

На правах рукописи

Балапанов Ильнур Маликович

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ХОЗЯЙСТВЕННО-
ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ОРЕХА ГРЕЦКОГО В УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Специальность: 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология
растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой
степени кандидата биологических наук

Краснодар, 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

**Научный
руководитель:**

кандидат биологических наук,
Супрун Иван Иванович

**Официальные
оппоненты:**

Еремина Оксана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов и селекции плодово-ягодных культур и винограда Крымской опытно-селекционной станции – филиала ВИР

Корзин Вадим Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией южных плодовых и орехоплодных культур ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

**Ведущая
организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»

Защита состоится «20» декабря 2022 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 24.1.258.01, созданного на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» по адресу: 350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3. Тел. (факс): (861) 205-15-55. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», а также на сайте – <http://vniirice.ru>, с авторефератом на сайтах: Высшей аттестационной комиссии – <http://www.vak.minobrnauki.gov.ru> и ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» – <http://vniirice.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Л.В. Есаулова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований Орех грецкий (*Juglans regia* L.), широко распространенная культура, возделываемая по всему миру, в пределах умеренного и субтропического климатических поясов. Концепция развития садоводства предусматривает обновление сортимента за счет новых высокопродуктивных, скороплодных, комплексно устойчивых сортов, адаптированных к почвенно-климатическим особенностям. Ключевым аспектом селекционных программ является работа с генетическими коллекциями. Наиболее эффективным инструментом в управлении генетическими ресурсами наряду с сортоизучением, является анализ полиморфизма SSR-локусов. Он позволяет оценить необходимость пополнения коллекции новой генплазмой, производить подбор комбинаций при проведении гибридизации, защитить интересы селекционера в случае спорных моментов, касающихся авторских прав.

Цель исследований – провести комплексную оценку перспективных форм ореха грецкого с помощью агробиологических, генетических и статистических методов, выделить наиболее адаптивные и продуктивные из них, для улучшения регионального сортимента и осуществить подбор родительских пар для оптимизации селекционного процесса.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Выявить особенности прохождения фенологических фаз в годичном цикле развития сортов и форм ореха грецкого и их соответствие климатическим условиям региона;
2. Установить биометрические характеристики роста деревьев, для выявления форм пригодных для уплотненных насаждений;
3. Определить устойчивость сортоформ к антракнозу и бактериозу на естественном инфекционном фоне, выделить наиболее устойчивые генотипы;
4. Оценить урожайность сортоформ ореха грецкого на протяжении ряда лет, выделить наиболее урожайные формы;
5. Определить морфометрические и органолептические свойства плодов ореха грецкого и выявить образцы с наилучшими товарными качествами;
6. Провести микросателлитное генотипирование сортов и сортоформ ореха грецкого и, на основе полученных данных,

выполнить анализ генетических взаимосвязей и структуры генофонда;

7. Выделить лучшие генотипы для производственного испытания; определить перспективные родительские пары для гибридизации с учетом агробиологических характеристик и степени генетического родства по данным SSR-анализа.

Объектом исследования являются сорта и гибридные формы ореха грецкого из коллекции генетических ресурсов СКФНЦСВВ, Никитского ботанического сада, коллекции Gospadarul Rediu в Республике Молдова.

Предметом исследования послужили хозяйственно-ценные признаки и свойства изученных сортоформ, а также генетический полиморфизм ореха грецкого различного эколого-географического происхождения.

Научная новизна результатов работы:

- Впервые в условиях Краснодарского края оценен ряд сортоформ ореха грецкого с помощью комплекса фенологических, морфометрических, органолептических и молекулярно-генетических методов, что позволило выделить ценные сортоформы и предложить наиболее перспективные пары для скрещивания;

Впервые проведен анализ полиморфизма микросателлитных локусов ореха грецкого из генофонда Молдовы, Крыма и Кубани, что позволило сделать выводы об их генетических взаимосвязях с мировой генплазмой.

Впервые получены ДНК-паспорта сортов ореха грецкого из коллекций генофонда ФГБНУ СКФНЦСВВ, ФГБУН ННЦ РАН НБС и республики Молдовы.

Создан информационный банк 20 сортоформ ореха грецкого по 10 хозяйственно-ценным признакам, позволяющий осуществить подбор сортов для закладки промышленных насаждений.

Теоретическая значимость исследований.

Выявлены особенности реализации биологического потенциала перспективных форм ореха грецкого в условиях Краснодарского края. Выявлены генетические взаимосвязи ореха грецкого Краснодарского края на внутрипопуляционном уровне и положение отечественной генплазмы в мировом генофонде ореха грецкого. Установлены наиболее перспективные для интродукции источники генетического разнообразия ореха грецкого.

Практическая значимость исследований.

Производству предложены новые сортоформы ореха грецкого с комплексом хозяйственно-ценных признаков, позволяющие существенно расширить и улучшить существующий сортимент для Краснодарского края.

Составлен фенологический календарь сортоформ ореха грецкого, позволяющий осуществлять подбор опылителей и родительских форм для гибридизации.

Сорта Дар Кубани и Новинка переданы в государственное сортоиспытание.

Созданы генетические паспорта для изученных форм ореха грецкого, позволяющие проводить точную идентификацию генотипов, а также подтверждать происхождение образцов от предполагаемых родительских форм.

Даны рекомендации по гибридизации перспективных генотипов, обладающих взаимодополняющим набором хозяйственно-ценных признаков и удаленных друг от друга на генетическом уровне.

Предложены пути обогащения коллекции ореха грецкого ценными в хозяйственном отношении признаками за счет интродукции зарубежной генплазмы.

