

На правах рукописи

Никитенко Аллан Александрович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫРАЩИВАНИЯ САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ В
КОНТЕЙНЕРНОЙ КУЛЬТУРЕ**

Специальность: 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и
лекарственные культуры

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2025

Работа выполнена на кафедре плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Раджабов Агамагомед Курбанович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры плодоводства,
виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО
«Российский государственный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Трунов Юрий Викторович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры садоводства,
биотехнологий и селекции
сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО
«Мичуринский государственный аграрный
университет»

Кузнецова Анна Павловна,
кандидат биологических наук, заведующая
лаборатории питомниководства ФГБНУ
«Северо-Кавказский федеральный научный
центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
центр имени И.В. Мичурина»

Защита состоится «01» июля 2025 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.030.02 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8 (499) 976-21-84.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов):
127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте университета:
www.timacad.ru

Автореферат разослан «__»_____2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.В. Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В последние годы производству продукции плодовоговодства уделяется особое внимание. Государством предпринимаются меры по стимулированию развития отрасли, расширению площадей, увеличению объемов производства и потребления населением овощей и фруктов, однако собственное производство продукции садоводства далеко недостаточно, приходится импортировать. В структуре импорта сельскохозяйственной продукции в нашу страну в стоимостном выражении 15,4 % составляют фрукты. До 2025 года в России предполагается заложить не менее 65,2 тыс. га садов. Российские аграрии собирают 1,9 млн тонн плодов и ягод, а также 4,5 млн. тонн овощей (Минсельхоз, 2024 г), что покрывает только 36% с учетом норм потребления (из расчета нормы 90 кг/на человека).

Одна из главных проблем на пути импортозамещения продукции плодовоговодства — это недостаточное производство качественного посадочного материала внутри страны. Мощность питомниководческих хозяйств позволяет производить (без ягодных культур) ежегодно менее половины необходимого количества посадочного материала плодовых и ягодных культур. По данным Федеральной таможенной службы РФ, опубликованным в 2024 году, импортные поставки садовых и горшечных растений в страну выросли на 34%: с 261 до 348 млн шт. Для успешного решения проблемы импортонезависимости продукции садоводства необходимо создание высокотехнологичной и наукоемкой отечественной индустрии производства высококачественного посадочного материала (Куликов И.М., Завражнов А.И., Упадышев М.Т., Борисова А.А., Тумаева Т.А. 2018; Соловьев А.В., Трунов Ю.В. 2021; Журавлева Е. В., 2018). Импорт посадочного материала создает и ряд проблем: увеличение капитальных затрат на создание сада, несоответствие подвойных и привойных сортов к разнообразию почвенно-климатических условий страны и др. Поэтому ключевой вопрос - восстановление и развитие питомниководческой базы с увеличением количества производимого собственного посадочного материала высокого качества и разнообразного сортового состава.

Степень разработанности темы. В последние годы все большее распространение во всем мире получает производство посадочного материала плодовых, ягодных и декоративных культур с закрытой корневой системой в контейнерах. К преимуществам этого способа производства саженцев относятся отсутствие требований к тщательному выбору участка как при закладке школки, отсутствие выпадов при посадке на постоянное место, отсутствие ограничений на сроки посадки в течение всего вегетационного периода, возможности исключить потерь в период хранения и транспортировки. Хорошие результаты получены при использовании контейнерного способа при производстве саженцев плодовых, цитрусовых, лесных растений (Безух Е.П., 1999; Кабанина, С. В. и др., 2004; Потапов С.А., Ерофеева О.С. 2012; Цепляев, А. Н. 2018). Однако ряд элементов этой технологии применительно к яблоне с учетом сортовой специфики в условиях Центрального района Нечерноземной зоны не разработаны. Необходимо установить оптимальный состав субстратов для контейнерной технологии,

оптимальные размеры контейнеров, разработать приемы по оптимизации развития корневой системы, изучить особенности питания молодых растений.

Цель исследований – разработка элементов технологии выращивания саженцев яблони в контейнерах в условиях Нечерноземной зоны для повышения качества посадочного материала.

Задачи исследований:

- изучить особенности роста и развития корневой системы и надземной части саженцев яблони различных сортов при контейнерном способе выращивания в зависимости от состава субстрата;
- выявить особенности питания саженцев яблони при контейнерном способе выращивания;
- установить особенности роста и развития корневой системы и надземной части саженцев яблони в зависимости от объема контейнера;
- выявить особенности изменений основных макроэлементов в субстратах в сравнении с их исходным составом и их влияние на качество саженцев;
- оценить влияние применения регуляторов роста на структуру корневой системы саженцев яблони;
- дать оценку экономической эффективности разработанных приемов.

Научная новизна. Впервые в условиях Центрального района Нечерноземной зоны проведено комплексное изучение и установлены особенности влияния различных компонентов почвенно-грунтовой смеси, регуляторов роста и объема корневого питания на рост и развитие надземной и корневой систем саженцев яблони сортов Антоновка обыкновенная, Подарок Графскому, Жигулевское и Орлик, привитых на клоновом подвое яблони 54 118. В вариантах с субстратом, где в качестве компонентов использовали агроперлит и песок превышение величины прироста по сравнению с субстратом с добавлением перегноя составило по сорту Орлик соответственно 9,4 и 22,8 %, а по сорту Жигулевское – 9,1 и 20,8 %. Общая длина корневой системы в варианте с объемом контейнера 12 л выше, чем в вариантах с объемом 9, 6 и 3 литра на 9, 31 и 60 %. Установлены особенности питания саженцев и изменения макроэлементов субстратов в контейнерах при выращивании саженцев. После трехлетнего выращивания содержание щелочногидролизуемого азота в торфо-песчаной смеси снизилось на треть, подвижного фосфора существенно снизилось в вариантах с песком, перлитом и биогумусом, снижение содержания обменного калия наблюдалось во всех вариантах, но более значительно в вариантах с использованием перлита, биогумуса и перегноя. Наиболее существенное снижение содержания органического вещества установлено в варианте с биогумусом – в 2,8 раза.

Теоретическая и практическая значимость работы. Выявлены особенности роста и развития надземной части и корневой системы саженцев яблони в условиях Центрального района Нечерноземной зоны, которые позволили усовершенствовать элементы технологии выращивания саженцев в контейнерах, повысить качество посадочного материала. Обоснованы и разработаны элементы технологии контейнерного выращивания саженцев яблони: состав и объем субстрата, химический способ формирования оптимальной структуры корневой системы. Лучшие результаты по развитию надземной части и корневой системы

обеспечил вариант со смесью торф + агроперлит. Преимущество в развитии надземной части имели саженцы, посаженные в субстрат объемом 9 литров. Количество корней второго порядка в варианте с применением препарата Палко, КС (действующее вещество паклобутразол), для обработки стенок контейнеров в концентрации 1 мл/л увеличилось на 110 %, а общая длина корневой системы - на 28,4 % по сравнению с контролем. Установленные особенности изменений в физико-химических свойствах и составе субстратов, создают возможности для оптимизации условий развития саженцев, повышения их качества. Более высокий уровень рентабельности показали варианты с использованием контейнеров объемом 12 л и с использованием в качестве субстрата смеси торфа с перлитом (277 и 188 %).

