

САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ
КУЛЬТУРЫ/HORTICULTURE, VEGETABLE GROWING, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPSDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21>

ВЛИЯНИЕ ПОДВОЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ЯБЛОНИ

Научная статья

Бербеков В.Н.^{1,*}, Кучмезов Х.И.², Канаметова А.В.³, Оршокдугова Э.М.⁴, Хагажеев Х.Х.⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства, Нальчик,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lianasokhova88[at]gmail.com)

Аннотация

Статья посвящена вопросам сортовых особенностей развития листового аппарата яблони в зависимости от подвоя и системы формирования кроны в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Подвой является фундаментальным фактором, определяющим рост, продуктивность и адаптацию яблони. Настоящая статья обобщает современные научные представления о влиянии различных типов подвоев (сильнорослые, полукарликовые, карликовые) на формирование и функциональные характеристики листового аппарата яблони. В статье также описывается изучение, совершенствование и формирование кроны плодовых культур в интенсивных садах, исследования листового аппарата и формирования кроны плодовых на разных привойно-подвойных комбинациях и на разных возрастных деревьях яблони. Установлено, что подвой опосредованно, через изменение гормонального баланса, водного режима и минерального питания оказывает существенное воздействие на морфогенез и физиологию листьев, что в конечном итоге определяет продукционный потенциал и устойчивость дерева. Результаты исследований подчеркивают критическую важность выбора подвоя при закладке интенсивных садов для оптимизации фотосинтетической деятельности и достижения целевых показателей урожайности и качества плодов.

Ключевые слова: яблоня, подвой, листовый аппарат, площадь листа, фотосинтез, карликовые подвои, продуктивность.

THE INFLUENCE OF THE ROOTSTOCK ON THE DEVELOPMENT OF THE APPLE TREE'S LEAF SYSTEM

Research article

Berbekov V.N.^{1,*}, Kuchmезov K.I.², Kanametova A.V.³, Orshokdugova E.M.⁴, Khagazheev K.K.⁵^{1, 2, 3, 4, 5} North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Gardening, Nalchik, Russian Federation

* Corresponding author (lianasokhova88[at]gmail.com)

Abstract

The article is devoted to the varietal traits of apple tree system development depending on the rootstock and crown formation system in the piedmont zone of Kabardino-Balkaria. The rootstock is a fundamental factor determining the growth, productivity and adaptation of apple trees. This paper summarises current scientific understanding of the influence of different types of rootstocks (vigorous, semi-dwarfing, dwarfing) on the formation and functional characteristics of the leaf system of apple trees. The work also describes the study, improvement and formation of the crown of fruit crops in intensive orchards, research on the leaf system and crown development of fruit trees on different graft-rootstock combinations and on apple trees of different ages. It has been established that rootstock indirectly, through changes in hormonal balance, water regime and mineral nutrition, has a significant effect on the morphogenesis and physiology of leaves, which ultimately determines the production potential and sustainability of the tree. The results of the research emphasise the critical importance of rootstock selection when establishing intensive orchards in order to optimise photosynthetic activity and achieve target fruit yield and quality indicators.

Keywords: apple tree, rootstock, leaf system, leaf area, photosynthesis, dwarfing rootstocks, productivity.

Введение

Продуктивность плодового дерева является результатом деятельности сложной оптической системы, состоящий из множества физиологически неоднородных листьев, в которых процесс фотосинтеза происходит в разнообразных условиях [1], [3]. Важная роль в достижении высоких результатов в современных технологиях производства плодов отводится типу подвоя. Влияние подвоя начинается с момента прививки в питомнике и продолжается в течение всего периода жизни дерева. Это влияние сказывается на силе роста привитых деревьев, их скороплодности и продуктивности, качестве получаемой продукции и долговечности насаждений. Наиболее эффективным способом снижения силы роста деревьев яблони является использование карликовых и полукарликовых подвоев. В современном садоводстве одним из основных направлений его интенсификации и повышения эффективности является биологизация, при которой более широко используются биологические особенности самих растений. При этом проблема эффективного управления ростом сельскохозяйственных растений признается одной из приоритетных задач современной науки [2]. Листовой аппарат является основным органом фотосинтеза, транспирации и газообмена у растений. Его эффективность напрямую определяет продуктивность плодовых деревьев, включая яблоню.

