких слоев почвы в верхние влагу, доступные элементы минерального питания благодаря корневым выделениям растений с развитой и глубоко проникающей корневой системой. Это позволяет, труднорастворимые фосфаты трансформировать в рас-

творимые соединения и при этом повышается коэффициент использования фосфора почвы в агрофитоценозе (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., 2018).

Трансформация же органического вещества в почве согласно А. М. Лыкову, Б. П. Боинчан и С.М. Вьюгину (1984) идет по этапам: химическое взаимодействие между отдельными веществами биомассы растений, биохимическая подготовка органического вещества к микробному разложению растительной биомассы и минерализация свежего органического вещества с последующим превращением его в специфические гумусовые вещества. Авторы подчеркивают, что гумификация сидератов не богатая углеводами, быстро минерализуется, при этом С : N составляет 10 : 1. Размеры симбиотической фиксации азота растениями гороха (используемыми в наших опытах), как определили А.А. Завалин, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырева (2019), варьируют от 40 до 60 кг/га, а потенциальная продуктивность и коэффициент азотфиксации равны 140 и 66 кг/га соответственно. Авторы сравнивают эти цифры с использованием азота удобрения бобовыми культурами и показывают диапазон потребления азота – 27 – 62 % от применяемой дозы. По данным К. И. Довбан (2009), коэффициент использования азота сидерата последующими культурами выше, чем азота навоза. На фоне зеленого удобрения значительно повышается эффективность фосфорно-калийных.

Обладая мощной корневой системой, как отмечают Н. В. Вашукевич, И. В. Баниева (2016), сидераты накапливают большое количество органического вещества, оказывают положительное влияние на основные элементы почвенного плодородия: гумусность, химические, физические, водные свойства, улучшают пищевой режим почв. Сидеральные культуры могут не только обогащать почву органическим веществом, но для своего роста и развития могут фиксировать атмосферный азот и поглощать недоступные формы элементов (фосфаты и цинк) минерального питания. После минерализации биомассы сидератов эти элементы становятся доступными для плодовых культур. (Рассел Э., 1955; Будаговский В.И., 1976; Кашин В.И., 1995; Наумов В.Д., Рыкалин Ф.Н., 2010; Трунов, Ю.В., 2013; Еремеев Д. Н., 2015).

В первые два года после внесения зеленой массы сидератов на черноземе выщелоченном содержание гумуса в почве по данным С.М. Надежкина, Ю.В. Корягина и Т.Б. Лебедевой (1998) увеличивалось за счет подвижных форм органического вещества. Содержание углерода органического в почве возрастало на 0,07-0,10 % по сравнению с контролем. Использование навоза способствовало более стабильному повышению гумусированности почвы, которое не претерпевало существенных изменений в период исследований.

Т. Н. Лебедева, Н. П. Масютенко, В. М. Семенов, Б. М. Когут, Н. Б. Зинякова, А. С. Акименко (2018), выявили особенность действия минеральных удобрений, сидератов на химическое качество почвенного органического вещества – увеличение доли фульвокислот в составе подвижного гумуса и последовательность влияния агрохимических средств на содержание  $C_{орг}$  в почве : навоз в его последствии (42 % от суммарного эффекта) > сидераты (16 %) > минеральные удобрения (1%).

Вклад сидератов, представленных зеленой быстро разлагаемой фитомассой бобовых культур, и навоза в его последствии оказался менее значимым, составляя соответственно 6 и 8 % от суммарного (Новиков М.Н., Фролов Л.Д., 2015; Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А., 2016).

Таким образом, в плодовых насаждениях посев сидеральных культур на зеленое удобрение кратковременно улучшает плодородие почвы. Зеленое удобрение повышает содержания органического вещества в верхнем аккумулятивном слое почвы, увеличивает доступность питательных веществ для плодовой культуры, уменьшает потери азота и других подвижных форм элементов питания от вымывания, улучшает ее физические свойства, структуру и биологическую активность почвы, способствующую минерализации органического вещества.

## **2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗОВ**

Исследования проводились в период с 2017 по 2020 гг. в условиях яблоневого сада в прикубанской зоне садоводства Краснодарского края – юг Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья. Опыт заложен в многолетних насаждениях яблони ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» в соответствии с планом научно-исследовательской работы.

Исследования по установлению почвенно-агроэкологических основ применения органических удобрений на черноземе выщелоченном в насаждениях яблони Западного Предкавказья выполнялись в соответствии с Методическими указаниями по проведению опытов с удобрениями (Методические рекомендации, 1986; Агроэкологический мониторинг..., 1997; Программа и методика... 1999; Агроэкологическая оценка земель..., 2005; В.В. Агеев, А.И. Подколзин, С.В. Диняков, 2007; Ю.А. Духанин, В.И. Савич, Т.М. Духанина и др., 2011; Шеуджен А. Х., Булдыкова И. А., 2014; Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., 2015); , исследования в многолетнем насаждении яблони нами осуществлялись в направлениях по выявлению действия минеральных, органических, зеленых и биологических удобрений на свойства чернозема выщелоченного, отражающие плодородие почвы, обеспеченность элементами питания, урожайность и качество продукции яблони при инновационной технологии производства.

### **2.1 Программа исследований и объекты**

Исследования проводились в многолетнем плодоносящем яблоневом саду, заложенном по традиционной технологии, посадки 2009 года и размещенном на территории университета (рисунок 1). Географическое положение участка исследований – г. Краснодар, 45°06' северной широты, 38°85' восточной долготы. Деревья размещены по схеме 4,00 · 1,50 м. Способ содержания почвы в междурядьях – задернение естественно растущими почвопокровными многолетними травами в саду.

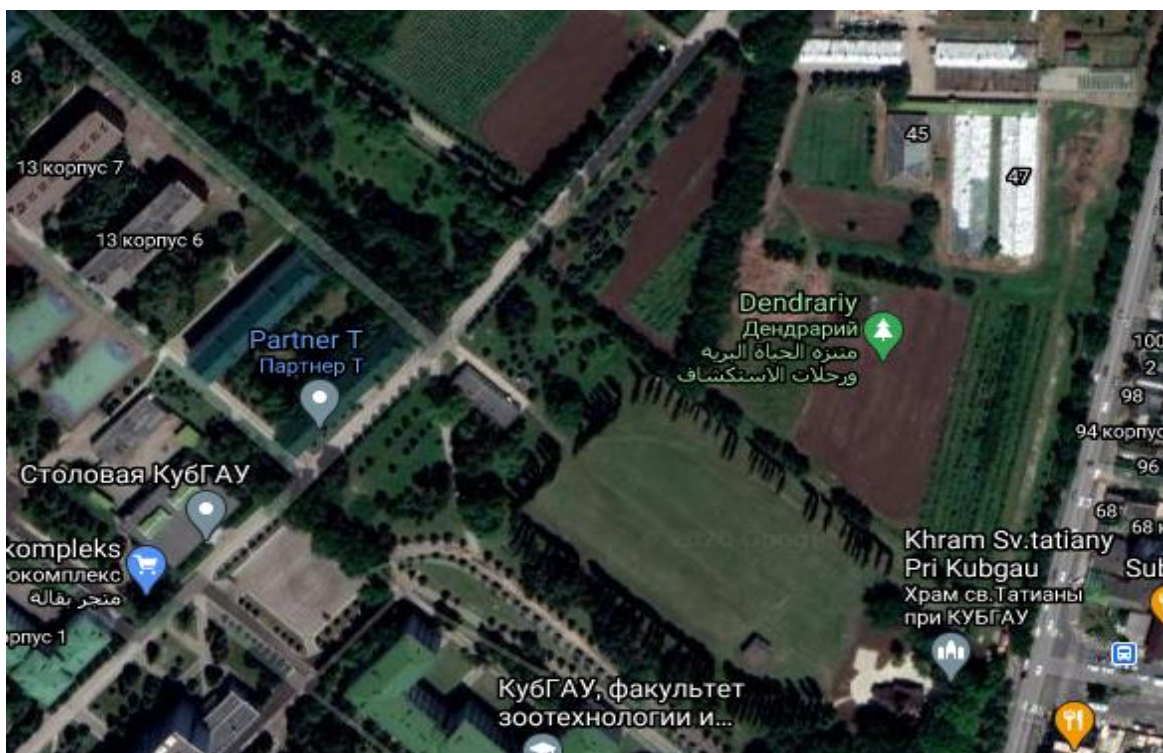


Рисунок 1– Размещение опытного участка на территории университета

*Объекты исследования* – почва чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках или агро-чернозем глинисто-иллювиальный в соответствии с Классификациями почв России (1977; 2004). Растения сорта яблони Прима (карликовый подвой М9) . Срок вступления яблони в плодоношение средний.

Сорт Прима выведен в США с использованием вида *Malus floribunda* 821 и сортов Ром Бьюти, Уэлси, Мельба, Голден Делишес и др. Сила роста дерева выше средней. Срок созревания – позднелетний. Сорт находится в Госреестре по Северо-Кавказскому (6) региону с 1996 года. Дерево выше среднего размера, крона достаточно густая. Максимальная зона распространения корневой системы 60 см. Плоды слегка плоскоокруглые или округлые (округло-конические), среднего размера – 165 г. Окраска покровная по большей части плода, размытая, зеленовато-желтая. Мякоть очень сочная, нежного аромата, кисло-сладкого вкуса (4,5–4,6 балла), кремовая по цвету, средней плотности. Химический состав плодов: сахаров – 8,1 %, титруемых кислот – 0,8%, сухих веществ – 11,5 %, витаминов Р и С – 109,8 и 4,9 мг/100 г соответственно. Съемная зрелость плодов во второй декаде ав-

густа. Плоды сохраняются два – три месяца. Транспортабельность высокая. Сорт морозоустойчив, засухоустойчив, обладает средней устойчивостью к мучнистой росе и к парше. Скороплодный, на подвое М9 после посадки в плодоношение вступает на третий год. Во взрослом возрасте плодоношение может стать периодичным. Достоинства сорта: плоды высокого качества, скороплодность. Недостатки сорта: плоды становятся мелкими при перегрузке, деревья нуждаются в омолаживающей обрезке и в нормировании завязи, а также загущении (Атлас лучших сортов плодовых ..., 2008).

*Опыт 1.* Проводился 2017-2021. Схема размещения – 4,00 x 1,50 м, формировка деревьев – русское веретено. Уплотненная крона. Кроны деревьев в рядах сомкнуты. Междурядья – естественно задернены. Ориентация рядов север-юг. Общая площадь опыта с яблоневыми насаждениями составляет 0,60 га, а опыта по влиянию удобрений – 0,2 га. Схема деревьев яблони в опыте (рисунок 2).

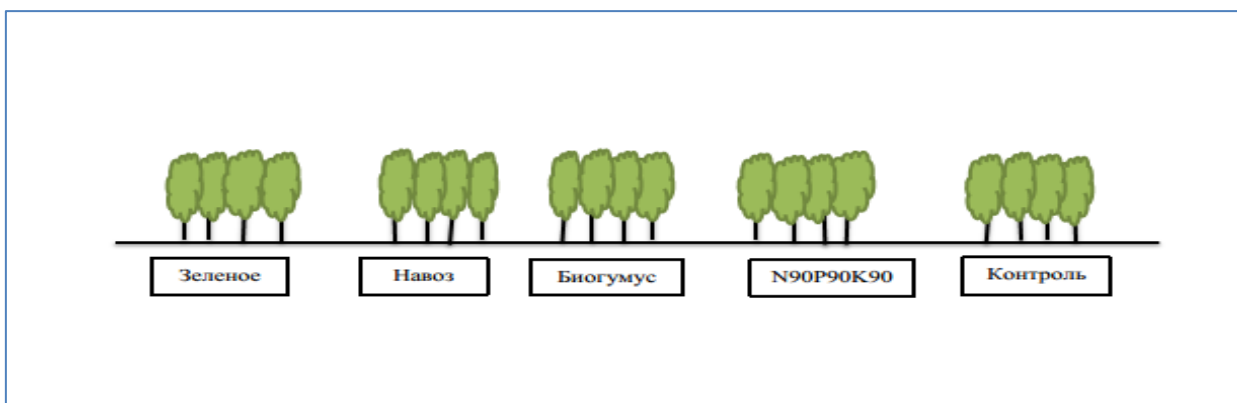


Рисунок 2 – Схема расположения деревьев яблони в плодonoсящем саду

Агротехника в опыте соответствовала требованиям, изложенным в региональных рекомендациях (Программа и методика..., 1999). Возрастная группа деревьев яблони – период «плодonoшения и роста».

На делянке учетных деревьев – девять, повторность трехкратная. Учет урожая плодов проводится с каждой делянки. Взвешивали яблоки с каждого учетного дерева. Определяли средний урожай с каждого учетного дерева и затем делали пересчет на урожайность в центнерах с гектара.



Выполнили аналитические исследования почвенных образцов. Смешанный почвенный образец состоял из 16 точечных проб. Исследуемый слой почвы 0 – 60 см. Отбор почвенных проб проводился с двух сторон междурядий по проекции кроны плодовых деревьев яблони в 2-х местах в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы. Отбор проводили буром (диаметр стакана 5 см) достаточно для объективной характеристики уровня содержания подвижных форм элементов минерального питания в плодоносящем саду (рисунок 7).

На участке, где проводили эксперимент выдерживали принцип единственного логического различия, заключающегося в сохранении в вариантах равенства условий внешней среды и других факторов за исключением изучаемого.

Состояние деревьев яблони по вариантам опыта хорошее. По П.Г. Шитту (1958) плодовые культуры – яблони были в возрастной группе – период «плодоношения и роста. Расположение вариантов в повторениях: рендомизированное.

Весной в яблоневоом саду ежегодно проводили обрезку деревьев – компактная крона узкой конусовидной формы, состоит из центрального проводника, трех-четырёх полу скелетных ветвей в нижнем ярусе и коротких обрастающих ветвей длиной 30-50 см, расположенных выше полу скелетных по стволу, умеренно растущих под прямым углом. Высота дерева 2,2-2,5 м; высота штамба 25-30 см. Для поддержания интенсивности плодоношения провели омолаживающую обрезку однолетнего прироста, которая способствовала активизации роста дерева и обеспечивала хорошее его плодоношение. При омолаживающей обрезке ветвей срез проводили на древесине того года, когда прирост был сильным (у основных ветвей не менее 30-40 см, отрезая более половины такого прироста с переводом на боковое разветвление.

Согласно схеме опыта после вступления деревьев яблони в период товарного плодоношения под культуру применялись рекомендованные для Прикубанской зоны Краснодарского края нормы минеральных удобрений.

Минеральное, органические (навоз, биогумус и зеленое удобрение) удобрения (Нитроаммофоска, 16:16:16 в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, навоз полупере-

превший 30 т/га, биогумус из расчета 10 т/га) и зеленые удобрения вносили осенью в 2017 г. по проекции кроны дерева (рисунок 3).

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрения)
2. Минеральное удобрение (нитроаммофоска 16:16:16 в норме  $N_{90}P_{90}K_{90}$ )
3. Органическое удобрение (навоз полуперепревший, 30 т/га)
4. Биологическое удобрение (биогумус, 10 т/га)
5. Зеленое удобрение (горох)



Рисунок 3 – Размещение вариантов опыта в насаждении яблони, выращиваемой на черноземе выщелоченном (2017)

Посев зеленого удобрения (озимый горох) провели в первую декаду февраля на глубину 6–8 см. Среднедекадная температура воздуха в начале февраля была равна 5,3 °С, а среднемесячная – 3,0 °С.

Таблица 1 – Содержание элементов питания и органического вещества в полуперепревший навозе, %

Влажность	Органическое вещество	Зольность	Азот общий	Азот нитратный	Азот аммонийный	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	pH	C:N
65,0	23,9	14,0	1,98	0,043	0,32	1,53	3,89	8,3	19,0

Использовали: нитроаммофоску (рисунок 4), «Биогумус» вносится локально в борозды на расстоянии 1,1– 1,2 м от штамбов деревьев яблони. В плодоносящем яблоневом саду в ручную (1 раз в 3 года) вносились в междурядья по проекции кроны органические удобрения (полуперепревший навоз с заделкой на глубину 25 см, таблица 1), биогумус, высевали сидераты (зеленый горох) на глубину 6-8 см (рисунок 5).

В основном при выборе учетных деревьев учитывалось общее состояние каждого растения, принималось во внимание однородность их возрастного состава, условия защищенности, выравненность их по силе развития (окружность штамба и размер кроны), обеспеченность опылителями.



Рисунок 4 – Нитроаммофоска, 16:16:16



Рисунок 5 – Биогумус, используемый в опыте (25 % содержания гумуса)

Варианты опыта были маркированы этикетками на выделенном опытном участке (рисунок 6).

В период вегетации деревьев яблони определяли степень цветения каждого дерева на варианте в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (1999), выражая показатели в баллах: 0 – цветение отсутствует; 1 – очень слабое цветение (единичные цветки); 2 – слабое цветение; 3 – среднее цветение; 4 – хорошее цветение; 5 – обильное цветение (цветут все возможные пункты цветения).

Учет урожая яблок проводится с делянки путем взвешивания с каждого учетного дерева. Средний урожай с каждого учетного дерева на делянке (или повторению) вычисляли путем деления общей массы урожая (съемный урожай + хозяйственно годная падалица) на количество учетных растений по делянке. Урожай по варианту в центнерах с 1 га вычисляли по формуле:

$$Y = A / B \times 100,$$

где:

A – средний урожай с 1 дерева, кг;

B – площадь питания одного дерева (м<sup>2</sup>);

100 – коэффициент перевода в килограммах на массу в центнерах и площади (м<sup>2</sup>) – в гектары.



Рисунок 6 – Общий вид опыта      Рисунок 7 – Отбор почвенных проб

Одновременно учитывалась падалица. Среднюю массу плода определяли отдельно по вариантам путем деления урожая каждого учетного дерева на количество плодов. Плоды для химического анализа собрали в одно и то же время, общий вес образца составлял 2,5 – 5,0 кг. Для химического анализа отбор образцов яблок проводили в оптимальной зрелости (первой декаде сентября) на уровне среднего яруса крон (2 м от почвы) с разных сторон кроны по отношению к сторонам света: на периферии с южной, северной, западной и восточной сторон, а также в центре кроны на высотах 1 и 2 м от поверхности почвы. Отбирали типичные по форме, окраске и степени зрелости плоды. Средняя проба – 10 плодов. В плодах определяли содержание углеводов по общепринятым методикам.

*Опыт 2.* Инициативные исследования проводили (2016 – 2017). на опытном участке кафедры плодоводства в саду Кубанского госагроуниверситета. С целью определить действие систем удобрения растений яблони на содержание аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и калия в черноземе выщелоченном, а также продуктивность яблоневого сада (Онищенко Л.М., Дарвеш Н., Чумаков С.С., 2018).

Агрометеорологические условия вегетационного периода растений яблони были благоприятными. Отбор почвенных образцов проводился в послойно 0-60 см, а их химические анализы образцов выполнялись в соответствии с методами, входящими в базу ГОСТов. Удобрения, вносили за месяц до начала вегетации растений (февраль). В полевом опыте изучалось влияние различных систем удобрения растений яблони в плодоносящем яблоневом саду (Онищенко Л.М., Дарвеш Н., Чумаков С.С., 2018).

Схема опыта включала:

1. Контроль (без удобрений),
2.  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (применялась нитроаммофоска  $NH_4NO_3 \cdot NH_4H_2PO_4 \cdot KCl$ ),
3. Биогумус (10 т/га),
4. ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  +10 т/га) системы удобрения

На всех вариантах опыта 2 также была определена динамика содержания доступных форм питательных веществ: аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и калия, а также содержание гумуса. Проведен мониторинг физико-химических свойства почвы. Определены все виды кислотности, сумма поглощенных оснований и емкость катионного обмена. Установлен уровень урожайности растений яблони (Онищенко Л.М., Дарвеш Н., Чумаков С.С., 2018).

## **2.2 Почвенно-климатические и агрометеорологические условия**

Исследования проводились в Центральной агроэкономической зоне в соответствии с Системой земледелия Краснодарского края. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка дана на основании морфологического описания резервов и химического анализа почвы, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории Федерального государственного учреждения станции агрохимической службы «Краснодарская».

Чернозем выщелоченный Западного Предкавказья характеризуется: невысоким содержанием гумуса (в верхних горизонтах – 3,5-4,5 %) и глубоким его распространением по профилю почвы (Леплявченко Л.П., Столяров А.И., Л.М. Онищенко, 2002; А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко, 2007); высокой буферностью и способностью к самовосстановлению до определенных пределов, периодически промывным водный режим – весенним максимумом и летним минимумом увлажнения почвы (Кирюшин В.И., 2010); небольшим запасом продуктивной влаги, высокой влажностью завядания и слабой водоподъемной способностью, что обуславливают неудовлетворительную влагообеспеченность растений (Симакин А.И., 1969); оптимальной порозностью (общая пористость) в пределах – 51–54 % (Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. и др., 2013); большей плотностью в  $A_{\text{пах}}$  горизонте, плотность – 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup>, а в горизонте **B** – 1,4 г/см<sup>3</sup> (Коробской Н.Ф., 2005); повышающимся потенциальным плодородием почвы по мере возрастания количества илистых ча-

стиц почвы (Коробской Н.Ф. 2005); высокой подвижностью нитратного азота и интенсивной нитрификационной способностью (Тишков Н.М., 2006); невысоким содержанием обменно-поглощенного аммония (1,5 % от общего), закрепляющимся в почве и менее теряющимся при обильных осадках (Шеуджен А.Х., 2018); малодоступными и слабо подвижными соединениями фосфора (Простаков П.Е., Носов П.В., 1964); высоким, равномерно распределенным и уменьшающимся после 180 см содержанием калия (Простаков П.Е., Носов П.В., 1964; Погорелов Ю.Г., 1969).

В системе агрофитоценоза яблоневого насаждения, закономерность превращения агрохимических средств в почве во многом определяют климатические условия, которые оказывают многостороннее воздействие. От их характеристик зависит питательный, тепловой и водный режимы почв, условия образования и минерализации биомассы, а также содержания гумуса в почве. Причем, по мнению Ф.Я. Гаврилюка (1955), биохимические процессы в черноземах южной части Западного Предкавказья происходят непрерывно в течение года, что отражается на специфике морфолого-генетических показателей и физико-химических свойств почвы. Биоклиматическими условиями определяется накопление общего азота и гумуса (Гамзиков Г.П. (2013).

*Климат региона.* Территория исследований расположена в южной части Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья. По рельефу она представлена аллювиально-аккумулятивной равниной с покровом лессовидных отложений разной мощности. По агроклиматическому районированию исследуемая территория характеризуется умеренно континентальным климатом, мягкой малоснежной зимой, умеренно жарким летом, высокой суммой положительных температур и значительной продолжительностью безморозного и вегетационного периодов (Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Трубилин И.Т. и др., 1995; Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И., 2008).

Климатические условия оказывают многостороннее влияние на закономерность трансформации агрохимических средств в яблоневых насажде-

ниях, от их свойств зависят водный, тепловой и питательный режимы почвы, а также содержание почвенного органического вещества.

До закладки опыта проведено почвенно-агрохимическое исследование участка согласно методическим указаниям. Содержание гумуса в 0-20 см слое почвы – 3,08, постепенно уменьшалось в 21-40 и 41-60 см слоях до 2,80 и 2,20 % соответственно. Содержание элементов минерального питания в почве до закладки опыта составляло: азота – 7,5-8,5 мг/100 г почвы; фосфора – 10 – 12 мг/100 г почвы; калия – 18 – 22 мг/100 г почвы. Для морфологической характеристики почвы был заложен почвенный разрез до глубины залегания материнской породы (рисунок 8).

Почва – чернозем выщелоченный сверхмощный слабогумусный тяжелосуглинистый очень теплый, кратковременно промерзающий. Чернозем выщелоченный обычного рода, относящийся к южно-европейской фации и расположенный в регионе южнее типичных черноземов, характеризуется невысоким содержанием гумуса, выщелачиванием карбонатов за пределы гумусового горизонта, уникальной мощностью гумусового слоя, темной окраской и нечетко выраженными генетическими горизонтами профиля почвы. Более подробные характеристики чернозема выщелоченного в агроценозе яблони юга России опубликованы в сборниках научных трудов по материалам международных научных конференции. Чернозем выщелоченный характеризуется благоприятными физико-химическими свойствами, при этом вносимые удобрения, изменяя питательный режим почвы, способствовали повышению урожайности культуры (Дарвеш Н., Дорошенко Т.Н., Онищенко Л.М. , Афица Т.

*Агрометеорологические условия территории.* В годы исследований были неодинаковыми. Опыт проводился в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Из влияющих факторов на рост и развитие растений чаще всего имело место недостаток влаги в почве. Это определяло интенсивность минерализационно-иммобилизационных процессов минеральных форм азота, миграцию нитратной формы азота по профилю поч-



вы, а также трансформацию соединений фосфора в почве и доступность элемента растениям.



Рисунок 8 – Почвенный разрез чернозема выщелоченного на опытном участке в плодonoсящем яблоневоm саду КубГАУ (2018)

**A<sub>п</sub>** – 0–30/30 см – темно-серый, влажный, глинистый, зернисто-комковатый, уплотнен, корни, червoroины, переход постепенный.

**A** – 30–59/ см – свежий, темно-серый, глинистый, комковатый, уплотнен, переход постепенный, корни, червoroины, капролиты.

**AB<sub>1</sub>** – 59–112/53 см – свежий, темно-серый с буроватым оттенком, глинистый, комковато-зернистый, уплотнен, корни, червoroины, переход постепенный, капролиты.

**AB<sub>2</sub>** – 112–150/38 см – свежий, темно-серый с бурым оттенком, глинистый, комковато-зернистый, слабо уплотнен, переход постепенный, червoroины.

**B** – 150–174/24 см – свежий, неоднородно бурый с затеканиями гумуса, глинистый, переход постепенный, структура комковатая, псевдомицелий, кротовины. **C** – 174–200 см – свежий, тяжелосуглинистый, уплотнен, комковатый, червoroины, журавчики.

По количеству среднемноголетних осадков (643 мм) территория исследований относится к умеренно-влажному району (коэффициент увлажнения – 0,3–0,4). Недостаток влаги в почве является одним из факторов, влияющих на рост и

развитие растений, на миграцию нитратов в почве, преобразование соединений фосфора в почве и доступность питательных веществ растениям. Среднее годовое количество осадков (643 мм). За период активной вегетации растений, по данным В. П. Власенко, В. И. Терпельца (2012); А. Х. Шеуджена (2012), сумма эффективных температур была равна – 3 567°C. Температуры атмосферного воздуха менее 10°C затрудняли поступление азота, фосфора и калия в растения.

По мнению Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязановой и С. С. Чумакова (2015), яблони также могут пострадать от высоких температур воздуха летом, которые достигают 35°C и более. При этом наблюдается снижение фотосинтетического потенциала, замедляется процесс фотосинтеза, а значит и уменьшается образование органических веществ. Отмечается снижение поглощения корневой системой из почвы питательных веществ вследствие воздействия высокой температуры. Засушливые условия приводят к высыханию верхнего слоя почвы, что затрудняет проникновение фосфора в растения из-за трансформации его соединений в нерастворимую форму (В.И. Никитишен, В.И. Личко, 2008). Наблюдается небольшой дефицит прироста побегов яблони из-за недостаточной доступности деревьям питательных веществ.

Фактором, снижающим уровень плодоношения деревьев яблони, могут быть высокие летние температуры воздуха, которые намного превышают среднемноголетние показатели, достигая 35°C/год и более. По мнению Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязановой и С. С. Чумакова (2015) высокотемпературный стресс вызывает в хлоропластах листьев фотоингибирование фотосинтеза и инактивацию каталазы, что приводит к накоплению АФК и обесцвечиванию хлорофилла. В результате снижается интенсивность фотосинтеза и образование органического вещества.

О водном дефиците как о явлении, часто отмечаемом в южных регионах России – низкой влажности почвы в корнеобитаемом слое деревьев яблони в течение мая-августа, которая изменялась от 38,1 до 64,8 % НВ отмечали А. Н. Новожилова и Д. В. Максимцов (2016).

В первый декаде апреля 2018 г. наблюдался повышенный температурный режим атмосферного воздуха, что ускорило рост плодовых культур. В южных и центральных районах наблюдается массовое цветение, обособление бутонов у яблони. К концу декады у семечковых культур наблюдается распускание почек. Цветение плодовых культур было обильным. В первую и вторую декады мая у плодовых культур отмечался рост завязи. Состояние плодовых по видам на урожай в основном хорошее. В третьей декаде апреля агрометеорологические условия для роста и налива плодов были хорошими. В начале и середине июня агрометеорологические условия для роста и налива плодов были хорошими, и продолжался рост плодов (рисунок 9, 10).

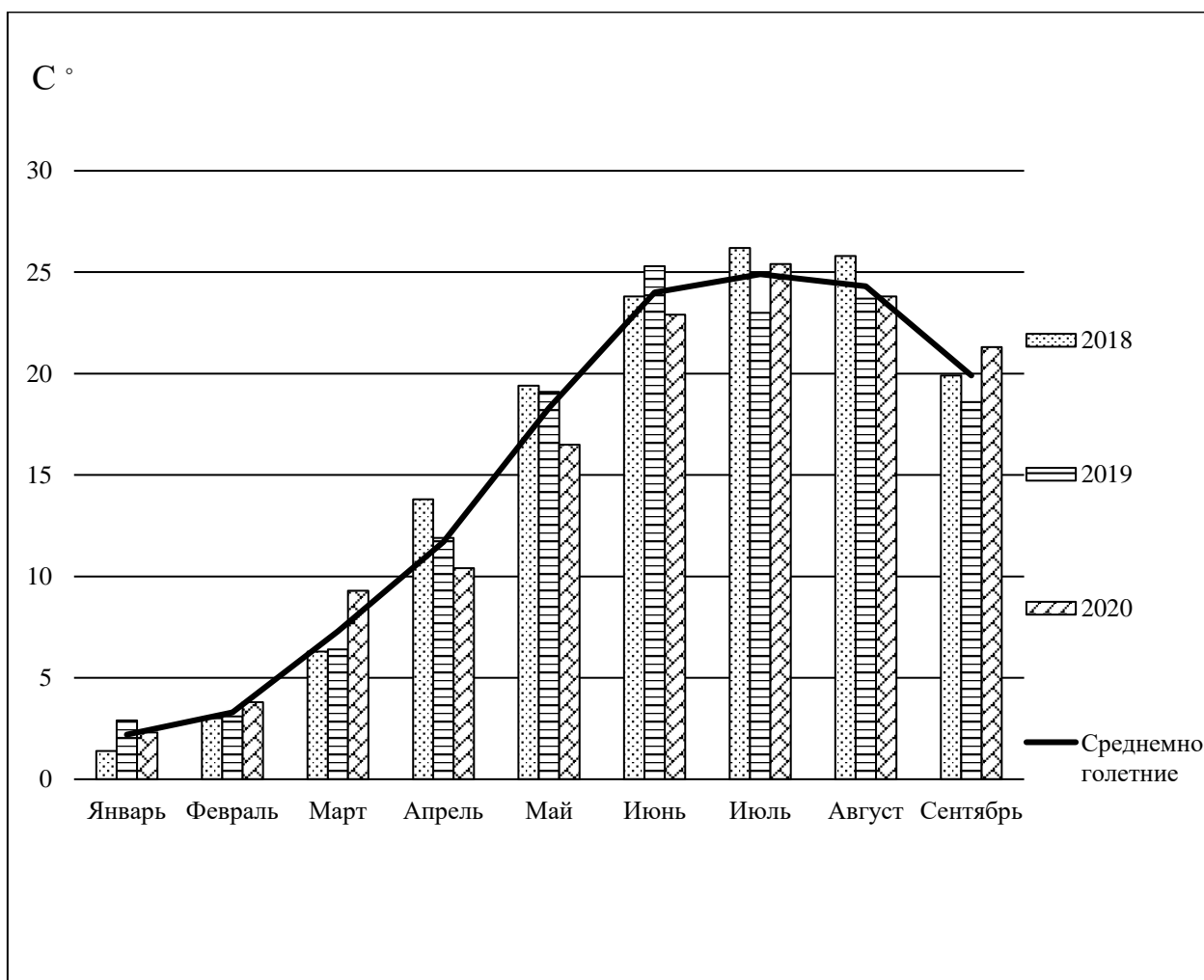


Рисунок 9 – Динамика годовой и среднемноголетней температуры воздуха за период исследований в многолетнем яблоневом саду

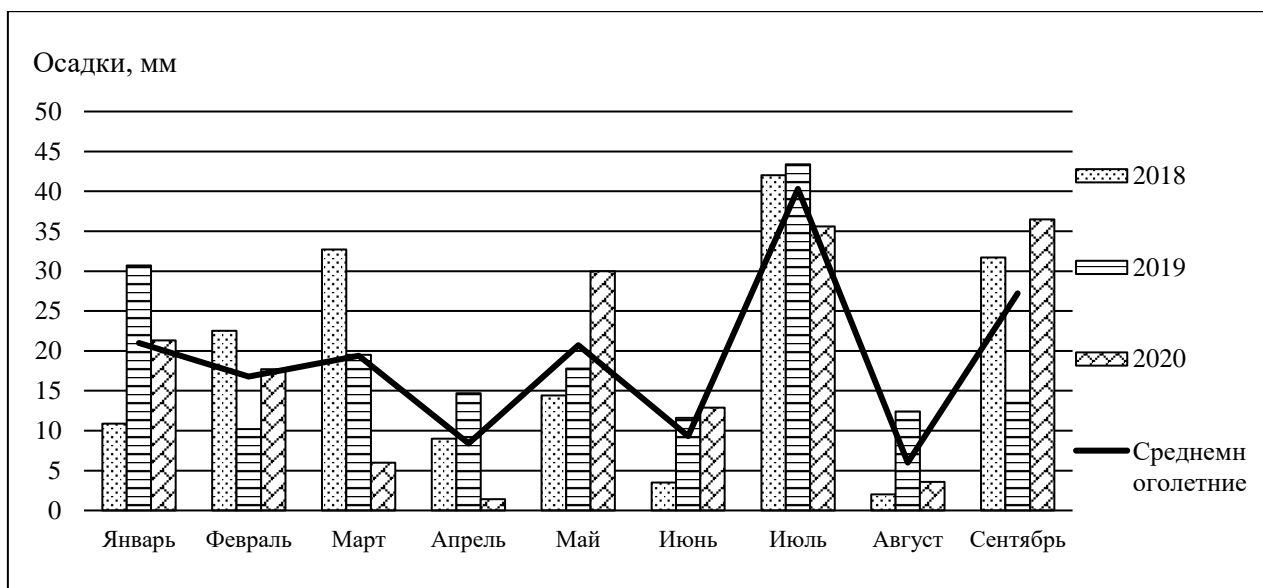


Рисунок 10 – Динамика годовой и среднемноголетней суммы осадков за период исследований в многолетнем яблоневом саду

### 2.3 Методика и методы проведения исследований

Химический анализ образцов почв и растений осуществлялся в научно-исследовательских лабораториях кафедры агрохимии, а также в лабораториях ЦАС «Краснодарский». Анализ образцов почвы осуществлялся в соответствии с ГОСТ 29269–91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов». Глубина отбора проб достаточна для определения содержания подвижных форм элементов минерального питания в почве. Смешанный образец с делянки составлялся из пяти индивидуальных проб в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01–83.

Определили содержание минеральных форм азота ( $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ), подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, реакцию почвенной среды, общего содержания гумуса, состава поглощенных оснований ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+}$ ) по общепринятым методам. Химический анализ образцов почвы проводился в соответствии с методами, входящих в базу ГОСТов Общероссийского классификатора стандартов Российской Федерации и регламентированными ГОСТ 29269–91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов» (2001).

В опытах 1 и 2 влажность почвы – гравиметрическим (ГОСТ 28268); кислотность почвенного раствора (рН водной и солевой суспензии) – потенциометрически (ГОСТ 26423-85 и ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91); сумма обменных оснований – по Каппену – Гильковицу (ГОСТ 27821–88); емкость катионного обмена (ЕКО) и степень насыщенности почв основаниями (V) – расчетным методом. Определение минеральных форм азота проводили в свежих образцах в день их взятия на опытном поле кафедры, подвижного фосфора и калия – по методу Мачигина. Определение нитратов – ГОСТ 26488–85. Определение обменного аммония – ГОСТ 26489–85. Общий гумус определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Симакова. ГОСТ 26487 – 85. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методом ЦИНАО.

Анализ растений (листьев) проводился для определения динамики поступления в них основных элементов питания (азот, фосфор и калий). Общий азот, фосфор и калий определяли по усовершенствованной методике В.Т. Куркаевым (Куркаев В.Т 1970; Куркаев В.Т., Ерошкина С.М., Пономарёв А.А., 1977).

Экспериментальные данные с применением дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985) обработаны с помощью методов математической статистики в программах StatSoftSTATISTICA 8.0 MicrosoftOfficeExcel.

В почвенных образцах с естественной влажностью определяли: содержание углерода по методу И.В. Тюрина, фракционно-групповой состав гумуса ускоренным методом М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой.

Плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья определяется мощностью гумусового горизонта, уровнем содержания гумуса и доступных питательных веществ, а также эффективностью действия и последствий удобрений на продуктивность и качество плодов яблони. Поэтому необходимы и актуальны исследования по установлению направленности изменений плодородия почвы, происходящего в условиях длительного землепользования в плодовом насаждении яблони.

### 3 ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЯБЛОНИ

Для почвенно-агрохимической оценки почв под садовыми биоценозами период «роста-плодоношения», по мнению А.В. Бузоверова (1998), является наиболее информативным. Ученый выявил снижение в почве содержания гумуса от посадки (3,70 %) до вступления в плодоношение (3,32 %), содержание наиболее дефицитных элементов питания. Содержание органического вещества в почве в период плодоношения минимальный и, поэтому необходим мониторинг за показателями плодородия с целью устранения факторов, не позволяющих плодовым растениям реализовать генетический потенциал сорта.

#### 3.1 Почвенное органическое вещество

Содержание в почве органического углерода ( $C_{орг}$ ) отождествляют с валовым содержанием гумуса и почвенного органического вещества. Изучение влияния минерального удобрения и биогумуса выявило, что сельскохозяйственное использование почвы без использования удобрений, снижает содержание  $C_{орг}$  0-20 см слое почвы (приложение 3-5; рисунок 1 – 3).

Черноземные почвы традиционно считаются обогащенными органическим веществом. Чернозем выщелоченный, где выращивается яблоневый сад, относится к слабогумусным видам, так как в 0-20 см слое почвы средневзвешенное содержание гумуса на опытном участке варьирует от 3,16 до 3,20 %, постепенно убывая в 21-40 и 41-60 см слоях до 2,90 и 2,22 % соответственно. Мощность его гумусового горизонта – 148 см, поэтому он обладает достаточно высоким его запасом. С учетом сезонных изменений запас гумуса в 0-20 см слое почвы определялся в количестве 81 – 98 т/га.

Углерод гумусовых веществ представлен гуминовыми (ГК) и фульвокислотами (ФК) кислотами и суммой негидролизуемых веществ (нерастворимый остаток). Гумусное состояние почвы характеризует групповой состав гумуса ( $C_{гк} : C_{фк}$ ). Это отношение углерода гуминовых и углерода фульвокислот. Гумус пахотного слоя чернозема выщелоченного до закладки опыта характеризовался отношением  $C_{гк} : C_{фк} = 1,28$ , которое затем уменьшается, соответственно, в слое 21–40 см – до 1,18, и далее в 41–60 см слое – до 1,17.

В плодоносящем яблоневом саду в ходе проведения исследований нами установлены некоторые изменения состава почвенного органического вещества чернозема выщелоченного в зависимости от использования минерального или органических удобрений. Мониторинг показал, что без применения удобрений в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) было равно 1,78; 1,71 и 1,29 % соответственно. При этом в составе углерода (% от общего) в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы сумма фракций гуминовых кислот (ГК) и сумма фульвокислот (ФК) распределились следующим образом: 23,6; 26,1; 27,1 %; 22,7; 23,1; 24,1 % соответственно. Гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами во всех глубинах отбора проб почвы – в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы. В составе почвенного органического вещества отношение ( $C_{гк} : C_{фк}$ ) углерода гуминовых кислот (ГК) и углерода фульвокислот (ФК) в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы уменьшалось вниз по профилю почвы и было равно 1,14; 1,13 и 1,12. Эти показатели характеризует достаточно хорошее гумусное состояние чернозема выщелоченного (рисунок 11).

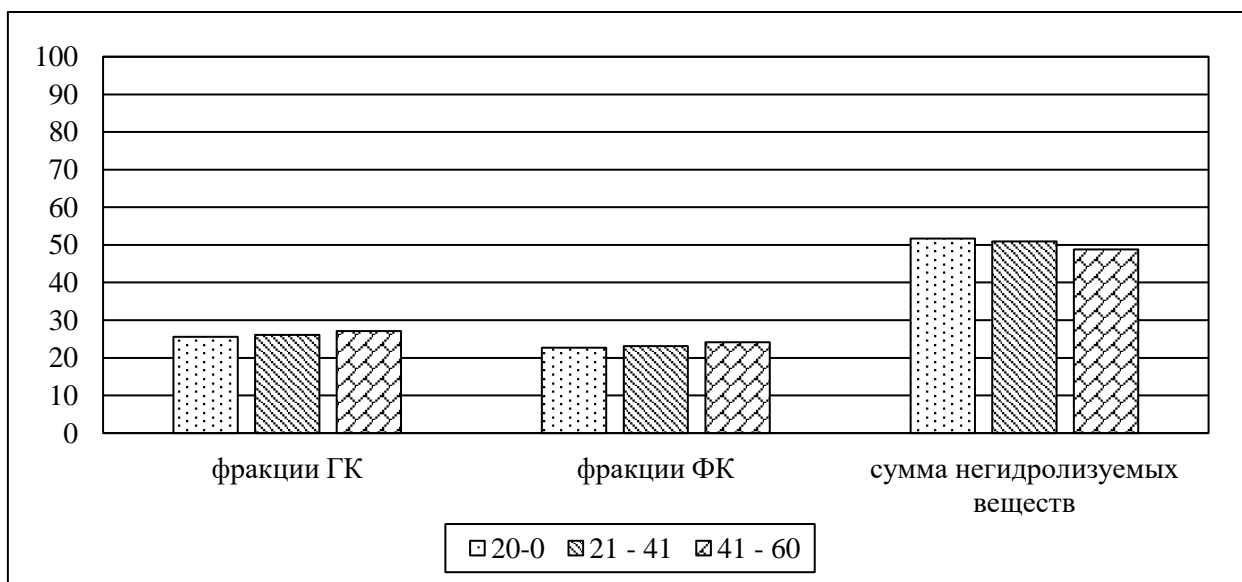


Рисунок 11 – Фракционно-групповой состав органического углерода чернозема выщелоченного в насаждениях яблони без применения удобрений

Внесение минерального удобрения не сказалось на содержании органического углерода ( $C_{орг}$ ) и было равно 1,79; 1,73 и 1,29 % соответственно,

но оно способствовало перераспределению между фракциями углерода гуминовых кислот (ГК) и углерода фульвокислот (ФК). От применения минеральных удобрений доля (в сравнении с контролем относительные проценты) суммы гуминовых кислот в 0-20 см слоях почвы достоверно увеличилась на 3,1 %. В 21-40 и 41-60 см слоях почвы наметилась тенденция к снижению показателя на 1,9 и 7 %. Видимо, это связано с усилившимися процессами минерализации почвенного органического вещества от применяемых минеральных удобрений. Сумма фульвокислот достоверно повысилась в 0-20; 21-40 см слоях почвы на 7,0 и 6,1 %, в 41-60 см слое почвы существенных изменений определяемого показателя не выявлено. Относительно контроля ухудшилось соотношение  $C_{ГК} : C_{ФК} - 1,09; 1,04$  и  $1,13$ . Сумма негидролизующих веществ в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы в контроле – 53,7; 50,9; 48,8 %, а в варианте с внесением минерального удобрения она снизилась до 48,8; 49,3 и 49,9 % (рисунок 12).