Полученные результаты исследований могут быть использованы в специализированных питомниководческих предприятиях для совершенствования элементов технологии выращивания саженцев садовых культур.

Методология и методы исследований. При планировании исследований в качестве информационной и методологической основы для реализации целей и задач использовали современные научные методы планирования и проведения полевых опытов по увеличению производства посадочного материала яблони. Закладка опытов, учёты, наблюдения, анализы, а также оценку экономической эффективности проводили по общепринятым методикам.

Положения, выносимые на защиту:

- научно-практические основы выращивания саженцев яблони в контейнерной культуре;
- особенности питания саженцев яблони и динамика изменений содержания основных макроэлементов субстрата при контейнерном способе выращивания;
- обоснование приема применения регуляторов роста при контейнерном способе производства саженцев.

Степень достоверности. Достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, проведенных с применением современных методик полевых и лабораторных опытов. Статистическая обработка полученных данных проведена по Б.А. Доспехову (Методика полевого опыта, 1985) и по А.В. Исачкину (Основы научных исследований в садоводстве: учебник для вузов, 2020), методом дисперсионного анализа с использованием программ Microsoft Office Excel и PAST 4.03.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на конференциях: Международная научная конференция «Аграрное образование и наука в 21 веке: вызовы и проблемы развития (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 2015 г.); Международная конференция, посвященная 200-летию Н.И. Железнова (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 2016 г.); Международная научная конференция, посвященная 130-летию Н.И. Вавилова (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 2017 г.); Международная научная конференция профессорско-преподавательского состава, посвященная 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 2018 г.); Международная научная конференция

профессорско-преподавательского состава, посвященная 155-летию РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 2020 г.); Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы биологии, селекции и агротехники садовых культур», посвященная 100-летию со дня рождения академика Г.И. Тараканова (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 2023 г.).

Личный вклад автора. Автором лично проведены все полевые исследования, анализ и статистическая обработка экспериментальных данных, подготовка научных публикаций и докладов, написание диссертационной работы.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликованы 8 печатных работ, в том числе 5 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 135 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 41 рисунок, 25 таблиц, заключения, библиографического списка, включающего 201 источник, в том числе 35 – на иностранном языке и 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен анализ российской и зарубежной научной литературы по вопросу изучения роли корневой системы в обеспечении жизнеспособности контейнерных растений, основных почвенных субстратов с их достоинствами и недостатками. В ней также изложены технология выращивания саженцев с закрытой корневой системой «Pot-in-Pot» и роль качества посадочного материала в современном садоводстве, а также рассматривается использование регуляторов роста в технологии размножения плодовых культур.

Во второй главе приведена программа и методы исследования. Объектами исследования являются яблони сортов Антоновка обыкновенная, Подарок Графскому, Жигулевское и Орлик, привитые на клоновый подвой яблони 54 118. Исследования по изучению роста и развития саженцев в условиях производства проводились на базе питомника в Егорьевском районе (ИП Никитенко АС) в 2015-2017 годах.

Опыт №1 «Влияние различных составов субстрата на рост и развитие саженцев яблони в контейнерной культуре»:

1. Контроль (низинный торф + песок; 3:1)
2. Субстрат 1 (низинный торф + агроперлит; 3:1)
3. Субстрат 2 (низинный торф + песок + перегной; 3:0,7:0,3)
4. Субстрат 3 (низинный торф + песок + биогумус; 3:0,9:0,1)

В качестве основного компонента грунтов использовали низинный торф, характеризующийся кислой реакцией $pH_{H_2O} = 5,39$, $pH_{KCl} = 4,05$; влажностью 77% и объемной массой 0,48 г/см³.

В варианте 2 песок заменен на агроперлит (фракция 2-4 мм). В варианте 3 к торфу и песку добавлен конский полуперепревший навоз. В субстрате 4 в качестве органического удобрения использовался биогумус (производитель ООО «Фабрика Грунтов»). Посадка проводилась в апреле привитыми в зимний период на клоновом подвое 54 118 однолетними саженцами яблони. В дальнейшем контейнеры

располагались в открытом грунте на контейнерной площадке, застеленной агротекстилем плотностью 130 г/м². Полив проводился вручную по мере необходимости.

Опыт №2 «Влияние объема субстрата на развитие саженцев яблони»:

1. Объем субстрата 3 л;
2. Объем субстрата 6 л;
3. Объем субстрата 9 л;
4. Объем субстрата 12 л.

Для данного опыта выбраны следующие сорта: Подарок Графскому и Орлик.

Опыт №3 «Формирование корневой системы при применении регуляторов роста».

Для формирования корневой системы саженцев использовались препараты: Атлет, ВР (действующее вещество Хлормекватхлорид) (концентрации 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2 мл/л) и Палко, КС, (действующее вещество Паклобутразол) (концентрации 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2 мл/л). Нанесение обоих препаратов на стенки контейнеров в разных концентрациях осуществлялось двумя способами: в смеси с латексной краской и в водном растворе. С помощью кисти приготовленные растворы наносились на внутреннюю поверхность контейнеров. После подсыхания нанесенного раствора в контейнеры высаживали опытные растения. Контейнеры размещались на площадке по технологии «Pot-in-Pot», разработанной в США. Основа технологии: в поле питомника соответственно схеме посадки прокладывается система дренажа. По линиям дренажной системы вкапывают контейнеры из усиленного пластика со специальным строением дна. Эти вкопанные контейнеры остаются в поле постоянно, то есть система подготовки делается один раз на много лет. Затем внутрь этих вкопанных в землю контейнеров ставят обычные контейнеры с растениями. В них и происходит весь цикл выращивания растений. Для посадки использовались контейнеры объемом 5 л.

Учеты развития надземной части и корневой системы проводили общепринятыми методами. В субстратах определяли: массовую долю воды в субстрате (ГОСТ Р 53380-2009); объемную массу (ГОСТ Р 53380-2009); pH_{KCl} , pH_{H_2O} , (ГОСТ 26423-85); гидролитическую кислотность (ГОСТ 26212-91); сумму поглощенных оснований (ГОСТ 27821-2020); общее содержание солей по удельной электропроводности (ГОСТ 26423-85); азот щелочногидролизуемый по Корнфилду; определение P_2O_5 и K_2O – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011); содержание органического вещества в субстрате (ГОСТ 23740-2016).

В третьей главе приведены результаты исследований. Качество посадочного материала определяется степенью развития надземной части и корневой системы саженцев. Наиболее высокий уровень интенсивности роста побегов саженцев в начале вегетации отмечен в вариантах, где в качестве компонентов к торфу использовали агроперлит и песок. В этих вариантах отмечен интенсивный рост побегов, что обусловило более раннее наращивание листового аппарата и фотосинтетического потенциала молодых растений. В первый год вегетации меньше приростов дали саженцы в контейнерах с добавлением органических компонентов – биогумуса и перегноя (таблица 1).