Рекомендованы для производственного испытания сорта ореха грецкого Конкистадор, Теркин.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Установленные особенности реализации адаптивного потенциала продуктивности и качества плодов в изменяющихся условиях среды позволили выделить источники ценных признаков для селекции и оптимизации сортимента.

- Комплексная оценка сортоформ по хозяйственно-ценным признакам и молекулярным маркерам, позволила подобрать наиболее перспективные пары для гибридизации.

- Выявленные генетические особенности популяции ореха грецкого на территории Краснодарского Края позволили сделать выводы о ее происхождении, оценить положение в мировой генплазме, и предложить наиболее перспективные для интродукции источники генетического разнообразия.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 136 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 3 глав, выводов, практических рекомендаций для селекции и

производства, списка литературы (158 наименований, в том числе 114 зарубежных авторов), содержит 20 таблиц и 28 рисунков.

Апробация работы. Материалы диссертации представлены и доложены на VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», научно-образовательной конференции молодых ученых «Инновационные биотехнологии в развитии АПК», III International symposium on horticulture in Europe, IX International Young Scientists School «Systems biology and informatics». Основные результаты диссертационного исследования заслушаны и одобрены на заседаниях методического совета ФНЦ «Садоводства» и ученого совета ФГБНУ СКФНЦСВВ в 2013-2021 гг.

«**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, в том числе 2 в рецензируемых ВАК изданиях и 2 входящие в базу данных Scopus.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность работы, поставлена цель, необходимые для ее достижения задачи, обозначена научная новизна, практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту.

1. Состояние вопроса и задачи исследований. Проведен анализ литературных источников, выявлены наиболее значимые для селекции ореха грецкого признаки, проведен поиск оптимальных методов анализа молекулярного полиморфизма.

2. Условия, объекты и методика проведения исследований. Работа выполнена в Северо-Кавказском зональном научно-исследовательском институте садоводства и виноградарства в 2012 – 2021 годах в соответствии со схемой на рисунке 1. Биологическими объектами исследования послужили сорта и гибридные формы ореха грецкого, из коллекции СКФНЦСВВ, высаженные на территории ЗАО «ОПХ Центральное».

Для анализа генетического разнообразия микросателлитных локусов были использованы образцы из коллекций Никитского ботанического сада (Республика Крым) и коллекции Gospadarul rediu (Республика Молдова). Оценку ценных для селекции признаков проводили руководствуясь «Программой и

методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», (Орел, 1999 г.) и др.

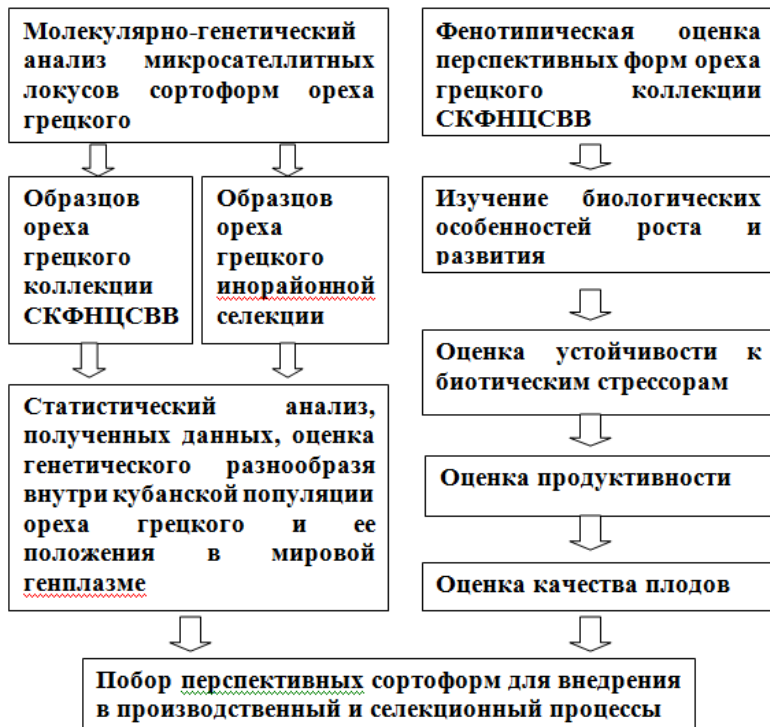


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка сортов и форм ореха грецкого коллекции СКФНЦСВВ по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Закономерности прохождения фенофаз в годичном цикле развития растений ореха грецкого.

Важным аспектом в селекции и производстве ореха грецкого являются особенности прохождения фенологических фаз. Сроки начала вегетации варьируют у разных форм и нередко наступают раньше возвратных заморозков, что приводит к повреждению распустившихся плодовых почек и значительному снижению урожая. В ходе исследований были отмечены сроки

начала вегетации в 2012-2019 гг. двадцати форм ореха грецкого, самые поздние заморозки отмечены в 2014 году (рисунок 2).