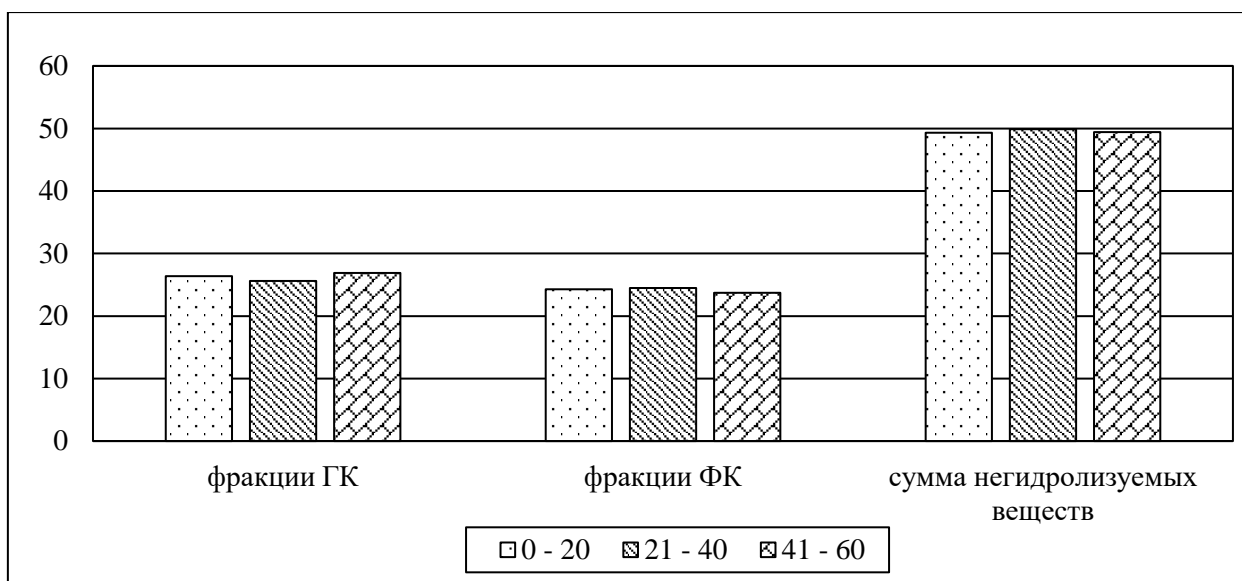


Рисунок 12 – Фракционно-групповой состав органического углерода чернозема выщелоченного в насаждениях яблони при внесении минеральных удобрений

В отличие от влияния минерального удобрения действие биогумуса на содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) положительное. Увеличение показателя в 0-20 и 21-40 см слоях почвы в сравнении с контролем составило



51,3 и 61,9 % (относительные) и было равно 1,84; 1,72 и 1,29 % соответственно (рисунок 13).

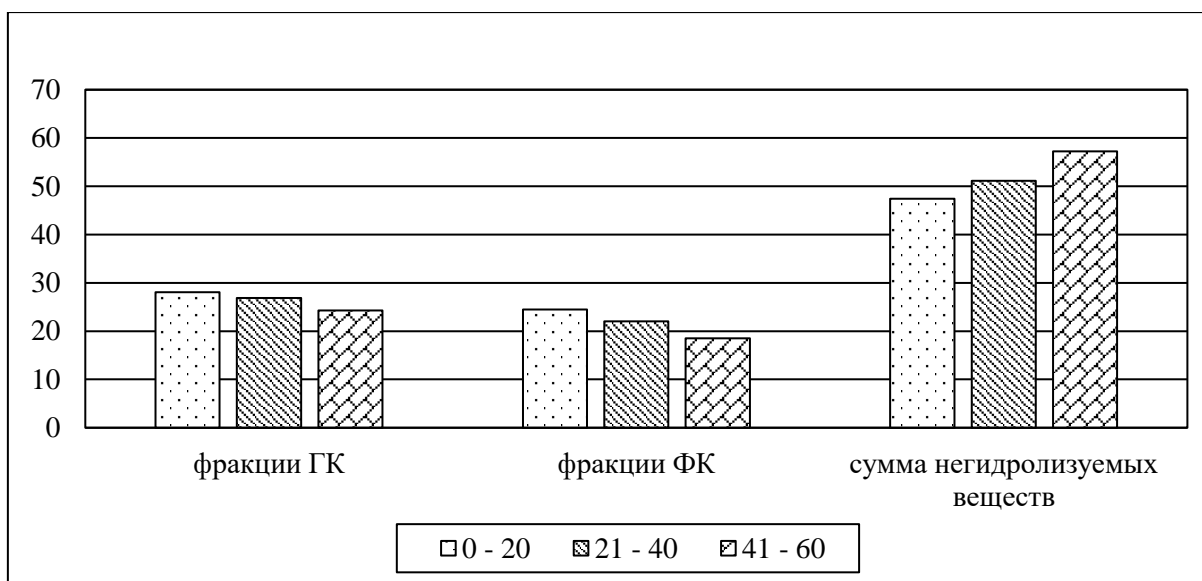


Рисунок 13 – Фракционно-групповой состав углерода гумусовых веществ чернозема выщелоченного в насаждениях яблони при использовании биогадуса

Влияние биогадуса на сумму гуминовых кислот было существеннее в сравнении с минеральным удобрением в 0-20 см слое почвы. Показатель достоверно повышался в 0-20 и 21-40 см слоях почвы. Увеличение суммы гуминовых кислот относительно варианта без удобрений в этих глубинах отбора проб составило 9,7 и 3,1 % (относительные проценты). В слое почвы 41-60 см определен разный уровень снижения не только суммы гуминовых кислот, но суммы фульвокислот. Доли их уменьшения составили 11,5 и 30,3% соответственно. При этом, что сумма негидролизующих веществ в 21-40 и 41-60 см слоях почвы возросла до 51,1 и 57,2 %, что относительно контроля выше на 4,0 и 17,2 %. Биогадус в 0-20 см слое чернозема выщелоченного относительно варианта без использования удобрений увеличивал сумму фульвокислот на 7,9 %, снижая долю наличия суммы негидролизующих веществ более чем на 13 %.

Использование биогадуса улучшало соотношение  $C_{ГК} : C_{ФК}$  вниз по профилю почвы, в зоне максимального распространения корневой системы яблони. В 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы оно составило 1,14; 1,22; 1,31 против показателей  $C_{ГК} : C_{ФК}$  когда удобрения не использовались – 1,14; 1,13 и 1,12.

Таким образом, минеральные удобрения и биогумус повышали содержание почвенного органического вещества, улучшали фракционно-групповой состав углерода гумусовых веществ чернозема выщелоченного, что существенно впоследствии сказалось на урожайности растений яблони. Внесение навоза и сидерата оказало положительное, но не одинаковое влияние на состав почвенного органического вещества. В частности, при применении навоза полуперепревшего в слое почвы 0-20 см отмечено увеличение содержания углерода гумусовых веществ (на 6,2 %), а в слое 21-40 см выявлена тенденция к его повышению. Показатели были равны 1,89 и 1,78 % соответственно (рисунок 14).

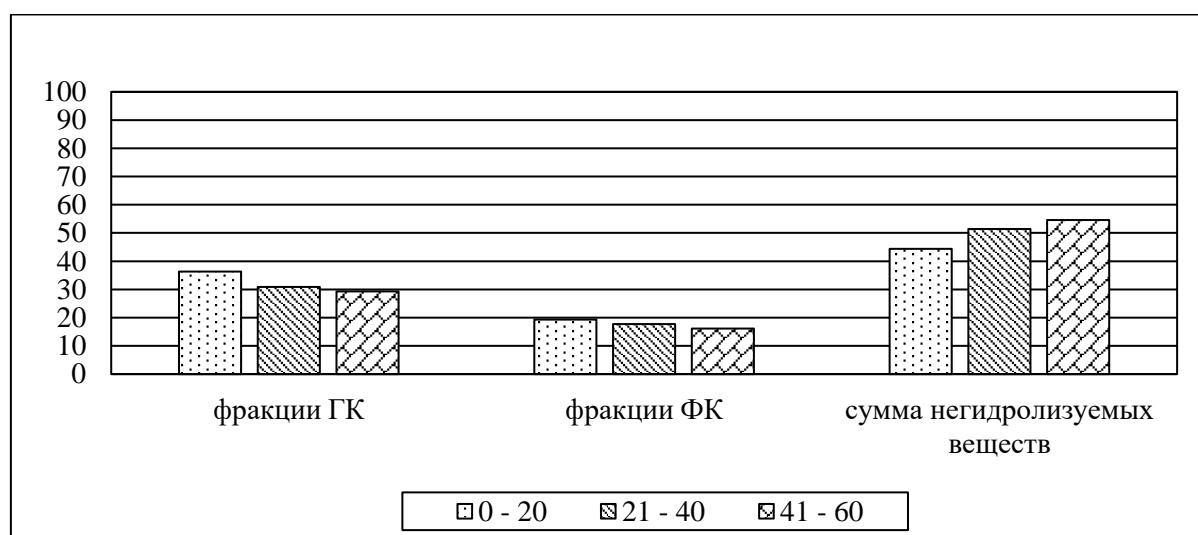


Рисунок 14 – Фракционно-групповой состав органического углерода чернозема выщелоченного в насаждениях яблони при внесении навоза

Определено перераспределение между фракциями углерода гуминовых кислот и углерода фульвокислот. Относительно контроля в слоях почвы 0-20; 21-40 и 41-60 см от применения навоза увеличилась доля суммы гуминовых кислот на 41,8; 18,4; 8,1 %. Сумма фульвокислот достоверно снизилась в 21-40 и 41-60 см слоях почвы на 30,5 и 50,6 %. В верхнем 0-20 см слое снижение этого показателя незначительно и составило менее 2 %. Относительно контроля улучшилось соотношение  $C_{ГК} : C_{ФК} - 1,88; 1,75$  и  $1,83$ . Содержание углерода гумусовых веществ под влиянием зеленого удобрения в 0-20 и 21-40 см слоях почвы увеличивалось, и оно было равно 1,86 и 1,75 %. В сравнении с

навозом действие зеленого удобрения на сумму гуминовых кислот было несколько меньшим. В этих слоях она повышалась относительно контроля на 25,8 и 10,7 %, а в слое почвы 41-60 см наметилась незначительная тенденция к снижению показателя до 26,8 %. Сидерат во всех исследуемых слоях чернозема выщелоченного способствовал уменьшению суммы фульвокислот, но наиболее отчетливо снижение обозначалось в 21-40 и 41-60 см слое на 14,9 и 39,3 %. В исследуемых слоях почвы зеленое удобрение улучшило соотношение  $C_{ГК}: C_{ФК}$ , которое составило 1,46; 1,44; 1,55 соответственно (рисунок 15).

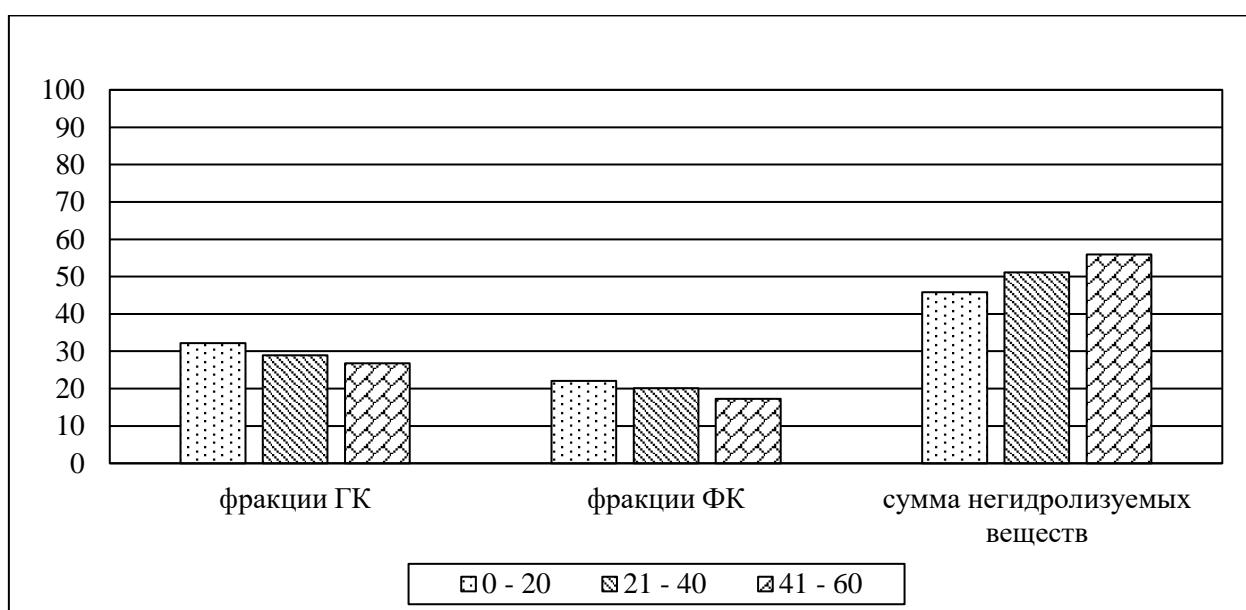


Рисунок 15 – Фракционно-групповой состав органического углерода почвы в насаждениях яблони при использовании зеленого удобрения

В насаждениях яблони органические удобрения (навоз и сидерат) способствовали повышению содержания углерода гумусовых веществ в почве, улучшали его фракционно-групповой состав чернозема выщелоченного, что существенно сказалось на условиях корневого питания растений и в последующем на урожайности культуры. В среднем за три года исследований (2018 – 2020 гг.) без внесения удобрений было получено 16,7 т/га плодов яблони (2018 г. – 17,2 т/га; 2019 г. – 15,6 и 2020 г. – 17,5 т/га). Органические удобрения, улучшая свойства почвы, стабилизировали урожайность по годам, обеспечивая существенную прибавку. При внесении навоза она была равна 19,7 % или 3,3 т/га, а сидерат оказывал несколько меньшее влияние и спо-

способствовал повышению урожайности яблони в среднем только на 9,6 % или на 1,6 т/га. Соответственно, за три года исследований средняя урожайность плодов яблони при применении навоза и сидерата была равна 20,1 и 18,3 т/га соответственно.

### **3.2 Физико-химические параметры плодородия**

До закладки опыта в плодоносящем яблоневом саду чернозема выщелоченного характерная для данного подтипа слабокислая реакция почвенной среды. Кислотность активная и обменная в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы с глубиной отбора образцов имела тенденцию к убыванию при следующих значениях – 6,7; 6,7; 7,0 и 5,8; 5,9 и 6,1 единиц рН соответственно (таблица 2). Гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, были равны 2,53; 2,52; 2,45 мг-экв./100 г и 40,1; 40,3; 41,0 мг-экв./100 г почвы соответственно. При этом емкость катионного обмена и степень насыщенности почвы основаниями в слоях почвы 0-20; 21-40 и 41-60 см составила 42,63; 42,82; 43,45 мг-экв./100 г почвы и 94,1; 94,1 и 94,4 % соответственно. Содержание гумуса было равно в верхнем 0-20 см слое – 3,36 %, в слоях 21-40 см – 3,35 и 41-60 см – 3,20 %, что соответствует низкому его содержанию в почве. Однако запас гумуса в соответствии с глубиной отбора проб равен 80,64 т/га, 82,08 и 77,11 т/га.

Таблица 2 – Физико-химические показатели чернозёма выщелоченного в зависимости от удобрения плодоносящего яблоневого сада (2017-2018гг.)

Вариант	Глубина отбора образца, см	Сумма обменных оснований, мг-экв./100 г почвы	Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	Емкость катионного обмена, мг-экв./100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>
Контроль	0-20	40,0	2,51	42,51	94,1	6,6	5,6
	21-40	36,0	2,52	38,52	93,5	6,6	5,8
	41-60	42,0	2,52	44,52	94,3	7,0	6,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	35,0	2,94	37,94	92,3	6,5	5,7
	21-40	37,0	2,81	39,81	92,9	6,6	5,8
	41-60	40,0	2,47	42,47	94,2	7,1	6,9
Биогумус	0-20	42,3	2,49	44,79	94,4	6,4	5,8
	21-40	40,0	2,51	42,51	94,1	7,6	5,9
	41-60	40,0	2,40	42,40	94,3	7,2	6,9
Навоз	0-20	44,2	2,41	46,61	94,8	6,2	6,0
	21-40	40,0	2,59	42,59	93,9	6,6	6,0
	41-60	41,0	2,40	43,40	94,4	7,3	6,7
Зеленое удобрение	0-20	40,5	2,50	43,00	94,2	6,7	5,3
	21-40	40,0	2,53	42,53	94,1	6,6	5,7
	41-60	40,0	2,40	42,40	94,3	7,1	6,8

Характер проявления этого показателя от низкого до среднего. Профильное распределение гумуса в 60 см толще гумусового горизонта постепенное убывающее (Дарвееш Н., Онищенко Л.М., 2019).

Реакция почвенного раствора слабокислая. Однако, при внесении минеральных удобрений биогумуса и навоза отмечена тенденция повышения активной кислотности на 3,1 ; 4,7 и 8,1 % соответственно. Видимо при внесении органических удобрений повышается микробиологическая активность почвы, при этом в результате жизнедеятельности микроорганизмов выделяется значительное количество углекислоты, которая соединяясь с почвенной влагой, образует хотя и слабую, но все же угольную кислоту, которая и определяет уровень увеличения показателя (Дарвееш Н., Онищенко Л.М., 2019).

На контроле и при использовании зеленого удобрения сумма обменных оснований стабильна. В результате использования минеральных удоб-

рений этот показатель в 0-20 см слое снижается более чем на 14 %. Использование биогумуса и навоза напротив его увеличивает на 5,5 и 20,2 %. На степень насыщенности почвы основания как минеральные, так и органические удобрения не оказали существенного влияния. В исследуемых горизонтах почвы (0-20; 21-40 и 41-60 см) показатель варьировал от 92,3 до 94,8 % (Дарвееш Н., Онищенко, Л.М., 2019).

Чернозем выщелоченный характеризуется благоприятными физико-химическими свойствами, при этом вносимые удобрения, изменяя питательный режим почвы, способствовали повышению урожайности культуры (таблица 2). На контроле она была равна 17,2 т/га, биогумус, навоз и зеленое удобрение обеспечивали 13,4; 8,7 и 4,1 т/га. Максимально до 20,8 т/га увеличивали урожайность деревьев яблонь минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (Дарвееш Н., Онищенко, Л.М., 2019).

Таким образом, чернозем выщелоченный опытного участка под насаждениями яблони относится к слабогумусному виду, так как содержание гумуса 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы – 3,20-3,36 %. Почва обладает высоким потенциальным плодородием о чем свидетельствуют запасы гумуса, сумма обменных оснований, степень насыщенности почвы основания в исследуемых горизонтах почвы – 239,83 т/га 35,0-44,2 мг-экв./100 г почвы; 92,3-94,8 % соответственно (Дарвееш Н., Онищенко, Л.М., 2019).

### **3.3 Минеральные соединения азота**

*Азот и его соединения.* Минеральные и органические соединения азота, содержащиеся в черноземе выщелоченном, формируют азотный фонд почвы. Минеральные соединения азота –  $N - NH_4^+$ ,  $N - NO_2^-$  и  $N - NO_3^-$ , (соли аммония, нитриты и нитраты) являются основным источником питания растений, и содержание элемента в пахотном слое чернозема варьирует от 0,15-0,50 % от общего содержания в почве. Нитритный азот промежуточное соединение при минерализации, в почве не накапливается и не имеет существенного значения в минеральном питании растений.

Органические соединения азота (фракции – легко-, трудногидролизуемая и негидролизуемая) в азотном фонде почвы составляют 85-95 % и представлены они сложными белками, амидами, аминокислотами, хитином аминами, мочевиной и другими соединениями. Растениям недоступны органические соединения этого элемента без предварительной его минерализации к тому же минерализуется не более 3 % органических соединений азота (А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М.А. Осипов и др., 2014 ).

Рассматривая азотное питание яблони, нам необходимо отметить природные факторы, определяющие содержание минерального азота в почве, а также и вопросы влияния агрохимических средств – минеральных, органических, биологических и зеленого удобрения на уровень обеспеченности культуры одним из важнейших элементов. Водный, воздушный, температурный режимы почвы, а также реакция почвенной среды и наличие способного к разложению органического вещества, содержащего азот, оказывают косвенное влияние на микробиологические процессы, протекающие в почве, которые и определяют уровень азотного питания яблони.

*Аэрация почвы.* Рассматривая аэрацию чернозема выщелоченного нужно отметить следующее: 1) объем и количество пор в почве зависит от ее плотности (в 0-60 см слое равновесная плотность сложения – 1,32–1,37 г/см<sup>3</sup>; плотность твердой фазы – 2,66–2,72 г/см<sup>3</sup>), 2) структуру (содержание ценных агрегатов – 40,1–49,5 %) и содержание в ней воды (максимальная гигроскопичность – 8,3–9,3 и влажность завядания – 11,1–12,2 % (Онищенко Л.М., Слюсарев В.Н., Швец Т.В., 2013). Поэтому обеспечивается хорошая аэрация и водопроницаемость благодаря тому, что почва слабо- и средне уплотнена. Поры определяют газообмен почвенного с атмосферным воздухом. Это факторы, способствующие поступлению и восполнению кислорода в почву, так необходимого для окисления органического вещества почвы и дальнейшего прохождения процесса нитрификации. В литературе имеются сведения, что при оптимальном содержании кислорода в почве (5–10 %) улучшается рост корней и надземной части дерева за счет максималь-

ного потребления элементов минерального питания. При этом, авторы отмечают особенность – содержание хлорофилла в листьях яблони коррелирует с содержанием в них азота (Минеральное питание плодовых..., 1960).

*Влажность почвы.* Исследования проводились в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Недостаток влаги в почве – один из существенных факторов, определяющих рост и развитие растений, который чаще всего имел место быть при активной вегетации культур. За период выпадает 343 мм (50 %) кратковременных, преимущественно ливневых осадков, а зимние осадки наблюдаются в виде снега, но снежный покров неустойчив. Почва хорошо увлажняется в осенне-зимний период, удерживая воду в зоне распространения корневой системы дерева, способствует не только ее поглощению, обеспечивая транспирацию, но и увеличивает коэффициент потребления элементов минерального питания растений в период вегетации яблони. Запас в почве доступной влаги, зависящий от количества, интенсивности и продолжительности атмосферных осадков, во многом определяет условия всех почвенно-агрохимических, а в последующем и физиолого-биохимических процессов в растениях, формирующих продуктивность культуры и качество ее плодов. За период вегетации яблони выпадает приблизительно 50 % (343 мм) кратковременных, ливневых осадков. Влагообеспеченность и температурный режим, как считал В.И. Никитишен (2003), определяют уровень содержания доступного азота в почве благодаря интенсивности минерализационно-иммобилизационных процессов, нисходящее и восходящее передвижение нитратов в почвенной толще.

*Температура.* В соответствии с агроклиматическим районированием территория, где проводились исследования, характеризуется умеренно континентальным климатом, высокой суммой положительных температур, продолжительным безморозным, а значит и вегетационным периодом. При этом лето – умеренно жаркое, зима – малоснежная и мягкая. Вегетативное состояние деревьев яблони во многом связано с азотным питанием растений. Многие исследователи отмечают, повреждения и подмерзание поздних приростов



яблонь при наступлении критических низких температур атмосферного воздуха в условиях избыточного азотного питания.

*Реакция почвенной среды.* В черноземе выщелоченном, распространенном в южной части Западного Предкавказья, биохимические процессы длятся практически круглый год, что отражается на специфике физико-химических свойств почвы. К тому же многолетнее применение минеральных удобрений изменяет физико-химические свойства почвы, которые могут оказать отрицательное действие на садовые насаждения. Прежде всего, на характер поступления элементов питания в растения. О достоверном повышении доли поглощенного водорода в почвенно-поглощающем комплексе чернозема выщелоченного, вовлеченного в сельскохозяйственное использование, отмечали А. И. Столяров, Л. М. Онищенко, Л. И. Громова и др. (2005).

*Органическое вещество почвы.* Территория исследований характеризуется довольно благоприятной среднегодовой температурой воздуха – 12,8°C, что создает довольно хорошие условия для разложения органического вещества почвы и процесс его минерализации протекает более ускоренным темпом. Содержание органического вещества в почве достаточно стабильно. Изменению этого показателя способствуют: в сторону увеличения – накопление растительных остатков в почве и в сторону уменьшения – процессы минерализации и эрозии почвы. Обобщая вышесказанное, можно заключить, что оценку действию удобрений на продуктивность многолетних насаждений яблони необходимо давать с учетом наблюдений за комплексом агрометеорологических и свойств почвы, увязанных в системе полевого опыта *климат – удобрение – почва – растение*.

*Минеральные соединения азота почвы (N-NH<sub>4</sub>+N-NO<sub>3</sub>).* Нитратный, а также обменно-поглощенный аммоний определяют уровень азотного питания растений яблони одним из наиболее дефицитным элементом. Обеспеченность яблони азотом выступает, как считают многие ученые, доминирующим фактором в уровне урожайности, качестве плодов и их лежкости.

Азот наиболее дефицитный элемент в минеральном питании яблони. В среднем в листьях плодовых растений его содержится от 1 до 3 % от массы сухого вещества. Он входит в состав всех белков, amino-; нуклеиновых кислот, ферментов. Азот – компонент хлорофилла, глюкозидов, фосфатидов, алкалоидов и витаминов. При этом, избыточное содержание азота в почве может привести к увеличению роста побегов, удлинению вегетационного периода, повышению поражения растений болезнями и вредителями, а также при увеличении урожайности при снижении размера плодов и уменьшении срока их хранения.

*Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота (N–NH<sub>4</sub>) в почве.* Обменно-поглощенный аммонийный азот образуется вследствие процесса аммонификации при значительном варьировании значений рН почвы, оптимальной температуре и достаточной влажности. Содержится его больше всего в верхнем ее 0-20 см слое почвы, по ее профилю он мигрирует труднее, находясь в обменно-поглощенном состоянии. Вымывания этой формы соединения азота, как правило, не наблюдается.

За период 2018; 2019 и 2020 гг. исследования установлено, что независимо от использования минеральных, органических удобрений или биогазуса, или зеленого удобрения содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в почве закономерно уменьшалось вниз по профилю почвы. Для динамики содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в почве характерно повышение показателя к периоду цветения яблони под влиянием вносимых удобрений (приложение 6-9; рисунок 16, 17, 18). Анализируя полученные данные по годам, на контроле не были замечены различия в уровне обеспеченности культуры этой формой азота. В соответствии с классификацией почв В. Г. Сычёва, М. И. Лунёва, А. В. Кузнецова и др. (2010), следует отметить, что в период распускания почек на контроле в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях чернозема выщелоченного средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммонийного азота очень низкое и было равно 5,6; 3,8 и 3,0 мг/кг соответственно. Минеральные и органические удобрения повысили показатель более чем в два раза.

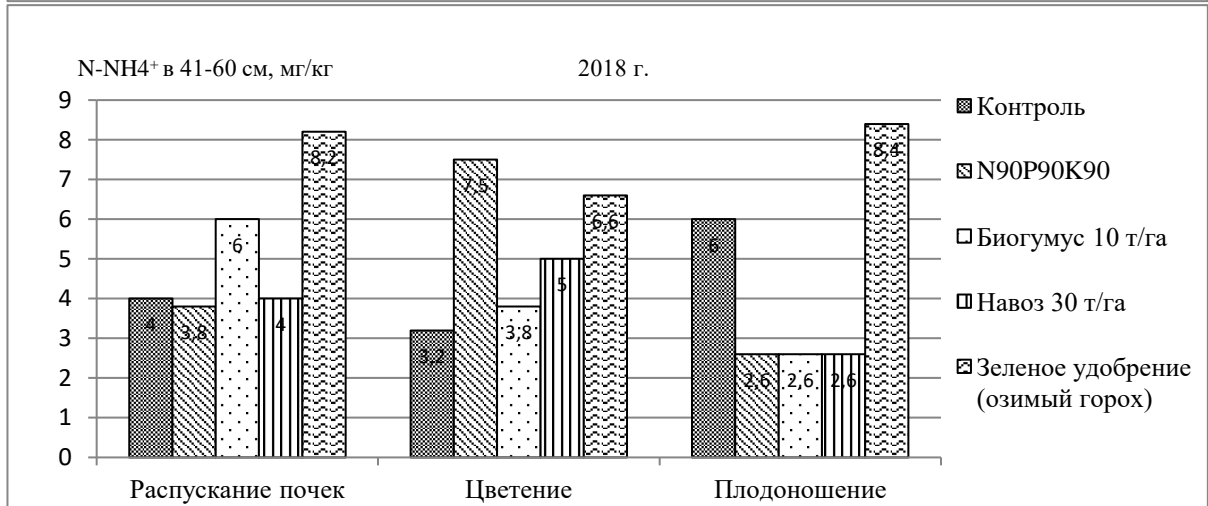
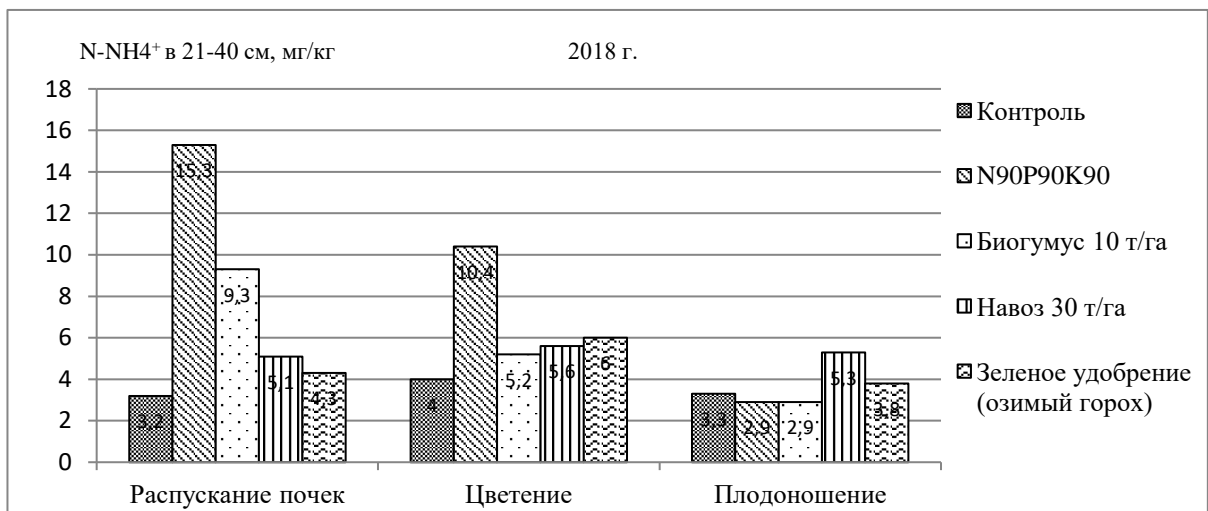
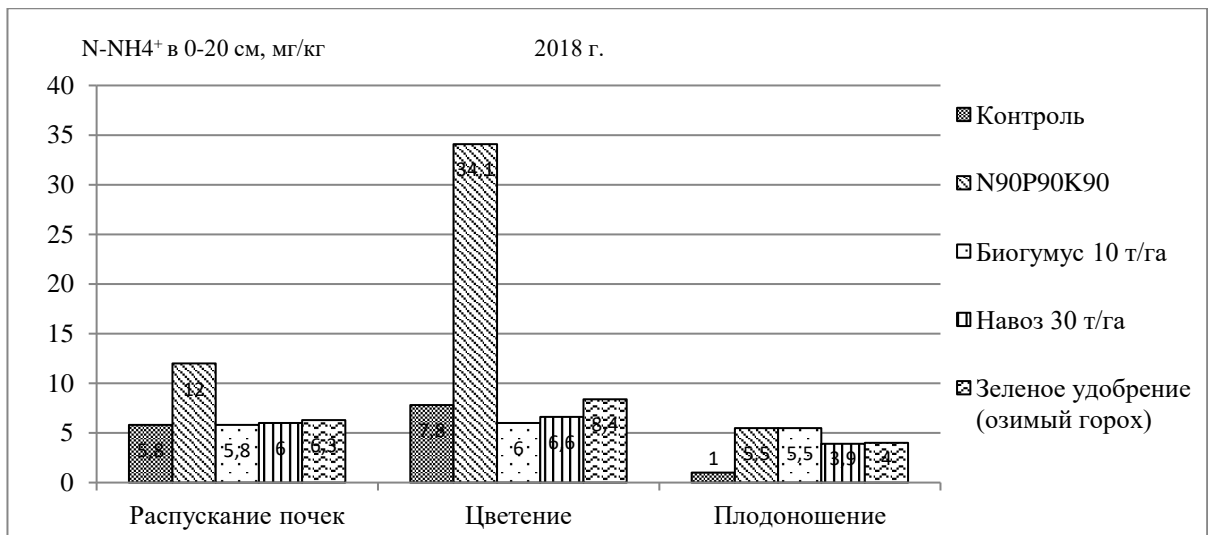


Рисунок 16 – Динамика содержания аммонийного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

Средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммония под многолетними насаждениями яблони в исследуемых слоях на этих вариантах было равно 11,6; 10,8; 6,4 и 10,8; 10,0; 6,6 мг/кг соответственно.

В период цветения деревьев яблони создавались достаточно благоприятные гидротермические условия для процесса минерализации, и на всех вариантах опыта повышалось содержание аммонийного азота.

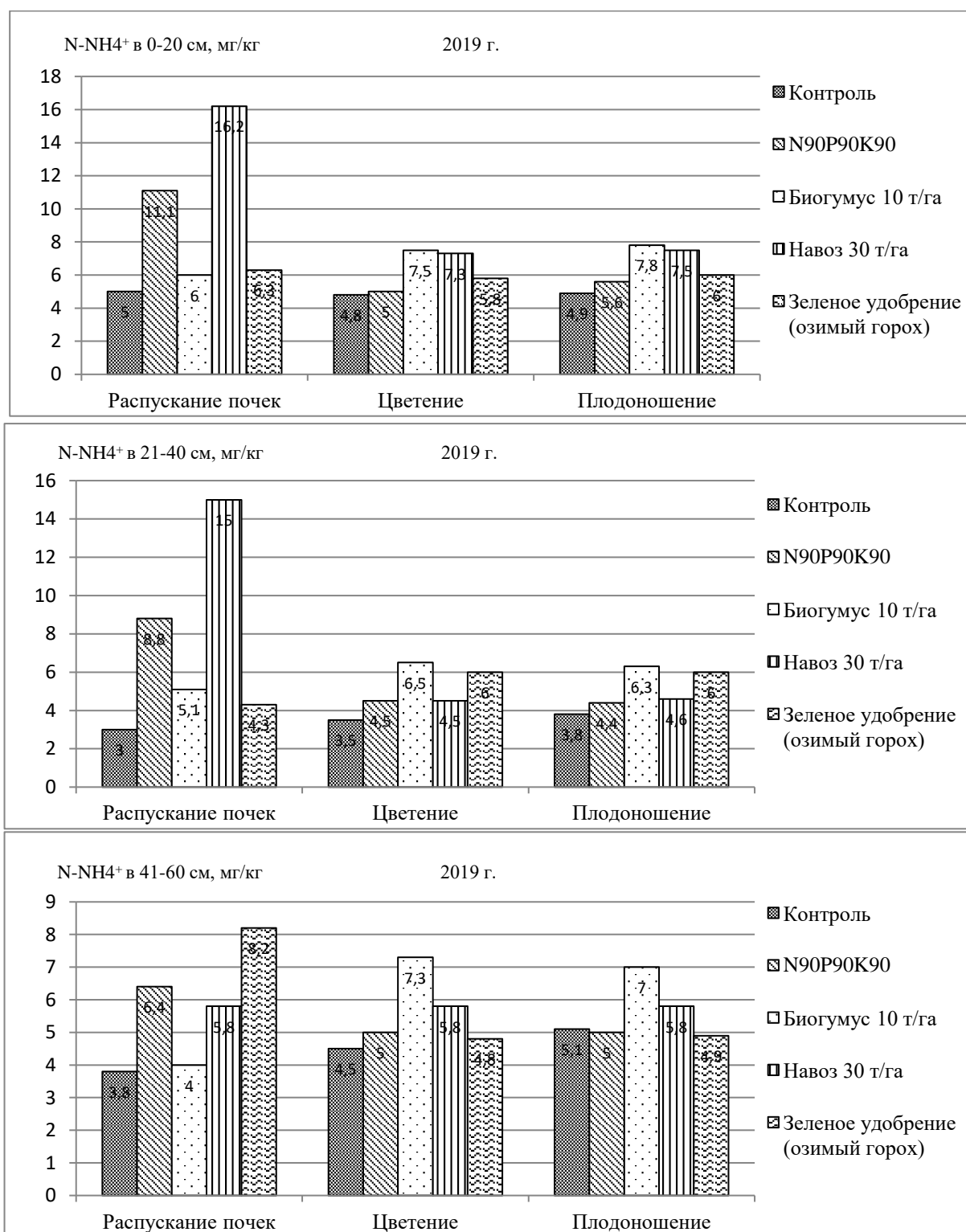


Рисунок 17 – Динамика содержания аммонийного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

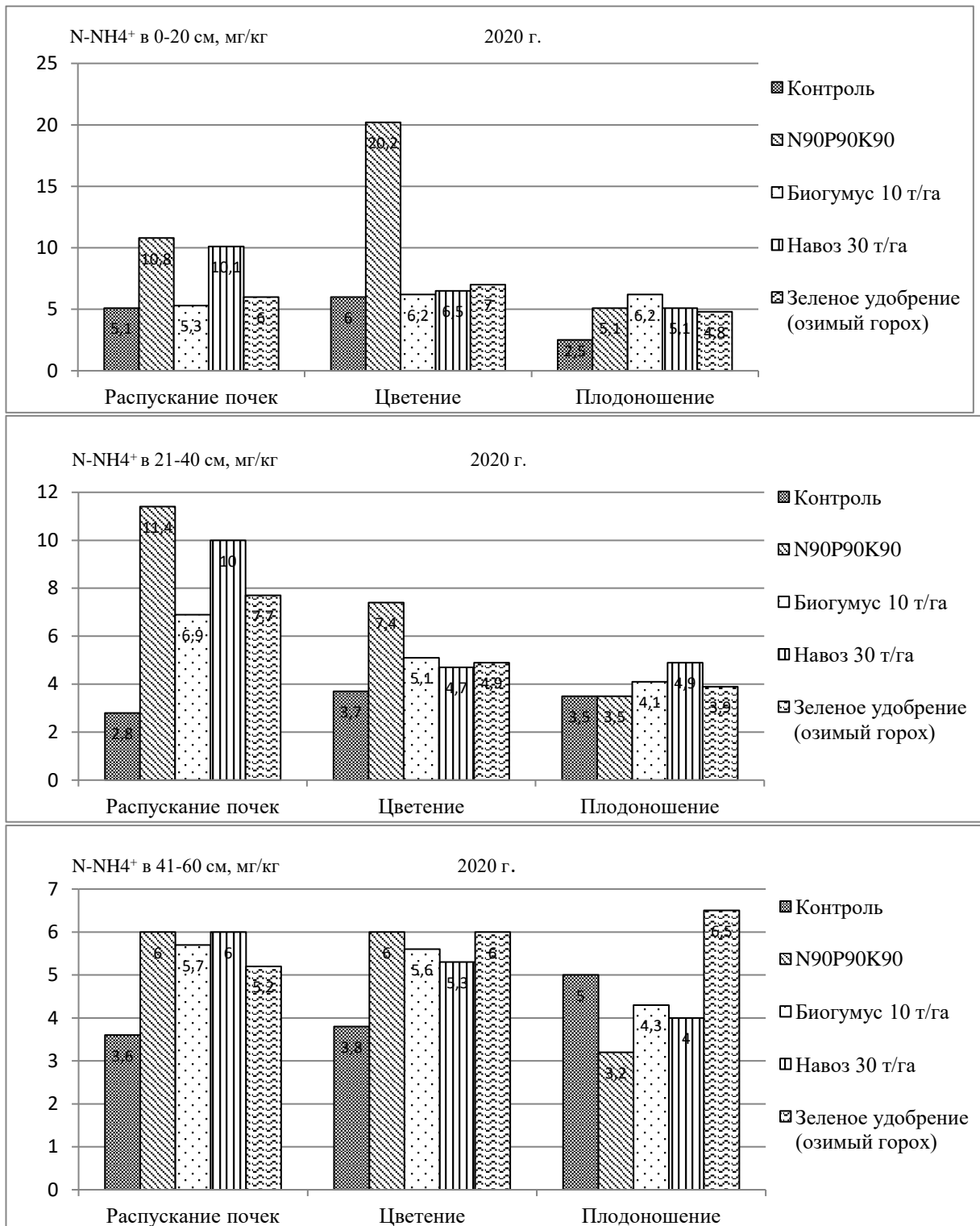


Рисунок 18 – Динамика содержания аммонийного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

Следует отметить, что только внесение минеральных удобрений в норме  $N_{90}P_{90}K_{90}$  повышало содержание аммонийного азот в 0-20 см слое почвы до максимальных в опыте значений – 19,8 мг/кг. Биогумус и зеленое

удобрение в периоды покоя – распускания почек, цветения и плодоношения по сравнению с контролем не способствовали такому заметному улучшению питательного режима почвы.

Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в эти периоды варьировало в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы – 5,7–6,6; 5,4–7,1; 5,9–7,2 мг/кг, 6,5–7,1; 5,1–5,6; 5,6–6,1 мг/кг и 6,5–5,0; 4,4–5,0; 4,6–6,6 мг/кг соответственно.

Обобщая данные полученные в ходе исследований за 2018–2020 гг. по содержанию обменно-поглощенного аммонийного азота ( $N-NH_4$ ), можно отметить, что в черноземе выщелоченном плодоносящего многолетнего насаждения яблони в 0-20 см слое почвы содержание азота в этой форме было выше по сравнению с 21-40 и 41-60 см слоях.

Можно предположить, что создающиеся благоприятные гидротермические условия, способствовали более интенсивной минерализации имеющегося большего количества органического вещества в верхней части почвы, и последующей аммонификации. Все это способствовало значительному накоплению  $N-NH_4$  в верхнем слое почвы 0–20 см. Рассматривая динамику показателей во все годы проведения исследований, важно заметить, что наибольшее содержание аммонийного азота определялось в период цветения яблони. Без внесения удобрений средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в черноземе выщелоченном очень низкое и было равно 5,6; 3,8 и 3,0 мг/кг соответственно. Минеральные и органические удобрения относительно контроля повышали показатель более чем в два раза. Средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммония под многолетними насаждениями яблони в исследуемых слоях на этих вариантах было равно в период покоя и распускания почек – 11,6; 10,8; 6,4 и 10,8; 10,0; 6,6 мг/кг; в период цветения – 19,8; 7,6; 6,2 и 6,8; 5,0 мг/кг; в период плодоношения – 5,4; 3,6; 3,6 и 5,5; 5,0; 4,1 мг/кг соответственно.

Известно, что корни яблони аммонийный азот усваивают лучше при рН выше 6 единиц. Азот нитратный ( $N-NO_3$ ), напротив, при низком значе-

нии рН поглощается корнями растений более эффективно. Аммонийный азот ( $N-NH_4$ ) в минеральном питании культуры имеет преимущества перед нитратной формой. Однако  $N-NH_4$  не может удовлетворить потребности культуры в этом элементе. Аммонийный азот ( $N-NH_4$ ) не накапливается в почве, а потребляется растениями и подвергается процессу нитрификации. В последующем наблюдаются процессы денитрификации, иммобилизации – фиксации почвой, потреблении микроорганизмами, а также дальнейшей трансформации. В минеральном питании растений важен как аммонийный –  $N-NH_4$ , так и нитратный – ( $N-NO_3$ ) азот почвы.

*Содержание нитратного азота в почве.* Азот в нитратной форме является источником азотного питания растений. Содержание его в черноземе выщелоченном зависит от наличия в почве органического вещества, реакции почвенной среды, температуры и влажности. Процесс нитрификации в почве заметно подавляется при ее уплотнении, повышенной влажности, анаэробных условиях, но идет интенсивно, при хорошей аэрации, достаточном количестве азотосодержащего органического вещества, температуре почвы – 25,0–32,0 °С, нейтральной реакции среды – рН 6,2–8,1 и влажности – 60–70 %.