Таблица 1 - Величина прироста побегов саженцев яблони сорта Орлик в конце вегетации в зависимости от года выращивания и состава субстрата, см

Вариант	2015 г.	2016 г.	2017г.
Контроль	52,63±0,47	85,47±0,49	24,89±0,42
Субстрат 1	56,78±0,55	91,09±0,34	25,94±0,41
Субстрат 2	47,37±0,55	78,43±0,56	24,16±0,39
Субстрат 3	45,26±0,38	86,57±0,51	23,74±0,41

* результаты выражены как среднее значение ± среднее квадратическое отклонение

На второй год вегетации сохранил преимущество вариант с добавлением перлита, по остальным вариантам отмечались примерно одинаковые приросты побегов. В субстратах с добавлением песка и перлита питательные элементы характеризуются большей мобильностью и доступностью для молодых растений. Это и привело к усиленному росту побегов в первые годы вегетации молодых растений. На третий год вегетации саженцев в контейнерах установлено, что в вариантах с различными составами субстрата приросты существенно не отличались друг от друга. При сравнении приростов по годам наибольшие величины прироста побегов наблюдались на второй год вегетации (до 61% в варианте с субстратом 1). В 2017 году наблюдалось относительное снижение прироста по сравнению с предыдущими годами (с 78,43 см до 24,16 см в варианте с субстратом 2). Это также связано с особенностями погодных условий первых двух месяцев лета. Трехлетние данные по влиянию состава субстрата на прирост побегов сорта Жигулевское показали, что преимущество, как и в опыте с сортом Орлик, имели варианты с субстратами с добавлением перлита и песка. При сравнении отдельных вариантов между собой установлено, что в оба года исследований лучшие результаты по развитию прироста побегов показал вариант с добавлением верхового торфа и агроперлита, в котором увеличение длины побега в конце вегетации по сравнению с контролем составило 111 %.

Площадь листовой поверхности имела прямую зависимость от размера приростов. Максимальная площадь листовой поверхности отмечена в варианте с применением смеси торфа и агроперлита (рисунок 1), по другим вариантам существенных различий по этому показателю не отмечено. При оценке величины листовой поверхности в зависимости от года вегетации установлено, что этот показатель нарастает с возрастом саженцев, с постепенным снижением разницы между предыдущим и последующим годами по мере увеличения возраста. Согласно полученным данным и изменения в составе субстрата по сравнению с контролем, и год вегетации оказывают существенное влияние на площадь листовой поверхности как при раздельной, так и при совместной оценке.

При оценке содержания основных элементов питания в листьях установлено, что относительно высокий уровень содержания азота (2,03%) наблюдался в листьях контейнерных саженцев яблони, выращиваемых с применением в качестве субстрата низинного торфа с добавлением агроперлита и песка. Существенное снижение содержания азота в листьях установлено в варианте с добавлением биогумуса (1,5%) по сравнению с контрольным вариантом (2,02%).

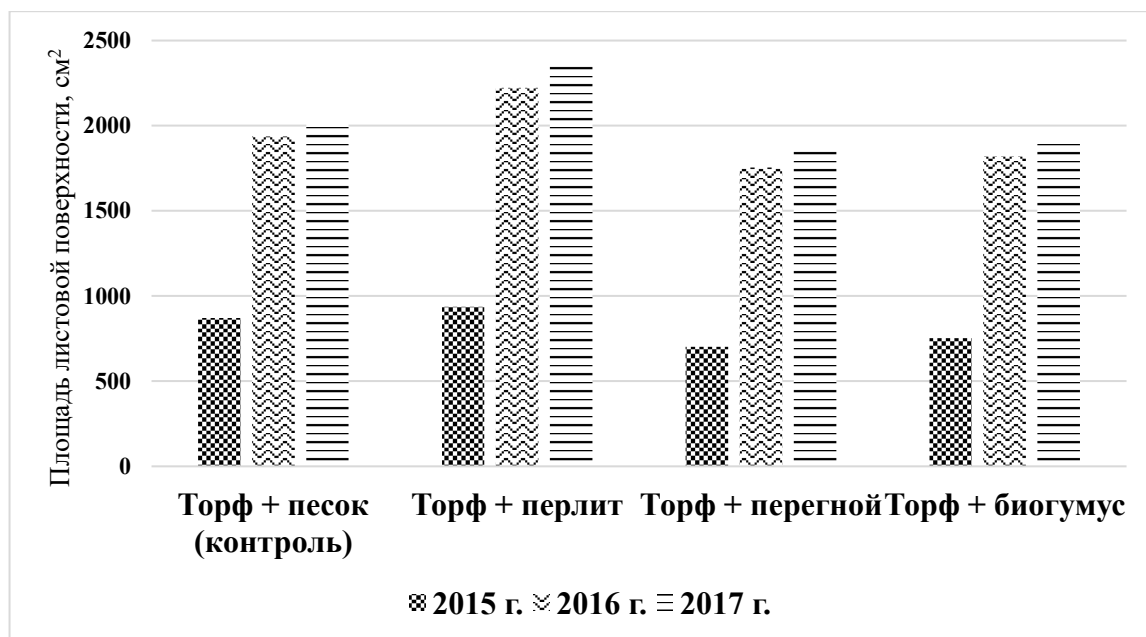


Рисунок 1 – Совместное влияние субстрата и года вегетации на площадь листовой поверхности саженцев яблони сорта Орлик, см²

Вариант с применением перегноя занимал промежуточное положение. Сравнительно высокое содержание P_2O_5 отмечено в вариантах с добавлением органических компонентов – биогумуса и перегноя, низкое - в варианте с применением субстрата с добавлением перлита – 0,64 %. При сравнении полученных данных со средними данными по оптимальному содержанию этого элемента питания в листьях яблони (0,51-0,69%) установлено, что в целом полученные данные соответствуют интервалу оптимального содержания или несколько превышали этот уровень.

Существенное увеличение содержания калия в листьях по сравнению с контролем отмечено в вариантах с добавлением биогумуса (2,29% против 2,09%) и перегноя (рисунок 2). В вариантах с применением неорганических компонентов содержание K_2O на уровне контроля или чуть выше.

Трехлетнее выращивание саженцев в контейнерах привело к изменению физико-химических составляющих субстрата. Содержание органического вещества является важным показателем плодородия почвогрунта, от которого зависит не только уровень минерального питания растений элементами питания, но и агрофизические показатели: влагоемкость, воздухопроницаемость, тепловой режим и емкость поглощения, а также микробиологическая активность.