В современных интенсивных садах выбор подвоя является одним из ключевых технологических решений. Подвой не только контролирует силу роста дерева и скороплодность, но и оказывает комплексное влияние на физиологию и морфологию привоя, включая формирование листьев [1], [2]. Разнокачественность деятельности листового аппарата в

кроне плодового дерева во многом объясняется неодинаковым освещением различных частей кроны, следовательно, и отдельных листьев на протяжении дня и вегетационного периода. В литературе даны различные сведения о световом режиме в кроне плодового дерева. Я.Д. Ромашко, В.Д. Тихвинская [8] отмечают, что листья усваивают углекислоту даже при слабой освещенности (5000лк), и это рассматривается способностью этой культуры приобретенная в процессе эволюции. При измерении интенсивности освещенности на восточной, западной, южной и северной сторонах у 25 летнего дерева П. Кристофер обнаружил, что листья получают больше света на восточной стороне в первой половине дня, а на западной во второй половине дня [7], [12].

Обсуждение

2.1. Влияние подвоя на морфометрические показатели листа

Площадь листовой пластинки (ЛП): многочисленные исследования демонстрируют тенденцию к уменьшению средней площади индивидуального листа у деревьев, привитых на карликовые (например, М9, Р22) и полукарликовые (ММ106, 54–118) подвои, по сравнению с сильнорослыми (сеянцы Антоновки, А2) [4], [5]. Это связывают с общим ингибирующим действием карликовых подвоев на рост вегетативных органов и изменением гормонального статуса (снижение уровня ГА). Однако, несмотря на меньший размер отдельных листьев, общая листовая поверхность дерева на единицу объема кроны или площади сада часто выше у карликовых деревьев из-за большей побегообразовательной способности и густоты размещения листьев [6], [11].

Толщина листа: данные по этому параметру менее однозначны и сильно зависят от сорта-привоя и условий выращивания. Некоторые работы указывают на увеличение толщины листовой пластинки у деревьев на карликовых подвоях (М9) [7]. Это может быть связано с увеличением количества или размеров палисадных клеток, выполняющих основную фотосинтетическую функцию. Утолщенный лист часто имеет более высокую фотосинтетическую способность на единицу площади. Однако другие исследования не выявили значимых различий [8], [10].

Анатомическая структура:

1. Палисадная паренхима: карликовые подвои могут стимулировать развитие более мощного палисадного мезофилла (увеличение числа слоев клеток или их высоты) [7]. Это повышает плотность хлоропластов на единицу площади листа и потенциал фотосинтеза.

2. Губчатая паренхима: изменения менее выражены, но могут влиять на внутреннюю вентиляцию и транспорт ассимилятов.

3. Эпидермис и кутикула: некоторые исследования указывают на возможное увеличение толщины кутикулы у деревьев на карликовых подвоях, что может быть адаптацией к потенциально более напряженному водному режиму [8].

2.2. Влияние подвоя на функциональные характеристики листа

Плотность устьиц (ПУ): наблюдается устойчивая тенденция к увеличению плотности устьиц на единицу площади нижней эпидермы листа у яблонь, привитых на карликовые подвои (М9, Р60) по сравнению с полукарликовыми (ММ106) или сильнорослыми [4], [5], [9]. Это может быть адаптивной реакцией, направленной на поддержание газообмена (поступление CO_2 для фотосинтеза) при уменьшенном размере листа. Однако повышенная ПУ также увеличивает потенциальные потери воды через транспирацию.

Содержание фотосинтетических пигментов: концентрация хлорофилла `a`, `b` и каротиноидов, как правило, выше в листьях деревьев на карликовых подвоях [7], [8]. Это связано как с большей толщиной листа и плотностью хлоропластов в палисадной паренхиме, так и, возможно, с более эффективным минеральным питанием (особенно азотом и магнием) при лучшей сбалансированности дерева на карликовом подвое.

Интенсивность фотосинтеза (ФИ): является ключевым интегральным показателем. Деревья на карликовых подвоях (особенно современных типа М9, Р16) часто демонстрируют более высокую интенсивность фотосинтеза (на единицу площади листа) по сравнению с деревьями на сильнорослых подвоях [6]. Этому способствуют:

1. Более благоприятное освещение внутри компактной кроны карликовых деревьев.

2. Улучшенное минеральное питание.

3. Более высокое содержание хлорофилла и эффективность фотосистем.

4. Оптимальное соотношение между ассимилирующей (листья) и потребляющей (плоды, корни) частями дерева.