На момент закладки полевого опыта содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном очень низкое. Анализируя динамику показателя, можно отметить, что без применения агрохимических средств его содержание не изменялось значительно и практически не зависело от глубины отбора почвенных проб (Онищенко Л. М., Дарвеев Н., Чумаков С. С., 2018).

Анализируя данные по определению содержания нитратного азота в почве по годам, можно констатировать, что в 2018 г. наибольшее влияние на  $N-NO_3$  оказали минеральные удобрения в норме  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (приложение 10) Они в период покоя – распускания почек и цветения яблони значительно повышали показатель относительно контрольного варианта. Содержание  $N-NO_3$  в 0–20 см слое почвы определялись в пределах 2,3–2,4 мг/кг и в 21–40 см слое – 3,4–2,4 мг/кг и затем в цветение яблони – 7,6–9,4 мг/кг и 16,0–

24,3 мг/кг соответственно. В слое почвы 41–60 см содержание нитратов определялось практически как на контроле – 2,6–2,8 мг/кг (рисунок 19).

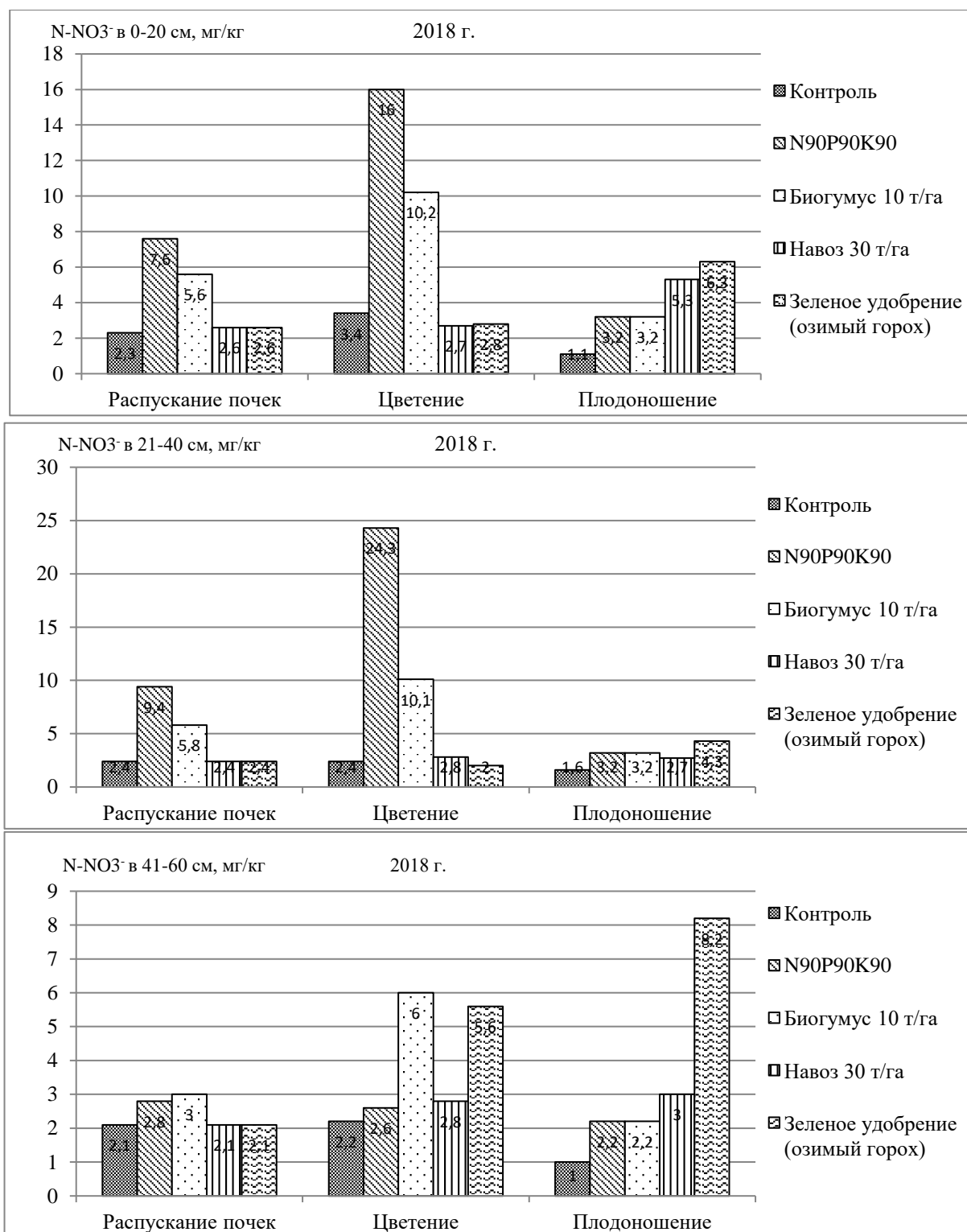


Рисунок 19 – Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

В 2019 г. содержание нитратного азота в периоды покоя – распускания почек и цветения яблони в 0–20; 21–40 см слоях почвы снизилось относи-



тельно 2018 г. В период покоя – распускания почек в 0–20; 21–40 слоях почвы на 26,6 % и 10,4 %, в период цветения яблони несколько меньше – 3,5 % и 6,4 % (приложение 11, рисунок 20).

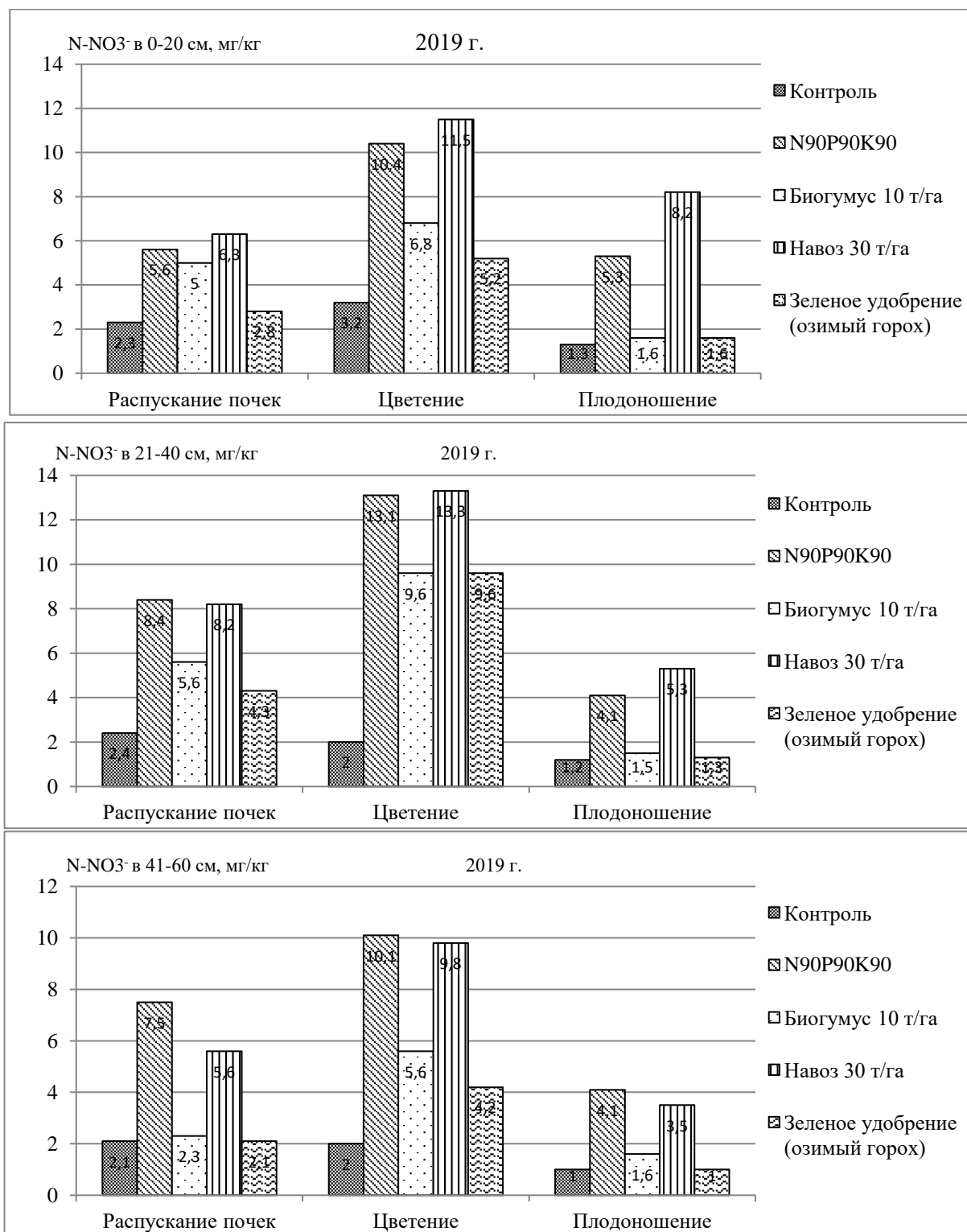


Рисунок 20 – Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

Важно отметить, что в 41–60 см слое почвы в эти периоды роста яблони, напротив, увеличилось содержание нитратного азота. Для черноземов Кубани, в том числе и для чернозема выщелоченного, характерно вымывание за зимний период значительной части нитратов в более глубокие слои почвы. За периоды покоя – распускания почек и цветения содержание  $N-NO_3$  – в слое 41–60 см увеличивается в 2,7 и в 3,9 раза соответственно.

Применение минеральных удобрений снижает запасы минерального азота почвы, и как следствие, в последующем уменьшаются обеспеченность растений азотом. Использование в опыте органического удобрения – перепревшего навоза в условиях многолетнего плодоносящего сада обеспечивало на протяжении более длительного времени повышенное содержания  $N-NO_3$  в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы (приложение 12–15). При этом, начиная с 2018 г. по 2020 г., распределение  $N-NO_3$  по слоям почвы 0–20; 21–40 и 41–60 см было достаточно равномерным. В 2018 г. содержание нитратного азота в почве по всем слоям исследования в периоды покоя – распускания почек цветения яблони было равно не более 3 мг/кг, то в период плодоношения показатели несколько повысились и были равны – 5,3; 2,7; 3,0 мг/кг. В 2019 г. в период покоя – распускания почек и цветения яблони – 6,3; 8,2; 5,6 и 11,5; 13,3; 9,8 мг/кг и в 2020 г. – 3,4; 3,2; 3,1 и 4,3; 3,0; 3,8 мг/кг (рисунок 21).

Рассматривая динамику содержания минерального азота в почве видно, что в период плодоношения культуры во всех годах проведения исследований его содержание снижается. Эта закономерность, видимо, связана не только с использованием азота растениями яблони, но и ухудшениями гидротермических условий вегетации в этот период – уменьшением влажности почвы, повышением температуры атмосферного воздуха до аномально жаркой, что и определяет снижение интенсивности процессов аммонификации и нитрификации. Но при этом уровень обеспеченности яблонь, произрастающих на вариантах с использованием агрохимических средств, остается лучше контрольного.

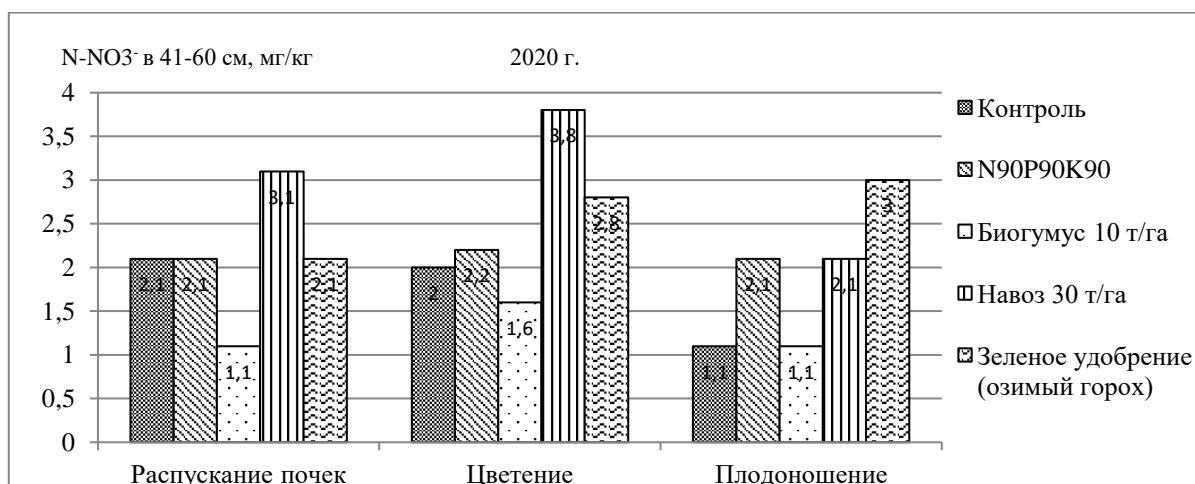
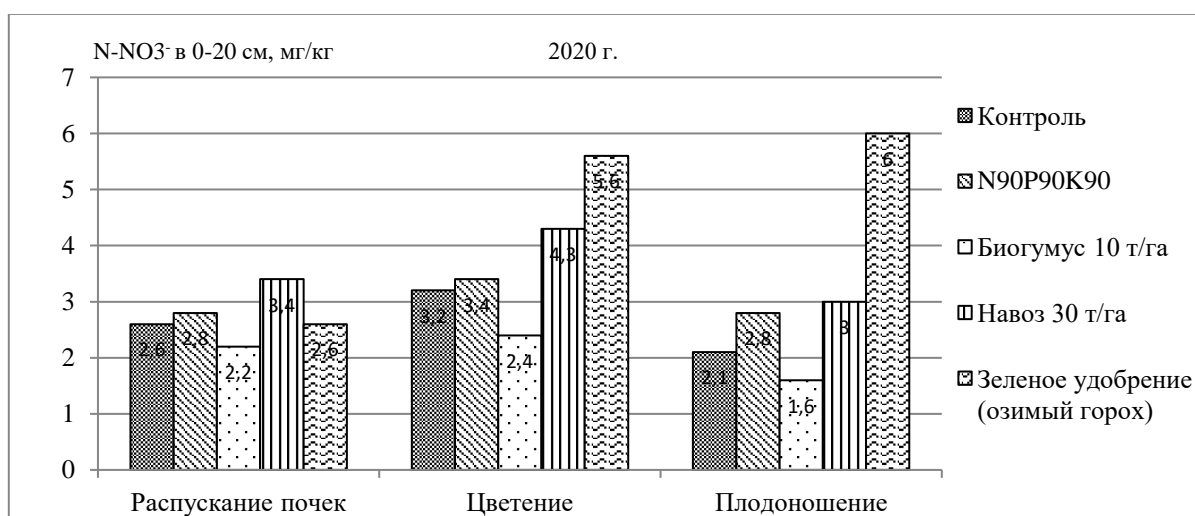
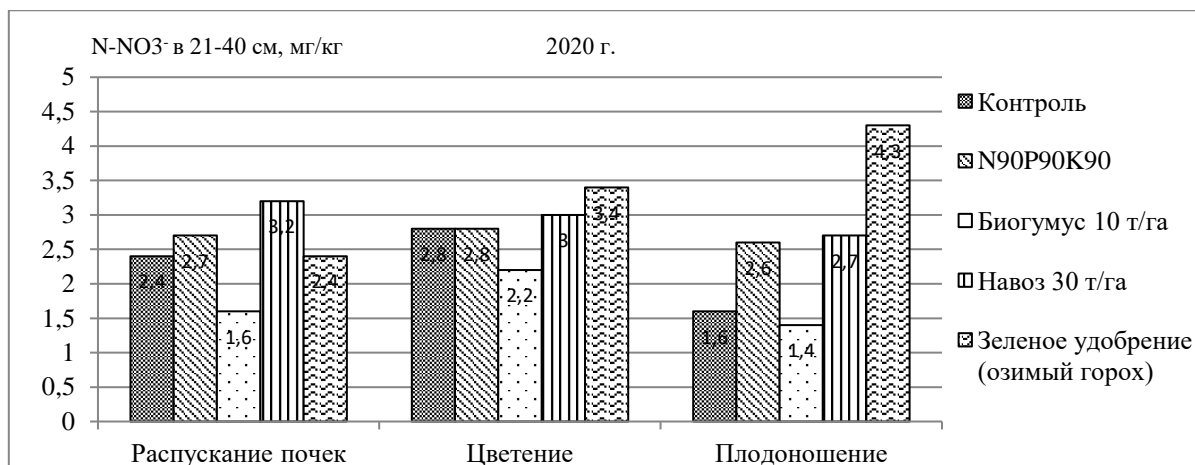


Рисунок 21 – Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

Чернозем выщелоченный Западного Предкавказья, как отмечал П.Е. Простаков (1964) характеризуется высокой потенциальной энергией нитрификационного процесса: органический и аммонийный азот удобрений интенсивно окисляется, который затем, главным образом, является источни-

ком минерального питания растений. Однако азот в нитратной форме, находясь в почвенном растворе, легко вымывается, и значительное количество усвояемой формы азота теряется из корнеобитаемого слоя почвы. Поэтому важно снижать интенсивность процессов нитрификации с целью накопления обменно-поглощенного аммонийного азота, который растения усваивают лучше и его вымывания не наблюдается.

В наших исследованиях использование минеральных, органических удобрений в яблоневых насаждениях способствовало биологическому закреплению азота, снижению содержанию нитратов и увеличению обменно-поглощенного аммонийного азота в зоне максимального распространения корневой системы яблони. В период покоя–распускания почек яблони в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы соотношение  $N-NH_4 : N-NO_3$ , было следующим:  $N_{90}P_{90}K_{90}$  – 1 : 0,7; 1 : 0,6; 1 : 0,4, зеленое удобрение – 1 : 0,4; 1 : 0,6; 1 : 0,3 и навоз – 1 : 0,4; 1 : 0,6; 1 : 0,5. В составе минерального азота только в период цветения яблони изменилось соотношение  $N-NH_4 : N-NO_3$  в сторону приоритетного питания деревьев яблони азотом в нитратной форме. На варианте соотношение  $N-NH_4 : N-NO_3$  с применением биогумуса – 1 : 1,7; 1 : 1,9; 1 : 1,6 соответственно по слоям почвы и в 21–40 см слое почвы при внесении  $N_{90}P_{90}K_{90}$  – 1 : 2,5.

Биогумус существенно повышал содержание нитратов в почве в первые два года исследований. В 2018 году содержания нитратного азота в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы было выше контрольного варианта. Повышение показателя было равно в период покоя – распускания почек – 2,4–1,4 раза; цветения – 3,0–2,7 раз и плодоношения яблони – 2,9–2,2 раза. В 2019 г. в период покоя – распускания почек в 0–20; 21–40 см слоях почвы увеличение нитратов было в пределах 2,1–2,7 раза, а в период плодоношения яблони – 1,6–1,2 раза. Необходимо отметить более интенсивный процесс нитрификации был в период цветения яблони в 2019 г., и как следствие определялось более высокое содержание  $N-NO_3$ . В этот период содержания нитратного азота в почве в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы возрастало в 3,4; 4,8 и 2,8

раз соответственно. В абсолютных значениях показатель был равен 6,8; 9,6 и 5,6 мг/кг, что в соответствии с классификацией почв В.Г. Сычёва, М.И. Лунёва, А.В. Кузнецова и др. (2010) соответствует среднему уровню обеспеченности яблони. Сравнивая содержание нитратного азота в почве за период исследования на вариантах с применением навоза и биогумуса можно отметить, что навоз более продолжительное время обеспечивал довольно высокую обеспеченность культуры доступным азотом.

Зеленое удобрение повышало содержание нитратов в почве в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы только после его запахивания на второй год вегетации культуры. В 2019 г. существенное увеличение содержания нитратов наблюдалось в период цветения яблони – 5,2; 9,6; 4,2 мг/кг, а к периоду плодоношения яблони показатель уменьшался до 1,6; 1,3; 1,0 мг/кг. В 2020 г. наблюдаем положительное влияние зеленого удобрения на обеспеченность яблони нитратным азотом (приложение 10). Содержание нитратов в почве в период цветения яблони было равно 5,6; 3,4; 2,8 мг/кг, в период плодоношения яблони – 6,0; 4,3; 3,0 мг/кг, что в соответствии с классификацией почв В.Г. Сычёва, М.И. Лунёва, А.В. Кузнецова и др. (2010) обеспечивает среднему.

Содержание нитратного азота по почвенному профилю чернозема выщелоченного распределялось неравномерно. Наибольшее содержание нитратного азота находилось в 0–20 см слое почвы. По-видимому, это связано с минерализацией большего количества растительных остатков в этом слое почвы, состоянием ее увлажнения. В отдельные периоды вегетации нами наблюдались повышения нитратов в 21–40 и даже в 41–60 см слоях почвы. Поскольку нитраты в почве не сорбируются, они мигрируют по профилю почвы и накапливаются на глубине 60 см. Минеральный азот, находясь в более глубоких 21–40 и 41–60 см слоях чернозема выщелоченного, успешно использовался корневой системой плодоносящих яблоневых деревьев. Нами выделялись отдельные более глубокие слои почвы с повышенным содержанием  $N-NO_3$  при применении минеральных и органических

удобрений (2019 г.). Содержание нитратов в 41–60 см слое почвы служит достоверной характеристикой обеспеченности яблоневых насаждений азотом на протяжении всего периода вегетации культуры. А.И. Симакин (1969) считал, что неодинаковое содержание  $N-NO_3$  связано с тем, что различные слои почвы накапливали неодинаковое количество воды и аналогично, как следствие, и нитратов. К тому же, можно предположить, что миграция в почве отдельных форм воды (сводная, рыхлосвязанная, капиллярная) идет с неодинаковой скоростью и в разных направлениях, увлекая за собой ионы  $N-NO_3$ , обеспечивая в многолетнем насаждении яблони неравномерность распределения по почвенному профилю чернозема выщелоченного содержания нитратного азота.

В период возобновления роста деревьев яблони минеральные удобрения максимально увеличивали содержание нитратного и аммонийного азота в почве (от 2,6 и 6,0 до 26,1 и 10,2 мг/кг соответственно). Анализ полученных данных показывает, что содержание минерального азота варьирует от средней до высокого уровня обеспеченности культуры (Дарвеев Н., 2019).

Соотношение  $N-NO_3^- : N-NH_4^+$  в слоях 0–20, 21–40 и 41–60 см слоях почвы изменялось в сторону понижения значения содержания аммонийного азота. В питании яблони соотношение  $N-NO_3^- : N-NH_4^+$  было равно при применении  $N_{90}P_{90}K_{90} - 1 : 0,7; 1 : 0,6; 1 : 0,4$  и навоза –  $1 : 0,4; 1 : 0,6; 1 : 0,5$ .

Таким образом, внесение минеральных удобрений в норме  $N_{90}P_{90}K_{90}$  улучшало обеспеченность яблони азотом в нитратной форме. Средний и высокий уровень содержания нитратного азота ( $N-NO_3$ ) в 0–60 см слое почвы в условиях использования агрохимических средств является достоверным источником обеспеченности яблони азотом на протяжении всего ее периода вегетации. В 2018–2019 гг. обеспеченность была выше на протяжении всего периода вегетации культуры в 0–20; 21–40 слоях почвы. В период покоя – распускания почек на 26,6 % и 10,4 %, в период цветения яблони несколько меньше – 3,5 % и 6,4 %.

Минеральные удобрения, проявляя положительное действие по сравнению с контролем, повышали содержание нитратного азота не только в 0–20; 21–40 см слоях почвы. Последствие минеральных удобрений сказалось на уровне содержания N–NO<sub>3</sub> и в 41–60 см слое почвы, при этом показатель увеличивался в 2,7 и в 3,9 раза.

### **3.4 Подвижный фосфор**

Фосфор – наиболее дефицитный элемент в минеральном питании растений. Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном – важный показатель плодородия почвы. Однако в литературе имеются сведения о том, что плодовые деревья яблони выносливы к низкому содержанию фосфора в почве и не отзывчивы на фосфорные удобрения. Видимо, это мнение актуально и характерно для первично плодоносящих деревьев яблони или низкой степени их нагрузки урожаем, а может также характеризовать малую изученность вопроса о фосфорном питании многолетних культур. Возможно, с низкой потребностью деревьев в фосфоре связана их биологическая особенность – способность в течение длительного периода времени в году абсорбировать фосфор. Однако, в литературе имеются сведения, что в условиях недостатка этого элемента в почве проявляются физиологические нарушения корневого питания плодовых растений и одновременно имеет место быть отрицательный суммарный урожай плодов (Бойтон Д., 1960; Трунов Ю.В., 2016).

При расчете соотношения N : P : K нами была обнаружена тенденция в снижении усвоения фосфора и калия в ходе минерального питания при улучшении обеспеченности культуры азотом на вариантах с минеральной, органической системах удобрения. Следует отметить, что при поступлении в растения яблони азота, видимо, происходит активизация ряда реакций обмена веществ, в результате чего обнаруживается потребность в других элементах питания. В нашем случае – фосфоре и калии (Дарвеш Н., Онищенко Л.М., 2018).

Наши исследования по выявлению содержания подвижного фосфора в почве показали профильную дифференциацию элемента. Наибольшее содержание элемента сосредоточено в поверхностном слое почвы. Прослеживается

аккумулятивный тип профильного распределения подвижного фосфора, при этом прослеживается некая связь с содержанием почвенного органического вещества (приложения 14-17, рисунок 22 и 23).

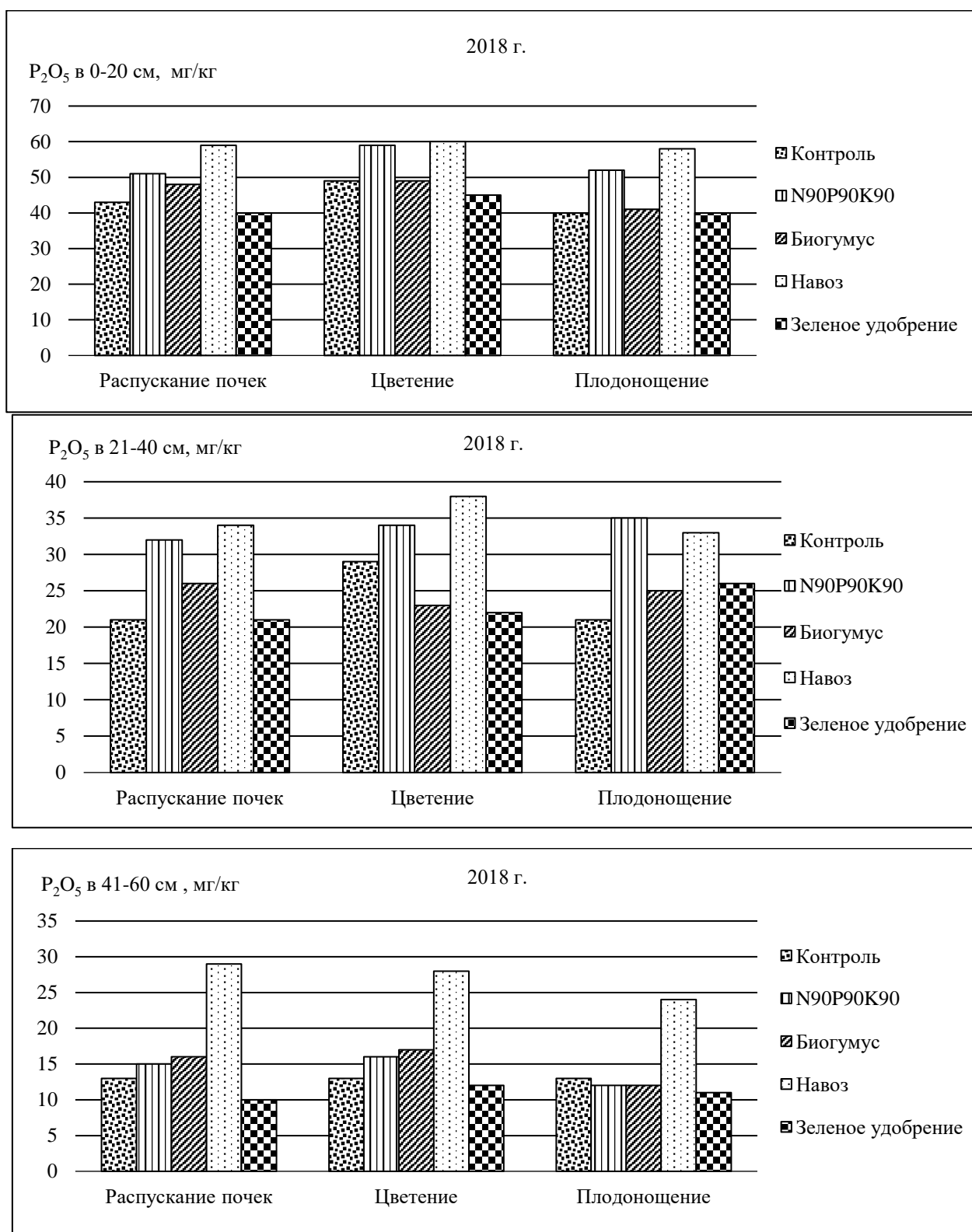


Рисунок 22 – Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном при внесении удобрений, мг/кг сухой почвы, 2018 г.



В 2019 г. в эти же периоды вегетации показатели на контроле в слое 21-40 см и при использовании навоза в слое 0-20 см были равны 33 и 53 мг/кг сухой почвы соответственно (рисунок 23 ).

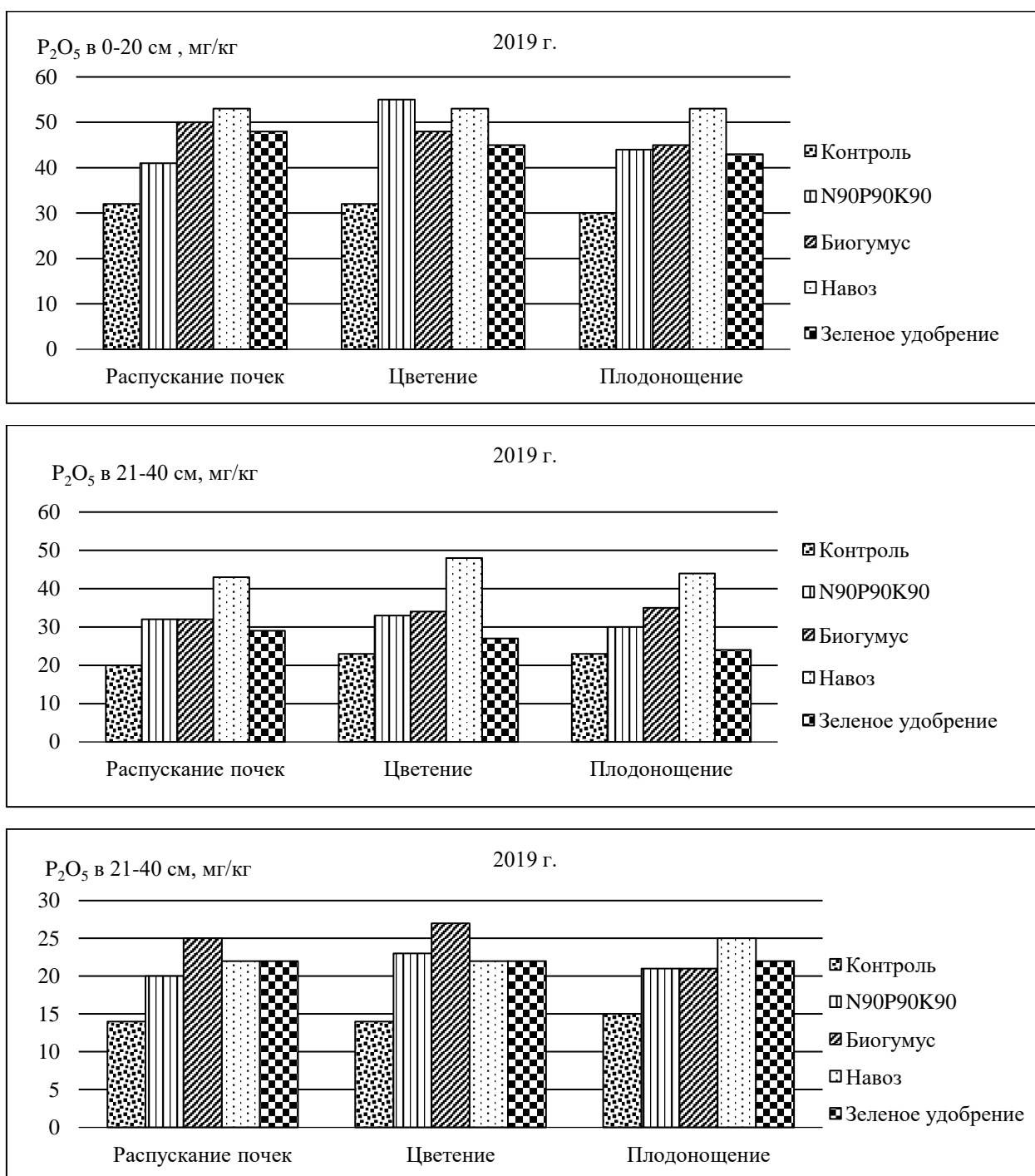


Рисунок 23 – Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном при внесении удобрений, мг/кг сухой почвы, 2019 г.

В 2020 г. равными были значения в период цветения и плодоношения яблони на контроле в слоях 0-20 и 21-40 см 30 и 16 мг/кг сухой почвы (рисунок 24).

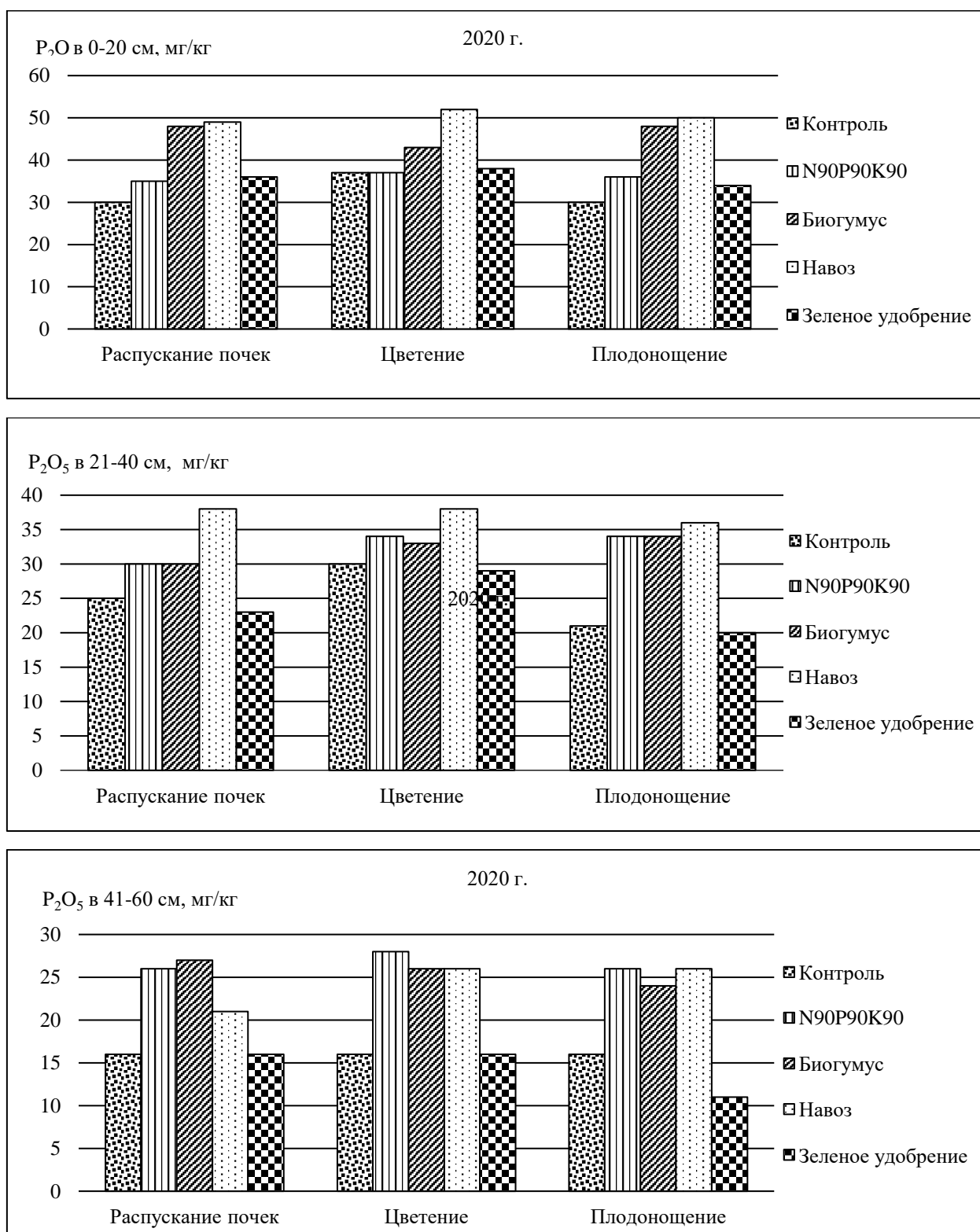


Рисунок 24 – Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном при внесении удобрений, мг/кг сухой почвы, 2020 г.

Не изменялись значения определяемого показателя в эти периоды и при внесении минерального удобрения в слое 21-40 см и навоза в слое 41-60 см. Содержание подвижного фосфора – 34 и 26 мг/кг сухой почвы соответственно (приложения 12-14, рисунок 25).

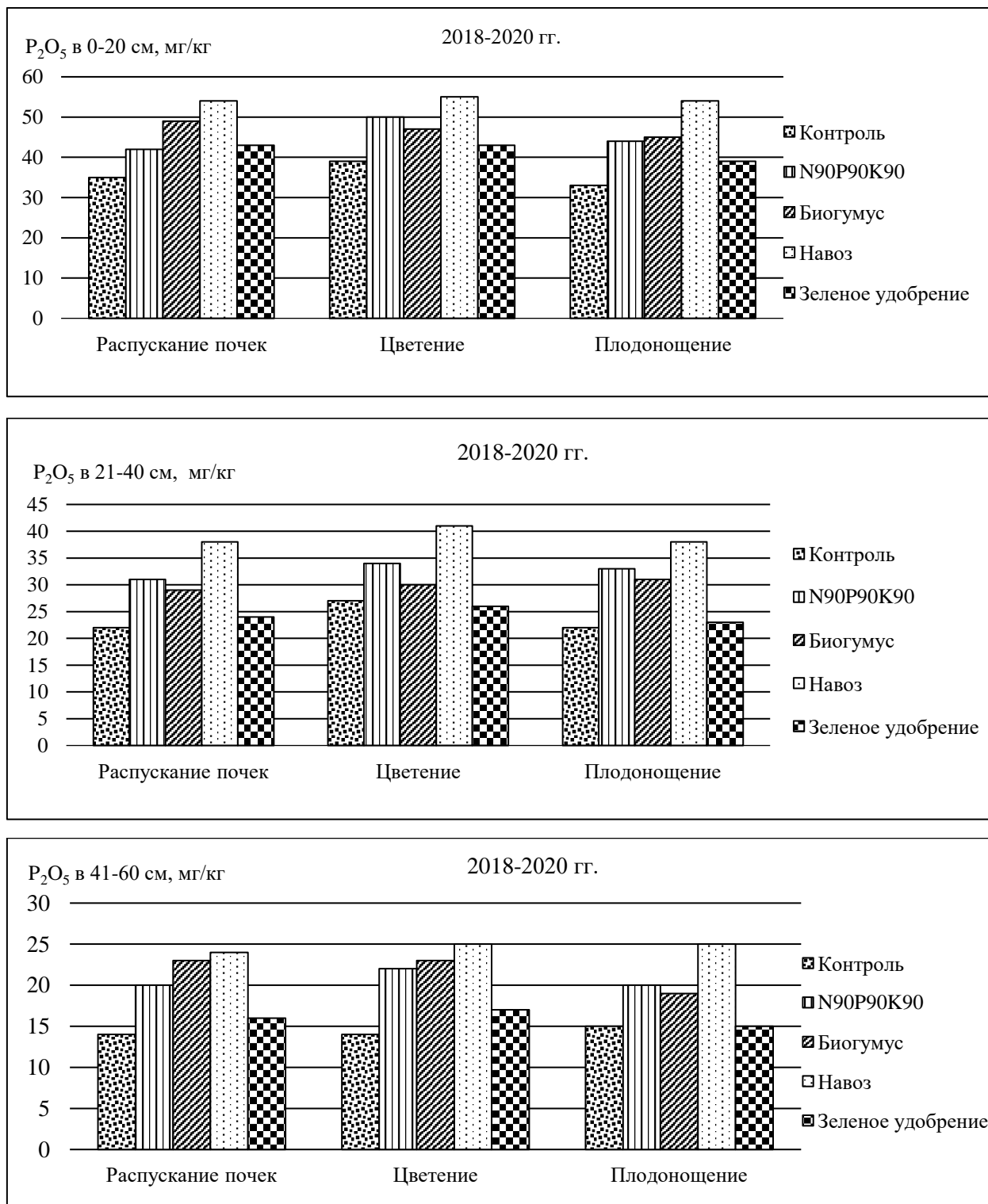


Рисунок 25 – Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном при внесении удобрений, мг/кг сухой почвы, 2018 – 2020 гг.

В соответствии с классификацией почв В. Г. Сычёва, М. И. Лунёва, А. В. Кузнецова и др. (2011), следует отметить, что на контроле в периоды распускания почек, цветения и плодоношения средневзвешенное содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном в слоях 0-20 см – повышенное (33-39 мг/кг сухой почвы); 21-40 – среднее (22-27 мг/кг сухой почвы) и 41-60 см – низкое (14-15 мг/кг сухой почвы). Внесение минерального удобрения и навоза полуперепревшего максимально повышало средневзвешенный показатель в слое почвы 0-20 см до высокого. В период распускания почек был равен 46-57 мг/кг сухой почвы, цветения – 54-58 и плодоношения 47-57 мг/кг сухой почвы. В слое 21-40 см показатель на этих вариантах был повышенный – распускание почек – 31-38 мг/кг сухой почвы; цветение – 34-41 и плодоношение 33-38 мг/кг сухой почвы. В слое 41-60 см обеспеченность подвижным фосфором оставалась средней в исследуемые периоды – распускание почек – 20-24 мг/кг сухой почвы; цветение – 22-25 и плодоношение 20- 25 мг/кг сухой почвы. Самый низкий уровень обеспеченности этим биогенным элементом растений яблони (15-17 мг/кг сухой почвы) определялся при использовании зеленого удобрения в слое 41-60 см.

Исследованиями 2018; 2019 и 2020 гг. установлено, что независимо от использования минеральных, органических удобрений, биогумуса или зеленого удобрения содержание подвижного фосфора в почве закономерно уменьшалось от его содержания в 0–20; 21–40 см слое и далее вниз по профилю до 41–60 см слоя почвы. Анализ показателей по содержанию подвижного фосфора в почве всего периода исследования характеризует практически однотипную динамику показателя.

Таким образом, средневзвешенное содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) в 0–60 см слое почвы при использовании минеральных и органических удобрений варьировало в широких пределах: от низкого – 15-17 мг/кг сухой почвы в слое 41-60 см при применении зеленого удобрения до высокого – 46-58 мг/кг сухой почвы в слое 0-20 см при внесении  $N_{90}P_{90}K_{90}$  и

навоза. Внесение минеральных и органических удобрений значительно улучшало обеспеченность растений яблони фосфором.

### **3.5 Обменный калий**

Чернозем выщелоченный характеризуется низким содержанием водорастворимого калия, изменяющимся от 28 до 39 мг/кг. Содержание обменного калия определяется в пределах 350 и 380 мг/кг. Невысокое содержание органического вещества в почве определяет низкую концентрацию калия органической части почвы, изменяющуюся от 46 до 30 мг/кг (Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Осипов М.А. и др., 2014).

Научные исследования последних лет, связанные с установлением калийного режима почв черноземного типа, показывают, что с выведением и использованием сортов с высоким генетическим потенциалом по продуктивности роль наиболее дефицитного элемента-калия, входящего в триаду азот, фосфор, калий, возрастает в минеральном питании растений. Современные сорта многолетних культур более отзывчивы на внесение удобрений. Режим калийного питания растений яблони важно знать для установления необходимого количества применяемого удобрения.