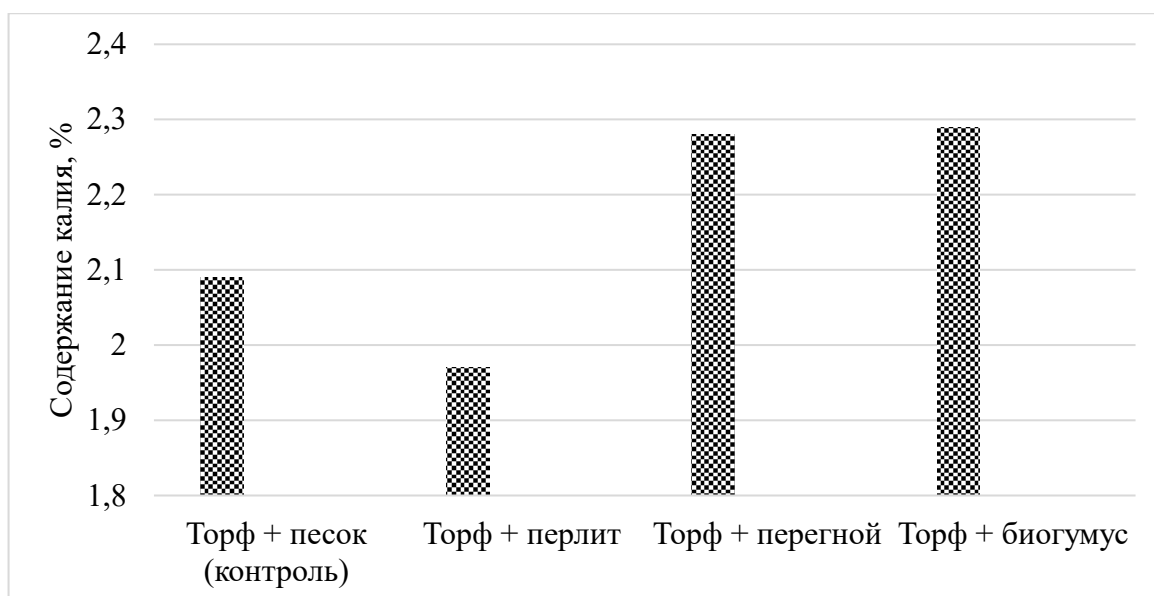


Рисунок 2 – Влияние состава субстрата на содержание калия в листьях саженцев яблони сорта Орлик, %

Трехлетнее выращивание саженцев в контейнерах привело к изменению физико-химических составляющих субстрата. Содержание органического вещества является важным показателем плодородия почвогрунта, от которого зависит не только уровень минерального питания растений элементами питания, но и агрофизические показатели: влагоемкость, воздухопроницаемость, тепловой режим и емкость поглощения, а также микробиологическая активность. Как показали наши исследования, исходное содержание органического вещества является самым высоким в варианте с сочетанием торфа и перегноя – 51,9%, несколько меньше в варианте биогумусом – 43,7%, меньше всего в варианте с перлитом – 18,9% (рисунок 3).

Минерализация органических соединений протекала с разной интенсивностью. Максимальное снижение содержания органического вещества в варианте с биогумусом (наиболее богатым лабильными органическими соединениями) – 2,8 раза. В грунтах с внесением перлита и перегноя снижение составило 2,3 и 2,2 раза, соответственно, а в торфо-песчаной смеси – 1,8 раза.

За счет разрыхления в субстратах с внесением перегноя и перлита, изменения объемной массы были минимальными и составили 8 и 11% соответственно, относительно исходных показателей. Это свидетельствует о довольно высокой устойчивости субстрата к изменению плотности с течением времени и сохранению исходных агрофизических свойств. Изменения объемной массы субстрата на основе торфа и биогумуса достигали 13%, а максимальными они были в варианте с торфо-песчаной смесью – 17%. Следует отметить, что, несмотря на указанные различия, объемная масса всех субстратов, за время проведения опыта, не превысила $1,0 \text{ г/см}^3$, что является верхней границей оптимального диапазона.

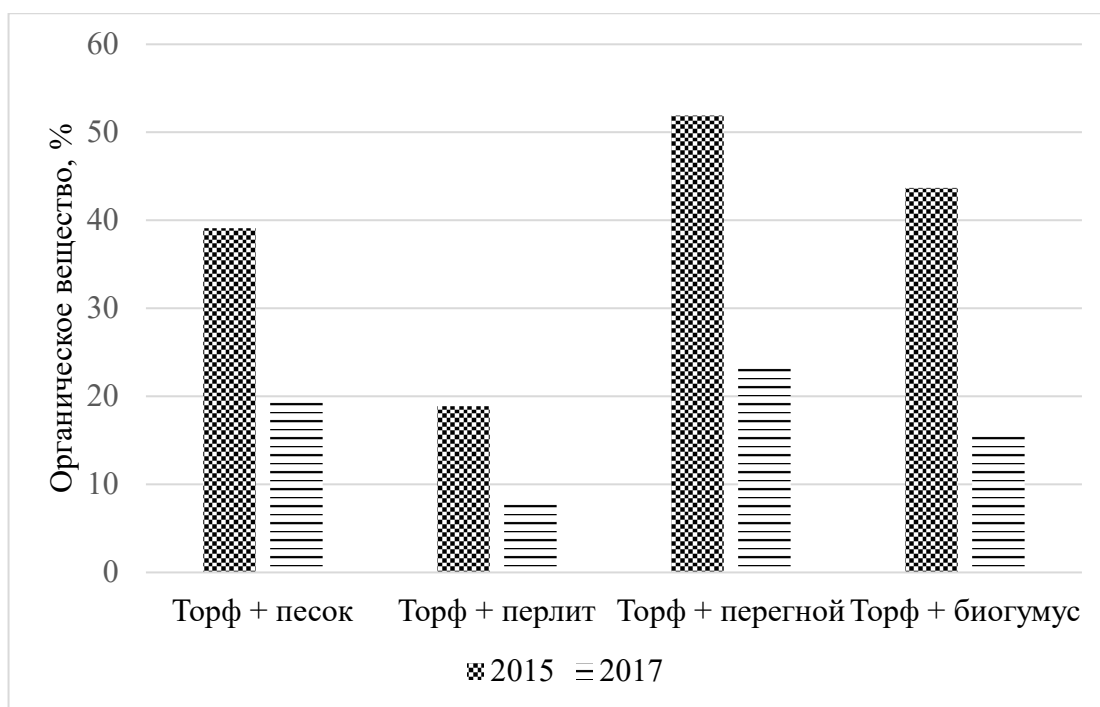


Рисунок 3 - Изменение содержания органического вещества в субстрате в зависимости от его состава, %

Исходная кислотность всех субстратов соответствовала близкой к нейтральной реакции ($pH_{KCl} = 5,7-6,1$; $pH_{H_2O} = 6,1-6,3$). За счет проявления физиологической реакции солей, дыхания корней и минерализации органического вещества обменная и актуальная кислотность снижалась во всех грунтах, но наиболее существенно этот показатель изменялся в варианте с сочетанием торфа с песком, и в меньшей степени – в варианте с перлитом.