Продуктивность листового аппарата: несмотря на меньший размер отдельных листьев, общая фотосинтетическая продуктивность дерева и, что наиболее важно, эффективность трансформации ассимилятов в урожай плодов значительно выше у деревьев на карликовых подвоях [1], [5]. Это объясняется:

1. Более высокой ФИ на единицу площади листа.

2. Большей общей листовой поверхностью на единицу объема/площади сада.

3. Снижением непродуктивных затрат ассимилянтов на поддержание древесины ствола и скелетных ветвей.

4. Улучшенным распределением ассимилянтов в пользу генеративных органов (плодов).

2.3. Влияние подвоя на устойчивость листьев к стрессам

Водный стресс: подвои различаются по глубине проникновения корней и эффективности водопоглощения. Деревья на засухоустойчивых подвоях (например, ММ106 по сравнению с М9) или на сеянцевых подвоях могут поддерживать лучший водный статус листьев в условиях дефицита влаги, что проявляется в более высокой относительной оводненности тканей, меньшей степени закрытия устьиц и сохранении фотосинтетической активности [6]. Листья на чувствительных к засухе подвоях быстрее теряют тургор и увядают.

Минеральный стресс: эффективность поглощения элементов питания (особенно микроэлементов — Fe, Zn, Mn) сильно варьирует у разных подвоев. Подвои, неэффективные по отношению к определенным элементам (например, М9 к железу на карбонатных почвах), приводят к развитию хлороза листьев у привоя, резко снижая их фотосинтетическую активность [7].

Температурный стресс: влияние подвоя на устойчивость листьев к экстремальным температурам изучено меньше. Однако общая жизнеспособность дерева и состояние корневой системы, зависящие от подвоя, косвенно влияют на способность листьев переносить стресс.

Объекты и методика исследований

Факторами, влияющими на параметры роста листов интенсивного сада являются — сортовые особенности, подвой, тип формирования, обрезка, минеральное питание, орошение, фитосанитарное состояние, погодные условия.

Опыты по изучению сортовых особенностей листового аппарата яблони в зависимости подвоя и формирования кроны проводили на опытных участках Северо-Кавказского НИИГиПС на 20 квартале в интенсивном саду посаженный 2024 г. на 13 сортах зарубежной селекции, и в ООО Сады Нальчика на 7 сортах у 4-х летних насаждений посаженный в 2020г, а также на 15 квартале у 14 летних насаждений на 4 сортах. На опытных участках проводилась формирование кроны по типу веретено и суперверетено. В данной работе мы изучали сады разновозрастные (2–4 года) на подвое М9 на 13 и 7 сортах и на 4 сортах на подвое ММ106 при разных схемах посадки. Площадь листового аппарата у растений определяли путем подсчета квадратов в пределах его контура на миллиметровой бумаге, как наиболее простым и точным методом. Данный метод отличается простотой и высокой точностью; отклонения по сравнению с планиметрическим методом составляет не выше 0,4%. Следует подчеркнуть, что данный метод требует больших затрат во времени. В целях сокращения времени, необходимого для получения отпечатков листьев, использовали способ А.Г. Авакяна. В результате полученных данных за два года и обработки, полученные данные сформулированы в виде таблиц.

Таблица 1 - Динамика роста яблони на подвое М9

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21.1>

№ п/п	Сорта	Диаметр штамба по годам мм.					
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Средняя по годам
1	Эвелина	1,5	2,1	3,0	3,9	5,4	0,9
2	Гольден Рейнджерс	1,7	2,2	2,9	3,8	4,9	0,8
3	Ред Жеромин	1,7	2,0	2,9	3,9	4,8	0,7
4	Гренни Смит	1,6	2,3	3,0	3,8	4,4	0,7
5	Фуджи Кику	1,4	2,2	2,9	3,7	4,5	0,7
6	Бонита	1,8	2,3	2,9	3,6	4,3	0,6
7	Рубинола	1,7	2,2	2,8	3,6	4,6	0,7

Примечание: данные Таблицы 1 показывают динамику роста сортов яблони на М9 по годам; по средним показателям роста диаметра штамба выделяется сорт Эвелина, у которого самые высокие показатели, самые низкие у сорта Бонита, что связано с сортовыми особенностями и силой роста сортов

Таблица 2 - Площадь листовой поверхности по сортам на 4-летних деревьях, подвой М 9