В результате наших исследований в полевом опыте на черноземе выщелоченном в многолетних насаждениях яблони установлено, что по годам исследований содержание обменного калия было подвержено сезонному изменению. Характеризуя динамику содержания обменного калия в черноземе выщелоченном опытного участка, Л. М. Онищенко, Н. Дарвеш и С. С. Чумаков (2018) отмечают, что на момент закладки опыта на всех вариантах прослеживается уменьшение содержания обменного калия от 0-20 см слоя (210 мг/кг) к 21-40 см (160 мг/кг) и далее к 40-60 см слою (135 мг/кг). В среднем за весь период исследований динамика содержания обменного калия не была достаточно выраженной, но при этом следует отметить, что минеральные и органические удобрения положительно воздействовали на уровень калийного питания культуры (приложения 18-21).

В начале исследований (2018) содержание обменного калия на естественном уровне плодородия в слое почвы 0-20; 21-40 и 41-60 см было не одинаковым и в периоды распускания почек варьировало от 280 до 260 мг/кг, цветения – от 260 до мг/кг, плодоношения – от 290 до 260 мг/кг сухой почвы, что соответствует пятому – высокому классу обеспеченности (рисунок 26).

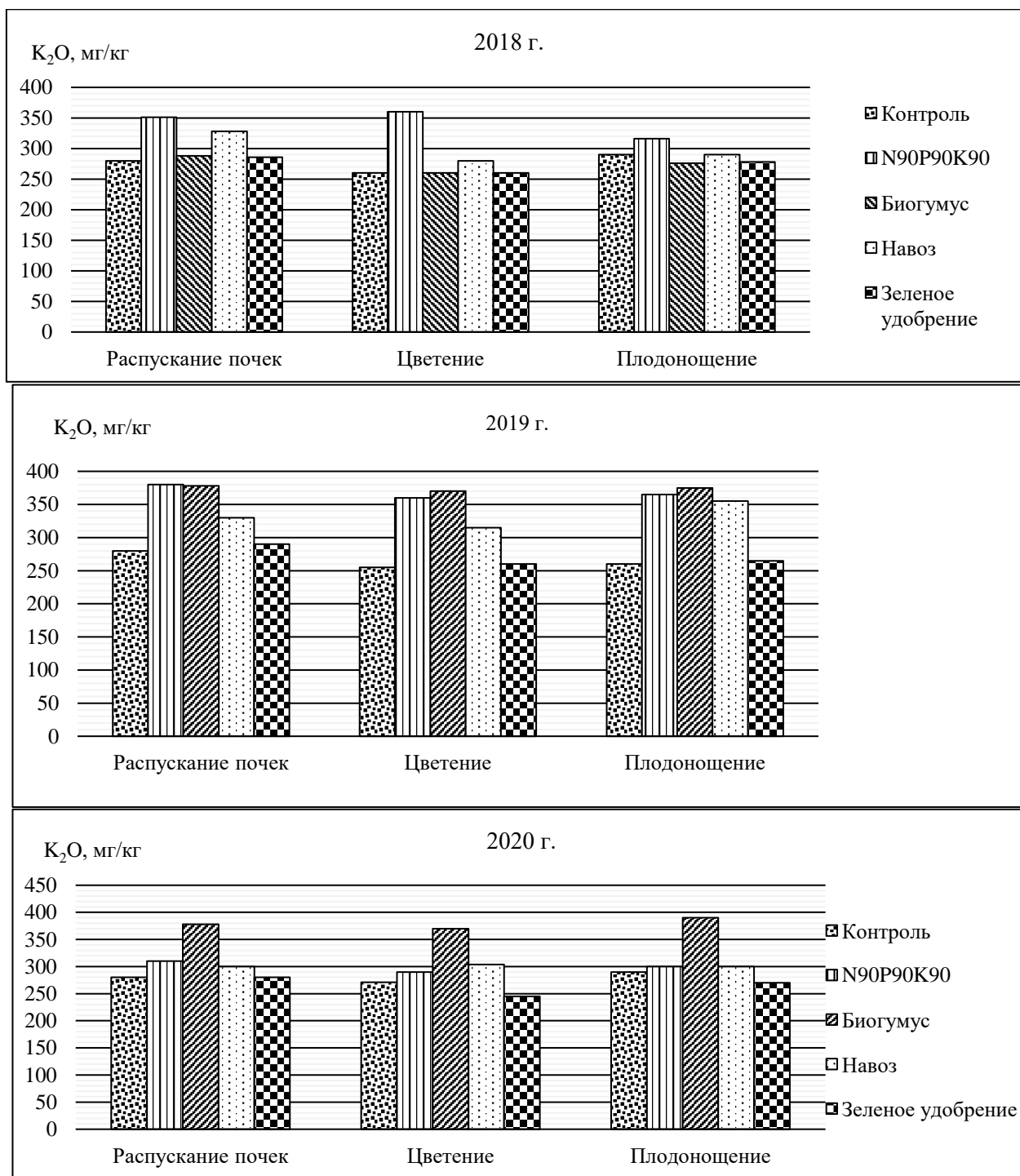


Рисунок 26 – Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений в слое 0-20 см почвы, мг/кг сухой почвы

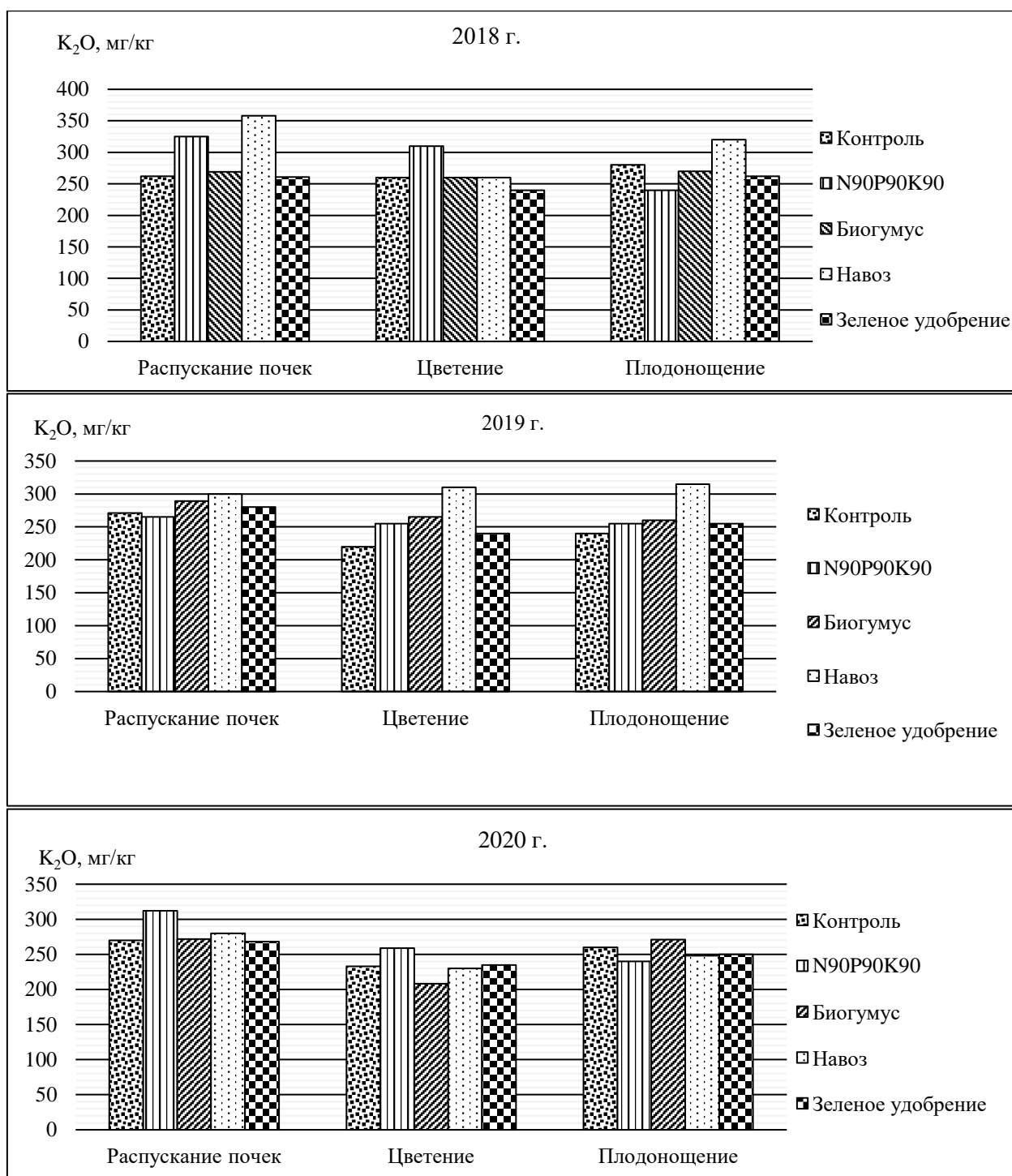


Рисунок 27 – Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в слое 21-40 см почвы, мг/кг сухой почвы

В 2019 и 2020 гг. исследования содержание обменного калия в черноземе выщелоченном в период цветения яблоневого сада на варианте без внесения удобрений в слоях 0-60 см почвы существенно уменьшилось. Показатель был равен в 0-20 см слое – 225 и 271 мг/кг сухой почвы; 21-40 см –

220 мг/кг сухой почвы и в 41-60 см слое – 260 и 215 мг/кг сухой почвы, что видимо связано с интенсивным потреблением элемента растениями.

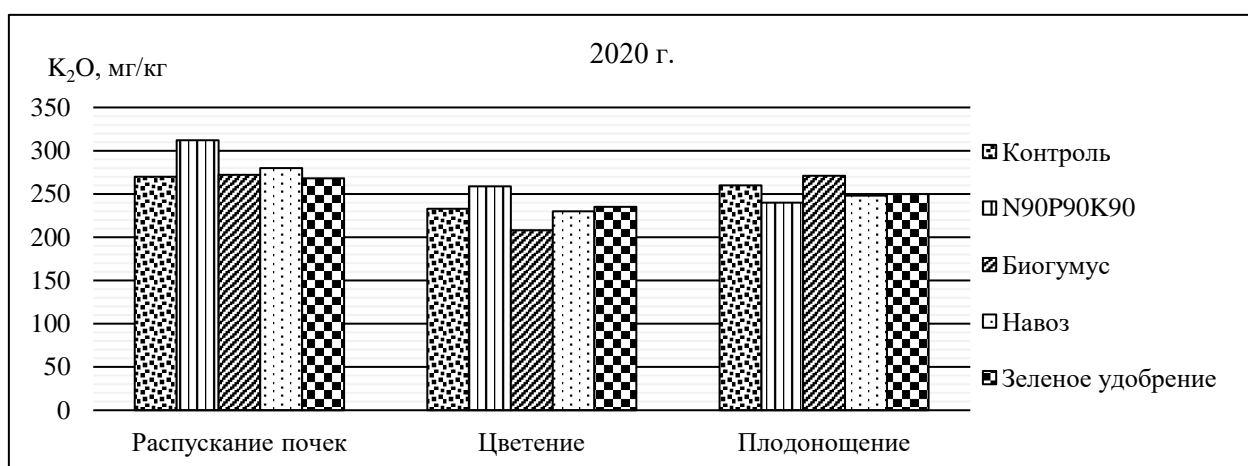
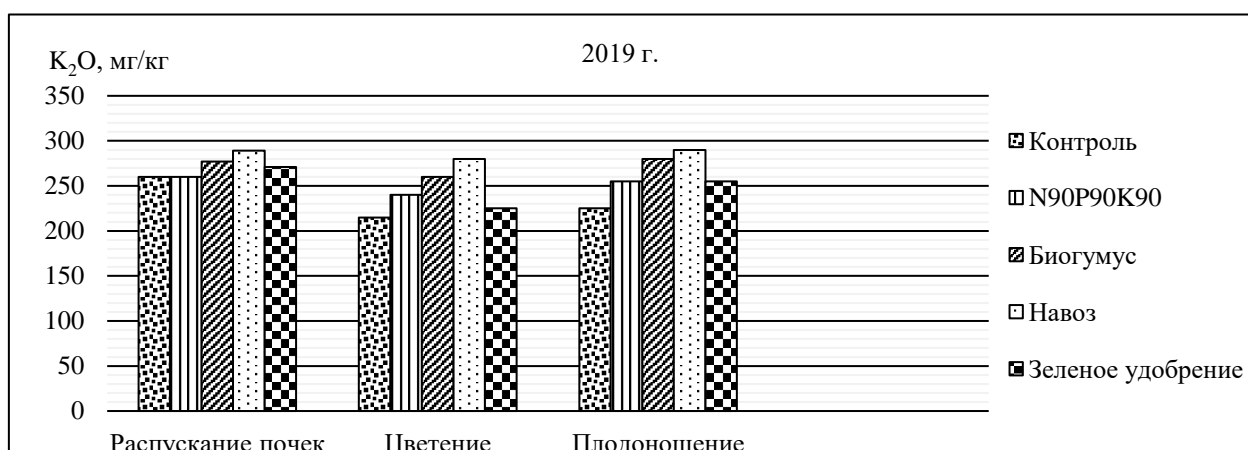
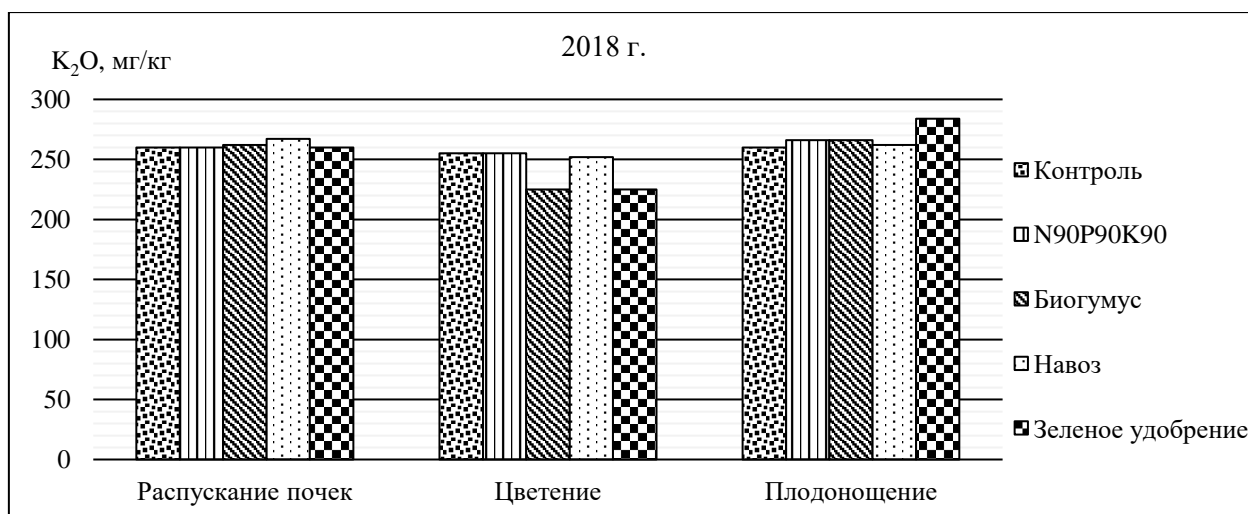


Рисунок 28 – Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневого сада в слое 41-60 см почвы, мг/кг сухой почвы

Максимальному увеличению средневзвешенного содержания обменного калия в период распускания почек и цветения деревьев яблони в 0-20 см и



21-40 см слое почвы способствовали минеральные удобрения в норме  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (23,9 и 33,7 %), биогумус (24,3 и 32,1) соответственно (рисунок 29)

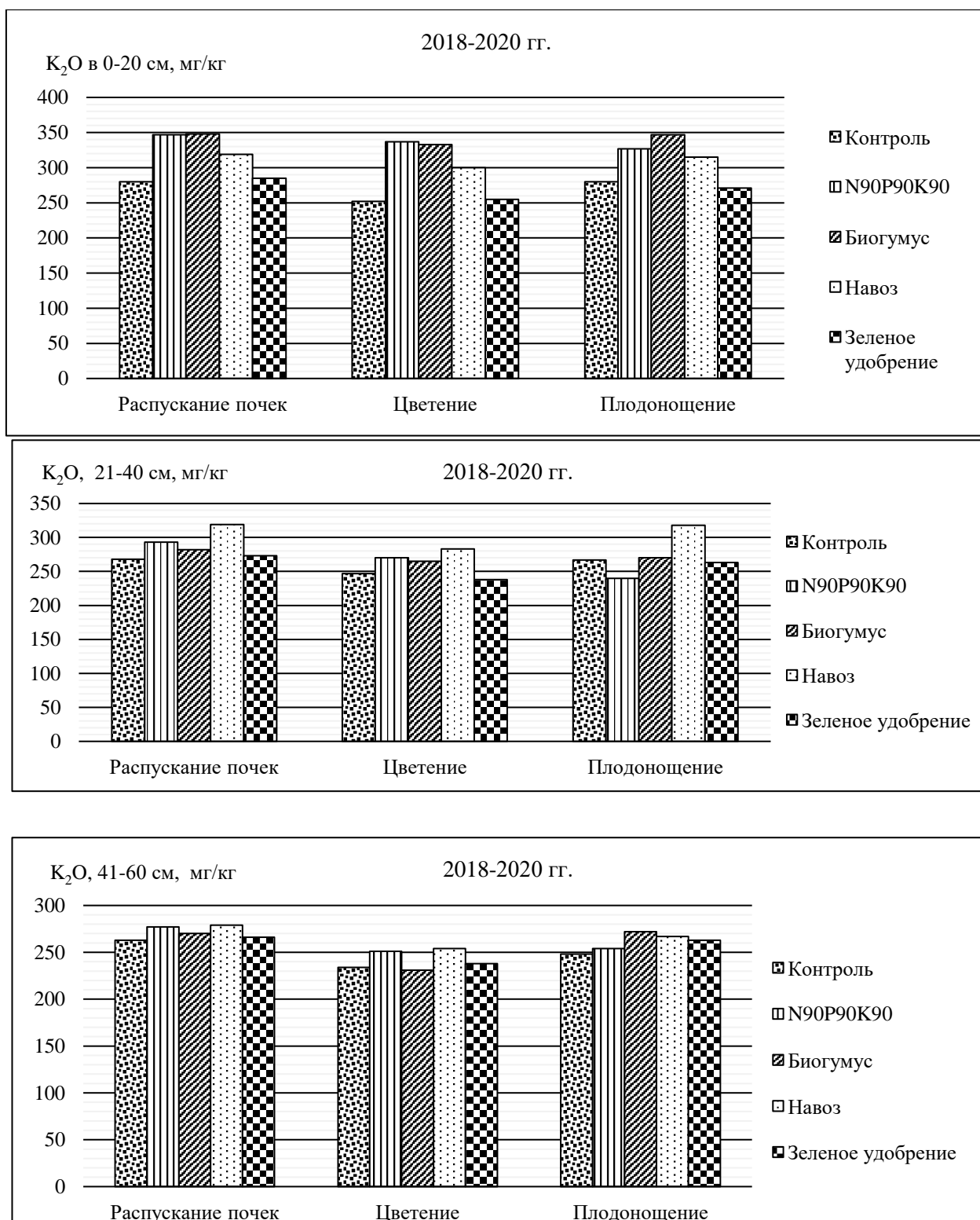


Рисунок 29 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы

Уровень обеспеченности деревьев яблони доступным калием - высокий и повышенный. Несколько меньшее влияние на средневзвешенное содержание обменного калия, но более равномерное по слоям 0-20; 21-40 и 41-60 см почвы оказывал навоз полуперепревший. В фазу распускания почек повышение показателя составило 13,9; 19,0 и 6,1 %, цветения деревьев яблони – 19,1; 14,6 и 8,6 %, плодоношения – 12,5; 19,1 и 7,7 % соответственно.

Таким образом, оценивая вклад агрохимических средств в обеспечение культуры подвижным калием, можно отметить, что относительно варианта без использования удобрений в период вегетации культуры средневзвешенное содержание обменного калия в почве повышалось в ряду от применения минеральных удобрений, далее биогумуса, навоза и незначительное увеличение отмечено при использовании зеленого удобрения.

Прослеживая динамику содержания обменного калия в течение вегетации яблони можно отметить закономерность – показатель заметно уменьшался к цветению относительно первоначального его содержания (особенно в 21-40см слое почвы), но в период плодоношения яблони выявляется повышение концентрации обменного калия в почве. Уменьшение содержания обменного калия в почве видимо, связано не только его потреблением культурой за счет увеличения степени обрастания скелетных корней всасывающими (по данным С. С. Рубина (1967) главная масса корней сосредоточена в слое 21-40 см. За пределы 60 см выходит 22,2 % корней), а также необменным поглощением калия почвой – фиксацией. Этому благоприятствовали агрометеорологические условия – попеременный режим увлажнения и иссушения почвы. Отмечались значительные колебания температуры атмосферного воздуха от 25,0 °С до 30,2 °С., а среднемесячное количество осадков варьировало от 141,2 мм до 10,4 мм.

К фазе плодоношения выявлено повышение средневзвешенного содержания обменного калия в почве. Причем повышение отмечено относительно фазы цветения в 0-20 и 41-60 см слоях почвы на вариантах, где использовался биогумус – 4,5 и 7,7 % и навоз – 5,4 и 6,0 % соответственно.

При использовании зеленого удобрения в многолетних яблоневых насаждениях процент увеличения в 0-20 см слое в этот период существенно выше и составил 16,7 %. Повышение концентрации обменного калия в 41-60 см слое почвы предположительно связано с вымыванием калия из тканей растений к окончанию вегетации (41-60 см слой – зона максимального распространения активных корней), а также с биологической его аккумуляцией в результате жизнедеятельности корневой системы яблони.

### **3.6 Обменный кальций**

Кальций доминируют среди обменных катионов почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного. Установлена тенденция уменьшения содержания валового кальция в слое 0–20 и 21–40 см на 5,3 % (920 мг/кг) и 3,9 % (660 мг/кг) соответственно. Содержание обменного и водорастворимого магния в этих слоях почвы повысилось на 18 и 24 мг/кг (2,00 и 2,96 %) и – на 8 и 12 мг/кг (11,42 и 18,46 %) при достоверном уменьшении запасов валового магния (Шеуджен А.Х., Бочко Т. Ф., Онищенко Л. М. и др., 2015).

В настоящее время, как отмечают А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева и Л. М. Онищенко и др., (2015), прослеживается тенденция уменьшения содержания в почве кальция и магния. Это связано не только с выносом урожая плодов культуры, но и с обменными реакциями, происходящими в почве при физико-химическом поглощении, которое происходит при внесении минеральных удобрений. Высвобождающийся из почвенно поглощающего комплекса кальций и магний выщелачивается из верхних слоев почвы в нижние или при обильных осенне-весенних осадках поверхностно мигрирует. Кальций, как отмечал А.А. Шмук (1950), склеивает почвенные агрегаты, обуславливая желательную для земледелия прочную комковатую структуру почвы. Л. М. Томпсон и Ф. Р. Трой (1982) считали, что кальций создает условия для трансформации органического вещества, влияет на реакцию почвенного

раствора, подвижность питательных веществ и интенсивность биологических процессов, протекающих в почве.

Результаты исследования по установлению содержания обменного кальция в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений в слое 0-20 см почвы отражены на рисунке 30 (приложение 22-25).

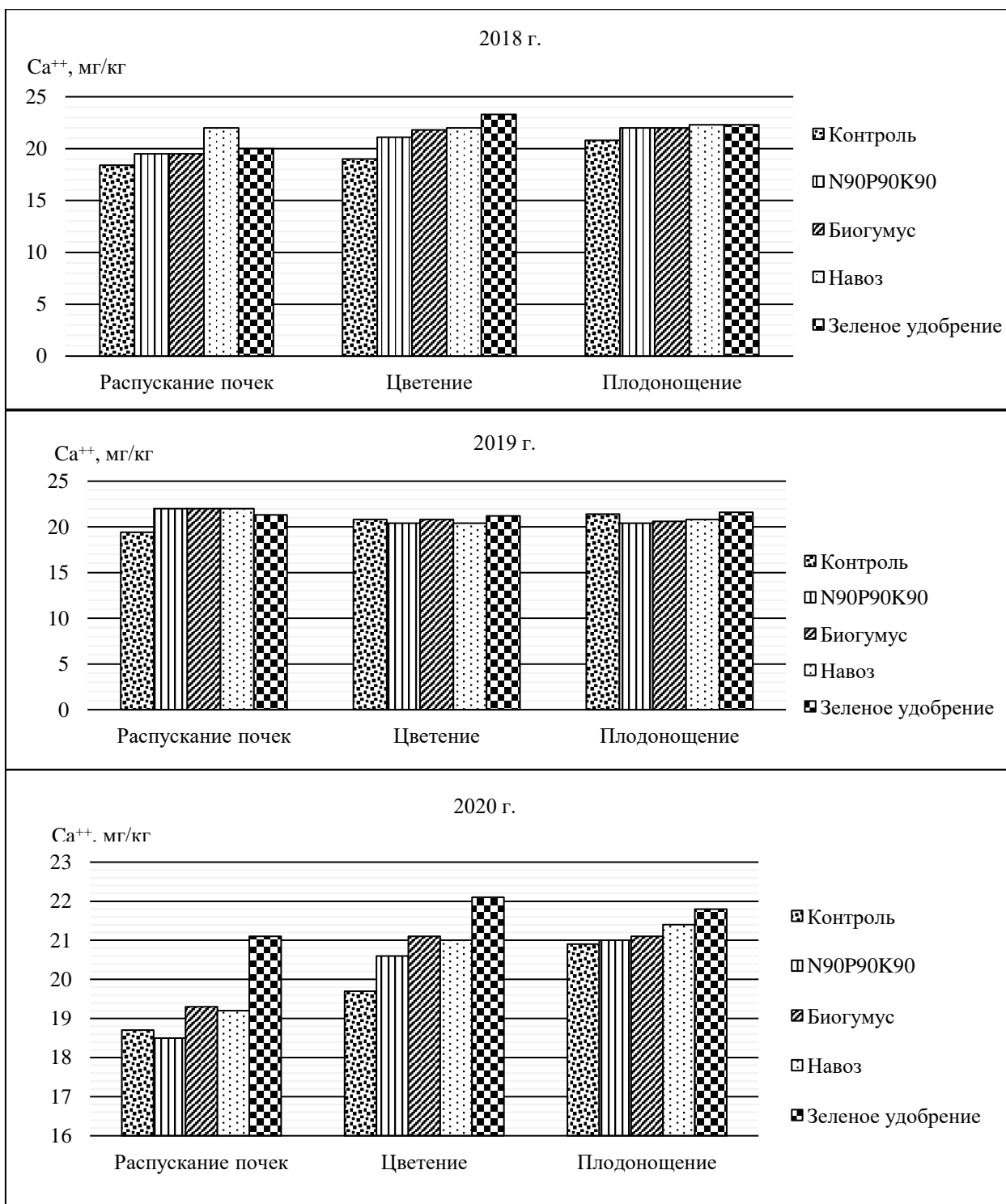


Рисунок 30 – Динамика содержания обменного кальция в 0-20 см слое почвы яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы

В 2018 г. внесение удобрений в почву многолетнего плодоносящего яблоневого сада положительно повлияло на содержание обменного кальция в слое 0-20 см почвы в фазе распускания почек. Относительно контроля минеральные удобрения, биогумус, навоз и зеленое удобрение разноразлично увеличивали показатель на 5,98 %, 4,89; 19,60 и 8,69 % и содержание обменного кальция было равно 19,5; 19,3; 22,0 и 20,0 мг/кг сухой почвы соответственно. К периоду цветения наблюдали тенденцию к повышению содержания обменного кальция в почве. В период созревания плодов показатель в слое 0-20 см почвы был максимальным и варьировал от 20,8 мг/кг сухой почвы на контроле до 22,0 и 22,3 мг/кг сухой почвы при применении минеральных удобрений, биогумуса и навоза и зеленого удобрения.

В 2019 г. в фазе распускания почек содержание обменного кальция в слое 0-20 см почвы на контроле – 19,4 мг/кг сухой почвы. Вносимые удобрения повышали содержание определяемого элемента в слое 0-20 см почвы одинаково – на 13,4 % и только зеленое удобрение несколько меньше – на 9,8 %. К периоду цветения деревьев яблони в слое 0-20 см почвы наблюдаем незначительное снижение уровня содержания обменного кальция. По окончании вегетации показатель при применении минеральных удобрений, биогумуса навоза был стабилен и равен чуть более 20 мг/кг сухой почвы, несколько выше он определялся при использовании зеленого удобрения – 21,6 мг/кг сухой почвы.

В 2020 г. в начале вегетации содержание обменного кальция без применения удобрений – 18,7 мг/кг сухой почвы, минеральные удобрения не повышали показатель и он был ниже чем на контроле – 18,5 мг/кг сухой почвы. Биогумус и навоз обеспечивали равное содержание обменного кальция – 19,2 мг/кг сухой почвы и лишь зеленое удобрение способствовало сохранению показателя на уровне, который был определен в период плодоношения 2019 г. Необходимо отметить, что содержание обменного кальция в слое 0-20 см почвы по окончании исследований стабилизировалось, и при внесении минеральных удобрений, биогумуса, навоза и зеленого удобрения было

равнозначно на всех вариантах опыта определялось в пределах 20,9-21,8 мг/кг сухой почвы.

Данные по содержанию обменного кальция в слое 21-40 см почвы в зависимости удобрений отражены на рисунке 31.

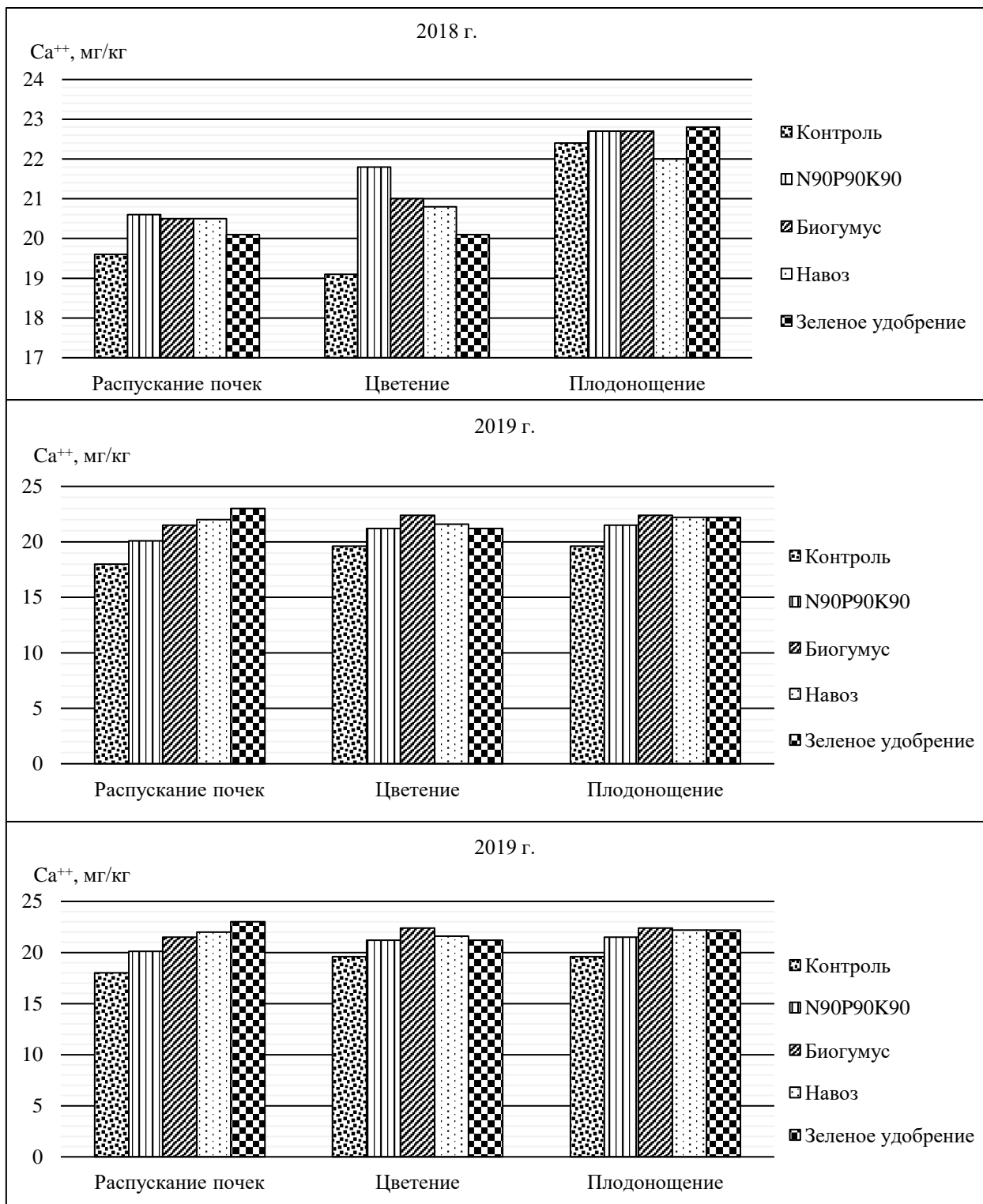


Рисунок 31 – Динамика содержания обменного кальция в 21-40 см слое почвы яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы

Применение минеральных удобрений, биогумуса, навоза и зеленого удобрения положительно сказалось на содержании обменного кальция в черноземе выщелоченном под многолетними насаждениями яблони и в 21-40 см слое почвы. В 2018 г. на контроле в период распускания почек показатель был равен 18,6 мг/кг сухой почвы. Минеральные удобрения способствовали незначительному увеличению содержания элемента до 20,0 мг/кг сухой почвы. Стабильное и более улучшенное обеспечение растений яблони доступным кальцием было в начале вегетации. При использовании биогумуса, навоза и зеленого удобрения его определено более 21 мг/кг сухой почвы. В период цветения и плодоношения яблони уровень обеспеченности культуры в 21-40 см слое почвы подвижным кальцием не изменился. Содержание обменного кальция в почве, где применялись удобрения, был выше, чем без удобрений. К созреванию плодов минеральные удобрения, биогумус, навоз и зеленое удобрение повышали показатели на 5,3; 7,7; 5,2 и 6,3 % и они были в абсолютных значениях равны 21,9; 22,4; 21,9 и 22,1 мг/кг сухой почвы соответственно.

В 2019 г. содержание обменного кальция в черноземе выщелоченном в 21-40 см слое почвы на протяжении всего периода вегетации было стабильно и при использовании удобрений оно варьировало от 20,1 мг/кг сухой почвы до 22,2 мг/кг сухой почвы. Без удобрений показатели в период распускания почек, цветения и плодоношения были несколько меньше – 18,0; 19,3 и 19,6 мг/кг сухой почвы соответственно.

В 2020 г. уровень обеспеченности растений яблони в исследуемые периоды вегетации – распускания почек, цветения и плодоношения был аналогичен 2019 г. Без внесения агрохимических средств в 21-40 см слое почвы содержание обменного кальция – 18,6; 19,1 и 20,8 мг/кг сухой почвы соответственно по периодам вегетации культуры. Применяемые минеральные удобрения в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, навоз, биогумус и зеленое удобрение увеличивали показатели в периоды распускания почек до 20,0; 21,0; 21,1; 21,5 мг/кг сухой почвы, цветения до 21,3; 21,5; 21,2; 22,0 мг/кг сухой почвы и плодоношения до 21,9; 22,4; 22,7; 21,1 мг/кг сухой почвы соответственно.

Для почвенной диагностики кальциевого питания растений яблони недостаточно рассмотреть содержание обменного кальция в 0-20 и 21-40 см слоях почвы. Необходимы знания об уровне его содержания в слое 41-60 см почвы, которые отражены на рисунке 32.

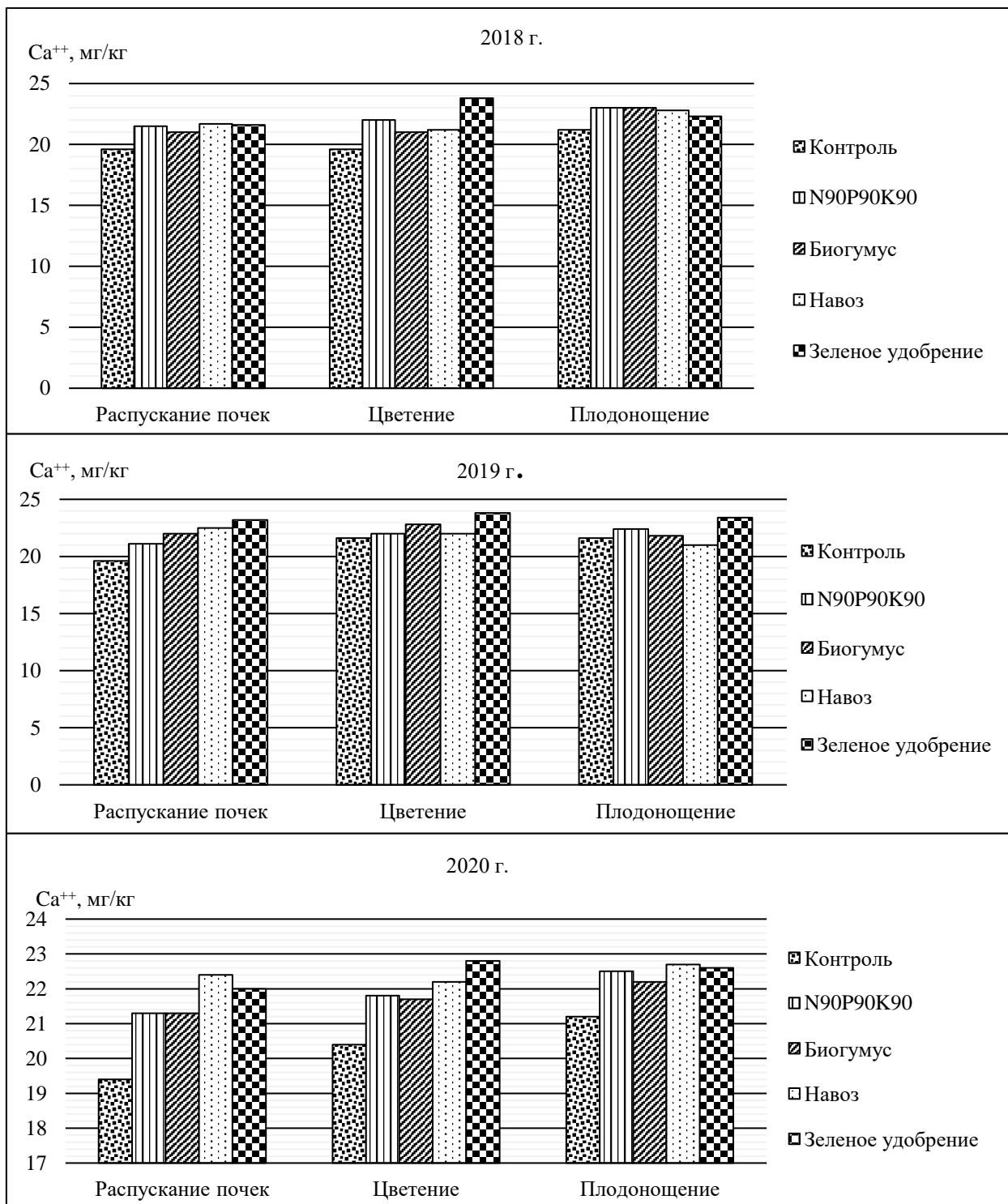


Рисунок 32 – Динамика содержания обменного кальция в 41-60 см слое почвы яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы



В 2018 г. наилучшие условия по уровню обеспеченности насаждений яблони сложились в начале вегетации при внесении минеральных удобрений, навоза и зеленого удобрения. Содержание обменного кальция в 41-60 см слое почвы яблоневого сада было равно 21,5; 21,7 и 21,6 мг/кг сухой почвы соответственно. В период цветения максимальное содержание обменного кальция в слое 41-60 см при использовании минеральных удобрений – 22,0 мг/кг сухой почвы и зеленого удобрения – 23,8 мг/кг сухой почвы, что больше контроля на 12,2 и 21,4 % соответственно. К периоду плодоношения в 41-60 см слое почвы содержание обменного кальция в условиях внесения зеленого удобрения уменьшилось до 22,3 мг/кг сухой почвы, но этот показатель по-прежнему на 7,2 % оставался выше значения, где удобрения не применялись. Минеральные удобрения, биогумус и зеленое удобрение обеспечивали практически одинаковое содержание обменного кальция в 41-60 см слое почвы – 23,0; 22,9 и 22,8 мг/кг сухой почвы.

В 2019 г. во все периоды исследования наибольшее содержание обменного кальция в 41-60 см слое почвы при использовании зеленого удобрения – 23,2; 23,8 и 23,4, соответственно, в периоды распускания почек, цветения и плодоношения. В 41-60 см слое почвы в период распускания почек наметилась тенденция уменьшения содержания обменного кальция в ряду: навоз, биогумус и минеральные удобрения – 22,5; 22,0 и 21,1 мг/кг сухой почвы. В период плодоношения выявлена обратная зависимость – тенденция увеличение содержания обменного кальция в ряду: навоз, биогумус и минеральные удобрения – 21,1; 21,8 и 22,4 мг/кг сухой почвы.

В 2020 г. в период распускания почек зеленое удобрение максимально повышало в 41-60 см слое почвы содержания обменного кальция до 23,2 мг/кг сухой почвы, затем навоз до 22,5 мг/кг сухой почвы. В период цветения содержания элемента при использовании зеленого удобрения увеличилось до 23,8 мг/кг сухой почвы. В 41-60 см слое почвы в период плодоношения наилучшие условия определены при применении навоза, минеральных

удобрений, зеленого удобрения и биогумуса и содержание обменного кальция было равно 21,8; 22,4; 23,4 и 21,8 мг/кг сухой почвы соответственно.

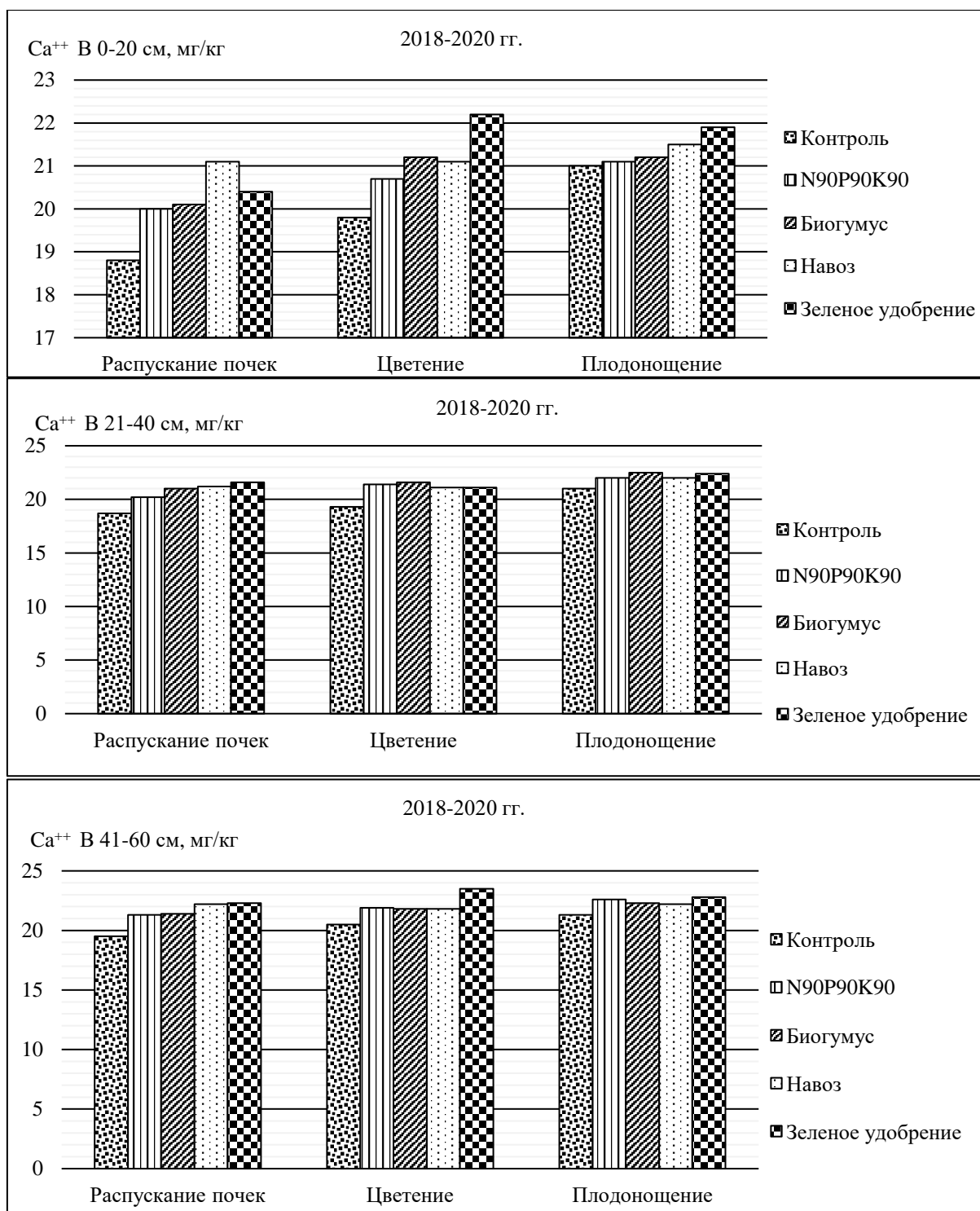


Рисунок 33 – Динамика средневзвешенного содержания обменного кальция в 0-60 см слое почвы яблоневого сада в зависимости от удобрений

Обобщая средневзвешенные значения по содержанию обменного кальция по всем периодам наблюдения за показателем в 0-60 см слое почвы яблоневого сада в зависимости от используемых удобрений можно констатиро-

вать, что относительно контроля минеральные удобрения, биогумус, навоз и зеленое удобрение существенно увеличивали показатель. В период распускания почек он варьировал от 20,2 до 22,3 мг/кг сухой почвы. Во время цветения отмечено незначительное повышение показателя до 20,7 и 23,5 мг/кг сухой почвы, а в период плодоношения в 0-60 см слое содержание обменного кальция изменялось в узких значениях и показатель изменялся в пределах от 21,2 до 22,8 мг/кг сухой почвы.