Как показали наши исследования изменение емкости катионного обмена (ЕКО) зависело от состава субстрата (рисунок 4). Формирование субстрата на основе торфа и минеральных компонентов – песка или перлита приводило к снижению емкости поглощения, наиболее интенсивно в смеси торфа с песком и в меньшей степени в субстрате с внесением перлита, что, очевидно, связано с крайне малой объемной массой перлита и, как следствие, с высокой исходной поглотительной способностью. Емкость поглощения снизилась с 54 до 33 мг-экв/100 г, что, связано с разложением органического вещества, как основного фактора, влияющего на емкость. В вариантах, где в состав субстрата входили перегной и биогумус, напротив, наблюдалось увеличение емкости поглощения, за счет обогащения грунта органическими коллоидами.

Как показали результаты наших исследований, во всех вариантах опыта наблюдалось снижение содержания водорастворимых солей, за счет поглощения элементов питания растениями, но максимальное изменение удельной электропроводности отмечено в грунте на основе торфа и перлита (уменьшение на 66%), т.е. в варианте с максимальным годовым приростом саженцев, что говорит о большей доступности питательных веществ из состава грунта. Такая же закономерность наблюдалась в варианте торф+песок (39,1% против 19,6% в 2015 и 2017 гг. соответственно).

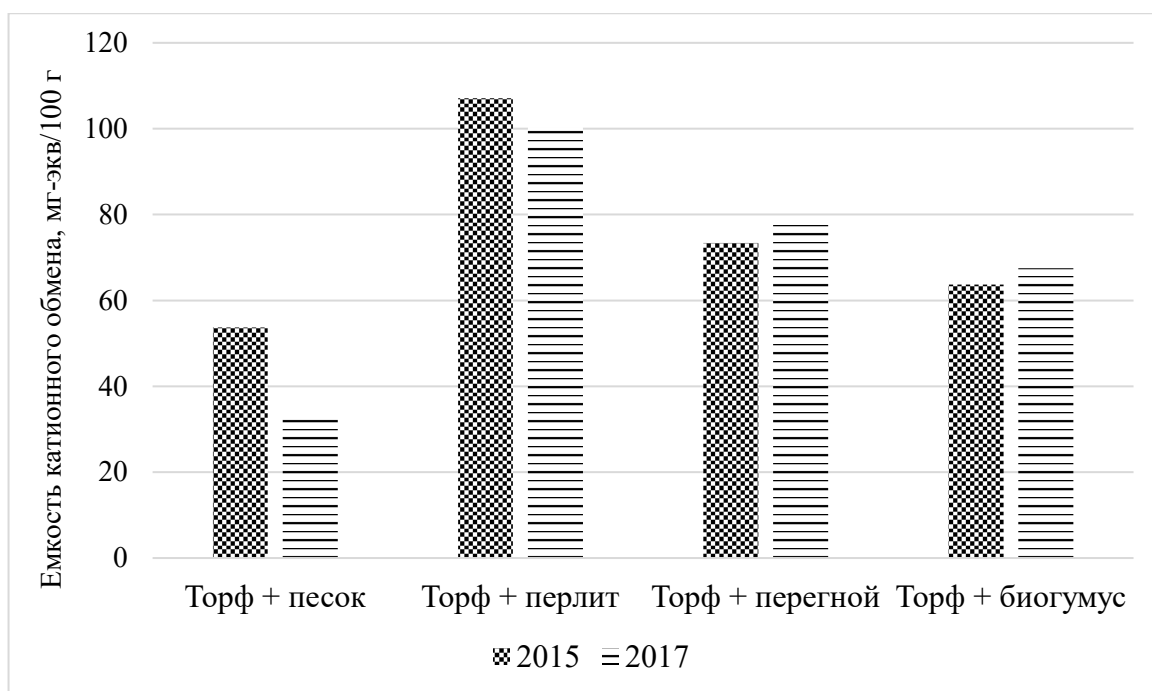


Рисунок 4 - Изменение емкости катионного обмена в зависимости от состава субстрата, мг-экв/100 г

Содержание щелочногидролизующего азота в торфо-песчаной смеси снизилось на треть, в то время как другие грунты в меньшей степени подверглись изменениям по этому показателю. Наименьшее снижение отмечено в варианте с субстратом на основе торфа и перегноя – 3%, что связано с минерализацией азотистых соединений, входящих в ее состав. Наибольшие изменения по азоту отмечены в варианте с песком (23,9%), что можно объяснить более высокими показателями в росте побегов, по сравнению с вариантами с органическими удобрениями (суммарный прирост побега за 3 года 168 см против 154 см и 157 см). При этом, вариант с использованием перлита показал не только небольшие изменения по азоту (9%), но и был на первом месте по общей длине надземной части растений (186 см). Содержание подвижных фосфатов и обменного калия снизилось во всех вариантах опыта. Снижение содержания подвижного фосфора составило 11 и 13% в вариантах с перлитом и биогумусом, соответственно, а в грунт на основе торфа и перегноя стабильнее, изменение составило менее 2%. Наиболее значительно содержание фосфатов снижалось в варианте с торфяно-песчаной смесью на 16%. Поскольку калий, в отличие от азота и фосфора, не входит в состав сложных органических соединений, его содержание с течением времени подвергалось наибольшим изменениям, поскольку единственным его источником в исследуемых грунтах являются легкодоступные минеральные соли.

В первый год вегетации объем контейнера оказал существенное влияние на динамику роста побегов саженцев сорта Орлик. Наиболее высокая интенсивность роста побегов была характерна для саженцев, размещенных в контейнерах объемом 6 и 9 литров, меньше приростов дали побеги саженцев яблони, размещенных в контейнерах объемом 3 л. Наиболее благоприятная динамика роста побегов на второй год вегетации, характерна для растений, размещенных в контейнерах емкостью 9 и 12 литров. На третий год вегетации максимальный прирост показали

саженцы, произрастающие в контейнерах объемом 12 и 9 литров, близкие к ним значения имели растения в контейнерах объемом 6 л. Суммарный прирост надземной части саженцев яблони, выращиваемых в контейнерах за три года вегетации саженцев был наивысшим в варианте с объемом контейнера 9 л, затем 12 л.

Анализируя полученные данные по опыту с саженцами яблони сорта Орлик, можно констатировать, что наиболее развитая корневая система наблюдается у саженцев, изначально посаженных в 12 литровые контейнеры (таблица 2).

Суммарная длина корневой системы в этом варианте на 36% больше, чем у варианта, имеющего наименее развитую корневую систему - с изначальной посадкой в 3 литровые контейнеры. Затем следует вариант с применением 9 литровых контейнеров (на 11% меньше, чем у лучшего варианта) и вариант с применением 6 литровых контейнеров (на 29% меньше). По количеству корней первого и второго порядка выделились также варианты, с объемом контейнера в 12 и 9 литров, которые превышали вариант контейнера объемом 3 литра по числу корней первого порядка соответственно на 15,7 % и 8,3 %, а по числу корней второго порядка – на 47,9 и 24,9 %.