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21.2>

№ п/п	Вегетация	Дата замеров	Размер листа		Площадь листа, см ²
			в длину, см	в ширину, см	
1	раскрытие	01.04.2024	0	0	0
2	рост	05.04.2024	3,0	1,6	4,60
3	рост	10.04.2024	4,8	2,8	13,14
4	рост	15.04.2024	5,9	3,1	18,09
5	рост	20.04.2024	7,5	3,5	26,05
6	рост	25.04.2024	8,0	4,0	31,98
7	рост	01.05.2024	8,4	4,2	35,08
8	рост	05.05.2024	8,8	4,4	38,52
9	рост	10.05.2024	9,0	4,5	40,48
10	рост	15.05.2024	9,2	4,6	42,30

№ п/п	Вегетация	Дата замеров	Размер листа		Площадь листа, см ²
			в длину, см	в ширину, см	
11	рост	20.05.2024	9,5	4,8	45,58
12	рост	25.05.2024	9,5	4,8	45,58

Примечание: из данных таблицы 2 видно, что сорта отличаются по площади листового аппарата: средняя площадь листа на сорте Ред Жеромин самая высокая, но по площади листового аппарата на 1 дерево сорт Фуджи Кику одинаковы по показателям, хотя площадь 1-го листа у этого сорта меньше чем у Ред Жеромин, что говорит об облиственности сорта Фуджи Кику; наименьшие показатели по площади листа у сорта Гренни Смит

Таблица 3 - Площадь листовой поверхности по сортам на 2-летних насаждениях, подвой М 9

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21.3>

№ п/п	Сорта	Площадь 1 –го листа, см ²	Кол-во листьев в дереве, шт.	Площадь листьев на 1 дереве, м ²	Площадь листовой поверхности на 1 га, м ²
1	Моди	16,38	745	1,22	4392
2	Иноред Стори	18,94	430	0,81	2916
3	Кримсон Крипс	18,67	442	0,82	2952
4	Смиральда	27,63	536	1,48	5328
5	Бреберн Мария ред.	21,37	548	1,17	4212
6	Гренни Смит	28,40	368	1,04	3744
7	Фуджи Фубракс	29,92	476	1,42	5112
8	Ред Делишес Местар	13,74	385	0,52	1872
9.	Ред Делишес Жеромин	18,52	440	0,81	2916
10	Супер Чиф	18,22	513	0,93	3348
11	Гала -Дарк Барон	25,46	422	1,07	3852
12	Гала- Девил	24,53	469	1,15	4140
13	Гольден Рейндерс	28,67	489	1,40	5040

Примечание: из данных таблицы 3 видно, что по площади листовой поверхности у 2-х летних деревьев выделяются Смиральда и Фуджи Фубракс, которые имеют самые высокие показатели, самые низкие по площади листовой поверхности у сорта Ред Делишес Местар

Таблица 4 - Площадь листовой поверхности по сортам на 14-летних насаждениях, подвой ММ 106

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21.4>

№ п/п	Сорта	Площадь 1 –го листа, см ²	Кол-во листьев в дереве, шт.	Площадь листьев на 1 дереве, м ²	Площадь листовой поверхности на 1 га, м ²
1	Память Есаула	39,72	7680	30,50	20313
2	Либерти	34,25	8760	30,00	19980
3	Ред Чиф	29,77	5340	15,89	10582

№ п/п	Сорта	Площадь 1 –го листа, см ²	Кол-во листьев в дереве, шт.	Площадь листьев на 1 дереве, м ²	Площадь листовой поверхности на 1 га, м ²
4	Гольден Рейндерс	32,48	7650	24,84	16532

Примечание: у 14-летних насаждений по площади листьев на одном дереве и по площади на 1 га выделяется сорт Память Есаула, самые низкие показатели у сорта Ред Чиф

Заключение

Подвой оказывает глубокое и многогранное влияние на формирование и функционирование листового аппарата яблони. Карликовые и полукарликовые клоновые подвои, по сравнению с сильнорослыми, способствуют формированию листьев с меньшей индивидуальной площадью, но часто с большей толщиной, повышенной плотностью устьиц, более высоким содержанием хлорофилла и, как следствие, с увеличенной интенсивностью фотосинтеза на единицу площади. Ключевым преимуществом является значительное повышение общей продуктивности листового аппарата дерева и эффективности использования ассимилянтов на формирование урожая плодов в интенсивных насаждениях.