### 3.7 Подвижный магний

*Магний.* Магний в питании растений яблони активизирует ДНК- и РНК-полимеразы, катализирует образование АТФ, способствуя сохранению энергии. Он содержится в клеточном соке, входит в состав большого числа ферментов, запасного органического соединения – фитина, молекул хлорофилла (3 % от массы), что определяет его одну из решающих его ролей в фотосинтезе (Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Онищенко Л.М., 2007).

Сумма кальция и магния в черноземах составляет 90 % от всей емкости катионного обмена. По сведениям В. Д. Панникова, В. Г. Минеева (1987), Д. С. Орлова (2005) в поверхностном горизонте почвы валовое содержание магния в черноземах около 0,9 %. А.И. Симакин в кубанских черноземах определил 0,8-1,1 % элемента.

Особенностью магния является то, что он мигрирует в нижние слои почвы. Способствует этому не только атмосферные осадки, но и внесенные физиологически кислые минеральные удобрения. Вынос магния (ежегодно от 12 до 42 кг/га) из верхних горизонтов превосходит его аккумуляцию. Поступает в почву элемент в основном с навозом. Баланс магния в почве, вовлеченной в сельскохозяйственное использование, отрицательный. Признаки недостатка магния впервые были выявлены на черноземах выщелоченных. На потребление магния растениями влияет антагонистическое действие калия, натрия, аммония, водорода, железа, цинка, а также кальция. Наилучшее поглощение этого элемента происходит при соотношении в почве кальция

и магния равном 5 : 1. Магний увеличивает накопление сахаров, тем самым улучшает качество плодов (Шеуджен А.Х., 2010, 2013, 2015; Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., 2018; Шеуджен, А.Х. .Т Н. Бондарева, Л. М. Онищенко и др., 2015).

Без внесения удобрений на черноземе выщелоченном яблоневого сада в периоды распускания почек, цветения и плодоношения содержание водорастворимого магния было минимальным, и оно варьировало от 4,0 до 4,8 мг/кг (приложение 26-28). Минеральные удобрения относительно контроля повышали исследуемый показатель. В период цветения в 0-20 и 21-40 см слоях содержание водорастворимого магния было выше в 2,07 и 1,64 раза. Следует отметить, что в фазу плодоношения деревьев в 0-20 см слое содержание подвижного магния снизилось до 5,6 мг/кг, а в более влажном 21-40 см слое практически не изменилось, и было равно 7,3 мг/кг. Подобная закономерность наблюдается и при внесении биогумуса, навоза и зеленого удобрения. В период цветения содержание подвижного магния в почве в 0-60 см слое увеличивалось при внесении биогумуса в диапазоне от 7,2 до 9,3 мг/кг, навоза от 7,8 до 10,2 мг/кг и зеленого удобрения от 5,8 до 8,0 мг/кг. Эти показатели были значительно выше значений, где удобрения не вносились (рисунок 34).

Уровень содержание водорастворимого магния к концу вегетации культуры снижался до значений, определяемых на контроле – 4,0-5,6 мг/кг. Видимо, это связано как с потреблением водорастворимого магния растениями, так и с завершением первого этапа роста корней (май-июль), когда, по мнению А.К. Приймак (1957), устанавливается жара и наступает длительная почвенная засуха.

В период распускания почек 2019 года, вносимые удобрения поддерживали более высокий уровень обеспеченности растений водорастворимым магнием в 0-20 см слое. Содержание водорастворимого магния в этом слое определялось в убывающем порядке: навоз – 11,0 мг/кг, минеральные удобрения – 10,2, биогумус – 9,8 и зеленое удобрение – 5,6 мг/кг. В слое 21-40 см в этот период максимальное содержание элемента определилось при внесе-

нии минеральных удобрений – 8,6 мг/кг, затем только при удобрении навозом – 7,7, биогумусом – 6,5 и минимальное значение показателя при использовании зеленого удобрения – 5,5 мг/кг. Необходимо отметить, что вносимые удобрения и в последующие периоды – цветения и плодоношения поддерживали относительно контроля более улучшенные условия магниевого питания растений.

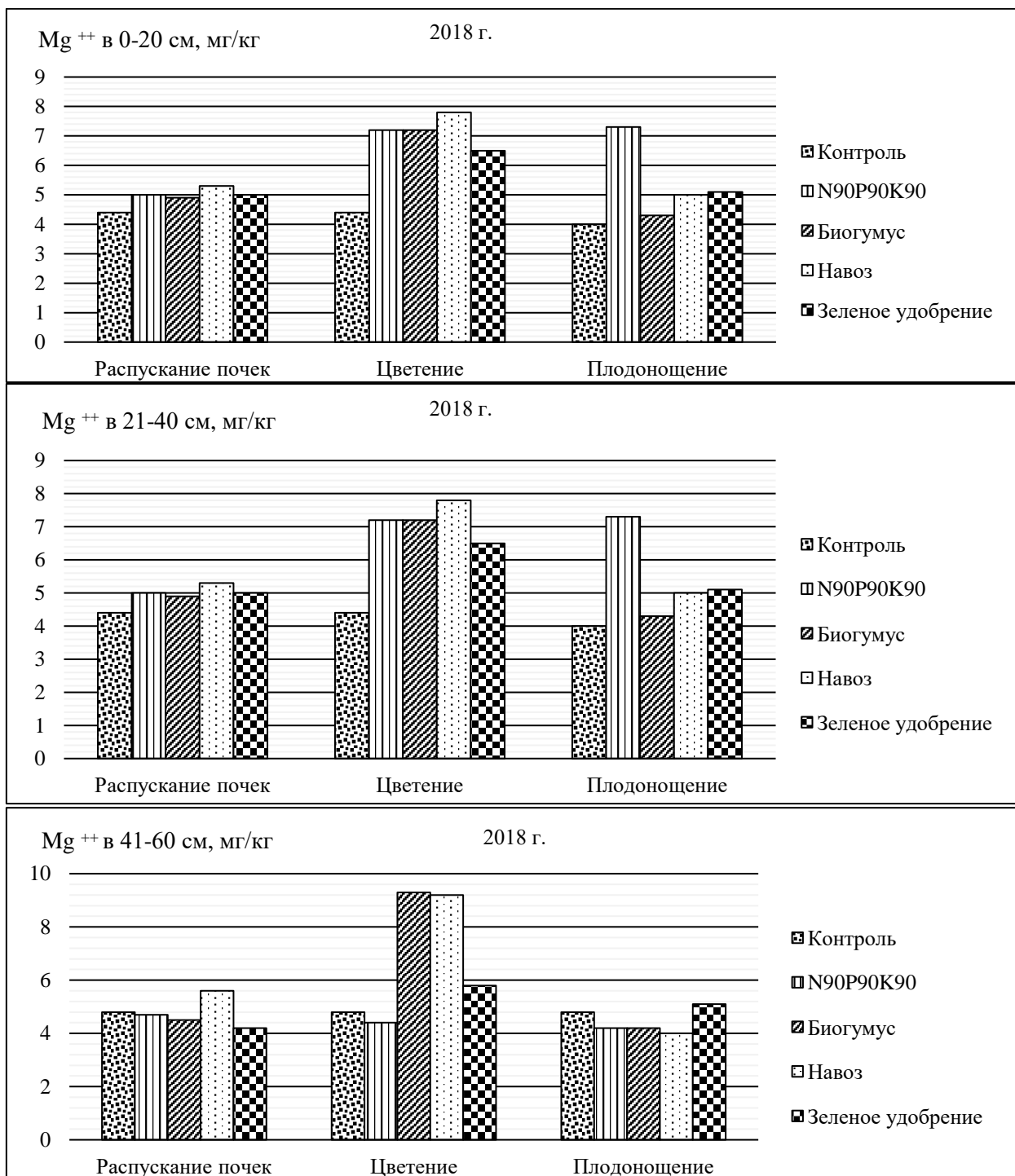


Рисунок 34 – Динамика содержания подвижного магния в почве яблоневого сада в зависимости от удобрений в слое 0-20; 21-40- и 41-60 см почвы, мг/кг сухой почвы

В начале вегетации 2020 года на всех вариантах, где были внесены удобрения в слоях 0-20 и 21-40 см, содержание водорастворимого магния было выше контроля. Минеральные удобрения максимально увеличивали показатель на 38,5 и 34,0 %, биогумус на 40,4 и 12,0 %, навоз – 55,8 и 32,0 и несколько меньше зеленое удобрение – 21,2 и 12,0 %. Необходимо отметить, что в слое 0-21 см содержание водорастворимого магния существенно повышалось в начале вегетации культуры (рисунок 35).

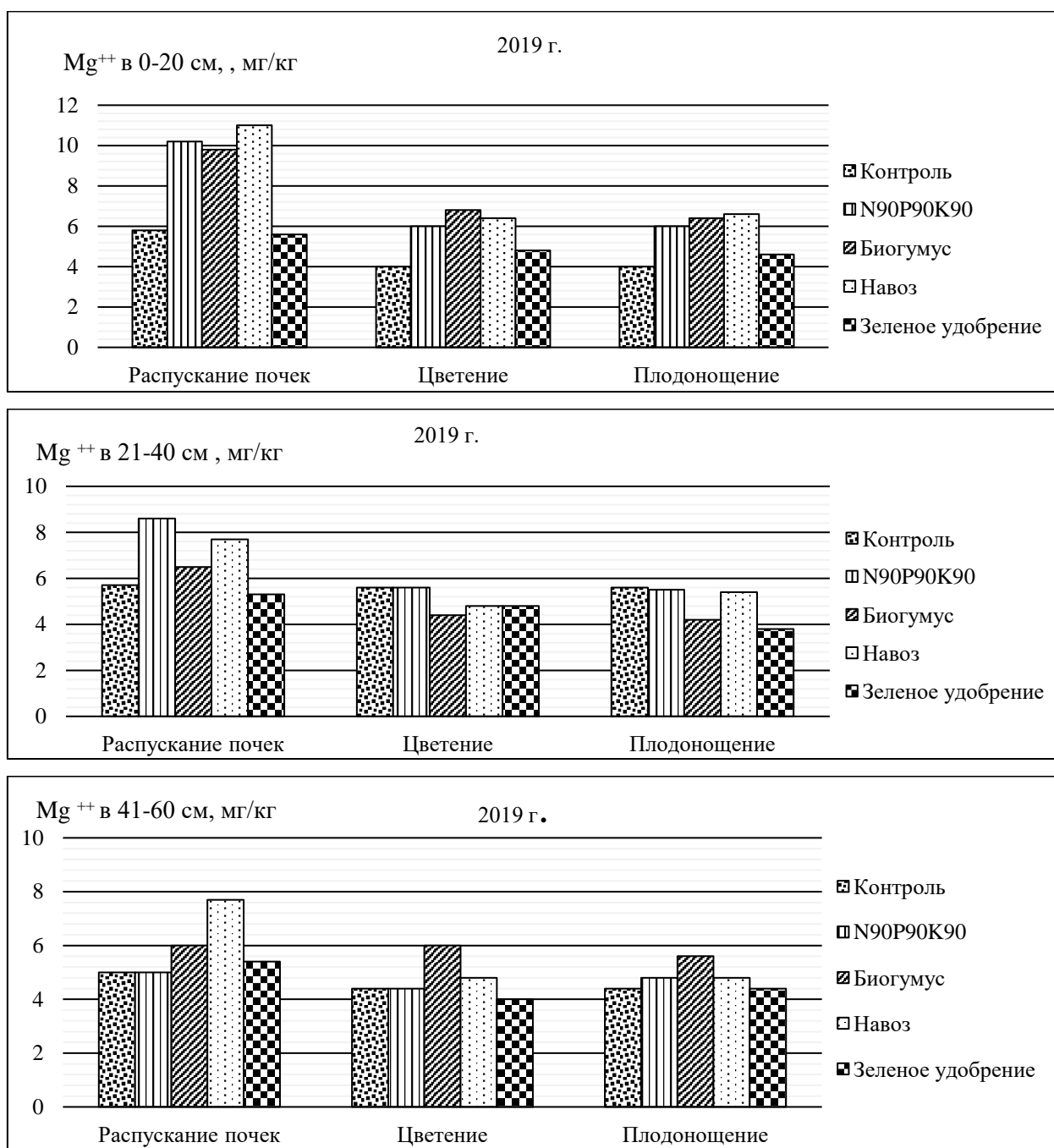


Рисунок 35 – Динамика содержания подвижного магния в почве яблоневого сада в зависимости от удобрений в слое 0-20; 21-40- и 41-60 см почвы, мг/кг сухой почвы

Динамика содержания водорастворимого магния в черноземе выщелоченном яблоневого сада в 0-60 см слоях в зависимости от удобрений немоно-типная (рисунок 36).

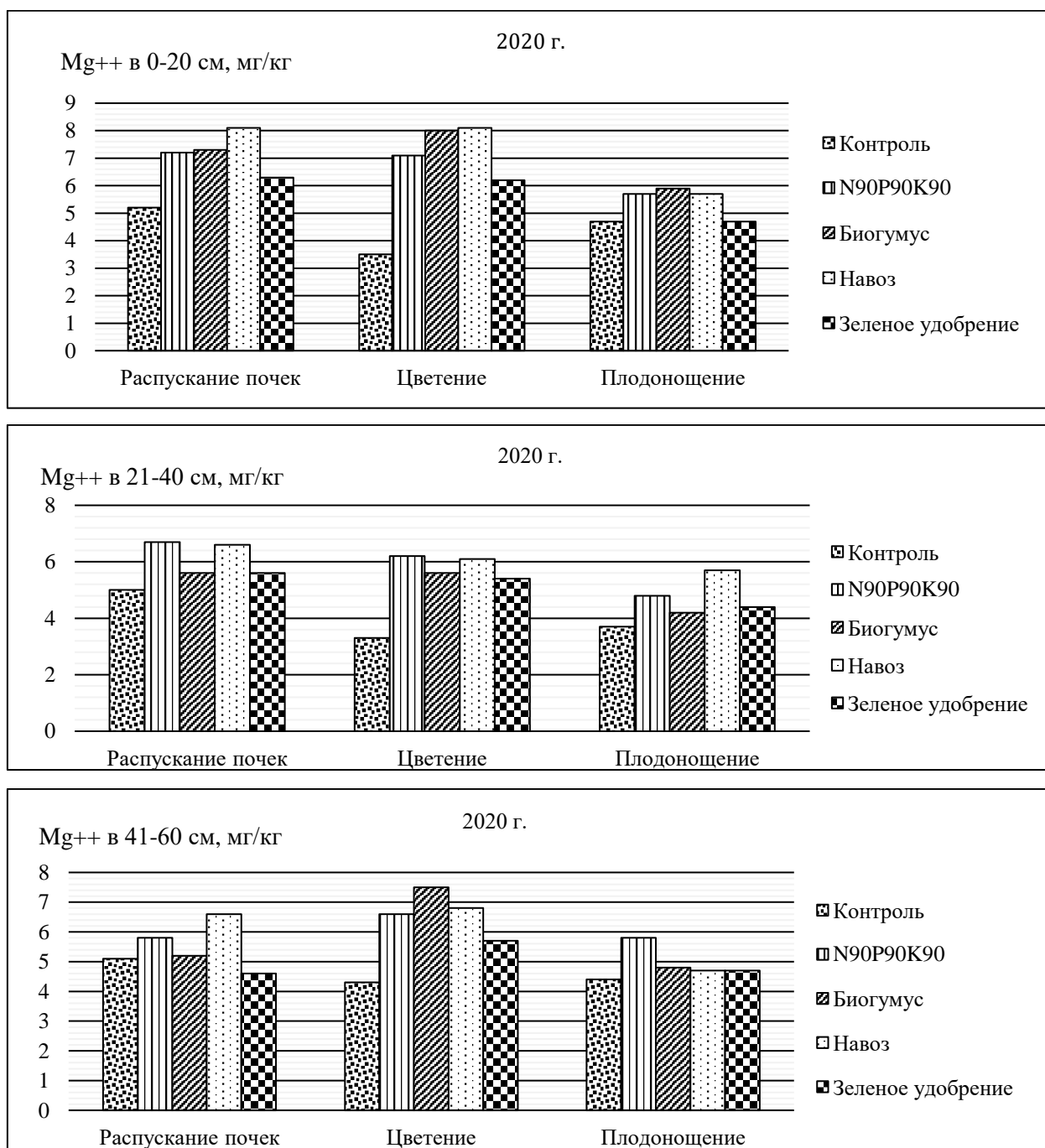


Рисунок 36 – Динамика содержания подвижного магния в почве яблоневого сада в зависимости от удобрений в слое 0-20; 21-40- и 41-60 см почвы, мг/кг сухой почвы

Особенно это заметно в период цветения деревьев. Удобрения на уровень обеспеченности растений яблони магнием действовали неравнозначно: биогумус и минеральные удобрения увеличивали содержание элемента отно-

сительно первоначальных значений, а навоз и зеленое удобрение показатель не изменяли.

Дальнейший анализ полученных данных показал, что на всех вариантах опыта в период цветения и плодоношения культуры яблони в слое 41-60 см относительно верхних 0-20 см и 21-40 см слоев содержание водорастворимого магния выше. Характер такого распределения доступного элемента связываем с его миграцией в более глубокие слои почвы вследствие обильных осадков.

Средневзвешенное содержания водорастворимого магния в черноземе выщелоченном яблоневого сада в 0-60 см слоях в зависимости от используемых удобрений отражена на рисунок 37.

Таким образом, в плодоносящих насаждениях яблони на протяжении всего периода вегетации выявлено неравномерное распределение обменного кальция и магния в 0-60 см слое чернозема выщелоченного. Содержание элемента увеличивается с глубиной отбора проб. Видимо, обусловлено различным количеством его потребления культурой в сложившихся агроэкологических условиях для обеспечения продукционного процесса. Причиной неравномерного распределения элемента по профилю почвы служат потери обменного кальция за счет его вымывания атмосферными осадками при внесении удобрений. Из почвенного поглощающего комплекса обменно-поглощенный кальций вытесняется в почвенный раствор, содержащимися элементами в удобрениях, и затем он может вымываться горизонтальными или вертикальными стоками обильных атмосферных осадков. Наилучшие условия по обеспеченности культуры подвижным кальцием определены в 41-60 см слое почвы при внесении навоза, минеральных удобрений, зеленого удобрения и биогумуса. Показатели были равны 21,8; 22,4; 23,4 и 21,8 мг/кг сухой почвы соответственно.



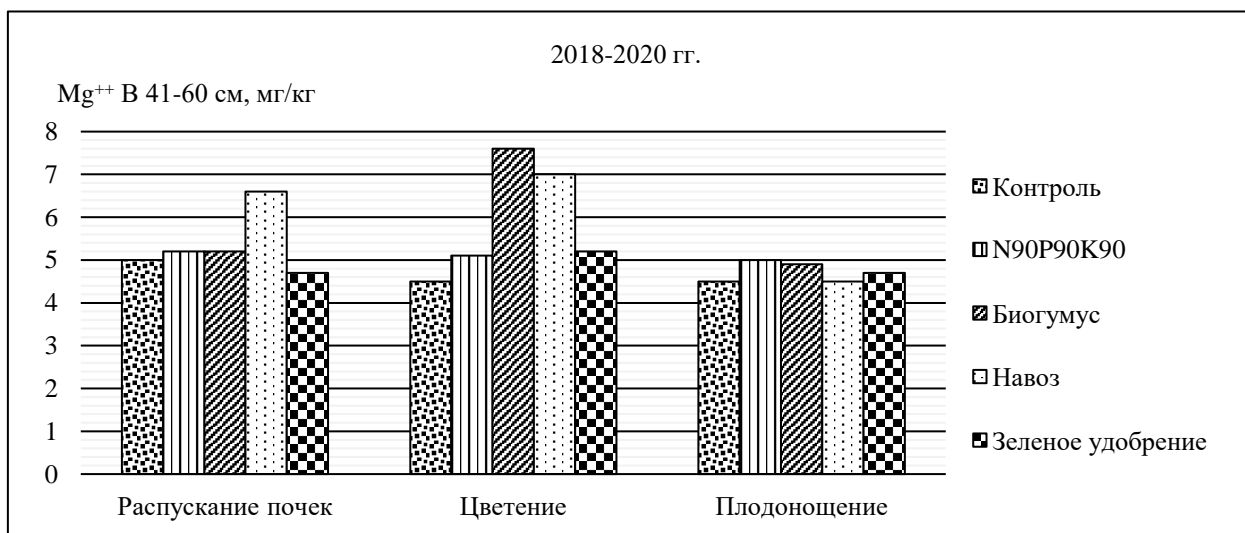
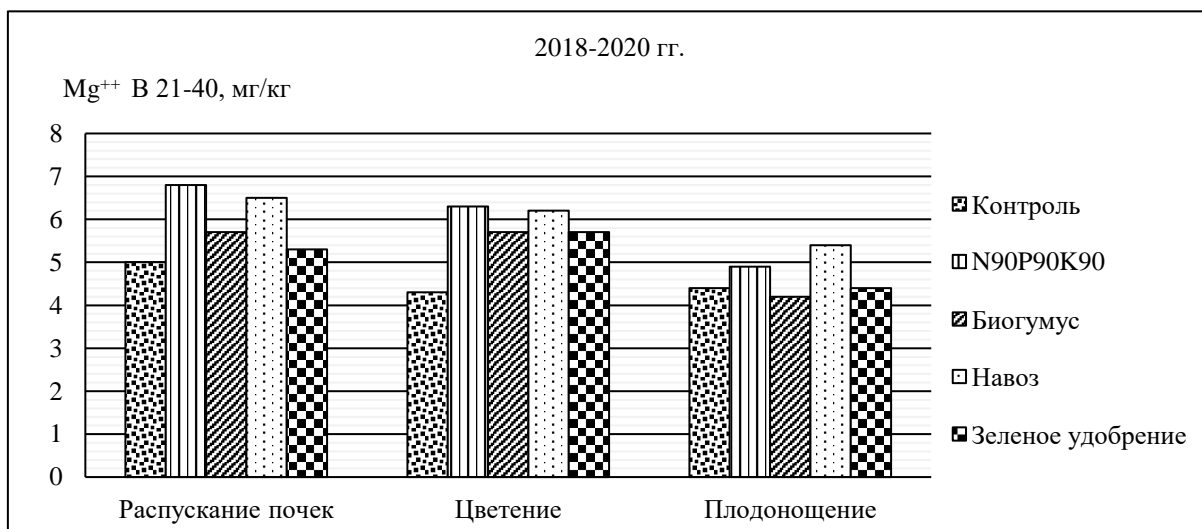
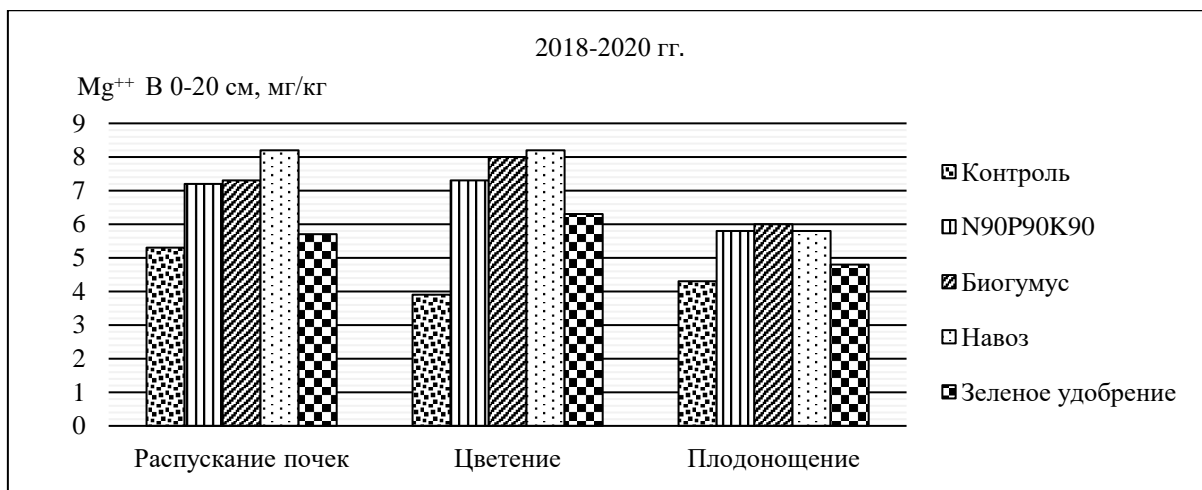


Рисунок 37 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного магния в 0-60 см слое почвы яблоневого сада в зависимости от удобрений

По данным многих исследователей содержание кальция в плодах яблок должно быть не менее 3 мг/ 100 г сырой массы. Для юга России для проявления хорошей лежкости оптимальное содержание элемента в плодах варьирует от 11,4 до 13 мг /100 г сырой массы.

*В инициативном опыте* по определению действия систем удобрения на содержание аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и калия в черноземе выщелоченном установлено, что изучаемые системы удобрения яблони способствовали изменению содержания подвижных форм элементов минерального питания, что сказалось на обеспеченности растений доступными формами питательных веществ, и далее определило уровень продуктивности растений яблони (Онищенко Л.М., Дарвеев Н., Чумаков С.С., 2019).

#### 4 ДИАГНОСТИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РОСТОВЫХ ПОБЕГАХ ЯБЛОНИ

Растительная диагностика минерального питания яблони позволяет определить влияние удобрений на условия обеспеченности растений биогенными элементами питания при монокультуре сада. Данные по содержанию валовых азота, фосфора и калия выявляют насколько рациональна используемая система удобрения культуры. В основу положены многочисленные экспериментальные данные, подтверждающие прямую зависимость между содержанием элементов питания в почве и индикаторных органах растений, в нашем случае – в листьях ростовых побегов яблони.

##### 4.1 Листовая

Растительная диагностика минерального питания растений яблони осуществлялась в наиболее критические периоды роста и развития культуры – образования плодов и плодоношения. Анализу подлежали зрелые листья ростовых побегов яблони, которые закончили рост, но активно функционировали (приложения 30 - 32).

Листовая диагностика 2018 г. показала, что используемые удобрения, улучшая питательный режим насаждений яблони, способствовали изменению содержания элементов питания в плодовых растениях. Так, на контроле, в период образования плодов и плодоношения обнаружено, что содержание азота было равно 1,6-1,4 %, фосфора – 0,28-0,26 и калия 1,1-1,0 %. Минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в этом году способствовали повышению показателей в эти периоды: азота до 2,4-2,3 %, фосфора до 0,55-0,53 и калия до 2,0-1,8 %. Биогумус, также способствовал накоплению в листьях яблони запасных питательных веществ. Содержание азота было равно 2,0-1,8 %, фосфора – 0,37-0,36 и калия – 1,9-1,7 %. Навоз и зеленое удобрение содержание азота в листья ростовых побегов яблони практически не изменяли. Показатели были определены на уровне контроля. Содержание фосфора в период образования плодов и плодоношения было выше контроля при использовании навоза на 28,5 и 26,9 % (относительные) и зеленого удобрения – 21,4

26,9 % (относительные) соответственно по периодам исследования. На этих вариантах содержание калия также имело тенденцию к повышению до 1,4 и 1,3 % (рисунок 38).

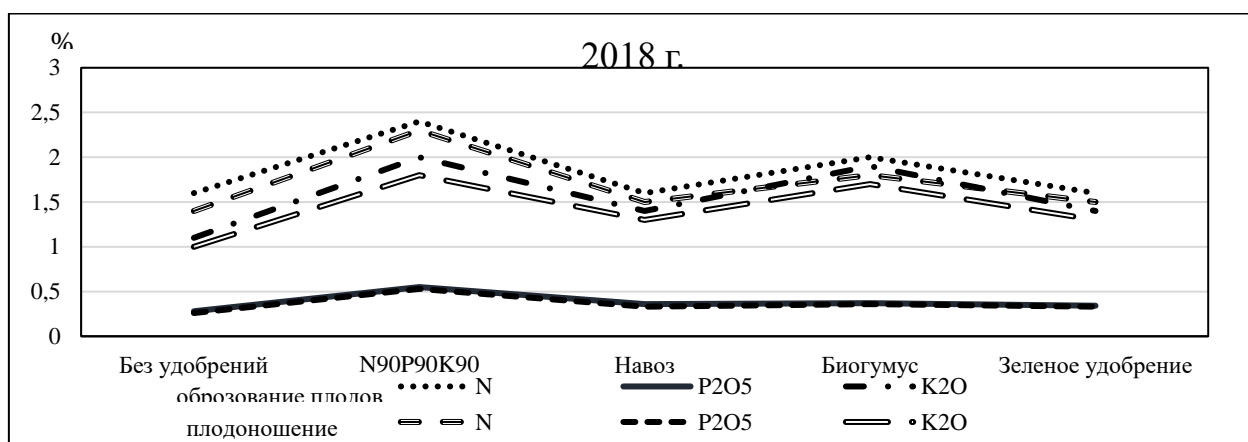


Рисунок 38 – Содержание азота, фосфора и калия в листьях побегов яблони в зависимости от используемых удобрений, % в сухом веществе, 2018 г.

Результаты листовой диагностики в период образования плодов и плодоношения 2019 г. свидетельствуют об улучшении минерального питания яблони относительно варианта без удобрений. При внесении минеральных удобрений, навоза и зеленого удобрения в период образования плодов содержание азота увеличилось и варьировало от 1,9 % до 2,4 %, содержание фосфора от 0,32 до 0,55 % и калия от 1,5 до 2,0 % (рисунок 39).

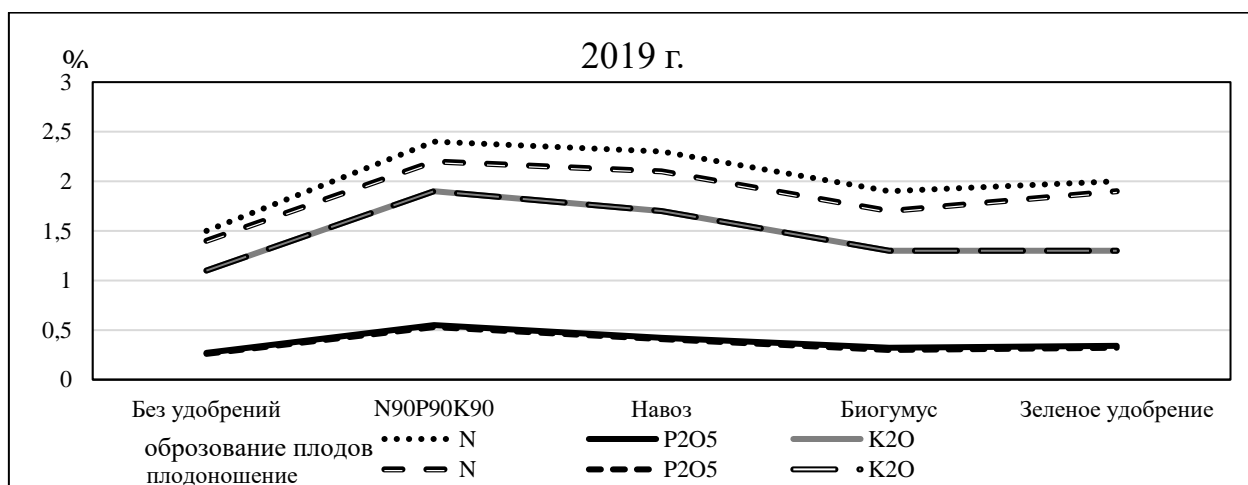


Рисунок 39 – Содержание азота, фосфора и калия в листьях побегов яблони в зависимости от используемых удобрений, % в сухом веществе, 2019 г.

При использовании биогумуса содержание определяемых элементов – азота и фосфора практически не изменялось и оставалось в пределах 2018 года. Исключением стал калий на этом варианте. Содержание калия в период

плодоношения было равно 1,3 %. Показатель снизился с 1,9 % и практически приблизился к значениям контрольного варианта – 1,1 %.

В 2020 г., наблюдая за сезонной динамикой элементов питания на удобренных вариантах, нужно отметить, что содержание азота и калия в период образования плодов было выше, чем в период плодоношения. Содержание азота изменялось в пределах от 1,9-2,3 % и калия 1,7-1,8 % (рисунок 40).

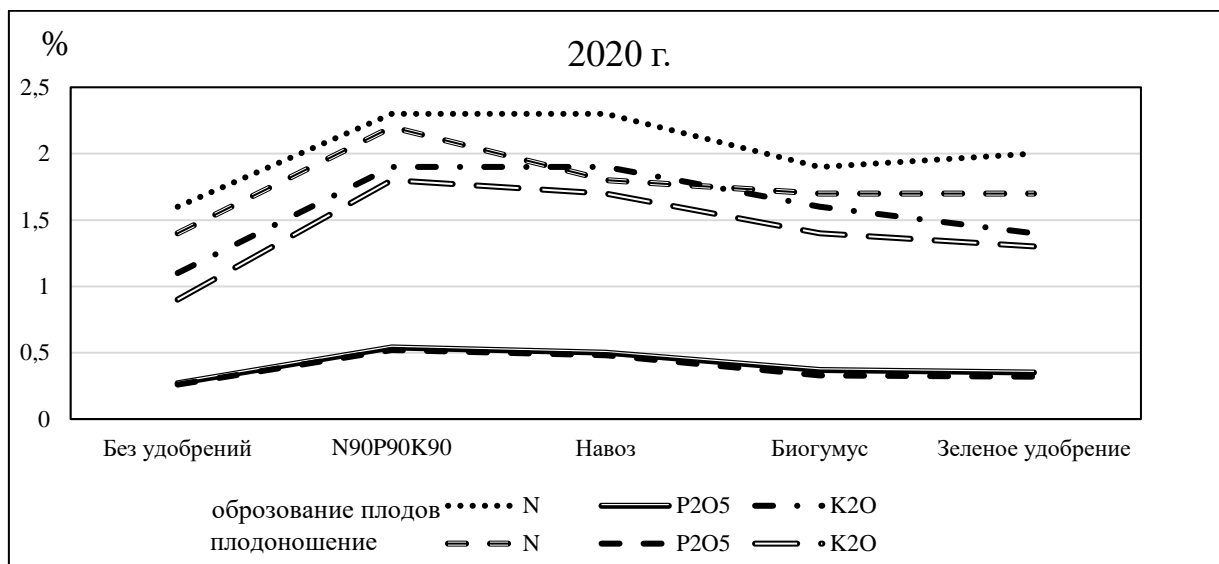


Рисунок 40 – Содержание азота, фосфора и калия в листьях побегов яблони в зависимости от используемых удобрений, % в сухом веществе, 2020 г.

В листьях ростовых побегов яблони от периода образования плодов к плодоношению уменьшалось содержание фосфора. В начале сезона показатель определялся при внесении минеральных удобрений – 0,54 %, навоза – 0,50, биогумуса – 0,37 и зеленого удобрения – 0,35 %. К периоду плодоношения содержание фосфора было равно 0,52 %; 0,48; 0,33 и 0,32 % соответственно.

Период плодоношения в насаждениях яблони этого года можно охарактеризовать как неблагоприятный. Связано это с агрометеорологическими условиями: пониженная влажность почвы вследствие отсутствия осадков, аномально жаркая температура атмосферного воздуха, что привело к увеличению температуры корнеобитаемого слоя и снижению поглощения элементов. Следует предположить, что в таких условиях обеспечение питательными веществами плодовых деревьев происходило за счет ранее запасенных.

## 4.2 Функциональная

Химический анализ листьев ростовых побегов яблони является общепринятым методом установления режима питания яблони для последующей корректировки ее системы удобрения с целью улучшения и стабилизации продукционного процесса. Однако существует еще один метод – метод функциональной диагностики листьев ростовых побегов, который позволяет расширить перечень диагностируемых элементов в наиболее критический период роста и развития древесного растения. В сезонной вегетации культуры региона это – формирование генеративного потенциала растений яблони.

Данные по функциональной диагностике листьев ростовых побегов яблони, где удобрения не применялись, свидетельствуют о выявленном недостатке фосфора (18 %), магния (4 %), марганца (4 %) (рисунок 41).

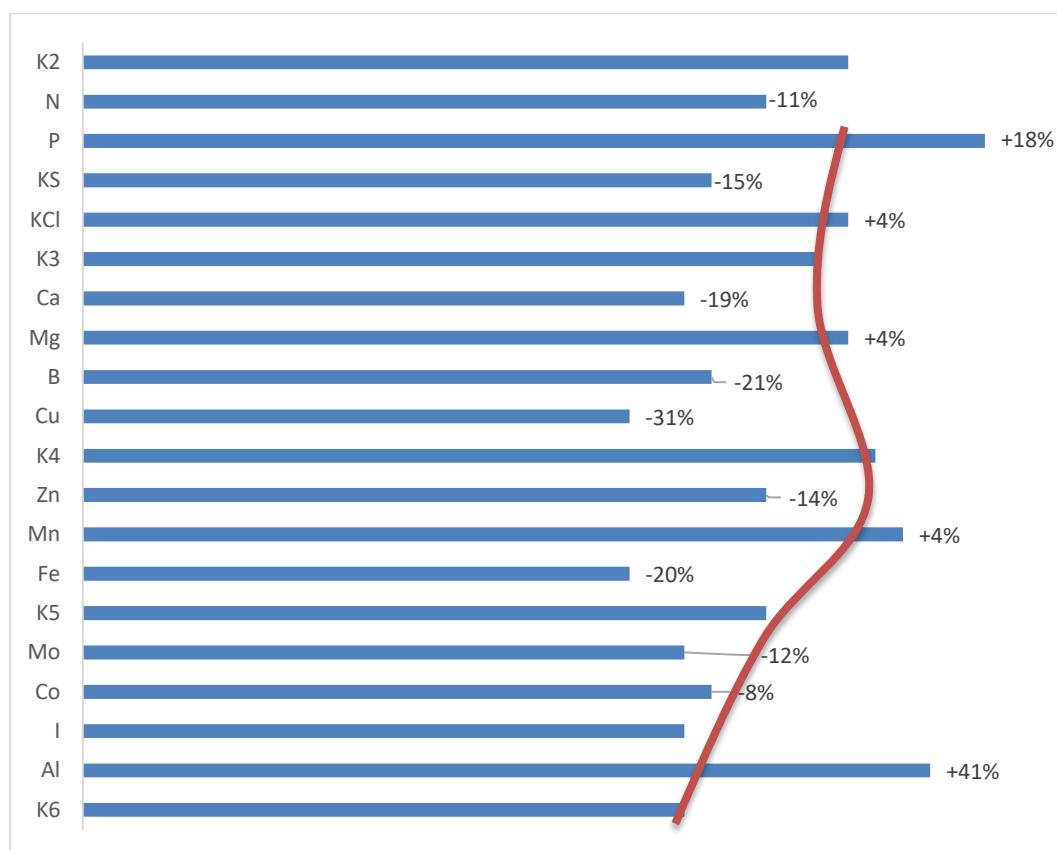


Рисунок 41 – Изменение фотохимической активности суспензии хлоропластов листьев побегов яблони без удобрений

При этом активность хлоропластов подтверждает избыток в обеспечении азотом (11 %), серой (15 %), кальцием (19 %), бором (21 %), медью (31 %), цинком (14 %), железом (20 %), молибденом (12 %) и кобальтом (8%).

Видимо, такой уровень избыточного содержания элементов свидетельствует о сниженном продукционном процессе в садовом ценозе.

По результатам функциональной диагностики листьев ростовых побегов яблони (рисунок 42), произрастающей на черноземе выщелоченном при внесении минеральных удобрений, был выявлен недостаток в содержании мезоэлементов: кальция (88 %), магния (16 %), железа (91 %), а также микроэлементов: молибдена (39 %), кобальта (29 %), йода (10 %).

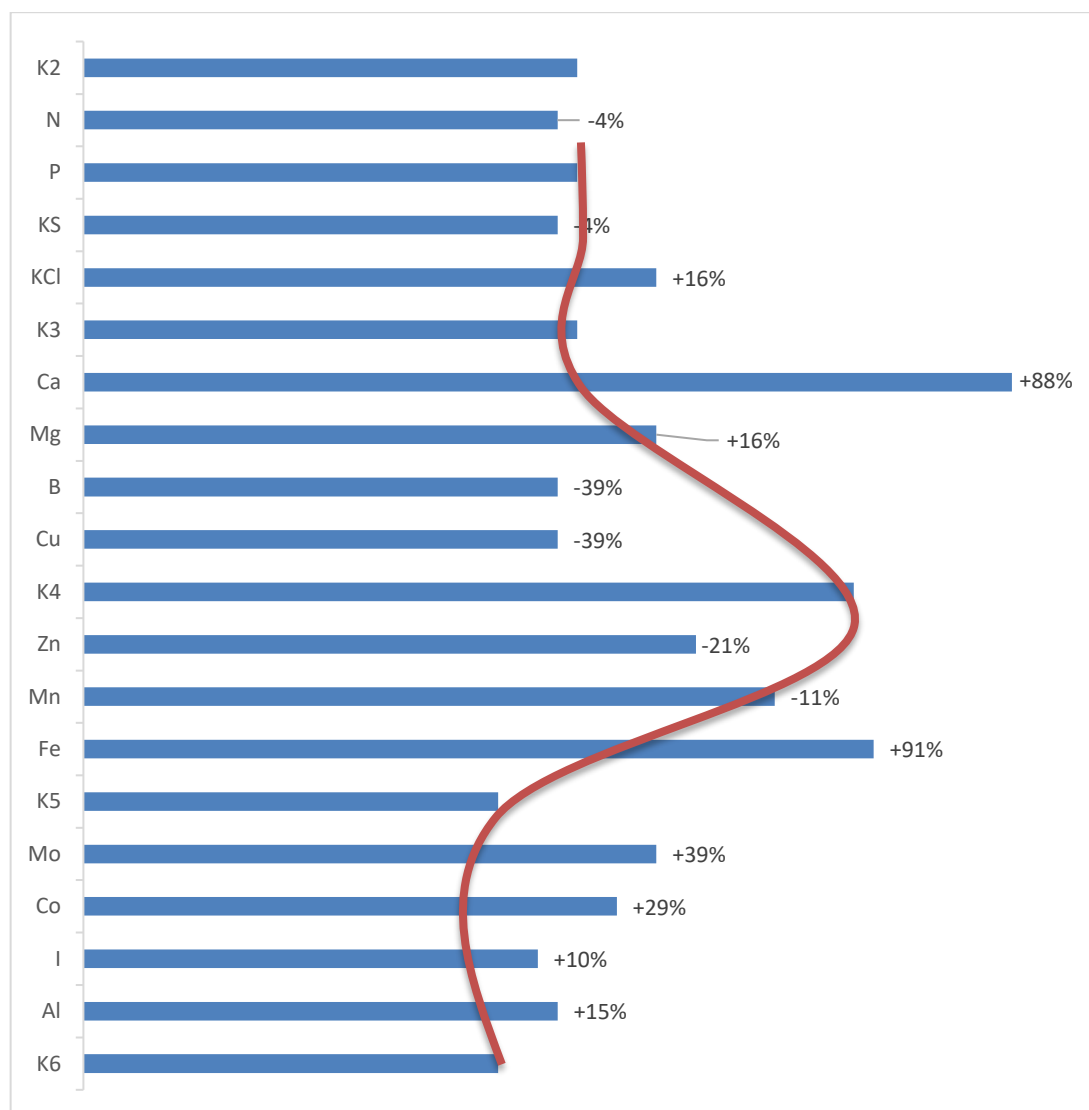


Рисунок 42 – Изменение фотохимической активности суспензии хлоропластов листьев побегов яблони при внесении минеральных удобрений

При достаточно избыточном содержании: бора (39 %), меди (39 %), цинка (21 %) и марганца (11 %). Можно предположить, что это связано с более интенсивной минерализацией почвенного органического вещества и высвобождением этих элементов питания в доступной для растений форме. При

внесении навоза в плодоносящем яблоневом саду по результатам функциональной диагностики листьев ростовых побегов деревьев был выявлен незначительный дефицит азота (5 %) при достаточно высоком недостатке фосфора (34 %), кальция (31 %), цинка (19 %), серы (13 %) и йода (22 %). Видимо, это связано с более интенсивным поглощением наиболее дефицитных элементов питания в период формирования плодов яблони. По-прежнему выявлялось повышенное содержание бора (26 %), меди (23 %), марганца (19 %), железа (40 %), молибдена (28 %) и кобальта (22 %) (рисунок 43).