Таблица 2 - Структура корневой системы саженцев яблони сорта Орлик в зависимости от объема субстрата

Объем субстрата	Корни 1 порядка		Корни 2 порядка	
	Количество, шт.	Средняя длина, см	Количество, шт.	Средняя длина, см
3 л	120,7±0,67	17,5±0,43	430,2±0,89	4,01±0,06
6 л	115,4±0,54	20,63±0,51	451,7±1,30	3,99±0,05
9 л	130,6±0,44	19,9±0,28	537,4±1,15	4,90±0,07
12 л	139,7±0,39	19,63±0,39	635,6±1,08	5,03±0,06

Суммарная длина корневой системы в этих вариантах превышала вариант с контейнером объемом 3 литра на 58,3 и 40,5 %. Преимущество более объемных контейнеров в развитии корневой системы трехлетних саженцев яблони сорта Орлик объясняется более благоприятными условиями питательного и воздушного режима для растения. Такое развитие корневой системы позволяет прогнозировать более высокий уровень адаптации растений при посадке в открытый грунт.

Закономерности развития корневой системы саженцев при их выращивании в контейнерах по сорту Подарок Графскому такие же, что и по сорту Орлик (таблица 3).

Таблица 3 - Структура корневой системы саженцев яблони сорта Подарок Графскому в зависимости от объема субстрата

Объем субстрата	Корни 1 порядка		Корни 2 порядка	
	Количество, шт.	Средняя длина, см	Количество, шт.	Средняя длина, см
3 л	110,66±0,49	19,3±0,42	410,4±1,42	3,88±0,14
6 л	120,6±0,74	22,6±0,54	439,1±1,01	5,09±0,094
9 л	135,2±0,98	24,4±0,37	501,6±0,65	4,0,168±
12 л	134,6±1,13	21,6±0,43	617±1,10	5,04±0,07

Применение латексной краски без ретардантов не оказало существенного влияния на развитие корневой системы саженцев сорта Антоновка обыкновенная – не отмечено существенных различий между вариантами с обработкой стенок контейнеров латексной краской и контролем в количестве корней первого порядка, количестве корней второго порядка, общей длины корневой системы (таблица 4).

При оценке влияния обработки стенок контейнеров ретардантами действие зависело от применяемого препарата. Более высокой выраженной эффективностью характеризовался препарат Палко, КС, а препарат Атлет ВР не проявил себя как препарат для регулирования роста корней - все изучаемые показатели развития корневой системы в вариантах с исследуемыми концентрациями не отличались существенно от показателей контрольного варианта.

Используемые препараты не оказали влияния на количество корней первого порядка (контроль 110 шт, водный р-р Палко 1% 103,8 шт, водный р-р Атлет 1% 100,6 шт), однако отмечено существенное влияние на их длину (контроль 30,8, водный р-р Палко 1% 17,3 шт). При этом влияние паклобутразола на показатели корневой системы зависело от концентрации препарата. С увеличением концентрации средняя длина корней первого порядка уменьшалась. Эта закономерность прослеживается при применении препарата как в сочетании с латексной краской, так и в водном растворе.

Более высокая эффективность отмечена при применении препарата в сочетании с латексной краской и в варианте с концентрацией 1 мл/л (рисунок 5). Как показывают данные уменьшение длины корней первого порядка в этом варианте по сравнению с контролем составило в среднем на 45%. В варианте с концентрацией 0,5 мл/л уменьшение длины корней первого порядка составило 29%. В вариантах с малыми концентрациями паклобутразол практически никак не воздействовал на показатель длины корней первого порядка. Таким образом, паклобутразол в оптимальных вариантах с концентрацией препарата 0,5 мл/л и 1 мл/л способствовал существенному снижению длины корней первого порядка, следовательно, стимулировал их более раннее ветвление, что является основой для

ветвления корней ближе к подземному штамбу саженца и предотвращения закручивания корней (рисунок 5).

Таблица 4 - Влияние обработки контейнеров регуляторами роста на развитие корневой системы саженцев яблони сорта Антоновка обыкновенная

Варианты	Препарат	Концентрация , мг/л	Среднее число корней 1 ого порядка, шт.	Среднее число корней 2 ого порядка, шт.	Средняя длина корней 1 порядка, см	Средняя длина корней 2 порядка, см
Контроль	·	·	110,7±0,36	252,6±0,64	30,8±0,50	5,5±0,06
Латексная краска	·	·	105,9±0,43	238,6±0,67	34,8±0,56	5,2±0,07
Латексная Краска	Палко	0,05	101,6±0,30	267,4±1,19	28,7±0,45	6,1±0,05
		0,1	110,6±0,34	282,6±0,62	28,1±0,34	6,0±0,1
		0,5	119,4±0,30	395,4±0,78	21,8±0,89	7,0±0,09
		1	112,7±0,37	531,9±0,54	17,3±0,34	9,0±0,02
		2	110,2±0,33	230,6±0,71	17,9±0,67	8,2±0,03
Водный р-р	Палко	0,05	109,8±0,34	237,8±0,59	35,8±0,34	3,9±0,05
		0,1	120,1±0,39	271,6±0,60	35,3±0,30	2,2±0,02
		0,5	115,4±0,65	289,3±0,59	29,2±0,38	4,9±0,03
		1	103,8±0,35	444,6±0,58	16,5±0,65	10,9±0,08
		2	107±0,35	213,7±0,58	16,7±0,54	11,8±0,12
Латексная Краска	Атлет	0,05	120,9±0,23	240±0,35	32,3±0,60	3,8±0,03
		0,1	114,8±0,34	257,7±0,34	30,8±0,54	5,9±0,06
		0,5	106,8±0,54	235,8±0,48	35,4±0,35	5,1±0,02
		1	117±0,90	271,7±0,87	32,1±0,23	2,7±0,08
		2	105,2±0,23	228±0,65	34,1±0,34	4,5±0,10
Водный р-р	Атлет	0,05	111,7±0,45	237±0,45	35,2±0,75	2,2±0,04
		0,1	110,8±0,35	251,8±0,78	33,9±0,78	4,1±0,03
		0,5	116,8±0,55	258,2±0,65	32,8±0,54	4,9±0,08
		1	100,6±0,75	241,1±0,30	34,6±0,45	5,9±0,04
		2	122,8±0,60	256±0,34	33,1±0,28	2,7±0,05

На рисунке 5 продемонстрировано, что в варианте с концентрацией 1 мл/л на наружной части кома отсутствуют корни первого порядка – препарат способствовал окончанию их линейного роста и образованию корней следующего порядка. В контрольном варианте корни первого порядка достигнув стенок контейнера продолжают линейный рост, не разветвляясь вдоль нее и это приводит

к закручиваю, что неблагоприятно сказывается на приживаемости и адаптации молодых растений при их высадке на постоянное место. Важным является не только более раннее ветвление корней первого порядка, но развитие корней второго порядка, что является основой для более развитой корневой системы саженцев. Образование корней второго и последующих порядков способствуют более полному освоению корневой системой растений в контейнерах.