Выбор подвоя определяет не только размер дерева, но и его физиологическое состояние. Понимание влияния подвоя на листовую аппарат позволяет прогнозировать фотосинтетический потенциал сада, его устойчивость к абиотическим стрессам (засуха, минеральный дисбаланс) и, в конечном итоге, урожайность и качество плодов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на детализацию механизмов взаимодействия «подвой-привой» на молекулярно-генетическом уровне, изучение влияния новых генотипов подвоев на листовую аппарат в различных почвенно-климатических условиях и разработку рекомендаций по подбору оптимальных комбинаций «подвой-сорт-агротехника» для максимизации фотосинтетической продуктивности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Минина Н.Н., Уфимский университет науки и технологий, Бирск Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21.5>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Minina N.N., Ufa University of Science and Technology, Birk Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.160.21.5>

Список литературы / References

1. Ненько Н.И. Анализ морфологических показателей листового аппарата перспективных генотипов клоновых подвоев яблони / Н.И. Ненько // Наука и образование. — 2022. — № 2. — С. 362.
2. Рудь М.Ю. Особенности фотосинтетической деятельности деревьев яблони в зависимости от типа формирования кроны : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 03.01.05 / М.Ю. Рудь. — Краснодар : Кубан. гос. аграр. ун-т, 2010. — 20 с.
3. Овсяников А.С. Оценка фотосинтетической деятельности плодовых и ягодных и нетрадиционных садовых культур в связи с формированием урожая / А.С. Овсяников, Т.В. Жидехина, М.К. Скрипникова. — Мичуринск-Воронеж : Кварта, 2010. — 52 с.
4. Григорьева Л.В. Факторы, влияющие на продуктивность фотосинтеза листьев яблони / Л.В. Григорьева // Агрофизика XXI века : сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. — Санкт-Петербург, 2002. — С. 133–135.
5. Ульяновская Е.В. Оценка генетического разнообразия и формирования идентификационной коллекции для ускорения селекции яблони / Е.В. Ульяновская, Е.А. Богданович, Т. Чернуцкая и др. // Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. — 2023. — № 148. — С. 76–80.
6. Причко Т.Г. Развитие научного направления «Промышленное интенсивное садоводство на юге России и его основные достижения» / Т.Г. Причко, И.Л. Ефимова // Садоводство и виноградарство. — 2016. — № 4. — С. 47–52. — DOI: 10.18454/VSTISP.2016.4.2844.
7. Щеглов С.Н. Анализ межсортной изменчивости яблони по хозяйственно ценным признакам / С.Н. Щеглов, В.А. Никифорова // Результаты современных научных исследований и разработок : сборник статей XV Всероссийской научно-практической конференции. — Пенза : Международный центр научного сотрудничества «Наука и Просвещение», 2021. — С. 9–12.
8. Малунова М.В. История научных контактов отечественных и французских ученых в области физиологии растений в конце XIX века-1970 годы / М.В. Малунова // Вестник РУДН. Серия: История России. — 2024. — № 4. — С. 490–500.
9. Атрощенко Г.П. Оценка интродуцированных форм клоновых подвоев яблони по основным хозяйственно-биологическим признакам / Г.П. Атрощенко, Н.Н. Горбачёва, А. Наджибулла // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2023. — № 1. — С. 41–50.