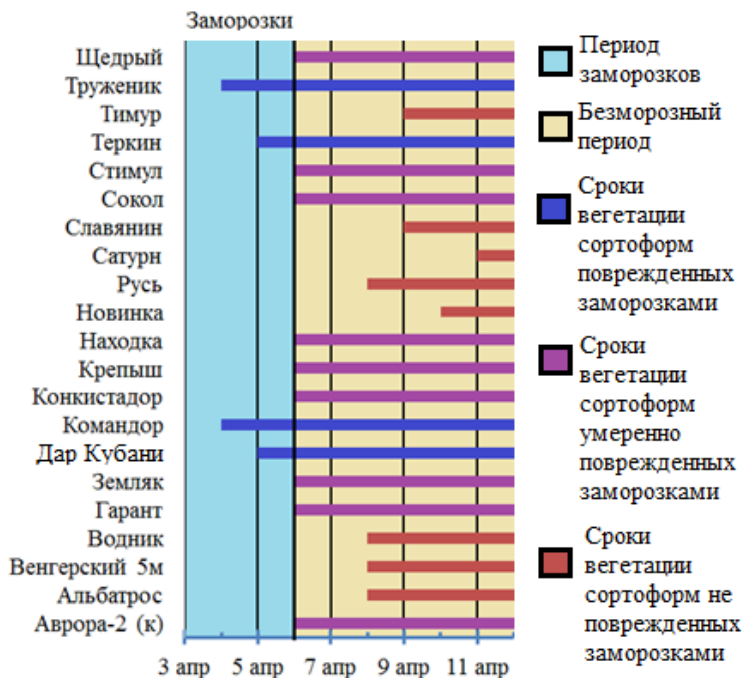


Рисунок 2 Сроки начала вегетации 20 отборных форм ореха грецкого в 2014 относительно возвратных заморозков

Наименьшие повреждения получили формы: Славянин, Сатурн, Тимур, Новинка и др. Таким образом, среди изученных форм по признаку устойчивости к возвратным заморозкам можно выделить приведенные выше сортоформы.

Наилучшими опылителями по итогам всех лет, являются формы Гарант (опылитель для 13 форм из 21), Конкистадор (17 из 21), Сокол и Тимур (16 из 21) (Таблица 1). Для форм с ранним наступлением восприимчивости женских цветков рекомендуются такие формы, как Водник, Славянин, Теркин. При сочетании в саду сортов из этих двух групп, опыление будет наиболее эффективным..

Таблица 1. Подбор оптимальных опылителей среди двадцати сортоформ ореха грецкого.

Опылители	Аврора-2 (к)	Альбатрос	Венгерский 5м	Водник	Гарант	Земляк	Дар Кубани	Командор	Конкистадор	Крепыш	Находка	Новинка	Русь	Сатурн	Славянин	Сокол	Стимул	Теркин	Тимур	Труженик	Щедрый
Опыляемые формы																					
Аврора-2 (к)				1					1	1			1	1		1			1		
Альбатрос	1			1							1				1			1		1	
Венгерский 5м				1					1							1			1		
Водник				1					1	1			1	1		1			1		
Гарант		1	1		1	1	1		1	1		1	1	1		1	1		1		1
Земляк				1					1	1						1			1		
Дар Кубани									1	1				1		1			1		
Командор				1											1			1			
Конкистадор	1			1				1			1					1		1		1	
Крепыш		1			1	1			1	1		1	1	1		1	1		1		1
Находка									1					1		1			1		
Новинка					1				1							1			1		
Русь		1	1		1	1			1	1		1	1	1		1	1		1		1
Сатурн					1				1	1			1	1		1			1		
Славянин	1	1		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Сокол		1			1	1			1	1		1	1	1		1	1		1		1
Стимул									1							1			1		
Теркин		1	1			1	1					1	1				1				1
Тимур		1			1				1				1			1	1		1		
Труженик				1					1										1		
Щедрый				1					1	1			1	1		1			1		

*Примечание. В таблице единицами отмечены способные к опылению комбинации, не выделены цветом самоопыляющиеся формы

Устойчивость растений ореха грецкого к основным патогенам.

Одним из приоритетных направлений в селекции культурных растений является устойчивость к биологическим стрессорам. Наиболее вредоносными патогенами ореха грецкого являются антракноз, вызываемый несовершенным грибом *Orhioognomonina leptostyla* и бактериоз. Несмотря на то, что в пределах рода *Juglans* не обнаружено иммунных форм к антракнозу и бактериозу, растения ореха грецкого проявляют различную реакцию на эти заболевания (Таблица 2, 3).

Таблица 2. Степень поражения форм ореха грецкого антракнозом в условиях естественного инфекционного фона в 2012-2019 гг.

Сорт, форма	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Аврора-2 (к)	1	1	3	2	2	2	3	2
Альбатрос	1	2	2	2	2	1	2	2
Венгерский-5	1	1	0	1	1	1	0	0
Водник	2	2	1	3	2	3	2	3
Гарант	1	1	1	2	1	1	2	2
Земляк	1	1	1	1	1	1	1	1
Дар Кубани	1	1	2	1	1	1	2	2
Командор	1	1	2	1	1	1	2	2
Конкистадор	2	2	3	2	2	2	3	3
Крепыш	1	1	2	2	1	2	2	2
Находка	1	1	1	2	1	1	2	2
Новинка	1	3	1	3	2	2	3	3
Русь	1	1	1	1	1	1	1	1
Сатурн	1	2	2	1	1	2	2	2
Славянин	1	1	2	1	2	2	2	2
Сокол	1	2	2	1	1	2	2	2
Стимул	1	2	1	1	1	1	2	1
Теркин	1	2	2	1	1	1	2	2
Тимур	1	2	1	1	1	1	2	2
Труженик	1	1	2	2	2	2	2	2
Щедрый	1	3	2	1	1	2	3	2

Исходя из полученных данных, можно заключить, что в течении изучения степень развития антракноза варьировала. Наиболее устойчивыми к антракнозу по итогам наблюдений стали формы Венгерский-5, Земляк и Русь, поразившиеся на уровне 1 балла. Наименьшей устойчивостью характеризовались формы Конкистадор, Новинка, Водник, Щедрый со степенью поражения варьировавшей от 2 до 3 баллов.