Рисунок 5 – Развитие корневой системы саженцев яблони при использовании регулятора роста Палко, КС (слева 1 мл/л, справа контроль)

Наши исследования показали, что препарат Палко, КС оказал существенное влияние не только на количество корней второго порядка, но и их длину. Максимальное количество корней второго порядка сформировалось в вариантах с применением паклобутразола в концентрации 1 мл/л как в сочетании с латексной краской, так и на водной основе (увеличение по сравнению с контролем составило соответственно 110 % и 76%). Вместе с тем, следует отметить полученный высокий эффект в варианте с концентрацией 0,5 мл/л в сочетании с латексной краской (+56 % по сравнению с контролем). Установлена тенденция к увеличению средней длины корней второго порядка в вариантах с применением паклобутразола, однако существенными по сравнению с контролем были показатели в вариантах с этим препаратом в концентрации 1 и 2 мл/л в сочетании с водной основой. Вышеуказанные эффекты влияния ретардантов на развитие корней первого и второго порядка обусловили изменения в общей длине корневой системы саженцев. Увеличение суммарной длины корневой системы установлено в вариантах с применением препарата Палко, КС в концентрации 0,5 и 1 мл/л в сочетании с водной основой и латексной окраской (47 м у контроля против 56 м и 65 м) . Эффект относительно более высокий в сочетании ретарданта с латексной основой, в оптимальном варианте с использованием концентрации 1 мл/ л увеличение протяженности корневой системы составило 28,4 %. Некоторое

угнетение развития корневой системы установлено в вариантах с применением концентрацией паклобутразола в 2 мл/л, эта концентрация показала снижение суммарной длины корней на 21% по сравнению с контролем.

Применение ретардантов при обработке стенок контейнеров оказало определенное влияние на развитие надземной части саженцев яблони. Можно отметить и тенденцию к увеличению общего прироста побегов и в вариантах с применением паклобутразола в концентрациях 0,5% как в сочетании с латексной краской, так и на водной основе. Однако прибавки прироста по сравнению с контролем незначительны. Увеличение концентрации применяемого препарата Палко, КС до 2 мл/л приводило к ингибированию суммарной длины побегов саженцев яблони сорта Антоновка (уменьшение суммарной длины побегов составило около 13%). При этом очень сильно разнятся показатели площади листовой поверхности. Минимальный результат получен в опыте с использованием паклобутразола в концентрации 2 мл/л, здесь также проявилось ингибирующее действие высоких концентраций препарата на надземную часть, в данном случае на развитие листовой поверхности. По сравнению с контролем уменьшение составило 23%, а по сравнению с лучшим вариантом (водный раствор паклобутразола в концентрации 1 мл/л) - на 43%.

Ингибирование ростовых процессов несомненно скажется не только на дальнейшем развитии саженцев, но и вполне возможно, на жизнеспособности растений в целом, так как от того, насколько у растения хорошо развит листовой аппарат зависит его способность сопротивляться негативному влиянию вредных факторов окружающей среды: начиная от зимостойкости и заканчивая сопротивлением болезням и вредителям. В среднем показатели облиственности в обоих вариантах с препаратом Атлет, ВР отличаются от контроля незначительно - на 2%. Наибольшая разница наблюдается в группе вариантов препарата паклобутразол с латексной краской и составляет 10%.

В последние годы все шире используется в питомниководстве технология «Pot-in-Pot» (Цепляев, А. Н. 2020). Изучены условия для развития корневой системы саженцев при применении технологии «Pot-in-Pot» в сравнении с размещением контейнеров традиционным способом и условиями выращивания в грунте. К положительным результатам использования технологии «Pot-in-Pot» можно отнести несколько моментов. Растения более устойчиво сохраняют вертикальное положение. При обычной силе ветра стенки внешнего контейнера удерживали саженцы в вертикальном положении. Изменился также температурный режим в зоне размещения корневой системы. В обычных условиях поверхность грунта нагревается до 47⁰С в июле. При использовании данной технологии удалось добиться значительного снижения температуры, наибольшая разница составила 9⁰С (рисунок 6). Температура в контейнерах при выращивании по технологии «Pot-in-Pot» приближается к показателям внутри почвы, что позволяет растениям расти и развиваться лучше из-за уменьшения стресса корневой системы.

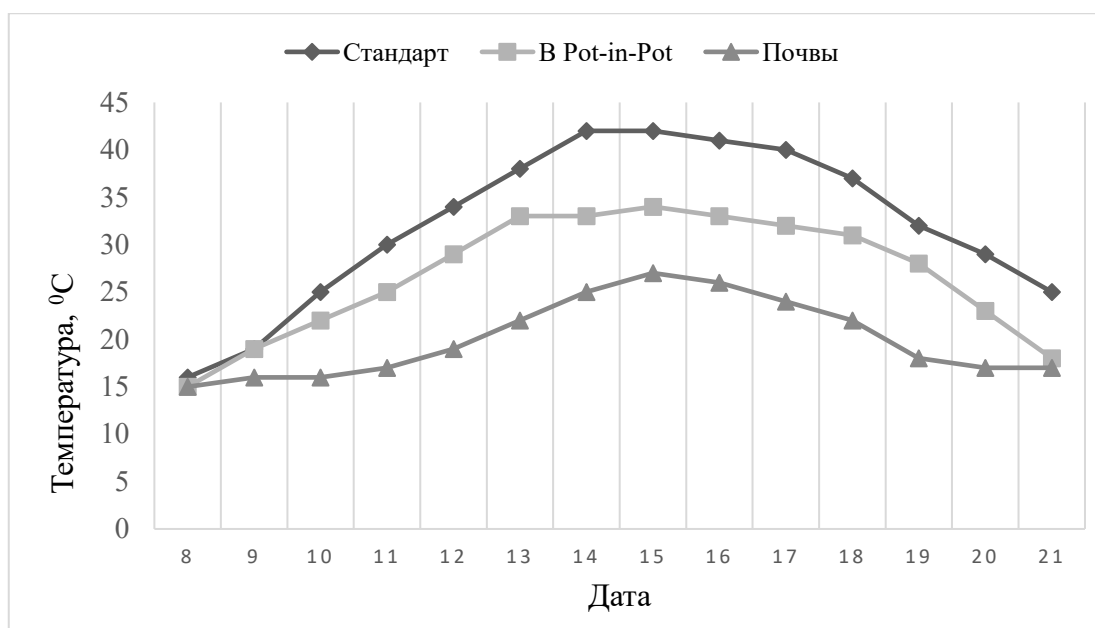


Рисунок 6 – Температура почвы и субстрата в контейнерах, июнь 2016, °C

При расчете экономической эффективности установлено, что наиболее высокую рентабельность обеспечивает вариант с применением в качестве субстрата торф + перлит (рентабельность - 188%, против 161% в контроле), оптимальным объемом субстрата для получения саженцев товарного качества является 12 литров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Особенности роста и развития корневой системы и надземной части саженцев яблони различных сортов при контейнерном способе зависели от состава субстрата, объема контейнера, сорта. Наиболее высокий уровень интенсивности роста побегов саженцев сортов Орлик и Жигулевское в начале вегетации отмечен в вариантах с субстратом, где в качестве компонентов использовали агроперлит и песок. В этих же вариантах наблюдаются максимальные величины конечного прироста в конце вегетации. В вариантах с этими компонентами превышение величины прироста по сравнению с субстратом с добавлением перегноя составило по сорту Орлик соответственно 9,4 и 22,8 %, а по сорту Жигулевское – 9,1 и 20,8 %.