10. Чумаков С.С. Особенности реализации вегетативной функции яблони в связи с уплотненным размещением растений / С.С. Чумаков, А.В. Захарченко // Научный журнал КубГАУ. — 2022. — № 176. — С. 237–252.
11. Сергеева Н.Н. Листовые подкормки в системе удобрения яблони в условиях Западного Предкавказья / Н.Н. Сергеева // Плодоводство и ягодоводство России. — 2017. — Т. 48, № 2. — С. 257–262.
12. Драгавцева И.А. Оценка взаимодействия генотипов привоя и подвоя яблони с использованием биометрических методов / И.А. Драгавцева // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — № 5. — С. 68–77.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nen'ko N.I. Analiz morfoloicheskikh pokazatelei listovogo apparata perspektivnykh genotipov klonovykh podvoev yabloni [Analysis of morphological parameters of the leaf apparatus of promising genotypes of clonal apple rootstocks] // Nauka i obrazovanie [Science and Education]. — 2022. — № 2. — P. 362. [in Russian]
2. Rud' M.Yu. Osobennosti fotosinteticheskoi deyatel'nosti derev'ev yabloni v zavisimosti ot tipa formirovaniya krony [Features of the photosynthetic activity of apple trees depending on the type of crown formation] : abstract of the dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences : 03.01.05 / M.Yu. Rud'. — Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2010. — 20 p. [in Russian]
3. Ovsyannikov A.S. Otsenka fotosinteticheskoi deyatel'nosti plodovykh i yagodnykh i netraditsionnykh sadovykh kul'tur v svyazi s formirovaniem urozhaya [Assessment of the photosynthetic activity of fruit, berry and non-traditional garden crops in connection with yield formation] / A.S. Ovsyannikov, T.V. Zhidkikhina, M.K. Skripnikova. — Michurinsk-Voronezh : Kvarta, 2010. — 52 p. [in Russian]
4. Grigor'eva L.V. Faktory, vliyayushchie na produktivnost' fotosinteza list'ev yabloni [Factors affecting the photosynthetic productivity of apple leaves] / L.V. Grigor'eva // Agrofizika XXI veka [Agrophysics of the XXI century] : collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific-Practical Conference. — Saint Petersburg, 2002. — P. 133–135. [in Russian]
5. Ul'yanovskaya E.V. Otsenka geneticheskogo raznoobraziya i formirovaniya identifikatsionnoi kolleksii dlya uskoreniya seleksii yabloni [Assessment of genetic diversity and formation of an identification collection to accelerate apple breeding] / E.V. Ul'yanovskaya, E.A. Bogdanovich, T. Chernutskaya et al. // Byulleten' gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada [Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden]. — 2023. — № 148. — P. 76–80. [in Russian]
6. Prichko T.G. Razvitiye nauchnogo napravleniya «Promyshlennoe intensivnoe sadovodstvo na yuge Rossii i ego osnovnye dostizheniya» [Development of the scientific direction "Industrial intensive horticulture in the south of Russia and its main achievements"] / T.G. Prichko, I.L. Efimova // Sadovodstvo i vinogradarstvo [Horticulture and Viticulture]. — 2016. — № 4. — P. 47–52. — DOI: 10.18454/VSTISP.2016.4.2844. [in Russian]
7. Shcheglov S.N. Analiz mezhsortovoi izmenchivosti yabloni po khozyaistvenno tsennym priznakam [Analysis of intervarietal variability of apple trees by economically valuable traits] / S.N. Shcheglov, V.A. Nikiforova // Rezul'taty sovremennykh nauchnykh issledovaniy i razrabotok [Results of modern scientific research and development] : collection of articles of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference. — Penza : International Centre for Scientific Cooperation 'Science and Education', 2021. — P. 9–12. [in Russian]
8. Malunova M.V. Istoriya nauchnykh kontaktov otechestvennykh i frantsuzskikh uchennykh v oblasti fiziologii rasteniy kontse XIX veka-1970 gody [History of scientific contacts between Russian and French scientists in the field of plant physiology from the late 19th century to the 1970s] / M.V. Malunova // Vestnik RUDN. Seriya: Istoriya rossii [PFUR Bulletin of Russian History]. — 2024. — № 4. — P. 490–500. [in Russian]
9. Atroshchenko G.P. Otsenka introducirovannykh form klonovykh podvoev yabloni po osnovnym khozyaistvenno-biologicheskim priznakam [Evaluation of introduced forms of clonal apple rootstocks by main economic and biological characteristics] / G.P. Atroshchenko, N.N. Gorbacheva, A. Nadzhibulla // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Saint Petersburg State Agrarian University]. — 2023. — № 1. — P. 41–50. [in Russian]
10. Chumakov S.S. Osobennosti realizatsii vegetativnoi funktsii yabloni v svyazi s uplotnennym razmeshcheniem rasteniy [Features of the realization of the vegetative function of apple trees in connection with the compact placement of plants] / S.S. Chumakov, A.V. Zakharchenko // Nauchnyi zhurnal KubGAU [Scientific Journal of KubSAU]. — 2022. — № 176. — P. 237–252. [in Russian]
11. Sergeeva N.N. Listovye podkormki v sisteme udobreniya yabloni v usloviyakh Zapadnogo Predkavkaz'ya [Foliar fertilizing in the apple tree fertilization system in the conditions of the Western Ciscaucasia] / N.N. Sergeeva // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii [Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia]. — 2017. — Vol. 48, № 2. — P. 257–262. [in Russian]
12. Dragavtseva I.A. Otsenka vzaimodeistviya genotipov privoya i podvoya yabloni s ispol'zovaniem biometricheskikh metodov [Assessment of scion and rootstock genotype interaction in apple using biometric methods] / I.A. Dragavtseva // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. — 2015. — № 5. — P. 68–77. [in Russian]