Лучшими показателями по устойчивости к бактериозу характеризовались формы Земляк, Конкистадор, Находка в среднем за исследуемый период, поражавшиеся от 0 до 1 баллов. Наименьшей устойчивостью по итогам четырехлетних наблюдений обладали Альбатрос, Командор, Новинка, Щедрый степень поражения которых доходила до 3 баллов в отдельные годы.

Таблица 3. Степень поражения форм ореха грецкого бактериозом в условиях естественного инфекционного фона в 2012-2019 гг.

Сорт, форма	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Аврора-2 (к)	1	1	2	2	1	1	2	2
Альбатрос	1	3	2	2	1	3	2	3
Венгерский-5	1	1	1	1	1	1	1	1
Водник	1	1	1	0	1	1	1	1
Гарант	1	1	1	1	1	1	1	1
Земляк	0	1	1	0	1	0	0	0
Дар Кубани	1	1	1	1	1	1	1	1
Командор	1	3	1	3	1	1	3	3
Конкистадор	1	0	1	0	0	0	1	1
Крепыш	1	1	1	1	1	1	1	1
Находка	1	1	0	1	0	1	1	1
Новинка	3	1	1	1	1	1	3	3
Русь	1	1	1	2	1	1	1	1
Сатурн	1	1	1	1	1	1	1	1
Славянин	1	1	1	1	1	1	1	1
Сокол	1	1	1	1	1	2	1	2
Стимул	0	1	0	1	0	1	1	2
Теркин	1	1	1	2	1	2	1	1
Тимур	0	1	1	1	0	1	1	2
Труженик	1	1	0	1	0	1	1	1
Щедрый	1	1	1	3	1	1	3	3

Среди изученных форм следует выделить форму Земляк, которая проявляла низкий балл поражения, как антракнозом, так и бактериозом. Низкими показателями устойчивости к обоим заболеваниям характеризовалась форма Новинка и Аврора..

Оценка качества плодов ореха грецкого.

Весьма существенным параметром в селекции плодовых культур является качество плодов. Этот показатель часто определяет закупочную стоимость, а, следовательно, и экономическую эффективность возделываемого сорта, наряду с его продуктивностью. Согласно проведенным наблюдениям, средняя масса ореха зависит от многих факторов, включая погодные условия, урожайность в году и развитие патогенов (Таблица 4).

Очень крупными считаются орехи массой более 14 грамм, к таковым можно отнести Русь (15,8 г), крупными считаются орехи

массой от 12 до 14 грамм: Водник (13,6 г) и Славянин (13,4 г). Орехи от 10 до 12 грамм считаются средними по размерам, в эту группу вошло большинство исследованных сортоформ – 12 из 21. Мелкими считают орехи массой от 8 до 10 грамм, в данную группу вошли плоды всех прочих сортоформ.

Таблица 4. Показатели массы плодов ореха грецкого 2012-2019 гг.

Сорт, форма	Масса ореха, г								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	среднее
Аврора-2 (к)	10,5	10,7	10,9	11,3	11	10,5	10,8	11,0	10,8
Альбатрос	9,6	9,9	9,4	9,7	9,5	9,6	9,7	8,6	9,5
Венгерский-5	10,1	9,4	10,8	12,3	11	11,2	9,8	11,1	10,7
Водник	13,9	13,6	14,3	12,6	13,5	14,1	12,9	13,2	13,5
Гарант	9,4	8,7	10	10,1	9	9,2	10	9,8	9,5
Земляк	11	10,3	10,7	12,2	10,8	11,2	12	11,3	11,2
Дар Кубани	11	11,4	11,2	11	11,2	11,5	11	11,1	11,2
Командор	9,4	10,5	10,9	9,9	9,8	10,2	10,5	10,4	10,2
Конкистадор	10,7	11,1	10,9	13	12	11,4	12,2	11,8	11,6
Крепыш	8,6	8,4	10	9,4	9	8,9	9,2	9,3	9,1
Находка	10,7	10,2	10,5	12,2	11,8	10,9	11,5	11,3	11,1
Новинка	9,6	8,3	9,8	9,1	9,5	9	9,6	9,2	9,3
Русь	14,9	16,7	16,3	15,4	16	15,8	15	15,5	15,7
Сатурн	8,9	8,1	8,3	9,1	8,8	8,5	8,7	8,8	8,7
Славянин	11,5	12	14,2	16	13,5	14,5	14,8	13,4	13,7
Сокол	10,2	10,1	11,8	11	11,5	11,2	10,9	11,3	11,0
Стимул	8	7,4	8,6	9,2	8,8	8,2	8,9	8,8	8,5
Теркин	10,2	9,1	11,3	10,6	10,5	10,9	11	10,4	10,5
Тимур	10,8	10,1	11,4	11,6	10,8	11,5	11,2	11,5	11,1
Труженик	11	12,3	11,8	12,1	12	11,8	11,6	11,3	11,7
Щедрый	10,4	9	9,6	9,6	10	9,8	9,9	10,0	9,8
НСР 0,05	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Показатели оценки вкусовых качеств и выхода ядра для форм ореха грецкого за 2012-2019 годы, даны на Рисунках 3 и 4.

Из представленных в работе сортоформ наибольшими показателями по выходу ядра обладают Находка (60,1%), Конкистадор (59,3%), Крепыш (59,0%), Стимул (58,3%). Несколько ниже желаемого был выход ядра у сортоформ Земляк (46,7%) и Труженик (47,3%).