2. При оценке влияния объема контейнера по обоим сортам (Орлик и Подарок Графскому) преимущество в развитии надземной части имели саженцы, высаженные в 9-литровые контейнеры. Наиболее развитая корневая система установлена у саженцев, посаженных в контейнеры объемом 12 литров.

3. Исследования по содержанию основных элементов питания в листьях показали, что состав субстрата существенно влияет на особенности питания молодых растений. Относительно высокий уровень содержания азота наблюдался в листьях молодых растений яблони, произрастающих на субстрате из верхового торфа с добавлением агроперлита и песка. Существенно ниже отмечено содержание азота в листьях в варианте с добавлением биогумуса (1,5 против 2,02 в контроле). Относительно высокое содержание P_2O_5 и K_2O установлено в вариантах

с добавлением биогумуса и перегноя, низкое – в вариантах с добавлением песка и перлита (0,77% против 0,64% по фосфору).

4. В процессе трехлетнего выращивания саженцев в контейнерах существенно меняются показатели субстратов в зависимости от их состава. Снижение содержания органического вещества максимально в варианте с биогумусом (наиболее богатым лабильными органическими соединениями) – в 2,8 раза. В грунтах с внесением перегноя и перлита, колебания объемной массы были минимальны и составили 8 и 11% соответственно, относительно исходных показателей, что свидетельствует о довольно высокой устойчивости грунта к изменению плотности с течением времени и сохранению исходных агрофизических свойств.

5. Актуальная кислотность (pH_{H_2O}) снижалась во всех грунтах, но наиболее существенно этот показатель изменялся в варианте с сочетанием торфа с песком (5,9 против 5,3), и в меньшей степени – в варианте с перлитом. Изменение ЕКО (емкость катионного обмена) в течение периода выращивания саженцев зависело от состава субстрата. Формирование грунта на основе торфа и минеральных компонентов – песка или перлита приводило к снижению емкости поглощения (53,7 в 2015 году и 33,4 в 2017 году), а в вариантах, где в состав субстрата входили перегной и биогумус, напротив, наблюдалось повышение емкости поглощения, за счет обогащения грунта органическими коллоидами. Изменение емкости поглощения изучаемых грунтов коррелировало с изменением суммы поглощенных оснований. Во всех вариантах опыта наблюдалось снижение содержания водорастворимых солей, максимальное изменение удельной электропроводности отмечено в грунте на основе торфа и перлита (со 1,04 до 0,42 mSm/cm).

6. Установлены особенности изменения содержания основных элементов питания в исследуемых составах субстратов. Содержание щелочногидролизующего азота в торфо-песчаной смеси снизилось на треть, в то время как в другие варианты в меньшей степени подверглось изменениям. Содержание подвижного фосфора существенно снизилось в вариантах с песком (-18%), перлитом (-11%) и биогумусом (-13%), а грунт на основе торфа и перегноя оказался более стабильным (-2%). Снижение содержания обменного калия наблюдалось во всех вариантах, но наиболее существенные изменения установлены в вариантах с использованием перлита, биогумуса и перегноя.

7. Влияние обработки ретардантами стенок контейнеров на развитие корневой системы зависело от действующего вещества и его концентрации. Высокую эффективность показал препарат Палко, КС, а препарат Атлет, ВР не проявил себя как препарат для химического ограничения осевого роста корней. Наиболее высокий эффект по уменьшению длины корней первого порядка отмечен в варианте с концентрацией Палко, КС 1 мл/л, с одновременным стимулированием их более раннего ветвления и предотвращения закручивания, что способствовало усилению развития корней второго порядка и увеличению общей протяженности корневой системы. Применение ретардантов в оптимальных концентрациях при обработке стенок контейнеров привело к увеличению суммарной длины побегов (до 29%), повышению облиственности и фотосинтетического потенциала.

8. Результаты экономической оценки эффективности показали, что более высокий уровень рентабельности показали варианты с использованием 12 л контейнеров и с использованием в качестве субстрата смесь торфа с перлитом (277 и 188 %).

Рекомендации производству

При выращивании саженцев яблони в контейнерной культуре в условиях Центрального района Нечерноземной зоны для получения качественного посадочного материала рекомендуется: использовать субстрат в составе: торф + перлит (фракция 2-4 мм) в соотношении 3:1.

Рекомендуемый объем контейнеров для получения 4-х летних саженцев - 12 литров.

Для формирования хорошо разветвленной корневой системы и предотвращения закручивания корней при контейнерном способе производства саженцев яблони рекомендуется обрабатывать стенки контейнеров препаратом Палко, КС (паклобутразол, концентрация 0,1 мл/л) в смеси с латексной краской перед заполнением субстратом.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Раджабов, А.К. Особенности роста и питания саженцев яблони сорта Орлик в зависимости от способа выращивания и состава субстрата /А.К. Раджабов, **А.А. Никитенко**, В.М. Лапушкин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, – 2017. – №6. – С. 5-15;

2. **Никитенко, А.А.** Разработка элементов технологии выращивания саженцев яблони в контейнерах /А.А. Никитенко, А.К. Раджабов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – т.51. – С. 216-222;

3. **Никитенко, А.А.** Влияние состава субстрата на содержание основных питательных элементов в листьях побегов яблони /А.А. Никитенко // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – т.48. – С. 213-216;

4. Раджабов А.К. Влияние обработки стенок контейнеров ретардантами на развитие корневой системы и надземной части саженцев яблони / А.К. Раджабов, **А.А. Никитенко**, В.И. Деменко, В.Д. Стрелец // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 4 (40). – С. 119-125;

5. Раджабов, А.К. Изменение элементов плодородия различных субстратов в зависимости от их состава при выращивании саженцев яблони с ЗКС / А.К. Раджабов, **А.А. Никитенко**, В.М. Лапушкин, В.Д. Стрелец // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 18-31.

Статьи в журналах, сборниках научных трудов, материалах конференций:

6. Раджабов, А. К. Влияние различных субстратов на рост и развитие саженцев яблони / А. К. Раджабов, **А. А. Никитенко**, В. М. Лапушкин // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 03-05 декабря 2015 года. Том Выпуск 288, Часть

I. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 445-448;

7. Раджабов, А. К. Особенности роста и питания саженцев яблони в зависимости от способа выращивания и состава субстрата / А. К. Раджабов, **А. А. Никитенко**, В. М. Лапушкин // Доклады ТСХА: Материалы международной научной конференции, Москва, 05–07 декабря 2017 года. Том Выпуск 290, Часть I. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – С. 61-64;

8. Раджабов, А. К. Особенности выращивания саженцев яблони в контейнерах / А. К. Раджабов, **А. А. Никитенко** // Перспективы развития садоводства и садово-паркового строительства. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. – С. 14-23.