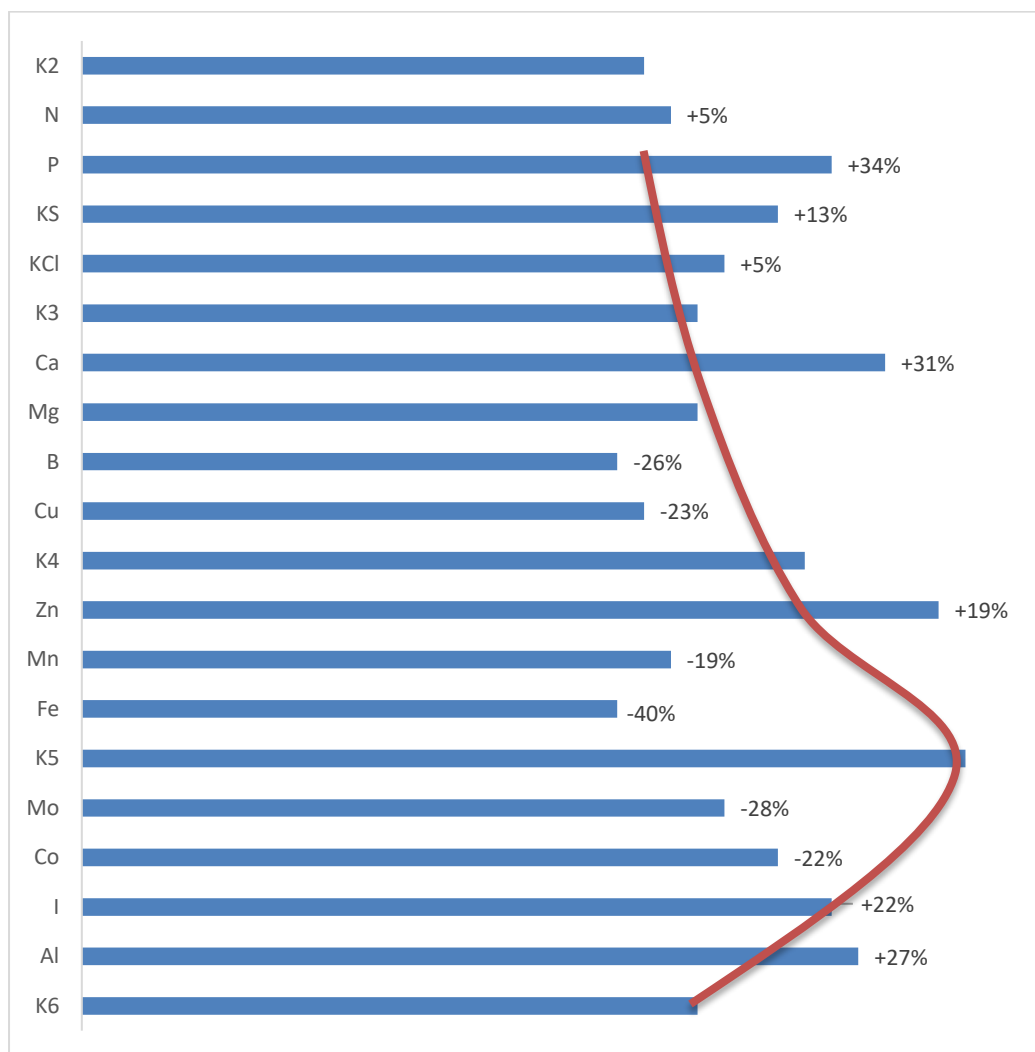


Рисунок 43 – Изменение фотохимической активности суспензии хлоропластов листьев побегов яблони при внесении навоза полупревшего

При внесении биогумуса функциональная листовая диагностика листьев растений яблони выявила недостаток: фосфора (26 %), серы (4 %), кобальта (7 %) и йода (15%).



При формировании генеративного потенциала яблони внесение биогу-муса не восполняет острый дефицит фосфора и сохраняется потребность в этом элементе. Улучшилось азотное (29 %) питание культуры. Повысилось кальциевое (15 %) и магниевое (8 %). Определялся избыток бора (31 %), меди (37 %), цинка (37 %), марганца (34 %), железа (28 %). Результаты функциональной диагностики листьев ростовых побегов яблони при внесении биогу-муса отражен на рисунок 44).

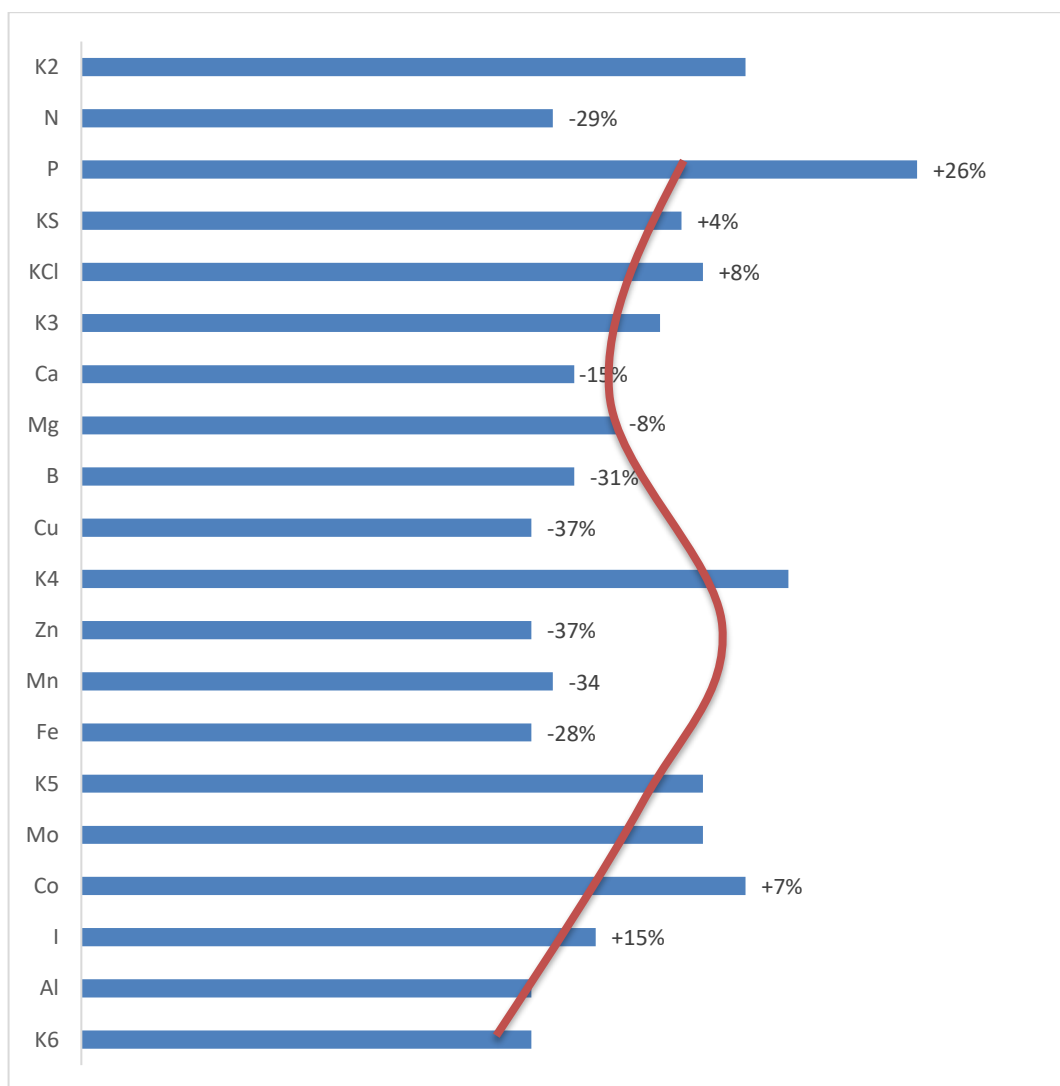


Рисунок 44 – Изменение фотохимической активности суспензии хлоропластов листьев побегов яблони при внесении биогу-муса

Использование зеленого удобрения (рисунок 43) в листьях яблони не компенсировало недостаток серы (56 %). Обнаружен острый дефицит железа (39 %), кобальта (48 %), молибдена (24 %) и незначительный – меди (7 %). По результатам функциональной листовой диагностики растений яблони бы-

ло выявлена несколько повышенная обеспеченность в яблоневом саду азотом (5 %), фосфором (5 %), кальцием (8 %), магнием (4 %), бором (4 %), но остро ощущался недостаток цинка (30 %) и марганца (24%). .

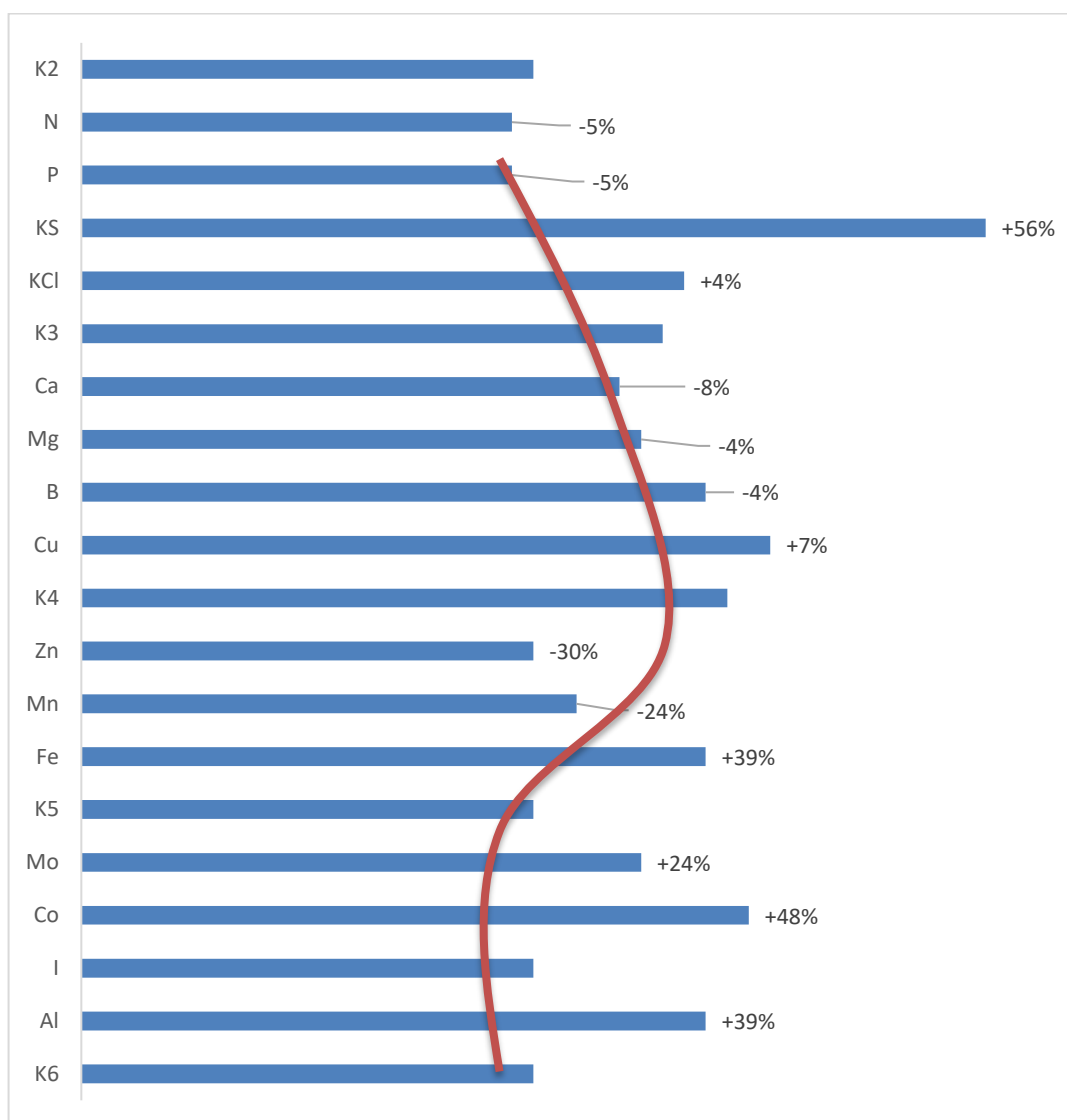


Рисунок 45 – Изменение фотохимической активности суспензии хлоропластов листьев побегов яблони при использовании зеленого удобрения

Таким образом, обобщая результаты функциональной диагностики листьев побегов яблони можно усовершенствовать систему удобрения, создавая оптимальные условия минерального питания с учетом биологических особенностей культуры и периода формирования генеративного потенциала насаждений яблони. Важно отметить, что используемые в опыте минеральные и органические удобрения в агрофитоценозе плодоносящего яблочного сада, на потребление биогенных элементов питания действовали разнона-

правлено. Плодовые деревья, под которые были внесены минеральные удобрения, в состав которых входили азот, фосфор и калий, не испытывали недостатка в этих элементах. Повышалась потребность древесных растений в мезоэлементах: кальции, магнии, сере, железе, а также и микроэлементах: молибдене, кобальте и йоде. Органические удобрения не обеспечивали в полной мере подвижным фосфором и доступной серой. Растения испытывали недостаток фосфора при внесении навоза (34 %) , биогумуса (26 %) и использовании зеленого удобрения (5 %). Дефицит серы определялся в условиях использования навоза (13 %) и биогумуса (4 %), но наибольшая ее потребность на варианте с зелеными удобрениями – (56 %). Прослеживая обеспеченность растений микроэлементами важно отметить, что при использовании минеральных удобрений, биогумуса и зеленого удобрения выявлен недостаток кобальта и йода. Биогумус и зеленое удобрение улучшали кальциевое питание растений, а навоз и биогумус способствовали оптимизации обеспеченности бором, медью, цинком, марганцем и молибденом. Очевидно, что навоз наиболее полно удовлетворял потребность плодовых деревьев в элементах питания.

### **4.3 Качество минерального питания плодовых деревьев яблони**

#### **4.3.1 Соотношение элементов в листьях ростовых побегов**

Диагностика питательного режима в плодоносящих насаждениях яблони опытного участка позволяет определять периоды (сроки), а также виды, приемы, способы и состав удобрений, который будет способствовать оптимизации минерального питания культуры. Для рационального использования удобрений также необходимо выявить качество питания, которое отражается в определении доли процента каждого элемента в их сумме – N : P : K. В литературе, в том числе и для нашего региона Н.Н. Сергеева, (2009) предложила выявленные ею оптимальные соотношения дефицитных элементов питания листьях деревьев яблони: N : P ~10,2; N : K ~1,4; N : P : K ~ 58 : 6 36.

В наших исследованиях соотношения N : P : K определяется как характерное для условий Азово-Кубанской низменности юга России. Более высо-

кая доля общего азота относительно доли фосфора и калия в листьях ростовых побегов яблони (таблица 3).

Таблица 3 – Доля каждого элемента в сумме общего содержания азота, фосфора и калия, 2018-2020 гг.

Вариант	Фаза вегетации					
	образование плодов			плодоношение		
	N:P:K					
	N	P	K	N	P	K
Без удобрений	43,7	9,4	37,0	29,1	9,5	39,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	48,5	11,1	40,4	48,6	11,7	39,7
Навоз	48,4	10,2	45,8	45,8	11,1	43,1
Биогумус	52,2	9,3	38,5	52,8	10,0	37,3
Зеленое удобрение	52,2	9,3	38,5	52,8	10,0	37,3

В фазу образования плодов в опыте без применения удобрений соотношение N : P : K = 40,9 : 9,4 : 37,0. Минеральные удобрения и навоз увеличивали долю общего азота, фосфора и калия до 48,5 и 48,4; 11,1 и 10,2; 40,4 и 45,8 соответственно. Биогумус и зеленое удобрение максимально и равнозначно повышали долю общего азота, фосфора и калия и соотношение элементов было равно 52,2 : 9,3 : 38,5. В период плодообразования соотношение N : P : K в листьях ростовых побегов сохранило свою направленность. Доля общего азота наибольшая, она варьирует от 29,2 на контроле до 52,8 при использовании биогумуса и зеленого удобрения, затем доля калия – от 39,4 без удобрений до 43,1 при внесении навоза. Доля фосфора в листьях ростовых побегов минимальная и изменяется от 9,5 на контроле до 11,7 при использовании минеральных удобрений. Таким образом, можно обобщить, что корневое (минеральное) питание древесных многолетних растений отличается избирательностью и характеризуется наибольшей долей азота, затем калия и только потом фосфора.

## 5 МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ЯБЛОНИ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ПЛОДОВ

### 5.1 Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева

Внесение удобрений положительно повлияло на утолщение стволов деревьев яблони. В 2018 г. достоверный прирост штамба яблони обнаружен от внесения навоза и биогумуса 3,1 и 2,8 см (18,2 и 16,5 %). На контроле показатель равен 17,0 см. При внесении минеральных удобрений и зеленого удобрения прирост был равен 1,0 см (5,9 %), что ниже значений достоверных различий (таблица 4).

Таблица 4– Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2018

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	17,0	-	-	10,3	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	18,0	1,0	5,9	12,5	2,2	21,4
Навоз	19,8	2,8	16,5	11,7	1,4	13,6
Биогумус	20,1	3,1	24,1	11,2	0,9	8,7
Зеленое удобрение	18,0	1,0	5,9	10,7	0,4	3,9
НСР <sub>05</sub>	1,95	–	–	2,17	–	–

Анализируя данные 2018 г. по урожайности с дерева, можно отметить, что применение навоза, биогумуса и зеленого удобрения способствовало увеличению сбора плодов с дерева в пределах достоверных различий. Урожайность плодов была равна 11,7; 11,2 и 10,7 кг/дерева, что выше контроля на 1,4; 0,9 и 0,4 кг/дерева или на 13,6; 8,7 и 3,9 % соответственно. Только использование минеральных удобрений способствовало улучшению обеспеченности дефицитными элементами питания культуры, увеличению содержания в листьях побегов яблони, и как следствие, достоверному повышению

урожайности в деревья яблони до 12,5 кг/дерева, которая на 2,2 кг/дерева была выше контроля или выше на 21,4 %.

В 2019 г. без использования удобрений окружность штамба 17,8 см. Применение минеральных удобрений, навоза и биогумуса достоверно увеличило прирост штамба на 2,1; 2,6 и 3,0 см или на 11,8; 14,6 и 16,9 % соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2019

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	17,8	-	-	9,4	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	19,9	2,1	11,8	12,2	2,8	29,7
Навоз	20,4	2,6	14,6	11,2	1,8	19,1
Биогумус	20,8	3,0	16,9	12,4	3,0	31,9
Зеленое удобрение	18,9	1,1	6,2	11,4	2,0	21,3
НСР <sub>05</sub>	1,62	-	-	1,88	-	-

Видимые изменения в приросте штамба явились результатом улучшенного питательного режима почвы вследствие используемых удобрений, более повышенного содержания элементов в листьях побегов яблони, что способствовало в 2019 г. достоверному повышению урожая плодов яблони с одного дерева. Об объективности суждения влияния удобрений на окружность штамба и тем самым на общее состояние деревьев яблони свидетельствуют прибавки урожая плодов с одного дерева. Прибавки значимы при внесении минеральных удобрений, биогумуса и зеленого удобрения и были равны 2,8; 3,0 и 2,0 кг/дерева или выше контроля на 29,7 %, 31,9 и 21,3 % соответственно. Внесение навоза также положительно повлияло на продуктивность одного дерева, но прибавка плодов составила 1,8 кг/дерева или 19,1 %, что не-

сколько не превышало наименьшую существенную разницу при 95 уровне значимости ( $НСР_{05} = 1,88$ ).

Таким образом, сравнивая влияние применяемых удобрений можно отметить, что в 2019 г. на урожай плодов яблони максимальное значение оказал биогумус, затем минеральные удобрения, зеленое удобрение и навоз.

В 2020 г. без применения удобрений окружность штамба 18,3 см. Применение минеральных удобрений, навоза и биогумуса достоверно в среднем увеличило прирост штамба на 2,3; 2,5 и 2,6 см или на 11,8; 12,3 и 11,0 % соответственно (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2020

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	18,3	-	-	10,5	-	-
$N_{90}P_{90}K_{90}$	20,6	2,3	12,6	11,8	1,3	12,4
Навоз	20,8	2,5	13,7	12,3	1,8	17,1
Биогумус	20,9	2,6	14,2	11,0	0,5	4,8
Зеленое удобрение	19,7	1,4	7,7	10,9	0,4	3,8
$НСР_{05}$	1,52	-	-	0,89	-	-

Зеленое удобрение окружность штамба деревьев яблони в среднем повышало на 1,4 см или на 7,7 %. Если сравнивать данные по влиянию навоза и зеленого удобрения на окружность штамба, можно отметить, что навоз стабильно на протяжении четырех лет исследований стабильно повышал показатель. Увеличение окружности штамба здесь определялась, соответственно по годам проведения опыта – 2,8; 2,6 и 2,5 см.

У деревьев яблони при использовании зеленого удобрения этот показатель хотя и имел тенденцию к увеличению, однако, оставался в пределах достоверных различий. В сравнении с вариантом, где использовался навоз,

он был в два раза ниже – 1,0; 1,1 и 1,4 см или 5,9; 6,2 и 7,7 %. Можно предположить, что продукты минерализации органического вещества сидерата представлены более подвижными формами элементов, чем у навоза. Эти сведения приводить С. С. Рубин (1967). В условиях же осенне-весеннего периода питательные вещества с обильными осадками могли теряться.

Использование минеральных удобрений, навоза и биогумуса достоверно влияло на среднюю урожайность плодов с дерева, и она была равна 11,8; 12,3 и 11,0 кг/дерева. Прибавка относительно контроля составила 1,3; 1,8 и 0,5 кг/дерева или 12,4; 17,1 и 4,8 %. Зеленое удобрение в 2020 г. относительно контроля обеспечивало 0,4 кг/дерева плодов яблони или 3,8 %. Средняя урожайность плодов с дерева составила 10,9 кг/дерева.

Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2021 г. отражен в таблице 7.

Таблица 7 – Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2021г.

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	18,8	-	-	9,5	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	21,0	2,2	11,7	9,8	0,3	3,2
Навоз	21,7	2,9	15,4	12,3	2,8	29,5
Биогумус	21,1	2,3	12,2	10,9	1,4	14,7
Зеленое удобрение	20,8	2,0	10,6	10,8	1,3	13,7
НСР <sub>05</sub>	1,48	–	–	0,27	–	–

Применение навоза, биогумуса и зеленого удобрения способствовало увеличению сбора плодов с дерева в пределах достоверных различий. Урожайность плодов была равна 12,3; 10,9 и 10,8 кг/дерева, что выше контроля на 2,8; 1,4 и 1,3 кг/дерева или на 29,5; 14,7 и 13,7 % соответственно.



Влияние удобрений на величину вегетативного роста плодоносящих насаждений яблони отражено в таблице 8.

Таблица 8 – Влияние удобрений на рост яблони 2018-2020 гг.

Вариант	Ежегодный прирост побегов, см	Превышение прироста над контролем		Окружность штамба, см	Превышение окружности штамба над контролем	
		см	%		см	%
Без удобрений	44,6	-	-	18,0	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	50,3	5,7	12,8	19,9	1,9	10,6
Навоз	55,3	10,7	23,3	20,7	2,7	11,5
Биогумус	58,3	13,7	30,7	20,6	2,6	14,4
Зеленое удобрение	45,5	0,9	2,0	19,4	1,4	7,8
НСР <sub>05</sub>	1,81	–	–	1,08	–	–

Ежегодный прирост побегов яблони при применении минеральных удобрений, навоза, биогумуса и зеленого удобрения равен 50,3; 55,3; 58,3 и 45,5 см, тогда как на контроле – 44,6. Увеличение прироста побегов яблони составило 12,8; 23,3; 30,7 и 2,0 %. Влиянию навоза и биогумуса на окружность штамба, можно отметить, что навоз стабильно на протяжении четырех лет исследований стабильно повышал показатель. Увеличение окружности штамба в среднем здесь определялась 2,6 и 2,7 см.

Таким образом, применение навоза имеет явное преимущество перед зеленым удобрением, которое проявляется в положительном его влиянии не только на формирование вегетативного развития растения, но и генеративного. Навоз, как известно, улучшает структуру почвы, повышая содержание агрономически ценных агрегатов. Способствует активизации биологической активности почвы, высвобождая доступные элементы для питания растений. Разложение почвенного органического вещества способствует выделению CO<sub>2</sub>, активизируя процесс минерализации, улучшая как воздушное питание древесных растений, так и минеральное.

## 5.2 Урожайность плодоносящего яблоневого сада в зависимости от удобрений

Оценка действия органических и минеральных удобрений в агрофитоценозе плодоносящего яблоневого сада показала высокую их эффективность. Применение удобрений в значительной степени определяет оптимальные условия минерального питания культуры, оказывает положительное влияние удобрений на закладку генеративных почек у растений яблони, что существенно увеличивает урожайность плодоносящих деревьев яблони в условиях Прикубанской зоны садоводства.

Мониторинг дифференциации цветковых почек, проведенный по рекомендации Dorochenko T.N., Chumakov S.S., Maksimtsov D.V. и др. (2017), в первую декаду февраля 2020 г. показал положительное влияние удобрений на закладку генеративных почек у растений яблони сорта Прима (рисунки 46, 47).



Рисунок 46 – Дифференциация генеративной почки на кольчатке яблони

Наилучшее влияние на закладку генеративных почек яблони оказали минеральные удобрения, затем биогумус, навоз и лишь только затем зеленое удобрение. Закладка генеративных почек в варианте с применением рекомендованной нормы минеральных удобрений  $N_{90}P_{90}K_{90}$  характеризовалась, как максимальная. В частности, данный показатель превышал контрольные значения более чем на 25 %. Логично предположить, что данная тенденция сохранится и в дальнейшей реализации продукционного процесса (Дарвеш Н., Дорошенко Т.Н., Онищенко Л.М., Афица Т. и Чумаков С.С., 2020).

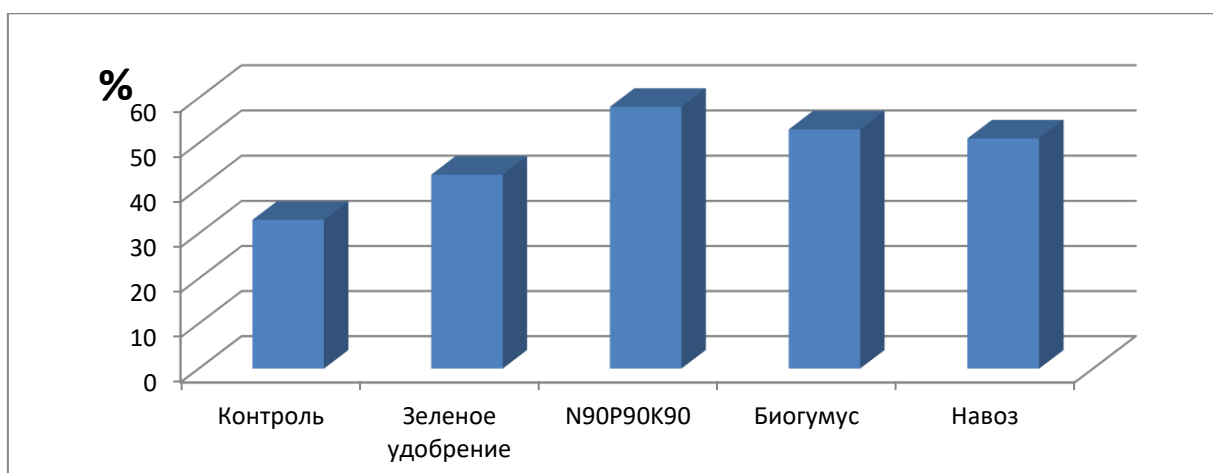


Рисунок 47 – Влияние удобрений на закладку генеративных почек яблони

В 2018 г. в Прикубанской зоне садоводства чернозем выщелоченный сверхмощный малогумусный тяжелосуглинистый очень теплый, кратковременно промерзающий характеризуется невысоким постепенно убывающим в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы содержанием общего гумуса – 3,03; 2,95 и 2,21 %. Запасы общего гумуса в слое 0 – 60 см – варьируют от 155,0 до 167,5 т/га, что позволяет получать достаточно высокий урожай плодов яблони: при внесении минеральных удобрений – 20,8 т/га, биогумуса – 19,5 т/га, полуперепревшего навоза – 18,7 и зеленого удобрения – 17,9 т/га (Дарвееш Н., Онищенко Л.М., Дорошенко Т.Н., 2019).

Средняя урожайность за два года (2018 и 2019) на контроле была равна 16,4 т/га, максимально достоверно увеличивалась средняя урожайность плодов яблони до 20,6 т/га при внесении минеральных удобрений в норме N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> на 25,6 %. Применение полуперепревшего навоза способствовало несколько меньшему увеличению урожайности. С одного дерева было собрано 11,8 кг/дерево, а средняя урожайность составила 19,7 т/га, что выше контроля на 3,3 т/га или на 20,1 %. Внесение биогумуса (10т/га) и использование зеленого удобрения сформировали среднюю урожайность (2018 и 2019) в количестве 19,0 и 18,4 т/га, прибавка урожайности плодов яблони существенна только при внесении биогумуса и она составила 2,6 т/га или 15,8 %. Использование зеленого удобрения наметило тенденцию повы-

шения продуктивности и дополнительно было получено 2,0 т/га плодов или 12,2 % соответственно (Дарвеш Н., Дорошенко Т.Н., Онищенко Л.М., Афица Т. и Чумаков С.С., 2020).

Обобщая урожайные данные по всем годам исследования (2018–2021) можно заключить, что в плодоносящих насаждениях яблони, где удобрения не применялись, средняя урожайность минимальная и была равна 16,45 т/га (таблица 9).

Таблица 9– Влияние удобрений на урожайность плодоносящих насаждений яблони

Вариант	Урожайность плодов яблони, т/га				Средняя урожай- ность т/га	Прибавка урожа т/га    %	
	2018	2019	2020	2021		т/га	%
Контроль	17,2	15,6	17,5	15,8	16,5	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	20,8	20,4	19,7	16,3	19,3	2,8	17,0
Биогумус	19,5	18,6	18,2	18,1	18,6	2,1	21,7
Навоз	18,7	20,7	20,5	20,5	20,1	3,6	21,8
Зеленое удобрение	17,9	18,9	18,1	18,1	18,3	1,7	10,3
НСР <sub>05</sub>	1,26	2,41	0,58	2,44	0,58– 2,44	-	-

Минеральные удобрения в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> увеличивали количество снимаемых плодов с дерева до 11,8 кг/дерева, и урожайность за годы проведения опыта достоверно повысилась до 19,6 т/га, что выше контроля на 3,0 т/га или на 17,8 %. Урожайность плодов яблони, полученных при использовании полуперепревшего навоза – 20,1 т/га. Прибавка – 3,2 т/га или 18,9 %. Несколько меньше плодов яблоч относительно варианта с минеральными удобрениями получено при использовании биогумуса – 18,6 т/га, но это выше контроля на 10,1 %. Зеленое удобрение обеспечивало прибавку менее чем две тонны. Урожайность составила 18,2 т/га или на 7,7 % выше контроля.

Таким образом, по результатам исследования видно, что наибольшая прибавка урожая плодов яблони получено при внесении навоза полуперепревшего, затем в пределах достоверных различий проявляется действие минеральных удобре-

ний. После положительно сказывается применение биогумуса и лишь потом использование зеленого удобрения.

В инициативном опыте (2016-2017) при установлении действия систем удобрения на урожайность плодов растений яблони установлено улучшение питательного режима почвы – содержания аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и калия в черноземе выщелоченном, что и определило более высокую продуктивность яблоневого сада (Онищенко Л.М., Дарвеш Н., Чумаков С.С., 2019).

Урожайность плодов яблони в 2016 г. достоверно повышается от применения органической (31%) минеральной (21,4%), но наилучшее действие оказала органоминеральная (56,7%) система удобрения культуры и здесь получено 22,7; 24,5 и 29,3 т/га соответственно (таблица 10).

Таблица 10 – Продуктивность растений яблони при различных системах удобрения, 2016- 2017 гг. (Л.М. Онищенко, Н. Дарвеш, С.С. Чумаков, 2019

Вариант	Средняя масса, г	Урожайность, кг/дерева	Урожайность, т/га	
			2016	2017
Контроль	65	15,5	18,7	25,8
НПК*	74	19,6	22,7	32,7
Биогумус**	80	18,2	24,5	30,3
Биогумус+НПК ***	90	23,4	29,3	38,9
НСР <sub>05</sub>	5,9	1,27	3,79	3,84

Система удобрения: \* – минеральная; \*\* – органическая; \*\*\* – органоминеральная.

На контроле было получено 18,7 т/га. При этом сбор яблок на этих вариантах с одного дерева составил 18,2; 19,6 и 23,4 кг/д., тогда как на контроле урожайность была равна 15,5 кг/д. Таким образом, в наиболее критический период роста и развития растений яблони, исследуемые системы удобрения существенно улучшали физико-химические свойства чернозема выщелоченного, что позволило сформировать высокий урожай плодов яблони (Дарвеш Н., 2018).

В 2017 г на контроле было получено 25,8 т/га. Урожайность плодов яблони достоверно повышается от применения органической (17,4 %), ми-

неральной (26,7%), но наилучшее действие оказала органоминеральная (50,8 %) система удобрения культуры и на обозначенных ранее вариантах получено 25,8; 30,3 и 32,7 т/га соответственно. При этом сбор яблок на этих вариантах с одного дерева составил 18,2; 19,6 и 23,4 кг/д., тогда как на контроле урожайность была равна 15,5 кг/д. Анализируя товарные качества яблок, – среднюю массу плодов, следует отметить, что на их формирование система удобрения в агроценозе яблони оказала положительное влияние. Средняя масса плодов на контроле – 65 г, при минеральной, органической и органоминеральной системах удобрения яблони она выше на 13,8; 23,1 и 38,5 % и равна 74; 80 и 90 г соответственно (Дарвеш Н., 2018).

Для того чтобы выявить и рекомендовать производству элемент агротехнологии – удобрения для плодоносящего яблоневого сада, выращиваемого по традиционной технологии, необходимо определить агрономическую эффективность действия. Таким показателем может служить ресурс плодоношения – суммарная урожайность за период исследования.

В агрономическом плане исследуемые удобрения можно расположить к ряду по суммарной урожайности: навоз полуперепревший – 79,5 т/га; минеральные удобрения – 77,6; биогумус – 75,0 и зеленое удобрение – 72,8 т/га.

### **5.3 Качество плодов яблони**

На основании определения содержания сахара в плодах яблони установлено, что показатель изменялся в зависимости от применяемых удобрений в 2019 и 2020 гг. (таблица 11).

Необходимо отметить, что в первый год исследований (2018) не выявлено закономерностей влияния удобрений на содержание сахара в плодах яблони. Можно предположить, что это связано биологической особенностью многолетних плодовых культур. Весной при возобновлении вегетации растения яблони начинают удовлетворять свои потребности в элементах минерального питания за счет запасов пластических и минеральных веществ, созданных растениями в предыдущем году.

Таблица 11 – Содержание сахара в плодах яблони в зависимости от удобрений

Вариант	Содержание сахара, %			
	2018	2019	2020	Среднее
Контроль	10,7	14,0	14,00	12,9
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	10,1	14,0	17,00	13,7
Биогумус	11,0	14,9	16,40	14,1
Навоз	10,7	14,8	17,00	14,2
Зеленое удобрение	10,9	14,0	16,00	13,6
НСР <sub>05</sub>	0,43	0,75	0,67	0,43-0,75

Можно предположить, что это связано с тем, что в период начала вегетации, а именно при распускании почек у деревьев яблони, когда поверхностный слой воздуха прогрелся быстрее, способствуя началу роста надземной части древесных растений, и возникает потребность в элементах питания. Однако, корневая система еще их не поглощает, так как почва прогревается медленнее и не способна обеспечивать их корневое питание. Поэтому мы не определяем действие удобрений на качество плодов яблоч.

Анализируя средние значения по содержанию сахара плодов яблони в зависимости от используемых удобрений, можно констатировать, что минеральные удобрения в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, биогумус, навоз и зеленое удобрение способствовали повышению показателя на 6,2 %; 9,3; 10,1 и 5,4% соответственно, и он был равен 13,7; 14,1; 14,2 и 13,6 %. Минимальное значение содержания сахара в плодах яблони на контроле – 12,9 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате исследований на юге Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья в плодоносящем яблоневом саду, выращиваемом на черноземе выщелоченном сверхмощном тяжелосуглинистом очень теплом, кратковременно промерзающем установлено, что почва относилась к слабогумусному виду и характеризовалась благоприятными физико-химическими свойствами, невысоким, постепенно убывающим по 0–20; 21–40 и 41–60 см слоям содержанием общего гумуса – 3,03; 2,95 и 2,21 %. Запас гумуса в слое 0–60 см изменялся от 155,0 до 167,5 т/га. Кислотность активная ( $pH_{H_2O}$ ) и обменная ( $pH_{KCl}$ ) в исследуемых слоях почвы с глубиной отбора образцов имела тенденцию к убыванию при значениях – 6,7; 6,7; 7,0 и 5,8; 5,9 и 6,1 единиц pH соответственно. Гидролитическая кислотность – 2,53; 2,52; 2,45 мг-экв./100 г. Сумма обменных оснований и степень насыщенности почвы основания в исследуемых горизонтах почвы – 35,0–44,2 мг-экв./100 г почвы; 92,3–94,8 % соответственно.

До закладки опыта на контроле содержание углерода органического вещества в слоях чернозема выщелоченного 0–20, 21–40 и 41–60 см составило 1,78; 1,71 и 1,29 %, отношение углерода гуминовых кислот (ГК) к фульвокислотам (ФК), соответственно, 1,15; 1,13 и 1,12 %, сумма гуминовых кислот – 25,6; 26,1 и 27,1%, а сумма фульвокислот – 22,7; 23,1 и 24,1 % от общего углерода.

2. Применение органических удобрений в плодоносящих насаждениях яблони способствует сохранению почвенного органического вещества. Навоз полупревший относительно контроля способствовал 0-20; 21-40 и 41-60 см в слоях почвы повышению содержания углерода гумусовых веществ, увеличению доли суммы гуминовых кислот на 41,8; 18,4; 8,1 %, улучшению отношения  $C_{ГК} : C_{ФК}$  – 1,88; 1,75 и 1,83, а в нижних слоях почвы – 21-40 и 41-60 см снижению суммы фульвокислот на 30,5 и 50,6 %.

Использование сидератов в опыте повышало относительно контроля содержание углерода органического вещества до 1,86; 1,75 и 1,29% и отно-



шение углерода гуминовых кислот (ГК) к фульвокислотам (ФК) – до 1,46; 1,44 и 1,55 %, а также увеличивало сумму гуминовых кислот на 25,8 и 10,7 и 4,7 %, при снижении количества суммы фульвокислот на 2,7; 14,9 и 39,3 %.

Биогумус относительно варианта без удобрений увеличивал сумму гуминовых кислот только в верхних слоях почвы на 9,7 и 3,1 % (относительные проценты). В слое отбора проб почвы – 41-60 см напротив происходит снижение суммы ГК и ФК на 5,4 и 30,8 % соответственно.

Минеральные удобрения, способствуя незначительному увеличению в 0-20 и 21-40 см слоях почвы сумм гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) кислот, при этом уменьшали сумму негидролизуемых веществ и относительно первоначальных значений показателей ухудшали соотношения  $C_{ГК} : C_{ФК}$  до 1,09 и 1,04 соответственно.

3. Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в почве уменьшалось вниз по профилю почвы. Для динамики содержания обменно-поглощенного аммонийного азота характерно повышение показателя к периоду цветения яблони под влиянием вносимых удобрений. Средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммонийного азота без применения удобрений очень низкое – 5,6; 3,8 и 3,0 мг/кг. Минеральные и органические удобрения повышали показатель в 0-20; 21-40 и 41-60 см слое – 11,6; 10,8; 6,4 и 10,8; 10,0; 6,6 мг/кг соответственно.

Распределение  $N-NO_3$  по слоям почвы 0–20; 21–40 и 41–60 см было неравномерным и зависело от потребления элемента культурой и гидротермических условий. Средневзвешенное содержание нитратного азота в почве повышалось от периода покоя – распускания почек (6,3; 8,2; 5,6 мг/кг) к периоду цветения яблони (11,5; 13,3; 9,8 мг/кг).

В яблоневых насаждениях удобрения способствовало биологическому закреплению азота, снижению содержанию нитратов и увеличению обменно-поглощенного аммонийного азота в зоне максимального распространения корневой системы яблони. В период покоя–распускания почек яблони в 0–20; 21–40 и 41–60 см слоях почвы соотношение  $N-NH_4 : N-NO_3$ , было следующим:

$N_{90}P_{90}K_{90}$  – 1 : 0,7; 1 : 0,6; 1 : 0,4, зеленое удобрение – 1 : 0,4; 1 : 0,6; 1 : 0,3 и навоз – 1 : 0,4; 1 : 0,6; 1 : 0,5. В период цветения яблони соотношение  $N-NH_4$  :  $N-NO_3$  изменилось в сторону приоритетного питания деревьев яблони азотом в нитратной форме — 1 : 1,7; 1 : 1,9; 1 : 1,6 соответственно по слоям почвы.

Наибольшее содержание подвижного фосфора сосредоточено в 0–20 см слое почвы. Прослеживается аккумулятивный тип профильного распределения элемента. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном в слоях 0-20 см – повышенное (33-39 мг/кг сухой почвы); 21-40 – среднее (22-27 мг/кг сухой почвы) и 41-60 см – низкое (14-15 мг/кг сухой почвы). Внесение  $N_{90}P_{90}K_{90}$  и навоза полуперепревшего максимально повышало средневзвешенный показатель в слое почвы 0-20 см до высокого: в период распускания почек до 46-57 мг/кг сухой почвы, цветения – 54-58 и плодоношения 47-57 мг/кг сухой почвы.

Удобрения положительно воздействовали на уровень калийного питания культуры. Уровень обеспеченности деревьев яблони доступным калием - высокий и повышенный. Навоз полуперепревший в слоях 0-20; 21-40 и 41-60 см почвы в фазу распускания почек повышал содержание обменного калия – 13,9; 19,0 и 6,1 %, цветения деревьев яблони – 19,1; 14,6 и 8,6 %, плодоношения – 12,5; 19,1 и 7,7 % соответственно. Закономерность динамики содержания обменного калия – показатель заметно уменьшался к цветению относительно первоначального его содержания, а в период плодоношения яблони выявляется повышение концентрации обменного калия в почве.