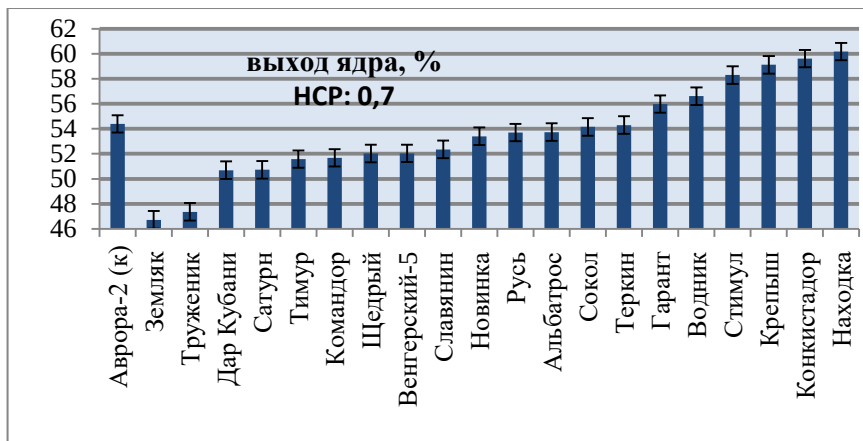


Рисунок 3 Выход ядра ореха грецкого, в среднем за 2012-2019 гг

Наилучшими показателями по вкусовым качествам обладали сортоформы Находка и Щедрый, самые слабые показатели у формы Стимул.

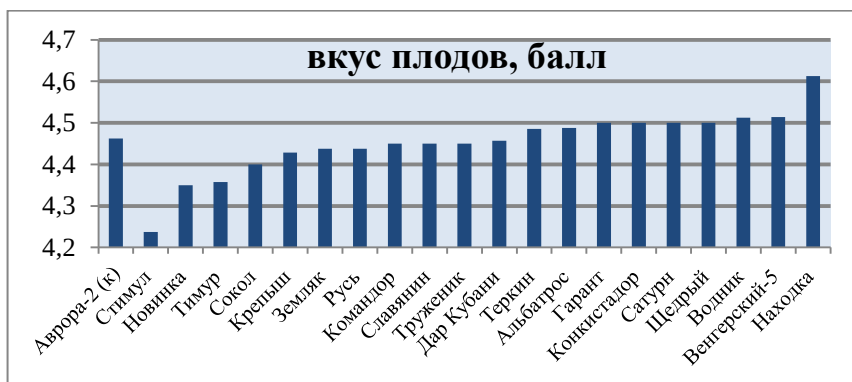


Рисунок 4 Дегустационная оценка вкусовых качеств ореха грецкого, в среднем за 2012-2019 гг.

Таким образом, можно отметить форму Находка, выделившуюся по показателям выход ядра и вкусовые качества. Форма Стимул, несмотря на высокий выход ядра, попала в разряд худших по размерам ореха и вкусовым качествам.

Биометрические показатели роста деревьев ореха грецкого.

Одним из новых направлений в селекции ореха грецкого, является селекция на сдержанный рост. Сила роста дерева

определяется такими показателями, как высота дерева, площадь проекции, диаметр и объем кроны. Среди изученных сортоформ ореха грецкого наиболее сильнорослыми являются формы Русь и Сокол. Компактными размерами отличаются формы Венгерский-5, Щедрый, Находка, Теркин, Дар Кубани. Таким образом, по признаку слаборослости выделились формы Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Находка и Щедрый.

Продуктивность форм ореха грецкого в условиях Краснодарского края. Основным критерием в селекционной работе является продуктивность, основу которой закладывает биологический потенциал сорта. В ходе многолетних наблюдений определена урожайность 20 сортоформ ореха грецкого (таблица 6).

Таблица 6. Урожайность сортоформ ореха грецкого за 2012-2019 гг.

Сорт, форма	Урожайность, т/га.								
	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2019 г	среднее
Аврора-2	2,4	2,5	1,2	2,7	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3
Альбатрос	2,2	2,9	1,6	2,9	2,6	1,9	2,6	2,4	2,4
Венгерский-5	1,6	2,8	0,3	2,9	1,9	2,6	1,6	2,0	2,0
Водник	1,1	1,7	0,3	0,6	1,0	0,6	1,3	1,0	1,0
Гарант	2,6	2,9	1,0	2,6	2,6	1,6	2,9	2,3	2,3
Земляк	1,0	1,6	1,6	1,9	1,6	1,9	1,0	1,5	1,5
Дар Кубани	2,2	3,1	2,6	3,2	2,2	3,2	2,9	2,8	2,8
Командор	1,0	2,2	0,3	0,6	1,0	1,6	1,0	1,1	1,1
Конкистадор	2,0	4,0	0,8	2,2	3,2	3,6	3,6	2,8	2,8
Крепыш	1,6	2,2	0,6	3,2	1,6	1,3	2,2	1,8	1,8
Находка	1,0	1,9	0,3	1,6	1,6	1,3	1,6	1,3	1,3
Новинка	2,6	2,2	1,6	2,6	2,2	1,6	1,9	2,1	2,1
Русь	1,2	1,9	0,3	1,9	1,9	1,6	1,9	1,6	1,6
Сатурн	1,9	2,6	2,2	2,4	2,2	2,2	1,9	2,2	2,2
Славянин	1,3	0,3	1,3	3,2	1,6	1,9	1,6	1,6	1,6
Сокол	1,3	1,3	1,6	2,2	1,6	1,9	1,3	1,6	1,6
Стимул	0,6	1,9	0,3	2,9	2,2	0,6	2,6	1,6	1,6
Теркин	1,9	2,2	2,2	2,6	2,2	2,9	2,6	2,4	2,4
Тимур	1,6	1,9	0,6	2,2	2,2	0,6	2,2	1,7	1,7
Труженик	1,3	2,2	0,3	3,2	1,3	2,6	1,9	1,8	1,8
Щедрый	2,4	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,2	2,3	2,3
НСР 0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Для оценки стабильности плодоношения использовали индекс периодичности плодоношения.