Интенсивные атмосферные осадки, потребление обменного кальция и магния древесными растениями яблони способствовали неравномерному распределению обменного кальция и магния в 0-60 см слое чернозема выщелоченного. Содержание этих элементов увеличивалось с глубиной отбора проб. Наилучшие условия по обеспеченности культуры подвижным кальцием определены в 41-60 см слое почвы при внесении навоза, минеральных удобрений, зеленого удобрения и биогумуса – 21,8; 22,4; 23,4 и 21,8 мг/кг сухой почвы соответственно. Навоз максимально увеличивали показатель на 55,8, мине-

ральные удобрения на 38,5 %, биогумус на 40,4% и несколько меньше зеленое удобрение – 21,2 %.

4. Листовая диагностика свидетельствуют об улучшении минерального питания яблони относительно варианта без удобрений. Навоз полупревший, минеральные удобрения и зеленое удобрение в период образования плодов увеличивали содержание азота от 1,9 % до 2,4 %, фосфора от 0,32 до 0,55 % и калия от 1,5 до 2,0 %.

Функциональная диагностика листьев ростовых побегов яблони при внесении минеральных удобрений показала недостаток в содержании кальция (88 %), магния (16 %), железа (91 %), молибдена (39 %), кобальта (29 %), йода (10 %). Внесенный навоз не устранил незначительный дефицит азота (5 %), биогумус фосфора (26 %), серы (4 %), кобальта (7 %) и йода (15%). Зеленое удобрение в листьях яблони не компенсировало недостаток серы (56 %), железа (39 %), кобальта (48 %) и молибдена (24 %).

О качестве питания яблони можно судить по доле процента каждого элемента в их сумме – N : P : K. Для условий юга Азово-Кубанской низменности свойственна более высокая доля общего азота относительно доли фосфора и калия в листьях ростовых побегов яблони. Минеральные удобрения и навоз увеличивали долю общего азота (48,5 и 48,4), фосфора (11,1 и 10,2) и калия (40,4 и 45,8) соответственно. Биогумус и зеленое удобрение максимально и равнозначно повышали долю общего азота, фосфора и калия и соотношение элементов было равно 52,2 : 9,3 : 38,5. В период плодообразования соотношение N : P : K в листьях ростовых побегов сохранило свою направленность.

5. Органические удобрения существенно улучшали обеспеченность плодоносящих насаждений яблони биогенными элементами питания и способствовали стабилизации и повышению урожайности. В среднем наибольшая урожайность плодов яблони, получена при использовании полупревшего навоза – 20,1 т/га. Прибавка – 3,2 т/га или 18,9 %. Применение минеральных удобрений и биогумуса – 19,6 и 18,6 т/га, что выше контроля

на 17,8 и 10,1 %. Урожайность от применения зеленого удобрения составила 18,2 т/га, что на 7,7 % выше контроля.

Агрономическая эффективность – суммарная урожайность за период исследования (2018-2021): навоз полуперепревший – 79,5 т/га; минеральные удобрения – 77,6; биогумус – 75,0 и зеленое удобрение – 72,8 т/га.

Содержание сахара в плодах яблони повышалось при использовании навоза, минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , биогумуса и зеленого удобрения и было равно 14,2; 13,7; 14,1 и 13,6 % соответственно.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При длительной монокультуре плодовых насаждений яблони сорта Прима подвой М 9 необходимо проводить мониторинг показателей плодородия почвы. Почвенная и растительная диагностики позволят определить уровень обеспеченности растений наиболее дефицитными элементами питания для принятия решения о применении удобрений.

2. Снижающийся во времени уровень содержания доступных элементов питания в черноземе выщелоченном в плодоносящих насаждениях яблони, выращиваемых по традиционной технологии, можно компенсировать внесением навоза полупревшего в дозе 30 т/га. Это позволит повысить ресурс плодоношения – суммарную урожайность.

3. На основании проведенных исследований рекомендуется в условиях юга Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья для предотвращения снижения эффективного плодородия чернозема выщелоченного необходимо вносить органические удобрения – навоз (30 т/га) или биогумус (10 т/га) или применять зеленое удобрение, которые положительно влияют на содержание почвенного органического вещества (более 3 %), групповое состояние гумуса ( $C_{гк} : C_{фк}$  – 1,88; 1,75 и 1,83), а также на качество питания растений яблони – долю общего азота (48,5 и 48,4), фосфора (11,1 и 10,2) и калия (40,4 и 45,8) в листьях ростовых побегов яблони.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев В.В., Подколзин А.И., Динякова С.В. Планирование, методология, методика модификации длительных опытов с удобрениями и математико-статистические методы обработки экспериментальных данных. Методические указания. Ставрополь.: СтГАУ, 2007. 384 с.
2. Агрохимические методы исследования почв / под ред. Соколова А.В. – М.: наука, 1975. – 656 с.
3. Адрианов, С. Н. Изменение содержания подвижных фосфатов и степени их подвижности в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от уровня применения минеральных удобрений, навоза и известкования / С. Н. Адрианов // Агрохимия. 2000, № 10. –С. 5-14.
4. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. Л., 1980. – 287 с.
5. Андрианов, С. Н. Формирование фосфатного режима дерново-подзолистых почв в разных системах удобрений / С. Н. Андрианов. – М.: ВНИИА, 2004. – 296 с.
6. Атлас лучших сортов плодовых и ягодных культур Краснодарского края. Т. 1. Яблоня. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ Россельхозакадемии, 2008. – 104 с.
7. Бабарина, Э. А. Действие длительного применения органических и минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой супесчаной почв / Э. А. Бабарина, Л. М. Жукова, Л. К. Шевцова // Агрохимия № 5, 1987. – С. 47-52.
8. Багринцева, В. Н. Влияние удобрений на фосфатный режим каштановой почвы Ставропольского края / В. Н. Багринцева, Н. Н. Крестьянинова, Н. А. Ходжаева // Агрохимия. 2000, № 6. – С. 5-9.
9. Багринцева, В. Н. Содержание гумуса в каштановой почве в зависимости от севооборота и удобрения / В. Н. Багринцева, Н. Н. Крестьянинова, Н. А. Ходжаева // Агрохимия. 2000, № 3. –С. 12-15.

10. Балаев, А. Д. Трансформация органического вещества черноземных почв под влиянием длительного применения различных систем обработки и удобрения / А. Д. Балаев., М. В. Гаврилюк., В. Н. Недбаев // Вестник Курской ГСХА, № 1. 2015 . – С. 47-49.
11. Берзин, А. М. Использование зеленых удобрений в Красноярском крае / А. М. Берзин, А. А. Шпедт // Агрохимия. 2001, № 5. – С. 27-32.
12. Беседита Т.Д. Плодородие почв в садах при дерново-перегнойной системе содержания во влажных субтропиках: Автореф. дис. . канд. с.-х наук. – Сочи, 1986. – 22 с.
13. Блажний, Е. С. Черноземы Западного Предкавказья /Е. С. Блажний, Ф. Я. Гаврилюк, В. Ф. Вальков, Н. Е. Редькин / Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ). – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 5-58.
14. Бойтон, Д. Минеральное питание плодовых и ягодных культур / Д. Бойтон Пер. с англ. З. А. Метлицкого и Л. Ф. Блинова. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 520 с. (С. 25– 89).
15. Болотин, С. Н. Исследование трансформированности почв земель сельскохозяйственного назначения методом ЭПР спектроскопии / С. Н. Болотин, Т. Ф. Бочко, Л. С. Федючок // Рисоводство, – 2020. – № 1 (46). – С. 44 – 50.
16. Будаговский, В.И. Культура слаборослых плодовых деревьев / Будаговский В. И. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
17. Бузоверов, А. В. Изменение гумусного состояния и питательного режима почвы в садовом агрофитоценозе в течение жизненного цикла / А. В. Бузоверов, В. П. Попова, Н. Г. Пестова. – СКЗНИИСиВ. – Краснодар, 1992. – 11 с.
18. Бузоверов, А. В. Оптимизация почвенного плодородия в садах Западного Предкавказья: автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук / А. В. Бузоверов.– Краснодар, 1998.– 48 с.

19. Бутенко, М. С. Влияние вермикомпоста на азотный режим агросерой почвы и урожайность зерновых культур / М. С. Бутенко, О. А. Ульянова // Агрохимия, 2019, № 1, – С. 11–18.
20. Вальков, В.Ф. Почвы юга России / В.Ф. Вальков, Т.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во Эверест, 2008. – 276 с.
21. Вальков, В. Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин и др. – Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 1995. – 192 с.
22. Вальков, В. Ф. Почвы Юга России / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов н/Д: Эверест, 2008. – 216 с.
23. Вальков, В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений / В. Ф. Вальков. – М.: Агропромиздат, 1986. – 342с.
24. Вашукевич, Н. В. Оценка изменения качественного состава органического вещества агросерых почв Предбайкалья в условиях многолетних опытов / Н. В. Вашукевич, И. В. Баниева. Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно преобразованных экосистем [Электронный ресурс] : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; [под ред. Н. И. Граниной]. – Иркутск, 6–10 сентября 2016. – С. 348-355
25. Власенко, В. П. Деграционные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования: моногр. / В. П. Власенко, В. И. Терпелец – Краснодар, 2012. – 204 с.
26. Возняковская Ю.М. Биологические показатели как индикаторы состояния почвенного плодородия / Ю.М. Возняковская // Микробиологические аспекты охраны среды обитания в условиях интенсивного земледелия: Труды ВНИИ с.-х микробиологии. Л., – 1990. – Т.60. – С. 9-16.
27. Возняковская Ю.М. Микробиологические аспекты плодородия черноземов Поволжья / Ю.М. Возняковская, Ж.П. Попова, Ю.Ф. Кудрякова и др. // Почвоведение. 1990. – №7. – С. 67-74.



28. Возняковская Ю.М. Микробиологические основы экологической системы земледелия / Ю.М. Возняковская // *Агрохимия*. 1995. – №5. – С. 115-125.
29. Володин В.М. Новые принципы оценки эффективности системы земледелия / В.М. Володин, Р.Ф. Еремина // *Агроэкологические принципы земледелия / Сб. научн. трудов ВНИИЗиЗПЭ. М. : Колос, 1993. – С. 28-32.*
30. Волынкин, В. И. Изменение почвенного плодородия при длительном применении удобрений в Курганской области / В. И. Волынкин, О. В. Волынкина, А. Н. Копылов // *Агрохимия*, 2019, № 8, – С. 3–13.
31. Гаврилук, Ф. Я. Черноземы Западного Предкавказья / Ф. Я. Гаврилук. – Харьков: Харьковский госуниверситет им. А. М. Горького, 1955. – С. 12– 50.
32. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков // *Рос. акд с.-х. наук, Сиб. отд-ние. Новосиб. гос. аграр. уни-т. – Новосибирск, 2013. – 790 с.*
33. Гамзиков, Г. П. Изучение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Г. П. Гамзиков, М. Н. Кулагина. М., 1992. – 48 с.
34. Гасанова, Е. С. Изменение элементного состава гуминовых кислот чернозема выщелоченного под влиянием удобрений и мелиоранта на примере культур / Е. С. Гасанова, Н. Г. Мязин, К. Е. Стекольников // *Агрохимия*, 2018, № 11, – С. 27–32.
35. Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 242 с.
36. Головкин, Э.А. Влияние внесения органических веществ на азотный режим, состав микрофлоры торфяной почвы и урожай растений / Э. А. Головкин, В. Н. Переверзев, Н. С. Алексеева // *Агрохимия* № 3, 1967. – С. 35-43.

37. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.19930 – М.: Издательство стандартов, 1992. – 5 с.
38. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИАНО. – Введ. 01.07. 1993. – М.: .: Издательство стандартов, 1992. – 7 с.
39. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.07.1993. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
40. ГОСТ 26488–85 Почвы. Определение нитратов.
41. ГОСТ 26489–85 Почвы. Определение обменного аммония.
42. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 01.07.1987. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 7 с.
43. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – Введ. 01.01.1990. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 5 с.
44. ГОСТ 29269–91. Почвы. Общие требования к проведению анализов. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с.
45. ГОСТ 26423-26428-85. Определение катионно-анионного состава водной вытяжки. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 39 с.
46. Грюммер Г. Взаимное влияние высших растений Аллелопатия / Г. Грюммер. – М.: Иностранная лит-ра, 1957. – 261 с.
47. Дарвееш, Н. Органическое веществв чернозема выщелоченного в яблоневых насаждениях в зависимости от удобрений / Н. Дарвееш, Л.М. Онищенко, И.А. Булдыкова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2021. – т. 58. – № 3. – С. 40-48.
48. Дарвееш, Н. Биологическая и экономическая эффективность применения удобрений в яблоневом саду Прикубанской зоны плодводства / Н. Дарвееш, Л. М. Онищенко, Ю. А. Герман // Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конфе-

ренции, посвященной 310-летию Й. Г. Валлериусу и 90-летию академика Е. В. Никифоровича. Вып. 20. 2019. – С. 109-113.

49. Дарвееш, Н. Влияние систем удобрения на продуктивность растений яблони в условиях юга России / Н. Дарвееш. Перспективные технологии в области производства, хранения и переработки продукции растениеводства. Сб. матер. X Всероссийской конференции молодых ученых, 20 августа – 20 сентября 2018 года. Краснодар: СКФНЦ СВВ 2018 г.– С. 14-15.

50. Дарвееш, Н. Действие органических удобрений на черноземе выщелоченном в насаждениях яблони / Н. Дарвееш. Всероссийская конференция молодых ученых. Краснодар : КубГАУ 2019. – С. 6-7.

51. Дарвееш, Н. Минеральное питание яблони в условиях чернозема выщелоченного Прикубанской зоны плодоводства / Н. Дарвееш, Л.М. Онищенко. Сборник тезисов по материалам II научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума. Краснодар : КубГАУ 2018. – С.4-6.

52. Дарвееш, Н. Органическое вещество чернозема выщелоченного в яблоневых насаждениях в зависимости от удобрений / Н. Дарвееш, Л. М. Онищенко, И. А. Булдыкова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 58. – № 3. – С. 40-48.

53. Дарвееш, Н. Почвенно-агрохимические характеристики чернозема выщелоченного в агроценозе яблони юга России / Н. Дарвееш, Л.М. Онищенко, Т. Н. Дорошенко. С международным участием Всероссийская научная конференция «Актуальные проблемы устойчивого развития агроэкосистем (почвенные, экологические, биоценоотические аспекты)». 7-11 октября 2019 г. ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта. – С. 317–320.

54. Дарвееш, Н. Почвенное органическое вещество как фактор повышения урожайности яблоневых насаждений на Юге России / Н. Дарвееш, Л.М. Онищенко, Т.Н. Дорошенко, Ю.А. Герман, С.С. Чумаков // Рисоводство. № 4.2021. – С. 43-47.

55. Дарвееш, Н. Пути повышения продуктивности плодоносящих деревьев яблони в условиях Прикубанской зоны садоводства / Н. Дарвееш, Т.Н. Дорошенко, Л.М. Онищенко, Т. Аффифа, С.С.Чумаков. Сб. науч. тр. по материалам международной научной экологической конференции. 2020. Краснодар: КубГАУ. – С. 82-84.
56. Дарвееш, Н. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного в условиях плодоносящего яблоневого сада / Н. Дарвееш, Л.М. Онищенко. Сб. науч. матер. Международной научной экологической конференции. Краснодар : КубГАУ. 2019.– С. 150-153.
57. Дедов, А. А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота / А. А. Дедов, А. В. Дедов, М. А. Несмеянова // Агрохимия. 2016. № 6. – С. 3–8.
58. Дедов, А. В. Трансформация послеуборочных остатков и содержание в почве подвижных гумусовых веществ / А. В. Дедов, Н. И. Придворев, Е. В. Морозов // Агрохимия. 2001, № 11. – С. 26-33.
59. Демин, В.А. Влияние длительного применения разных систем удобрения в севообороте на содержание общего, органического и минерального фосфора в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве / В. А. Демин, Муса Ауду // Агрохимия № 11, 2001. – С.5-9.
60. Дерюгин, И.П., А.Н. Колюкин Питание и удобрение овощных и плодовых культур. – М.- : Изд-во МСХА, 1998.- 326 с.
61. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
62. Довбан, К. И. Зеленое удобрение в современной земледелии / К. И. Довбан. Белорусская наука. 2009. – 405 с.
63. Донских, И. Н. Состав и свойства гуминовых кислот светло-серой лесной почвы при различных системах удобрения / И. Н. Донских, Е. В. Воропаева // Агрохимия. 2000, № 4. – С. 12-19.
64. Дорошенко, Т. Н. Влияние способов содержания почвы на особенности роста и плодоношения яблони в органическом саду / Т. Н. Дорошенко,

Л. Г. Рязанова, С. С. Чумаков // Плодоводство и виноградарство Юга России, № 33(03). 2015. – С. 39-50.

65. Дорошенко, Т. Н. Биологический потенциал сортов плодовых культур: монография / Т. Н. Дорошенко, И. В. Дубравина, Н. В. Захарчук [и др.] // под науч. ред. Т. Н. Дорошенко. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 171 с.

66. Дорошенко, Т. Н. Перспективы развития органического садоводства на Юге России / Т. Н. Дорошенко, А. В. Бузоверов, А. Н. Кондратенко и др. // Аграрная наука, № 7. 2011. – С. 2–3.

67. Дорошенко, Т. Н. Формирование качества плодов в насаждениях Северного Кавказа: монография / Т. Н. Дорошенко, В. И. Остапенко, Л. Г. Рязанова. – Краснодар. : изд-во Просвещение- Юг, 2006. – 112 с.

68. Дорошенко, Т.Н. Плодоводство с основами экологии / Т. Н. Дорошенко. – Краснодар, 2002. – 274 с.

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

70. Духанин, Ю.А., Методические рекомендации по анализу почвенных факторов, определяющих урожай сельскохозяйственных культур / Ю.А. Духанин, В.И. Савич, Т.М. Духанина, и др. М. 2011. – 312 с.

71. Дьяконова, К. В. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия / К. В. Дьяконова, Н.А. Титова, Б. М. Когут, Н. Х. Исмаилова. М.: Агропромиздат, 1990. – 27 с.

72. Еремеев, Д. Н. Агробиологическое обоснование системы подготовки и содержания черноземных почв в яблоневых садах ЦЧР: автореф. дисс. ... кандидат с.-х. наук / Д. Н. Еремеев – Мичуринск–научоград РФ – 2015. – 48 с.

73. Жукова Л. М. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Л. М. Жукова. М., 1980, – 41 с.

74. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства / А.А. Жученко // Доклады РАСХН. 1999. – №2. – С. 5-11

75. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной селекции растений / А.А. Жученко // С.-х биология. 2000.– №3. – С. 3-29.
76. Жученко, А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) / А. А. Жученко. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.
77. Завалин, А. А. Экология азотфиксации / А. А. Завалин, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. – М.: РАН, 2019. – 252 с.
78. Завьялова, Н. Е. Влияние возрастающих доз полного минерального удобрения на органическое вещество и азотный режим дерново-подзолистой почвы Предуралья / Н. Е. Завьялова, А. И. Косолапова, А. Н. Строжева // Агрехимия № 6, 2014. – С. 20–28.
79. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почвы и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. 1978. – №6. – С. 48-54.
80. Зезюков Н.И. Биологические приемы воспроизводства плодородия черноземов / Н.И. Зезюков // Биологизация земледелия на черноземах: Сб. науч. тр. Воронеж. КГАУ . 1995. – С. 22-27.
81. Золотарева Б.Н. Влияние систематического применения минеральных и органических удобрений на изменение содержания и состава гумуса дерново-подзолистой почвы / Б.Н. Золотарева, Л.И. Петрова, Л.М. Мироненко // Агрехимия. №10, 1991. –С.75-83.
82. Зудилин, С. Н. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на продуктивность полевых культур и баланс гумуса в звене севооборота с занятым и сидеральным паром на черноземе обыкновенном в Среднем Поволжье / С. Н. Зудилин // Агрехимия. 2001, № 3. С. 9-13.
83. Иванов, А. Л. Развитие учения о гумусе и почвенном органическом веществе: от Тюринга и Ваксмана до наших дней / А. Л. Иванов, Б. М. Когут, В. М. Семенов и др. // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2017. Вып. 90. – С. 3-38. <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/261/143>. doi: 10.19047/0136-1694-2017-3-38.

84. Иванов, А. И. Некоторые закономерности изменения кислотно-основного состояния дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при сельскохозяйственном использовании / А. И. Иванов // Агрехимия. 2000, № 10. – С. 28-33.

85. Иванов, А. Л. Инициатива “4 промилле” – новый глобальный вызов для почв России / А. Л. Иванов, В. С. Столбовой // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2019. Вып. 98. – С. 185-202. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-98-185-202. <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/384/275>.

86. Иванов, И. В. История отечественного почвоведения. Развитие идей, дифференциация, институционализация / И В Иванов, Ин-т физико-химических и биологических проблем почвоведения Докучаевское общество почвоведов – М Наука, 2003. – 397 с. [http://www.pochva.com/?content=3&book\\_id=0011](http://www.pochva.com/?content=3&book_id=0011).

87. Кашин, В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М. : Колос, 1995. – 335 с.

88. Кашин, В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М.: Колос, 1995. – 335 с.

89. Каштанов, А.Н. Биологические и агрофизические основы моделирования экологически адаптивных почвенно-растительных систем в агроландшафтном земледелии / А.Н. Каштанов, Е.М. Ермаков, В.П. Якушев // Доклады РАСХН. -1999. -№3. С.3-7.

90. Кильдюшкин, В. М. Плодородие чернозема выщелоченного Кубани и урожайность озимых колосовых культур в зернопропашном севообороте при различных технологиях возделывания / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Е. Г. Животовская, Н. П. Кондрахин // Тр. / КубГАУ. – 2013. – Вып. № 5(44). – С. 74–76.

91. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос,1996. – 365 с.

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

93. Кирюшин, В. И. Развитие парадигмы сельскохозяйственного природопользования (к 175-летию В. В. Докучаева) / В. И. Кирюшин // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2021. Специальный выпуск. С. 5-26. <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/644/534>.
94. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. И. Иванова и др. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
95. Ковалев, Н.Г. Влияние органических удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы, урожайность возделываемых культур и качество продукции / Н. Г. Ковалев, И. Н. Барановский // Агрохимия. № 2, 2000. – С. 31-35.
96. Когут, Б. М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом. / Б. М. Когут, В. М. Семенов // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2020; (102):103-124. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-102-103-124>.
97. Колтакова, П. С. Изменение содержания органического вещества в выщелоченном черноземе при длительном применении удобрений / П. С. Колтакова // Агрохимия № 5, 1964. – С. 106-111.
98. Кольцова, Г. А. Изменение фосфатного состояния чернозема обыкновенного под влиянием органических удобрений и сидератов / Г. А. Кольцова, Р. Ф. Хасанов, И. М. Середа // Агрохимия №6, 1994. – С. 10-16.
99. Кондратьев, К. Н. Экологические ресурсы продуктивности яблони в Поволжье / К. Н. Кондратьев. – Саратов: изд-во Саратовского университета, 1991. –168 с.
100. Кононова, М. М. Гумус почвы и жизнь растения / М. М. Кононова // Агрохимия. 1965, № 1. –С. 3-12.
101. Конончук, В. В. Состав фосфатов и трансформация фосфора удобрений в светло-каштановой почве Саратовского Заволжья при орошении в зависимости от доз, приемов внесения и времени взаимодействия его с почвой / В. В. Конончук // Агрохимия. 2000, № 5. – С. 16-23.



102. Копытко, П.Г. Влияние органических и минеральных удобрений на плодородие почвы и продуктивность яблони / П.Г. Копытко // *Агрохимия*. – 1984. – № 12. – С. 59-65.
103. Копытко, П.Г. Збереження родючості ґрунту в інтенсивних плодових насадженнях / П.Г. Копытко // *Вісн. Аграр. науки*. – 1999. – С. 10-16.
104. Копытко, П.Г. Обеспеченность почвы элементами минерального питания и продуктивность яблони при многолетнем применении удобрений / П. Г. Копытко, Н. И. Михалевская // *Агрохимия*. № 6, 1984. – С. 61-69.
105. Кореньков, Д. А. Использование растениями и трансформация азота в почве при внесении минеральных удобрений и органического вещества / Д. А. Кореньков, И. А. Лаврова, Н. В. Харченко // *Агрохимия* № 7, 1979. – С. 3-7.
106. Кореньков, Д.А. Продуктивное использование минеральных удобрений / Д.А. Кореньков. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 219 с.
107. Кореньков, Д. А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений / Д. А. Кореньков – М., 1999. – 296 с.
108. Кореньков, Д.А. Превращение азотных удобрений в почве. Сообщение 1. Распределение азота почвы и удобрений по фракциям органического вещества почвы / Д. А. Кореньков, И. А. Лаврова, Д. А. Филимонов, Д. А. Руделев // *Агрохимия* № 8, 1976. – С. 3-11.
109. Коробской, Н.Ф. Пути охраны и повышения плодородия почвы Северного Кавказа / Н.Ф. Коробской // *Вестник РАСХН*. 1999. – №3. – С. 9-10.
110. Коробской, Н.Ф. Черноземы Западного Предкавказья. Экологические проблемы и пути их решения /Н.Ф. Коробской. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 382 с. 182 с.
111. Котлярова, О.Г. Накопление органического вещества сидеральными культурами и поступление питательных веществ в почву при их запашке / О. Г. Котлярова., В. В. Черенков // *Агрохимия* № 12, 1998. – С.15-19.

112. Крупеников, И. А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней) / И. А. Крупеников, М.: Наука, 1981. 329 с. [http://www.pochva.com/?content=3&book\\_id=0017](http://www.pochva.com/?content=3&book_id=0017).
113. Кудеяров, В. Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России / В. Н. Кудеяров // Агрохимия, 2018, № 10, – С. 3–11.
114. Кудрявцева, А. А. Селитра в почве и ее накопление путем обработки / А. А. Кудрявцева. М., 1957 – 161 с.
115. Куркаев В. Т. Агрохимия / В. Т. Куркаев, А. Х. Шеуджен. Майкоп, 2000. – 552 с.
116. Куркаев, В. Т. О методике определения азота, фосфора и калия в растениях / В. Т. Куркаев // Тр. / КубСХИ. – 1970. – Вып. 20 (48). – С. 48–55.
117. Куркаев, В. Т. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений / В. Т. Куркаев, С. М. Ерошкин, А. А. Пономарёв – М.: Колос, 1977. – 239 с.
118. Лал, Р. Связывание углерода в почве для смягчения последствий изменения климата / Р. Лал // Геодерма. 2004. Vol. 123. С. 1–22. DOI: 10.1016/2004.01.032. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706104000266>.
119. Лапа, В. В. Продуктивность севооборота и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений / В. В. Лапа, Н. Н. Иваненко // Агрохимия. 2012. № 9. – С. 41–48.
120. Лебедева, Т. Н. Действие биологических способов оптимизации плодородия типичного чернозема на качество почвенного органического вещества / Т. Н. Лебедева, Н. П. Масютенко, В. М. Семенов, Б. М. Когут, Н. Б. Зинякова, А. С. Акименко // Агрохимия, 2018, № 7, – С. 12–21.
121. Леоничева, Е. В. Содержание кальция в плодах и листьях яблони в зависимости от некорневых подкормок / Е. В. Леоничева, Т. А. Роева, Л. И. Леонтьева, М. Е. Столяров, М. А. Макаркина // Садоводство и виноградарство. 2018, № 5. – С. 49-57.
122. Леплявченко, Л. П. Динамика агрохимических и физико-химических свойств почвы / Л. П. Леплявченко, А. И. Столяров,

Л. М. Онищенко [и др.] // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. Вып. 2. – Краснодар, 2002. – С. 30–35.

123. Лепнев, Д. А. Изменение агрохимических свойств серых лесных почв под влиянием культуры земледелия и внесенных минеральных и органических удобрений / Д. А. Лепнев, Н. П. Корабельников // Агрохимия № 10, 1964. – С. 108-117.

124. Лисовал, А. П. Влияние удобрений на содержание фосфорорганических соединений в почве и растении / А. П. Лисовал, Л. А. Левченко // Агрохимия. № 3, 1968. –С. 55-59.

125. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии / И. Н. Листопадов, И. М. Шапошникова. –М.: Россельхозиздат, 1984. –208 с.

126. Лукин, С.В. Агроэкологическая оценка содержания азота в сельскохозяйственных растениях и почвах белгородской области / С. В. Лукин, Н. С. Четверикова, М. А. Ероховец // Научные ведомости БелГУ; серия Естественные науки. – 2011. – № 21 (116), вып. 17. – С. 95-102.

127. Лукин, С.В. Эколого-агрохимические аспекты использования средств химизации в эрозионно-опасных агроландшафтах юго-западной части лесостепной зоны России / С. В. Лукин, В. Е. Явтушенко, С. И., Тютюнов // Агрохимия. 2000, № 5. – С. 70-77.

128. Луценко, Н. М. Динамика подвижных форм азота в мощном черноземе Воронежской области в связи с внесением органических минеральных удобрений / Н. М. Луценко // Агрохимия. № 3, 1969. –С. 20-24.

129. Лыков, А.М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии / А. М. Лыков, Б. П. Боинчан, С. М. Вьюгин. Обзорная информация. М., 1984. – 57 с.

130. Лыков, А.М. Воспроизводство органического вещества в почве при интенсивном земледелии / А. М. Лыков // Химизация сельского хозяйства. 1989. №10. – С. 27-31.

131. Лыков, А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А. М.Лыков, А. Л. Еськов, М. П. Новиков. М.: РАСХН–ВНИИТЮУ, 2004. – 630 с.
132. Макаров, М. И. Фосфор органического вещества почв / М. И. Макаров. – М.: ГЕОС, 2009. – 397 с.
133. Методика расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации: Приложение № 5 к приказу Минсельхоза России от 11.01.13 г.
134. Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – М., 1999. – 332 с.
135. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. –М.: Росагропроиздат, 1990. – 206 с.
136. Минеев, В. Г. Влияние органических и минеральных удобрений в период их последствия на агрохимические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонова, И. Н. Скворцова, Дж. Диксои // Агрохимия № 12, 1998. – С. 5-9.
137. Минеев, В. Г. Перспективы применения удобрений / В. Г. Минеев, Э. И. Шконде, З. К. Благовещенская. М., 1982. –59 с.
138. Минеев, В. Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В.Г. Минеев // Агрохимия. 2000, № 5. –С. 5-13.
139. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. М., 2004. – 720 с.
140. Михайлина, В. И. Влияние органических удобрений на повышение плодородия почв / В. И. Михайлина. М., 1983. –63с.
141. Мутиков, А. В. Интенсивная биологизация земледелия и ее результаты (на примере ООО Агрофирма «Слава Картофелю» Чувашской республики) / В. М. Мутиков, А. В. Селиванов, Н. И. Васильев, И. Н. Нурсов // Бюллетень почвенного института им. В. В.Докучаева, № 91. 2018. – С. 132-148.
142. Мязин, Н. Г. Влияние систематического применения удобрений и мелиорантов на гумусное состояние чернозема выщелоченного / Н. Г. Мязин, Т. М. Параневич // Агрохимия. 2000, № 9. С. 11-18.

143. Надежкин, С. М. Гумусное состояние чернозема выщелоченного при сидерации / С. М. Надежкин, Ю. В. Корягин, Т. Б. Лебедева // *Агрохимия* № 4, 1998. – С. 29-34.
144. Надежкин, С. М. Трансформация азота в составе органического вещества почвы / С. М. Надежкин // *Черноземы 2000: состояние и проблемы рационального использования*. Воронеж, 2000. – С. 120–126.
145. Назарюк, В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В.М. Назарюк. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
146. Наумов, В. Д. Активность микроорганизмов в зависимости от системы содержания почвы в орошаемом саду / В. Д. Наумов, Ф. Н. Рыкалин // *Известия Самарской государственной с.-х. академии*. – 2010. – №4. – С. 72-78.
147. Неговелов, С.Ф. Почвы и сады / С.Ф. Неговелов, В.Ф. Вальков Изд-во Ростовского ун-та. – 1985. – 192 с.
148. Никитишен, В. И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии / В. И. Никитишен; отв. ред. В. Г. Минеев. – М.: Наука, 2003. – 183 с.
149. Никитишен, В. И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии / В. И. Никитишен; отв. ред. В. Г. Минеев. – М.: Наука, 2003. – 183 с.
150. Никитишен, В. И., Оценка эффективности фосфорного удобрения на серой лесной почве с учетом его последействия / В. И. Никитишен, Л. К. Дмитракова, В. И. Личко // *Агрохимия*. 2000, № 9. –С. 41-47.
151. Никитишен, В. И. Оптимизация фосфатного уровня почв в агроэкосистемах ополей Центральной России / В. И. Никитишен, В. И. Личко // *Доклады РАСХН*. – 2008. – № 6. – С. 27–31.
152. Николаева, Н. И. Динамика подвижных форм азота, фосфора и калия различными с.-х. культурами / Н. И. Николаева. Уч. зап. Пензенск. с.-х. ин-та, вып. 9, 1963. – С. 64-69.

153. Новиков, М. Н. Сидераты как фактор оптимизации использования органических удобрений / М. Н. Новиков, Л. Д. Фролов // *Агрохимия*. 2015. № 4. – С. 44–53.
154. Новожилова, А. Н. Особенности роста и плодоношения яблони в неорошаемом органическом саду в зависимости от способа содержания почвы / А. Н. Новожилова и Д. В. Максимцов – Краснодар : КубГАУ. – 2016. – 472 с.
155. Носов, В. П. Фосфаты в почвах Краснодарского края и применение фосфорных удобрений: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / В. П. Носов. – Краснодар, 1973. – 61 с.
156. Овчинникова, М. Ф. Распределение азота по фракциям органических веществ почвы / М. Ф. Овчинникова, Д. С. Орлов. *Вестн. МГУ, сер. биология, почвоведение*, № 3, 1964. – С. 13-17.
157. Овчинникова, М.Ф. Формы органических соединений азота в некоторых фракциях почвенного гумуса / М.Ф. Овчинникова // *Вестн. МГУ, сер. Биология, почвоведение*, № 4, 1965. – С. 3-11.
158. Онищенко, Л. М. Агрохимия зеленого удобрения / Л. М. Онищенко, Н. Дарвеш., П. Р. Кашина // *Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-лет со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Д. А. и Тонконоженко Е. В.* Вып. 22. 2020. – С. 16-21.
159. Онищенко, Л. М. Действие систем удобрения на содержание питательных веществ в черноземе выщелоченном и продуктивность растений яблони в условиях Прикубанской зоны плодоводства / Л. М. Онищенко, Н. Дарвеш, С. С. Чумаков // *«АгроЭкоИнфо»*. 2018 №3, – С. 6-14 [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st\\_332.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_332.doc).
160. Онищенко, Л.М. Агрохимия зеленого удобрения / Л.М. Онищенко, Дарвеш Налиен, П.Р. Кашина // *Энтузиасты аграрной науки: Труды Куб. ГАУ.* – Краснодар, 2020, – Вып. 22. –С. 174 –179.

161. Онищенко, Л.М. Агрохимия зеленого удобрения / Л.М. Онищенко, Н. Дарвееш, П.Р. Кашина. Энтузиасты аграрной науки. Вып. 21. Краснодар : КубГАУ 2020. – С. 16-21.
162. Онищенко, Л. М. Чернозем выщелоченный Западного Предкавказья: некоторые вопросы происхождения и современного состояния / Л. М. Онищенко, В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец // Тр. КубГАУ. Краснодар, 2013. Вып. 3(42). – С. 71–78.
163. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. Изд-во: Высшая школа, 2002. 340 с. [http://www.pochva.com/?content=3&book\\_id=1359](http://www.pochva.com/?content=3&book_id=1359).
164. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. М: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 323 с.
165. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. М МГУ, 2005. 527 с.
166. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. М.: МГУ, 1985. – 376 с.
167. Орлов, Д.С. Различные формы соединения азота в сероземе, черноземе и дерново-подзолистой почве / Д. С. Орлов, М. Ф. Овчинникова // Агрохимия, № 1, 1966. – С. 27-31.
168. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 413 с .
169. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1987. – 512 с.
170. Пачкин, А. А. Приемы методы биологической защиты яблони в органическом земледелии / А. А. Пачкин, Л. А. Васильева, В. А. Яковук, и др. // Таврический вестник аграрной науки, № 1(5). 2016. – С. 44-55.
171. Петербургский, А. В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А. В. Петербургский. – М.: Наука, 1979. – 168 с.
172. Погорелов, Ю. Г. Формы калия в выщелоченном черноземе Кубани, их превращение и применение калийных удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю. Г. Погорелов. – Краснодар, 1969. – 24 с.

173. Подколзин, О. А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин, И. В. Соколова, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев // труды КубГАУ, № 5(68). 2017. – С. 117-124.

174. Попова, В.П. Биологизированные и ресурсосберегающие системы ухода за почвой в плодовых садах / В.П. Попова // Проблемы плодородия почв Кубани. Краснодар, 1997. – С. 54-55.

175. Попова, В.П. Биологическая активность почв в садовых агроценозах различной структуры / В.П. Попова, А.А. Ворожбет, Л.А. Коростелева // Докл. РАСХН. 2001. – №4. – С. 8-10.

176. Попова, В.П. Биоценотические принципы формирования садового агроценоза / В.П. Попова // Оптимизация породно-сортового состава и систем возделывания плодородных культур: Сб. науч. тр.: СКЗНИИ садоводства и виноградарства. Краснодар, 2003. – С.34-40.

177. Попова, В.П. Взаимодействие растительных и почвенных компонентов садового агроценоза / Системообразующие экологические факторы и критерии зон устойчивого развития плодородия на Северном Кавказе. Краснодар, 2001. – С. 76-94.

178. Попова, В.П. Плодородие чернозема в плодовом саду / В.П. Попова, Н.Н. Сергеева, Н.Г. Пестова // Земледелие, – 1999. – №3. – С. 11.

179. Попова, В.П. Формирование адаптивного садового биоценоза / В.П. Попова, И.В. Хвостова, Н.Г. Пестова // Садоводство и виноградарство, 1999. – № 4. – С. 7-9.

180. Попова, В.П. Совершенствование методов оценки плодородия почв садовых ценозов / В.П. Попова, Н.Н. Сергеева, Т.Г. Фоменко и др. // Научные труды СКЗНИИСиВ. 2016. № 9. – С. 122- 130.

181. Попова, В. П. Агрэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем / В. П. Попова. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2005. – 242 с.

182. Попова, В. П. Влияние климатических условий и агротехнологий различной интенсификации на трансформацию параметров садовых почв /



В. П. Попова, Н. Н. Сергеева, Т. Г. Фоменко, О. В. Ярошенко, Н. И. Ненько / науч. тр. СКФНЦСВВ. Т. 14. – 2018. – С. 59–70.

183. Попова, В.П. Влияние климатических условий и агротехнологий различной интенсификации на трансформацию параметров садовых почв / В.П. Попова, Н.Н. Сергеева, Т.Г.Форменко, О.В. Ярошенко, Н.И. Ненько / научные труды СКФНЦСВВ. Т. 14. – 2018. – С. 59-70.

184. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орел : изд-во ВНИИ селекции плодовых культур, 1999. – С. 608.

185. Прокошев В. В. Калий и калийные удобрения / В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин. М., 2000. – 185 с.

186. Прокошев, В. В. Магниевые удобрения в интенсивном земледелии /В. В. Прокошев, О. В. Неугодова, Ю. А. Смирнов, З. И. Государева. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 53 с.

187. Простаков, П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа / П. Е. Простаков, П. В. Носов. – М., 1964. – 264 с.

188. Простаков, П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа / П. Е. Простаков. Т.1. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 312 с.

189. Прянишников, Д. Н. Азот в жизни растений и земледелии / Д. Н. Прянишников. – М. Сельхозгиз 1953. Т.2. – 520 с.

190. Прянишников, Д. Н. Избранные сочинения / Д. Н. Прянишников. – М. : Колос, 1965. Т. 1. – 767 с.

191. Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. – М.: Изд-во АН СССР, 1945. – 197 с.

192. Пчелкин, В. У. Почвенный калий и калийные удобрения / В. У. Пчелкин. М.: Колос, 1966. – 336 с.

193. Рассел, Э. Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. – Л.: Изд. иностр. литер.,1955. – 624 с.

194. Редькин, Н. Е. Содержание калия в почвах / Н.Е. Редькин / Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Северного Кавказа. – М., 1964. – С. 91-93.
195. Романенков, В. А. Эффективность использования азота в длительных и краткосрочных опытах агрохимслужбы и Геосети Российской Федерации / В. А. Романенков, М. В. Беличенко, О. В. Рухович, Л. В. Никитина, О. И. Иванова // Агрохимия, 2020, № 12, – С. 28-37.
196. Рубин, С.С. Содержание почвы и удобрения в интенсивных садах / С.С. Рубин. М.: Колос, 1983. – 272 с.
197. Рубин, С. С. Содержание почвы в садах. М.: Колос, 1967. – 368 с.
198. Самохвалова, Л. М. Влияние азотного удобрения на изменение состава органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Приобья / Л. М. Самохвалова, С. А. Колбин, И. Н. Шарков / СибНИИЗиХ. – Новосибирская обл. – 2016 . – С. 231-233.
199. Сандерман, Дж. Углеродный долг почвы за 12000 лет землепользования человеком / Дж. Сандерман, Т. Хенгл, Г. Дж. Фиске // PNAS. 2017. Т. 114 (36). P. 9575–9580. <https://www.pnas.org/content/114/36/9575>.
200. Сапожников, Н.А. Баланс азота в земледелии Нечерноземной полосы и основные пути улучшения азотного питания культурных растений / Н.А. Сапожников // Азот в земледелии нечерноземной полосы. – Л.: Колос, 1973. – С. 5-33.
201. Семенов, В. М. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве в модельном эксперименте / В. М Семенов, Н. Б. Паутова, Т. Н. Лебедева и др. // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1172-1184. doi: 10.1134/S0032180X19100113. <http://eurasian-soil-science.info/index.php/ru/archive/13-archive/59-2019-10>
202. Семенов, В. М. И. В.Тюрин и актуальные направления развития учения об органическом веществе почв в 21 веке / В. М. Семенов, Б. М. Когут Наследие И. В. Тюрина в современных исследованиях в почвоведении: Материалы Международной научной конференции. Казань, 15-17 октября 2013 г.–

Казань: Изд-во – Отечество, 2013. – 171 с.  
<https://kpfu.ru/docs/F928601744/Materialy.konferencii.Tjurina.1.pdf>.

203. Семенов, В.М., Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. 233 с.  
<https://fermer.ru/files/v2/forum/27121/semenovkogutpov2015soblozhkoj.pdf>.

204. Сенкевич, О. В. Оценка влияния новых видов вермикомпоста на плодородие агросерой почвы / О. В. Сенкевич, О. А. Ульянова, С. В. Хижняк // Агрехимия, 2019, № 8, – С. 24–33.

205. Сергеева, Н.Н. Агрехимические показатели садовых почв в связи с применением органоминеральных подкормок / Н.Н. Сергеева // Энтузиасты аграрной науки: Труды Куб. ГАУ. – Краснодар, 2008, – Вып. 7. –С. 174 -179.

206. Сергеева, Н.Н. Методические аспекты формирования базы данных опытов с удобрением плодовых культур / Н.Н. Сергеева, В.П. Попова, О.В. Ярошенко и др. // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 61(1). – С. 138-174. DOI:10.30679/2219-5335-2020-1-61-138-147.

207. Сергеева, Н.Н. Многолетняя динамика агрехимических свойств черноземов под яблоневыми садами / Н.Н. Сергеева, И.Ю. Савин, Ю.В. Трунов и др. // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. № 93. – С. 21. – 39. DOI: 10.19047/0136-1694-2018-93-21-39.

208. Сергеева, Н. Н. Агрехимические показатели садовых почв в связи с применением органоминеральных подкормок / Н.Н. Сергеева // Энтузиасты аграрной науки: труды Куб. ГАУ. – Краснодар, 2008, – Вып. 7. –С. 174 –179.

209. Сергеева, Н. Н. Многолетняя динамика агрехимических свойств черноземов под яблоневыми садами / Н. Н. Сергеева, И. Ю. Савин, Ю. В. Трунов // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2018. Вып. 93. С. 21-39.  
<https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/286/225>.

210. Симакин, А. И. Агрехимическая характеристика кубанских черноземов и удобрения / А. И. Симакин. – Краснодар. 1969. – 280 с.

211. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай /А. И. Симакин. – Краснодар, 1988. – 276 с.

212. Симакин, А.И. О новых проблемах использования удобрений на Кубани / А.И. Симакин // Тр. / КСХИ. – 1972. – Вып. 42(70). – С. 3–6.
213. Синягин, И. И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений / И. И. Синягин. М.: Россельхозиздат, 1980. – 222 с.
214. Слюсарев, В.Н. Почвенно-экологическая оценка чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / В. Н. Слюсарев, Л. М. Онищенко, Т. В. Швец // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2013. № 89(05). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/06.pdf>.
215. Слюсарев, В.Н. Характеристика некоторых аспектов плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / В. Н. Слюсарев, Л. М. Онищенко, Т. В. Швец // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2013. № 89(05). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/31.pdf>.
216. Соколов, А. В. Запасы и подвижность усвояемых веществ в почве / А В. Соколов. В сб.: Проблемы почвоведения. М., 1962. –С. 109–113.
217. Соколов, А. В. Запасы в почвах усвояемых фосфатов и их накопление при внесении фосфорных удобрений / А В. Соколов. Почвоведение, № 2, 1958. –С. 107-111.
218. Соколов, А. В. О применении минеральных удобрений в Нечерноземной зоне РСФСР / А В. Соколов // Агрехимия. 1974, № 8. – С. 3–6.
219. Соколов, А.В. Регулирование круговорота веществ в земледелии / А В. Соколов // Агрехимия. 1974, № 1. – С. 3–7.
220. Спирина, В. З. Формы фосфора в обыкновенных черноземах Минусинского прогиба в условиях агроценоза / В. З. Спирина // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сб. материалов IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (1–5 сент. 2010 г.), посвящ. 80-летию каф. почвоведения и экологии почв Том. гос. ун-та. Томск, 2010. – С. 264–269.

221. Спирина, В. З. Фосфор в обыкновенных черноземах Минусинского межгорного прогиба / В. З. Спирина, Е. В. Каллас // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно преобразованных экосистем [Электронный ресурс] : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; [под ред. Н. И. Граниной]. – Иркутск, 6–10 сентября 2016. – С 199-203.

222. Стекольников, К. Е. Изменение кислотно-основных свойств гуминовых кислот под воздействием удобрений и мелиорантов / К. Е. Стекольников // Почвоведение. 2004. № 6. – С. 713–718.

223. Столяров, А. И. Агрохимия, 1981, № 2, с. 81.

224. Столяров, А. И. Изменение содержания гумуса, азота, физико-химических свойств чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / А. И. Столяров, Л. М. Онищенко, Л. И. Громова, И. В. Зубенко // Энтузиасты аграрной науки. Тр. КубГАУ. Вып. 4. – Краснодар: КубГАУ. 2005. – С. 237–243.

225. Столяров, А. И. Плодородие чернозема выщелоченного Кубани и продуктивность сельскохозяйственных культур / А. И. Столяров, Л. М. Онищенко // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ. 2003. Вып. 1. – С. 91-106.

226. Столяров, А.И. Изменение плодородия выщелоченных черноземов Кубани и урожайность культур при систематическом применении удобрений / А.И. Столяров, В.И. Сидоренко, С.В. Бодня // Проблемы черноземов Северного Кавказа: материалы науч.-практ. конф. – Краснодар, 1993. – С. 43–44.

227. Суетов, В. П. Фосфорный режим почв Кубани при интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. П. Суетов. – Краснодар, 1994. – 24 с.

228. Сушеница, Б. А. Фосфатный уровень почв и его регулирование / Б. А. Сушеница. – М.: Колос, 2007. – 376 с.

229. Сычѳв, В. Г. Методика разработки нормативов окупаемости удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур / В. Г. Сычѳв, А. А. Завалин, С. А. Шафран и др. М.: ВНИИА, 2009. – 48 с.
230. Тейт, Р. Органическое вещество почвы. М.: Мир, 1991. – 400 с.
231. Терпелец, В. И. Оценка качества почв: метод. пособие / В. И. Терпелец, В. П. Власенко, Т. В. Швец и др. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 48 с.
232. Тихомирова, В. Я. Влияние органического удобрения на баланс азота, фосфора и калия в льняном севообороте / В. Я. Тихомирова // Агрохимия, № 4. 2010. – С. 31-34.
233. Тишков, Н. М. Плодородие выщелоченного чернозема Западного Предкавказья и продуктивность зернопропашного севооборота с масличными культурами при длительном применении удобрений: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н. М. Тишков; – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 49 с.
234. Томпсон, Л. М. Почвы и их плодородие / Л. М. Томпсон, Ф. Р. Трой. – М.: Колос, 1982. – 462 с.
235. Трубилин, И.Т., Пушкин В.В. Агроэкологические проблемы в земледелии Краснодарского края// Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодар. Края. – Краснодар: КубГАУ, 2002.- Вып. 2. – С. 5-6.
236. Трунов, Ю.В. Агроэкологическая оценка динамики плодородия почвы в яблоневои саду / Ю.В. Трунов // Вестн. РАСХН. 2002. – №4. – С. 47-49.
237. Трунов, Ю.В. Минеральное питание и урожайность яблони на слабоборослых клоновых подвоях / Ю.В. Трунов. Мичуринск, 2003. – 189 с.
238. Трунов, Ю. В. Биологические основы минерального питания яблони: научное издание / Ю.В. Трунов. – Воронеж: Кварта, 2013. – 428 с.
239. Трунов, Ю. В. Минеральное питание и удобрение яблони: научное издание / Ю.В. Трунов. - Мичуринск-Наукоград РФ: ГНУ ВНИИС им. И. В. Мичурина Россельхозакадемии, Воронеж: Кварта. – 2010. – 400 с.

240. Трунов, Ю. В. Минеральное питание и урожайность яблони на слаборослых клоновых подвоях / Ю. В. Трунов. – Мичуринск: МичГАУ, 2003. – 188 с.

241. Фоменко, Т. Г. Дифференциация свойств черноземных почв при локальных способах орошения и применения удобрений / Т. Г. Фоменко, В. П. Попова, А. И. Иванов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 4. – С. 8-13.

242. Фоменко, Т. Г. Методические подходы оценки параметров почвенного плодородия садовых ценозов при локальном применении удобрений и орошении / Т. Г. Фоменко, В. П. Попова, Н. Г. Пестова, Е. А. Черников / научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. Т. 6. – 2014. – С. 38-44.

243. Хабарова, А. И., Благовещенская З. К. Создание бездефицитного гумусового баланса в почве // Сел. хоз-во за рубежом. 1981. № 11. – С. 2–7.

244. Хлыстовский, А. Д. Содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы при длительном внесении удобрений / А. Д. Хлыстовский, Е. Ф. Корниенко // Почвоведение. 1981. № 3. – С. 49–55.

245. Христенко, А. А. Динамика содержания подвижных соединений фосфора в почвах / А. А. Христенко // Агрохимия. 2001, № 10. – С. 16-22.

246. Христенко, А. А. Проблема изучения фосфатного состояния почв (В порядке дискуссии) / А. А. Христенко // Агрохимия. 2001, № 6. – С. 89-95.

247. Хрусталева, М. А. Экобиогеохимические мониторинговые исследования сельскохозяйственных ландшафтов / М. А. Хрусталева. Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно преобразованных экосистем [Электронный ресурс]: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ»; [под ред. Н. И. Граниной]. – Иркутск, 6–10 сентября 2016. – С. 472-476.

248. Церлинг, В. В. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур / Церлинг В. В., Егорова Л. А.. М.: Колос, 1980. – 47 с.

249. Цховребов, В. С. Изменение содержания органического вещества в чернозёмах Центрального Предкавказья / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, А. М. Никифорова. Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно преобразованных экосистем [Электронный ресурс] : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; [под ред. Н. И. Граниной]. – Иркутск, 6–10 сентября 2016. – С. 477-480.

250. Чимитдоржиева, Г.Д. Экологические аспекты использования органических удобрений / Г. Д. Чимитдоржиева, Р. А. Егорова // Агрохимия. 2000, № 4. –С. 72-74.

251. Чупрова, В. В. Запасы, состав и трансформация органического вещества в пахотных почвах Средней Сибири / В. В. Чупрова // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2017; (90): 96-115. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-90-96-115>.

252. Шарков, И. Н. Влияние азотных удобрений на баланс углерода в почве в условиях вегетационного опыта / И. Н. Шарков // Агрохимия. 1984, № 10. –С. 3-10.

253. Шарков, И. Н. Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара / И. Н. Шарков // Агрохимия. 1986, № 2. –С. 109-118.

254. Швец, Т. В. Современная оценка плодородия почв в агроэкологическом мониторинге низменно-западинного агроландшафта агроэкологического мониторинга / Т. В. Швец // Тр. КубГАУ. – Краснодар. – 2009. – Вып. № 3. – С. 125-133.

255. Шевцов, Н. М. Пути ликвидации дефицита гумуса в почвах / Н. М. Шевцов // Земледелие. 1990. №1. – С. 34-35.

256. Шевцова, Л. К. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество и соединения азота черноземных почв / Л. К. Шевцова, Д. М. Сизова // Агрохимия № 10, 1970. – С.8-17.



257. Шевцова, Л. К. Влияние длительного применения удобрений на состав, свойства и структурные характеристики гумусовых кислот основных типов почв / Л. К. Шевцова, В. А. Черников, В. Г. Сычѳв, М. В. Беличенко, О. В. Рухович, О. И. Иванова. Сообщение 1 // Агрохимия, 2019, № 10, – С. 3–15.

258. Шевцова, Л. К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном применении удобрений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1988. – 48 с.

259. Шеуджен, А.Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко. Под редакцией И.Т. Трубилина. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 498 с.

260. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. История и методология агрохимии / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 644 с.

261. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Методика агрохимических исследований / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: «ПолиграфЮГ», Ч. 2. 2015. – 703 с.

262. Шеуджен, А. Х. Азотный режим чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М.А. Осипов и др. // Тр. КубГАУ. 2014. № 1(46). – С. 114–120.

263. Шеуджен, А. Х. Азотный режим чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов и др. // Тр. КубГАУ. 2014. № 1(46). – С. 114–120.

264. Шеуджен, А. Х. Азотный режим чернозема выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко // Тр. КубГАУ. 2014. Вып. 46. - С. 125-130.

265. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия / А. Х. Шеуджен. Майкоп, 2003. – 1028 с.

266. Шеуджен, А. Х. Влияние удобрений на азотный режим чернозема Кубани / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко // Современное состояние черноземов. матер. межд. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 370-373.

267. Шеуджен, А. Х. Калийный режим чернозема выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов и др. Тр. КубГАУ. 2014. Вып. № 3 (48). - С. 114-120.

268. Шеуджен, А. Х. Природно-ресурсный потенциал Северокавказского экономического региона Российской Федерации / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 42 с.

269. Шеуджен, А. Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко; под ред. И. Т. Трубилина. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 498 с.

270. Шеуджен, А. Х. Содержание и формы соединений кальция в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // А. Х. Шеуджен, Т. Ф. Бочко, Л. М. Онищенко и др. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университет (Научный журнал КубГАУ Электронный ресурс). Краснодар: КубГАУ, 2015. №105. С. 604–615. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/79.pdf>,12.

271. Шеуджен, А. Х. Содержание и формы соединений магния в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко и др. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университет (Научный журнал КубГАУ Электронный ресурс). Краснодар: КубГАУ, 2015. Вып. № 112 (08). - С. 124-120. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/79.pdf>,124.

272. Шеуджен, А. Х. Фосфорный режим чернозема выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // А. Х. Шеуджен, В. П. Суетов, Л. М. Онищенко и др. Тр. КубГАУ. 2014. Вып. 2 (47). - С. 98-108.

273. Шеуджен, А. Х. Экспериментальная агрохимия: учебно-методическое пособие для подготовки аспирантов по направлению 35.06.01 –

«Сельское хозяйство», профиль – «Агрохимия» / сост. А. Х. Шеуджен, И. А. Булдыкова. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 49 с.

274. Шеуджен, А.Х. Агробиогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.

275. Шеуджен, А.Х. Агрохимия чернозема / А. Х. Шеуджен. – Майкоп, 2015. – 232 с.

276. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 7. Региональная агрохимия / А. Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 460 с.

277. Шеуджен, А.Х. Калийный режим чернозема выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М.А. Осипов и др. Тр. КубГАУ. 2014. Вып. № 3 (48). - С. 114-120.

278. Шеуджен, А.Х. Содержание и формы соединений кальция в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // А. Х. Шеуджен, Т. Ф. Бочко, Л. М. Онищенко и др. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университет (Научный журнал КубГАУ Электронный ресурс). Краснодар: КубГАУ, 2015. № 105. С. 604–615. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/79.pdf>,12.

279. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек. – Майкоп, 2013. – 571 с.

280. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек. – Майкоп, 2013. – 571 с.

281. Шеуджен, А. Х. Агрохимия чернозема. – Майкоп: Полиграф-юг, 2015. – 232 с.

282. Шеуджен, А. Х. Азот и формы его соединений в черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко // Тр. КубГАУ, 2013. №4(43). – С. 87-93.

283. Шильников, И. А. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации /

И. А. Шильников, В. Г. Сычёв, А. Х. Шеуджен и др. – М.: ВНИИА, 2012. – 351 с.

284. Шитт, П. Г. Учение о росте и развитии плодовых и ягодных растений / П. Г. Шитт. М.: Сельхозгиз, 1958. – 447 с.

285. Шишов, Л. Л. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов, И. И. Карманов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 304 с.

286. Шконде, Э. И. Изменение физических свойств почвы при длительном применении минеральных удобрений / Э. И. Шконде, З. К. Благовещенская. М., 1982. – 50с.

287. Шмук, А. А. Динамика режима питательных веществ в почве / А. А. Шмук // Труды Т.1. – М.: Пищепромиздат, 1950. – 372 с.

288. Шмук, А.А. Исследования по биологической и агрономической химии / А.А Шмук; под ред. Е.В. Бобко // Тр. 1913–1945 гг. – М.: Пищепромиздат, 1951. – Т. 2. – 541 с.

289. Штомпель, Ю. А. Почвенно-экологическая оценка почв Краснодарского края / Ю. А. Штомпель, Ю. Ф. Янчковский, З. С. Марченко. – Краснодар: КубГАУ, 1991. – 23 с.

290. Эйсерт Э.К., Ачканов А.Я., Дургарьян Н.Г., Мостовой О.М. Справочник агрохимика Кубани. Краснодар, 1987. – 256 с.

291. Юмашев, Н. П. Агрохимическая характеристика почв Тамбовской области. / Н. П. Юмашев. – Тамбов: Изд ТОГУП Пролетарский светоч, 2004. – 56 с.

292. Юмашев, Н. П. Почвы Тамбовской области / Н. П. Юмашев, Ю. В. Трунов. – Мичуринск-Наукоград РФ: Изд-во Мичуринск. гос. ун-та, 2004. – 216 с.

293. Ягодин, Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. агрохимия. М.: Колос, 2002. – 584 с.

294. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А. В. Петербургский и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.

295. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. Под редакцией Б. А. Ягодина. – М., 2002. – 584с.
296. Якименко, В. Н. Баланс, формы и запасы калия в агроценозах на серой лесной почве / В. Н. Якименко // Агрохимия. 2000, № 11. – С. 5–9.
297. Якименко, В. Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта / В. Н. Якименко // Агрохимия, 2019, № 3, –С. 19–29.
298. Якименко, В. Н. Калий в агроценозах Западной Сибири / В. Н. Якименко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 231 с.
299. Apfelthaler R. Studies About Humus, 1979, v. 2, p. 540.
300. Hocking B., Tyerman S. D., Burton R. A., Gilliam M. Fruit calcium transport and physiology. *Frontiers in Plant Science*. 2016. 7:569. doi: 10.3389/fpls.2016.00569.
301. Jemrić T., Fruk I., Fruk M., Radman S., Sinkovič L., Fruk G. Bitter pit: pre- and postharvest factors: A review, *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016;14(4). doi:10.5424/ sjar/2016144-8491.
302. Miqueloto A., Amarante C. V. T., Steffens C. A., Santos Ad., Mitcham E. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit. *Sci Horti*. 2014;165:319-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.029>.
303. Prasad B., Singh A. J. *Indian Soc. Soil. Sci.*, 1980, v.28, № 4, p. 465.
304. The influence of rootstock on productivity and fruit quality of apple tree cultivar Fiorina under conditions of south Russia / V. Ostapenko// Lithuania institute of Horticulture. – Babtai, September 12–14, 2006. – P. 56.
305. Watkins C., Schupp J., Rosenberger D. Calcium nutrition and control of calcium-related disorders. *New York Fruit Quarterly*. 2004;12(2):15-21.
306. White P. J., Broadley M. R. Calcium in Plants, *Annals of Botany*. 2003;92:487-511.
307. Ostapenko, V. The influence of rootstock on productivity and fruit quality of apple tree cultivar Fiorina under conditions of south Russia / V. Ostapenko

// Scientific works of the Lithuanian institute of horticulture and Lithuanian university of agriculture Sodininkyste ir Darzininkyste. – Babtai, 2006. – 25(3). –P. 207–211.

308. Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen nutrition of fruit trees to reconcile productivity and environmental concerns //Plants. – 2018, 7,4. DOL: 10.3390/plants7010004.

309. 3. Cheng L., Raba R. Accumulation of Macro-and Micronutrients and Nitrogen Demand-supply Relationship of Gala / Malling 26 apple Trees Grown in Sand Culture. Journal of the American Society for Horticultural Science. 2009; 134(1): 3-13. DOL: 10.21273/JASHS.134.1.3.

310. *Rozanova, M.S.* Soil organic matter in the Moscow state university botanical garden on the vorob'evy hills *Rozanova M.S., Prokof'eva T.V., Lysak L.V., Rakhleeva A.A.* Eurasian Soil Science. 2016. T. 49. № 9. C. 1013-1025.

## **Приложения**

Среднедекадные и среднемесячные значения температуры воздуха  
за годы исследований  
(2018-2020 гг.)

Годы	Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Среднее за период исследования
	Декады										
2018	I	4,2	5,3	5,3	12,4	19,1	20,6	26,4	25,9	23,1	
	II	-0,9	3,7	7,1	13,3	17,8	23,7	25,9	25,2	19,7	
	III	0,9	-0,8	6,4	15,7	21,1	27,0	26,2	26,2	16,8	
	Сред. за м-ц	1,4	3,0	6,3	13,8	19,4	23,8	26,2	25,8	19,9	15,5
2019	I	1,6	3,7	6,2	10,7	16,7	24,2	24,1	21,8	22,0	
	II	3,1	3,5	6,6	10,8	19,4	26,2	21,0	24,0	19,6	
	III	3,8	1,8	6,4	14,1	21,0	25,4	23,8	25,1	14,2	
	Сред. за м-ц	2,9	3,1	6,4	11,9	19,1	25,3	23,0	23,7	18,6	14,9
2020	I	1,3	2,1	11,2	8,7	15,5	21,0	27,1	25,1	23,8	
	II	1,3	3,1	7,1	10,8	17,5	23,2	24,5	22,8	20,6	
	III	4,2	6,6	9,5	11,7	16,4	24,4	24,7	23,5	19,5	
	Сред. за м-ц	2,3	3,8	9,3	10,4	16,5	22,9	25,4	23,8	21,3	15,1
Общее кол-во за вегетацию		-17,2	3,3	23,4	38,0	50,7	69,3	68,4	83,4	59,2	
Среднемесяч- ная за вегета- цию в течении 3-х лет		2,8	6,7	18,0	26,1	52,8	64,0	70,0	77,0	57,4	



Распределение осадков по декадам и месяцам за годы исследований  
(2018-2020 гг.)

Год	Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Среднее за период следования
	Декада										
2018	I	9,9	14,7	26,9	8,8	25,5	-	-	4,7	57,8	
	II	4,9	12,3	33,4	15,0	12,9	3,3	110,4	-	33,2	
	III	17,9	40,4	37,9	3,3	4,7	7,3	15,1	3,8	4,2	
	Сред. за м-ц	10,9	22,5	32,7	9,0	14,4	3,5	42,0	2,0	31,7	
Общее кол-во за вегетацию		32,7	67,4	98,2	27,1	43,1	10,6	125,8	5,8	95,2	496,9
2019	I	25,7	4,1	22,7	5,0	15,6	9,8	1,7	16,8	18,3	
	II	51,3	0,9	21,9	39,1	9,9	2,3	61,4	20,4	5,8	
	III	15,0	25,6	13,9	0,1	26,9	22,6	67,2	0,0	16,3	
	Сред. за м-ц	30,7	10,2	19,5	14,7	17,8	11,6	43,4	12,4	13,5	
Общее кол-во за вегетацию		92,0	30,6	58,5	44,2	53,3	34,7	130,3	37,2	40,4	521,2
2020	I	26,3	26,1	6,9	0,0	28,3	17,5	18,0	5,6	108,5	
	II	5,7	7,6	6,3	3,8	0,0	20,1	27,7	0,0	0,0	
	III	31,9	19,3	4,6	0,5	61,6	1,0	60,6	5,1	0,9	
	Сред. за м-ц	21,3	17,7	6,0	1,4	30,0	12,9	35,6	3,6	36,5	18,3
Общее кол-во за вегетацию		63,9	53,0	17,8	4,3	89,9	38,6	106,8	10,7	109,4	494,4
Среднемесячное за вегетацию в течение 3 – х лет исследований		17,1	24,0	55,3	13,0	16,6	34,3	29,6	11,6	17,5	24,6

Динамика содержания органического вещества в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений, мг/кг сухой почвы, 2018-2020 гг.

Вариант	Глубина отбора образца, см	Фаза вегетации	
		Распускание почек	Плодоношение
2018			
Без удобрений	0-20	3,29	3,01
	21-40	3,06	2,99
	41-60	2,29	2,18
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	3,26	3,09
	21-40	3,04	2,97
	41-60	2,31	2,20
Биогумус, 10 т/га	0-20	3,41	3,30
	21-40	3,08	2,98
	41-60	2,30	2,27
Навоз, 30 т/га	0-20	3,39	3,17
	21-40	3,12	3,05
	41-60	2,40	2,21
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	3,28	3,07
	21-40	3,00	2,81
	41-60	2,23	2,20
2020			
Без удобрений	0-20	3,20	3,01
	21-40	3,00	2,99
	41-60	2,30	2,20
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	2,70	3,00
	21-40	3,00	2,97
	41-60	2,30	2,20
Биогумус 10 т/га	0-20	3,30	3,20
	21-40	3,04	2,90
	41-60	2,26	2,23
Навоз 30 т/га	0-20	3,34	3,10
	21-40	3,11	3,00
	41-60	2,30	2,20
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	3,24	3,03
	21-40	3,10	2,90
	41-60	2,22	2,20

Динамика средневзвешенного содержания органического вещества в черноземе  
выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений, мг/кг сухой  
почвы, 2018 – 2020 гг.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации	
		Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	3,06	3,01
	21-40	2,95	2,93
	41-60	2,22	2,22
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	3,10	2,98
	21-40	3,00	2,98
	41-60	2,22	2,22
Биогумус 10 т/га	0-20	3,20	3,07
	21-40	3,00	2,81
	41-60	2,22	2,20
Навоз 30 т/га	0-20	3,30	3,00
	21-40	3,10	3,00
	41-60	2,20	2,10
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	3,20	3,00
	21-40	3,10	2,97
	41-60	2,20	2,20

Трансформация почвенного органического вещества чернозема выщелоченного и его фракционно-групповой состав в зависимости от применения удобрений в плодоносящих насаждениях яблони, 2020 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	С общий, %	С, % от общего			С <sub>ГК</sub> : С <sub>ФК</sub>
			фракции ГК	фракции ФК	сумма негидролизуемых веществ	
Контроль (без удобрений)	0–20	1,78	25,6	22,7	51,7	1,15
	21–40	1,71	26,1	23,1	50,9	1,13
	41–60	1,29	27,1	24,1	48,8	1,12
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	1,79	26,4	24,3	49,3	1,09
	21–40	1,73	25,6	24,5	49,9	1,04
	41–60	1,29	26,9	23,7	49,4	1,13
Биогумус, 10 т/га	0–20	1,84	28,1	24,5	47,4	1,15
	21–40	1,72	26,9	22,0	51,1	1,22
	41–60	1,29	24,3	18,5	57,2	1,31
Навоз 30, т/га	0–20	1,89	36,3	19,3	44,4	1,88
	21–40	1,78	30,9	17,7	51,4	1,75
	41–60	1,29	29,3	16,1	54,6	1,83
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	1,86	32,2	22,1	45,8	1,46
	21–40	1,75	28,9	20,1	51,1	1,44
	41–60	1,29	26,8	17,3	55,9	1,55

Динамика содержания обменное поглощенного аммонийного азота в черно-  
 земе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений,

мг/кг сухой почвы, 2018 г.

Вариант	Глубина взя- тия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	5,8	7,8	1,0
	21–40	3,2	4,0	3,3
	41–60	4,0	3,2	6,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	12,0	34,1	5,5
	21–40	15,3	10,4	2,9
	41–60	3,8	7,5	2,6
Биогумус 10 т/га	0–20	5,8	6,0	5,5
	21–40	9,3	5,2	2,9
	41–60	6,0	3,8	2,6
Навоз 30 т/га	0–20	6,0	6,6	3,9
	21–40	5,1	5,6	5,3
	41–60	4,0	5,0	2,6
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	6,3	8,4	4,0
	21–40	4,3	6,0	3,8
	41–60	8,2	6,6	8,4

Динамика содержания обменное поглощенного аммонийного азота в черно-  
земы выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений,

мг/кг сухой почвы, 2019 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	5,0	4,8	4,9
	21–40	3,0	3,5	3,8
	41–60	3,8	4,5	5,1
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	11,1	5,0	5,6
	21–40	8,8	4,5	4,4
	41–60	6,4	5,0	5,0
Биогумус 10 т/га	0–20	6,0	7,5	7,8
	21–40	5,1	6,5	6,3
	41–60	4,0	7,3	7,0
Навоз 30 т/га	0–20	16,2	7,3	7,5
	21–40	15,0	4,5	4,6
	41–60	5,8	5,8	5,8
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	6,3	5,8	6,0
	21–40	4,3	6,0	6,0
	41–60	8,2	4,8	4,9

Динамика содержания обменное поглощенного аммонийного азота в черно-  
земы выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений,

мг/кг сухой почвы, 2020 г.

Вариант	Глубина взя- тия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	5,1	6,0	2,5
	21–40	2,8	3,7	3,5
	41–60	3,6	3,8	5,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	10,8	20,2	5,1
	21–40	11,4	7,4	3,5
	41–60	6,0	6,0	3,2
Биогумус 10 т/га	0–20	5,3	6,2	6,2
	21–40	6,9	5,1	4,1
	41–60	5,7	5,6	4,3
Навоз 30 т/га	0–20	10,1	6,5	5,1
	21–40	10,0	4,7	4,9
	41–60	6,0	5,3	4,0
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	6,0	7,0	4,8
	21–40	7,7	4,9	3,9
	41–60	5,2	6,0	6,5

Динамика содержания обменное поглощенного аммонийного азота  
в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений,  
мг/кг сухой почвы, 2018 – 2020 гг.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	5,6	6,2	2,8
	21–40	3,8	3,7	3,5
	41–60	3,0	3,8	5,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	11,6	19,8	5,4
	21–40	10,8	7,6	3,6
	41–60	6,4	6,2	3,6
Биогумус 10 т/га	0–20	5,7	6,5	6,5
	21–40	7,1	5,6	4,4
	41–60	5,9	5,6	4,6
Навоз 30 т/га	0–20	10,8	6,8	5,5
	21–40	10,0	5,0	5,0
	41–60	6,6	5,4	4,1
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	6,2	7,1	5,0
	21–40	5,4	5,1	4,6
	41–60	7,2	6,1	6,6



Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы, 2018 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	2,3	3,4	1,1
	21–40	2,4	2,4	1,6
	41–60	2,1	2,2	1,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	7,6	16,0	3,2
	21–40	9,4	24,3	3,2
	41–60	2,8	2,6	2,2
Биогумус 10 т/га	0–20	5,6	10,2	3,2
	21–40	5,8	10,1	3,2
	41–60	3,0	6,0	2,2
Навоз 30 т/га	0–20	2,6	2,7	5,3
	21–40	2,4	2,8	2,7
	41–60	2,1	2,8	3,0
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	2,6	2,8	6,3
	21–40	2,4	2,0	4,3
	41–60	2,1	5,6	8,2

Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений, мг/кг сухой почвы, 2019 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	2,3	3,2	1,3
	21–40	2,4	2,0	1,2
	41–60	2,1	2,0	1,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	5,6	10,4	5,3
	21–40	8,4	13,1	4,1
	41–60	7,5	10,1	4,1
Биогумус 10 т/га	0–20	5,0	6,8	1,6
	21–40	5,6	9,6	1,5
	41–60	2,3	5,6	1,6
Навоз 30 т/га	0–20	6,3	11,5	8,2
	21–40	8,2	13,3	5,3
	41–60	5,6	9,8	3,5
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	2,8	5,2	1,6
	21–40	4,3	9,6	1,3
	41–60	2,1	4,2	1,0

Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости удобрений, мг/кг сухой почвы 2020 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	2,6	3,2	2,1
	21–40	2,4	2,8	1,6
	41–60	2,1	2,0	1,1
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	2,8	3,4	2,8
	21–40	2,7	2,8	2,6
	41–60	2,1	2,2	2,1
Биогумус 10 т/га	0–20	2,2	2,4	1,6
	21–40	1,6	2,2	1,4
	41–60	1,1	1,6	1,1
Навоз 30 т/га	0–20	3,4	4,3	3,0
	21–40	3,2	3,0	2,7
	41–60	3,1	3,8	2,1
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	2,6	5,6	6,0
	21–40	2,4	3,4	4,3
	41–60	2,1	2,8	3,0

Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном  
яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы,  
2018 – 2020 гг.

Вариант	Глубина взя- тия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	2,4	3,3	1,5
	21–40	2,4	2,4	1,5
	41–60	2,1	2,1	1,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	5,3	10,0	3,8
	21–40	6,8	13,4	3,3
	41–60	7,5	11,6	2,8
Биогумус 10 т/га	0–20	4,3	6,5	2,1
	21–40	4,3	7,3	2,1
	41–60	2,8	4,4	1,6
Навоз 30 т/га	0–20	3,8	6,2	5,5
	21–40	4,3	6,4	3,6
	41–60	3,0	5,1	2,9
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	2,7	4,5	4,6
	21–40	3,0	5,0	3,3
	41–60	2,1	4,2	4,1

Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы, 2018 г.

Вариант	Глубина взятия об- разца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	43	49	40
	21–40	21	29	21
	41–60	13	13	13
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	51	59	52
	21–40	32	34	35
	41–60	15	16	12
Биогумус 10 т/га	0–20	48	49	41
	21–40	26	23	25
	41–60	16	17	12
Навоз 30 т/га	0–20	59	60	58
	21–40	34	38	33
	41–60	29	28	24
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	40	45	40
	21–40	21	22	26
	41–60	10	12	11

Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы, 2019 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	32	32	30
	21–40	20	23	23
	41–60	14	14	15
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	41	55	44
	21–40	32	33	30
	41–60	20	23	21
Биогумус 10 т/га	0–20	50	48	45
	21–40	32	34	35
	41–60	25	27	21
Навоз 30 т/га	0–20	53	53	53
	21–40	43	48	44
	41–60	22	22	25
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	48	45	43
	21–40	29	27	24
	41–60	22	22	22

Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы, 2020 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	30	37	30
	21–40	25	30	21
	41–60	16	16	16
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	35	37	36
	21–40	30	34	34
	41–60	26	28	26
Биогумус 10 т/га	0–20	48	43	48
	21–40	30	33	34
	41–60	27	26	24
Навоз 30 т/га	0–20	49	52	50
	21–40	38	38	36
	41–60	21	26	26
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	36	38	34
	21–40	23	29	20
	41–60	16	16	11

Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений, мг/кг сухой почвы, 2018 – 2020 гг.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	35	39	33
	21–40	22	27	22
	41–60	14	14	15
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	42	50	44
	21–40	31	34	33
	41–60	20	22	20
Биогумус 10 т/га	0–20	49	47	45
	21–40	29	30	31
	41–60	23	23	19
Навоз 30 т/га	0–20	54	55	54
	21–40	38	41	38
	41–60	24	25	25
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	43	43	39
	21–40	24	26	23
	41–60	16	17	15



Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от вносимых удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы, 2018 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	280	260	290
	21-40	262	260	280
	41-60	260	255	260
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	351	360	316
	21-40	325	310	240
	41-60	260	255	266
Биогумус 10 т/га	0-20	288	260	276
	21-40	269	260	270
	41-60	262	225	266
Навоз 30 т/га	0-20	328	280	290
	21-40	358	260	320
	41-60	267	252	262
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	286	260	278
	21-40	261	240	262
	41-60	260	225	284

Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от вносимых удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы, 2019 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	280	225	260
	21-40	271	220	240
	41-60	260	215	225
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	380	360	365
	21-40	265	255	255
	41-60	260	240	255
Биогумус 10 т/га	0-20	378	370	375
	21-40	289	265	260
	41-60	277	260	280
Навоз 30 т/га	0-20	330	315	355
	21-40	300	310	315
	41-60	289	280	290
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	290	260	265
	21-40	280	240	255
	41-60	271	225	255

Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от вносимых удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы, 2020 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	280	271	290
	21-40	271	260	280
	41-60	270	233	260
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	310	290	300
	21-40	290	245	244
	41-60	312	259	240
Биогумус 10 т/га	0-20	378	370	390
	21-40	288	271	280
	41-60	272	208	271
Навоз 30 т/га	0-20	300	304	300
	21-40	300	280	320
	41-60	280	230	248
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	280	245	270
	21-40	277	235	271
	41-60	268	235	250

Динамика средневзвешенного содержания обменного калия в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений в 0-60 см слое почвы, мг/кг сухой почвы, 2018 – 2020 гг.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	280	252	280
	21–40	268	247	267
	41–60	263	234	248
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	347	337	327
	21–40	293	270	240
	41–60	277	251	254
Биогумус 10 т/га	0–20	348	333	347
	21–40	282	265	270
	41–60	270	231	272
Навоз 30 т/га	0–20	319	300	315
	21–40	319	283	318
	41–60	279	254	267
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	285	255	271
	21–40	273	238	263
	41–60	266	238	263

Динамика содержания обменного кальция в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвы, мг/кг сухой почвы (2018 г.)

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	18,4	19,0	20,8
	21–40	19,6	19,1	22,4
	41–60	19,6	19,6	21,2
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	19,5	21,1	22,0
	21–40	20,6	21,8	22,7
	41–60	21,5	22,0	23,0
Биогумус 10 т/га	0–20	19,5	21,8	22,0
	21–40	20,5	21,0	22,7
	41–60	21,0	21,0	23,0
Навоз 30 т/га	0–20	22,0	22,0	22,3
	21–40	20,5	20,8	22,0
	41–60	21,7	21,2	22,8
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	20,0	23,3	22,3
	21–40	20,1	20,1	22,8
	41–60	21,6	23,8	22,3

Динамика содержания обменного кальция в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвы, мг/кг сухой почвы (2019 г.)

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	19,4	20,8	21,4
	21-40	18,0	19,6	19,6
	41-60	19,6	21,6	21,6
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	22,0	20,4	20,4
	21-40	20,1	21,2	21,5
	41-60	21,1	22,0	22,4
Биогумус 10 т/га	0-20	22,0	20,8	20,6
	21-40	21,5	22,4	22,4
	41-60	22,0	22,8	21,8
Навоз 30 т/га	0-20	22,0	20,4	20,8
	21-40	22,0	21,6	22,2
	41-60	22,5	22,0	21,0
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	21,3	21,2	21,6
	21-40	23,0	21,2	22,2
	41-60	23,2	23,8	23,4

Динамика содержания обменного кальция в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвы, мг/кг сухой почвы (2020 г.)

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	18,7	19,7	20,9
	21-40	18,6	19,1	20,8
	41-60	19,4	20,4	21,2
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	18,5	20,6	21,0
	21-40	20,0	21,3	21,9
	41-60	21,3	21,8	22,5
Биогумус 10 т/га	0-20	19,3	21,1	21,1
	21-40	21,0	21,5	22,4
	41-60	21,3	21,7	22,2
Навоз 30 т/га	0-20	19,2	21,0	21,4
	21-40	21,1	21,0	21,9
	41-60	22,4	22,2	22,7
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	21,1	22,1	21,8
	21-40	20,1	22,0	22,1
	41-60	22,0	22,8	22,6

Динамика содержания обменного кальция в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвы, мг/кг сухой почвы (2018–2020 гг.)

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	18,8	19,8	21,0
	21–40	18,7	19,3	21,0
	41–60	19,5	20,5	21,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	20,0	20,7	21,1
	21–40	20,2	21,4	22,0
	41–60	21,3	21,9	22,6
Биогумус 10 т/га	0–20	20,1	21,2	21,2
	21–40	21,0	21,6	22,5
	41–60	21,4	21,8	22,3
Навоз 30 т/га	0–20	21,1	21,1	21,5
	21–40	21,2	21,1	22,0
	41–60	22,2	21,8	22,2
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	20,4	22,2	21,9
	21–40	21,6	21,1	22,4
	41–60	22,3	23,5	22,8



Динамика содержания подвижного магния в черноземе выщелоченном яблоневом саду в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвах, мг/кг сухой почвы, 2018 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	4,4	4,2	4,2
	21-40	4,4	4,4	4,0
	41-60	4,8	4,8	4,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	4,3	8,7	5,6
	21-40	5,0	7,2	7,3
	41-60	4,7	4,4	4,2
Биогумус 10 т/га	0-20	4,9	9,3	5,6
	21-40	4,9	7,2	4,3
	41-60	4,5	9,3	4,2
Навоз 30 т/га	0-20	5,4	10,2	5,0
	21-40	5,3	7,8	5,0
	41-60	5,6	9,2	4,0
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	5,3	8,0	5,0
	21-40	5,0	6,5	5,1
	41-60	4,2	5,8	5,1

Динамика содержания подвижного магния в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвах, мг/кг сухой почвы, 2019 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	5,8	4,0	4,0
	21-40	5,7	5,6	5,6
	41-60	5,0	4,4	4,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	10,2	6,0	6,0
	21-40	8,6	5,6	5,5
	41-60	5,0	4,4	4,8
Биогумус 10 т/га	0-20	9,8	6,8	6,4
	21-40	6,5	4,4	4,2
	41-60	6,0	6,0	5,6
Навоз 30 т/га	0-20	11,0	6,4	6,6
	21-40	7,7	4,8	5,4
	41-60	7,7	4,8	4,8
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	5,6	4,8	4,6
	21-40	5,3	4,8	3,8
	41-60	5,4	4,0	4,4

Динамика содержания подвижного магния в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвах, мг/кг сухой почвы, 2020 г.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0-20	5,2	3,5	4,7
	21-40	5,0	3,3	3,7
	41-60	5,1	4,3	4,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0-20	7,2	7,1	5,7
	21-40	6,7	6,2	4,8
	41-60	5,8	6,6	5,8
Биогумус 10 т/га	0-20	7,3	8,0	5,9
	21-40	5,6	5,6	4,2
	41-60	5,2	7,5	4,8
Навоз 30 т/га	0-20	8,1	8,1	5,7
	21-40	6,6	6,1	5,1
	41-60	6,6	6,8	5,7
Зеленое удобрения (озимый горох)	0-20	6,3	6,2	4,7
	21-40	5,6	5,4	4,4
	41-60	4,6	5,7	4,7

Динамика содержания подвижного магния в черноземе выщелоченном яблоневого сада в зависимости от удобрений в 0-60 см слоях почвах, мг/кг сухой почвы, 2018 – 2020 гг.

Вариант	Глубина взятия образца, см	Фаза вегетации		
		Распускание почек	Цветение	Плодоношение
Контроль	0–20	5,3	3,6	4,8
	21–40	5,0	4,4	4,8
	41–60	5,0	3,5	4,5
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	7,2	7,3	5,8
	21–40	6,8	6,3	4,9
	41–60	4,8	4,3	4,5
Биогумус 10 т/га	0–20	7,3	8,0	6,0
	21–40	5,7	5,7	4,2
	41–60	5,2	7,6	4,9
Навоз 30 т/га	0–20	8,2	8,2	5,8
	21–40	6,5	6,2	5,2
	41–60	6,6	7,0	3,8
Зеленое удобрения (озимый горох)	0–20	5,4	6,3	4,8
	21–40	5,1	5,7	4,4
	41–60	4,7	4,8	4,7

Содержание азота, фосфора и калия в листьях побегов яблони в зависимости от удобрений, % в сух. вещ-ве, 2018 г.

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	Фаза вегетации					
	образо- вание плодов	плодо- ношение	образо- вание плодов	плодо- ношение	образо- вание плодов	плодо- ношение
Без удобрений	1,6	1,4	0,28	0,26	1,1	1,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,4	2,3	0,55	0,53	2,0	1,8
Навоз	1,6	1,5	0,36	0,33	1,4	1,3
Биогумус	2,0	1,8	0,37	0,36	1,9	1,7
Зеленое удобрение	1,6	1,5	0,34	0,33	1,4	1,3

Содержание азота, фосфора и калия в листьях побегов яблони в зависимости от удобрений, % в сух. вещ-ве, 2019 г.

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	Фаза вегетации					
	образование плодов	плодоношение	образование плодов	плодоношение	образование плодов	плодоношение
Без удобрений	1,5	1,4	0,27	0,26	1,1	1,1
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,4	2,2	0,55	0,53	2,0	1,9
Навоз	2,3	2,1	0,42	0,41	1,8	1,7
Биогумус	1,9	1,7	0,32	0,30	1,5	1,3
Зеленое удобрение	2,0	1,9	0,34	0,32	1,5	1,3

Содержание азота, фосфора и калия в листьях побегов яблони в зависимости от удобрений, % в сух. вещ-ве, 2020 г.

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	Фаза вегетации					
	образование плодов	плодоношение	образование плодов	плодоношение	образование плодов	плодоношение
Без удобрений	1,6	1,4	0,27	0,26	1,1	0,9
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,3	2,2	0,54	0,52	1,9	1,8
Навоз	2,3	1,8	0,50	0,48	1,9	1,7
Биогумус	1,9	1,7	0,37	0,33	1,6	1,4
Зеленое удобрение	2,0	1,7	0,35	0,32	1,4	1,3

## Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2018 г.

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	17,0	-	-	10,3	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	18,0	1,0	5,9	12,5	2,2	21,4
Навоз	19,8	2,8	16,5	11,7	1,4	13,6
Биогумус	20,1	3,1	24,1	11,2	0,9	8,7
Зеленое удобрение	18,0	1,0	5,9	10,7	0,4	3,9
НСР <sub>05</sub>	1,95	-	-	2,17	-	-



## Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2019 г.

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	17,8	-	-	9,4	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	19,9	2,1	11,8	12,2	2,8	29,7
Навоз	20,4	2,6	14,6	11,2	1,8	19,1
Биогумус	20,8	3,0	16,9	12,4	3,0	31,9
Зеленое удобрение	18,5	0,7	4,0	11,4	2,0	21,3
НСР <sub>05</sub>	1,62	–	–	1,88	–	–

## Влияние удобрений на рост яблони и урожайность плодов с дерева, 2020 г.

Вариант	Окружность штамба, см	Прирост окружности штамба		Урожайность плодов, кг/дерева	Прибавка урожая	
		см	%		кг/дерева	%
Без удобрений	18,3	-	-	10,5	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	21,0	2,7	14,7	11,8	1,3	12,4
Навоз	20,8	2,5	13,7	11,0	0,5	4,8
Биогумус	20,9	2,6	14,2	12,3	1,8	17,1
Зеленое удобрение	19,7	1,4	7,7	10,9	0,4	3,8
НСР <sub>05</sub>	1,52	–	–	0,39	–	–