$$J = 100 \cdot \frac{\sum (y_i - y)^2}{n \cdot y^2}$$

где y_i – урожай текущего года, а y – средняя урожайность за n лет; K наиболее стабильным по плодоношению формам следует отнести те, индекс J которых не превысил 3,5%: Сатурн (0,93%) Теркин (1,28%), Дар Кубани (1,69%), Сокол (3,18%), Альбатрос (3,29%), Новинка (3,49%). Наиболее нестабильно плодоносят формы с индексом J превышающим 20% - Стимул (32,97%), Командор (23,87%), Труженик (23,00%), Славянин (20,53%). Что касается урожайности сортоформ, то ее значения колебались в пределах – от 0,3 т/га до 4 т/га. В значительной степени показатель урожайности зависел от погодных условий, в частности, в 2014 году большая часть форм пострадала от весенних заморозков, что привело к снижению объема урожая.

Наибольшей средней урожайностью обладали формы Дар Кубани и Конкистадор (по 2,8 т/га), Теркин и Альбатрос (по 2,4 т/га), что на 0,5 т/га и 0,1 т/га соответственно, превышает среднюю урожайность контрольного сорта Аврора-2.

Таким образом, наиболее урожайными в 2012-2019 гг были формы ореха грецкого Дар Кубани, Конкистадор, Альбатрос, Сатурн, Гарант, Новинка. Среди них наиболее устойчивым плодоношением характеризуются формы Дар Кубани и Сатурн.

Анализ генетического разнообразия растений ореха грецкого

В ходе работы были проанализированы по 11 локусам 35 сортоформ из коллекции ореха грецкого СКФНЦСВВ, 13 сортоформ из коллекции НБС, 12 сортоформ из Молдовы, а также сорта калифорнийской селекции Вина и Чандлер. Согласно полученным результатам, наиболее эффективными показали себя маркеры WGA276, WGA005 и WGA202. Каждая из проанализированных 62 сортоформ имеет свой уникальный набор аллелей, что позволяет ее точно идентифицировать (т.е. проведена их ДНК-паспортизация).

Проанализированные локусы показали различный уровень полиморфизма, число идентифицированных аллелей на локус варьировало от 6 до 16, со средним значением 9,45, что является достаточно высоким показателем, учитывая число образцов в выборке. Полученные результаты позволили построить диаграмму по методу PCoA (Principal coordinate analysis), отражающую степень

генетического родства генотипов ореха грецкого (рис. 5). Если не принимать во внимание образцы Молдавской и Крымской генплазмы, отошедшие от основных групп, то можно считать их довольно близкими по происхождению. Кубанская генплазма оказалась отдалена, как от Молдавской, так и от Крымской генплазмы. Образцы Калифорнийской селекции находятся ближе к Молдавским и Крымским образцам, однако несколько смещены в сторону Кубанской генплазмы.

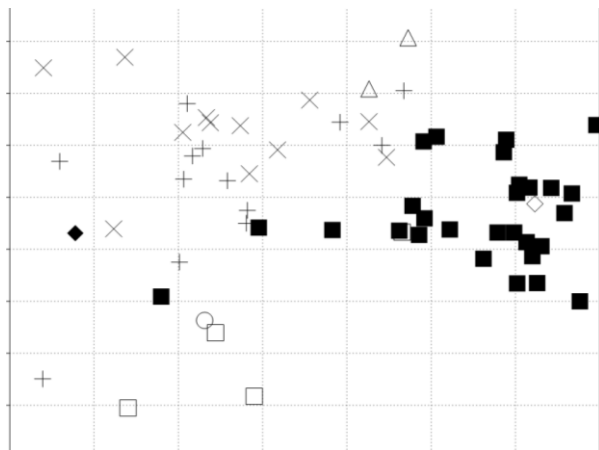


Рисунок 5 график полученный в ходе анализа по методу главных координат (РСоА).

Условные обозначения: ■ - популяция Краснодарского края; + - коллекция НБС; □ - гибриды среднеазиатской генплазмы; × - коллекция Республики Молдова, ♦ - Липин; ○ - Тхакушиновский; Δ - Чандлер, Вина; ◇ - Венгерский-5.

Таким образом, полученные результаты анализа отражают эколого-географическое происхождение проанализированных образцов и свидетельствуют об общности происхождения молдавской и крымской генплазмы, а также об отличиях между среднеазиатской, северо-кавказской и восточно-европейской генплазмой.

Филогенетический анализ изученных генотипов ореха грецкого с использованием Байесовского подхода.

Одним из набирающих популярность методов в популяционной генетике является байесовский метод. Большим плюсом данного подхода является то, что он отражает не столько принадлежность конкретного генотипа к какому-то определенному кластеру, но вероятность попадания как в него, так и в другие кластеры (рис. 6). Исходя из полученных результатов, удалось выявить, что кубанские сорта занимают обособленное положение и в основном образованы ГПП1 (Гипотетическая панмиктическая популяция 1), Крымские и молдавские сорта не дифференцированы на две группы и сформированы ГПП2 и ГПП3 с превалированием ГПП2, за исключением трех сортов, у которых преобладает вклад ГПП3.

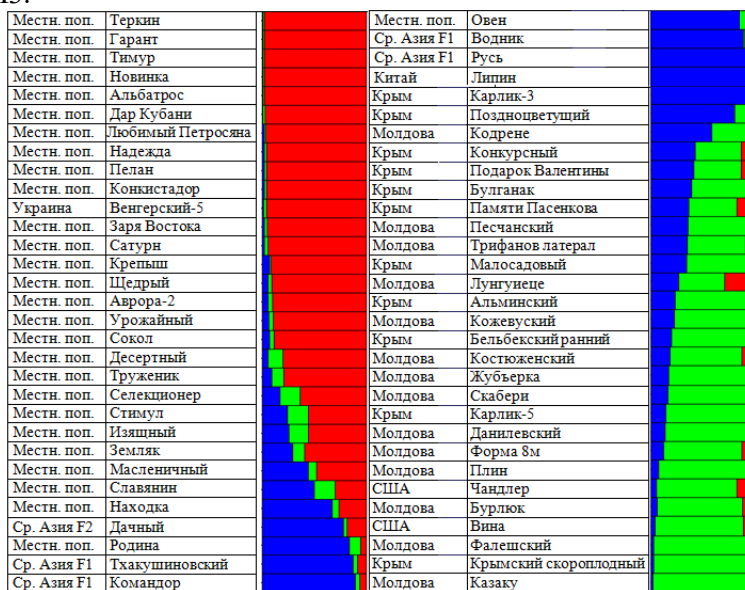


Рисунок 6. Диаграмма отражающая вклад гипотетических панмиктических популяций в проанализированные генотипы ореха грецкого из коллекций НБС, Молдовы и СКФНЦСВВ. ГПП1 - красный, ГПП2 - синий и ГПП3 - зеленый .

Наибольший вклад ГПП3 установлен у китайского сорта Липин и кубанских сортов имеющих среднеазиатские формы в первом и втором поколении. Сорта Калифорнийской селекции Вина и Чандлер, имеющие европейское происхождение, представлены ГПП2, это сближает их с молдавскими и крымскими сортами и

позволяет заключить, что ГПП2 представляет собой общеевропейский генофонд. В свою очередь, сорт Липин и сеянцы среднеазиатских форм можно отнести ко второму, азиатскому, источнику происхождения ореха грецкого. Таким образом, наиболее вероятным источником автохтонной кубанской генплазмы является переднеазиатский генофонд. Следовательно, орех грецкий на Юге России нуждается в интродукции генплазмы в первую очередь из Восточной Европы, что поможет повысить его адаптивность, а также позволит обогатить генофонд.

Подбор наиболее перспективных пар скрещивания.

При составлении родительских пар следует учитывать, ценные для селекции признаки, характер их наследования, генетическую дистанцию между родительскими формами (табл. 8).

Таблица 8 Общая характеристика сортоформ ореха грецкого

Сорт, форма	Урожай, т/га.	Индекс «J»	масса ореха, г	выход ядра, %	Вкус, балл	Позднее распуск. листьев	Сила роста	Число положите льных признаков
Аврора-2 (контроль)	2,3	3,62	10,8	54,4	4,6	-	Сред.	2
Альбатрос	2,4	3,29	9,5	53,7	4,5	-	Сред.	2
Венгерский-5	2,0	15,42	10,7	52	4,6	-	Сред.	0
Водник	1,0	18,59	13,5	56,6	4,6	-	Сил.	1
Гарант	2,3	7,61	9,5	56	4,6	-	Сред.	1
Земляк	1,5	4,05	11,2	46,7	4,4	-	Сред.	1
Дар Кубани	2,8	1,69	11,2	50,7	4,5	-	Сд. р.	3
Командор	1,1	23,87	10,2	51,7	4,4	-	Сил.	0
Конкистадор	2,8	13,36	11,6	59,6	4,4	-	Слаб	3
Крепыш	1,8	16,53	9,1	59,1	4,5	-	Сред.	1
Находка	1,3	12,31	11,1	60,2	4,7	-	Сд.р.	3
Новинка	2,1	3,49	9,3	53,4	4,3	+	Сред.	2
Русь	1,6	10,83	15,7	53,7	4,4	-	Сил.	1
Сатурн	2,2	0,93	8,7	50,7	4,5	+	Сред.	2
Славянин	1,6	20,53	13,7	52,4	4,5	-	Сред.	1
Сокол	1,6	3,18	11,0	54,2	4,4	-	Сил.	1
Стимул	1,6	32,97	8,5	58,3	4,4	-	Сред.	1
Теркин	2,4	1,28	10,5	54,3	4,6	-	Сд. р.	3
Тимур	1,7	13,41	11,1	51,6	4,3	-	Сред.	0
Труженик	1,8	23,00	11,7	47,4	4,6	-	Сд. р.	1
Щедрый	2,3	10,61	9,8	52	4,5	-	Сред.	1

Лучшими комбинациями признаков, дополняющих друг – друга обладают Конкистадор х Новинка (коэффициент сходства (КС) – 0,65), Конкистадор х Сатурн (КС – 0,62), а также Находка х Аврора (КС – 0,38), Находка х Альбатрос (КС – 0,40), Находка х Дар Кубани (КС – 0,56), Находка х Новинка (КС – 0,39), Находка х Сатурн (КС – 0,56), Находка х Теркин (КС – 0,65). Таким образом, сортоформы Конкистадор и Находка следует взять в качестве опыляемых, а прочие сортоформы в качестве их опылителей. Следует также отметить родительскую пару Конкистадор х Русь, позволяющую объединить в одном генотипе крупноплодность, слаборослость, высокий выход ядра и высокую урожайность. Такое сочетание признаков будет высоко востребованным. Формы Конкистадор, Новинка и Сатурн, обладают схожим происхождением, что может вести к снижению генетического разнообразия при получении гибридов. Форма Русь является более генетически удаленной от сортоформы Конкистадор (КС – 0,16), что дает надежду на положительные эффекты гетерозиса при получении гибридов. Что касается гибридизации сортоформы Находка, то потенциальные опылители будут иметь большую генетическую дистанцию, что является положительным фактором. Существенно повысить адаптивность сортимента ореха грецкого на Северном Кавказе можно с помощью интродукции сортов ореха грецкого из Восточной Европы. Восточноевропейские сорта могут переносить без существенных потерь урожая до – 37 °С. Учитывая полигенный характер признака устойчивости к низким температурам, можно предположить, что при гибридизации восточноевропейских сортов ореха грецкого с отечественной генплазмой будут получены генотипы с высокой устойчивостью к критическим морозам и возвратным заморозкам. В этой связи предполагается использование в исходных вариантах для гибридизации форм Конкистадор, а также наиболее продуктивной и характеризующейся стабильным плодоношением формы Дар Кубани. Таким образом, можно считать перспективными парами для скрещивания – Конкистадор Х Сатурн, Новинка, Русь. а также Находка Х Аврора, Альбатрос, Дар Кубани, Новинка, Сатурн, Теркин. Перспективным направлением для селекции также является гибридизация отечественной генплазмы и сортов восточноевропейской селекции формы Дар Кубани и Конкистадор.

Экономическая эффективность использования новых сортов ореха грецкого.

На основании проведенной комплексной оценки 20 сортов ореха грецкого по признаку урожайности, товарности, силы роста были выделены сорта с наилучшими показателями вышеприведенных признаков: Аврора-2 (к) Альбатрос, Гарант, Дар Кубани, Конкистадор, Теркин, Щедрый. Для данных сортов был проведен анализ экономической эффективности выращивания (таблица 20).

Таблица 20 - Экономическая эффективность производства плодов перспективных сортов ореха грецкого

Сорт, форма	Урожай, т/га.	Стандартность, %	Выручка от реализации, тыс. руб./га	Прибыль от реализации, тыс. руб./га	Себестоимость, руб./ц	Рентабельность, %
Аврора-2 (к)	2,3	70	128,8	101,5	2728	105,3
Альбатрос	2,4	70	134,4	108,3	2615	114,2
Гарант	2,3	84	154,6	127,3	2728	146,3
Дар Кубани	2,8	90	201,6	179,2	2241	221,3
Конкистадор	2,8	90	201,6	179,2	2241	221,3
Теркин	2,4	86	165,1	139,0	2615	163,1
Щедрый	2,3	84	154,6	127,3	2728	146,3

Согласно полученным результатам, все отобранные формы превышали контрольный сорт Аврора-2 по рентабельности от 9,2 % (Альбатрос) и до 116,0% (Дар Кубани, Конкистадор). Наибольшей экономической эффективностью обладают сорта Дар Кубани и Конкистадор – прибыль от реализации продукции с 1 га у них составляет 179,2 тыс. руб./га. Уровень рентабельности для данных форм 221,3 %. Таким образом, существенный рост рентабельности и прибыли от продаж обусловлен высокой урожайностью форм по сравнению с контрольным сортом, низкой периодичностью плодоношения. Включение данных сортов в производство орехоплодной продукции позволит повысить экономическую эффективность отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализированы основные фенологические фазы двадцати сортоформ ореха грецкого. Установлено, что одним из факторов риска для формирующегося урожая растений ореха грецкого в Прикубанской зоне плодородства являются возвратные заморозки. Выделены формы с поздним началом вегетации, устойчивые к возвратным заморозкам – Славянин, Сатурн и Теркин.
2. На основе многолетних данных о сроках цветения, подобраны пары опылителей для изученных форм ореха грецкого.
3. Выявлено, что уровень восприимчивости сортоформ ореха грецкого к бактериозу и антракнозу – наиболее значимым заболеваниям ореха грецкого варьирует в пределах 0 – 3 балла и 0 – 3 балла соответственно. По комплексной устойчивости к бактериозу и антракнозу выделена форма ореха грецкого Земляк.
4. Выделены формы с лучшими показателями качества плодов – крупноплодные формы – Русь, Водник, Славянин. В качестве источников по выходу ядра выделены формы Находка (60,2%), Конкистадор (59,6%), Крепыш (59,1%), Сtimул (58,3%).
5. По силе роста исследованные формы разделились на три группы. Наиболее сильнорослыми деревьями являются – Русь, Водник, Командор, Сокол. В группу деревьев со сдержанным ростом вошли формы Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Щедрый, Находка. Все прочие генотипы относятся к среднерослым формам.
6. По признаку высокой продуктивности выделены формы ореха грецкого Дар Кубани, Конкистадор, Альбатрос, Аврора-2 (контроль). По признаку устойчивого плодоношения – формы Дар Кубани, Теркин и Сатурн.
7. Использованные в работе SSR-маркеры показали высокий уровень полиморфизма сортоформ ореха грецкого, наиболее эффективными из них были WGA005, WGA202, WGA276.
8. Шестьдесят два изученных по 11 SSR-локусам образца ореха грецкого имели уникальный набор аллелей, таким образом, для каждого сорта получен индивидуальный ДНК-паспорт.
9. Результаты анализа по методу главных координат и байесовского анализа согласуются между собой и свидетельствуют о близости молдавской и крымской генплазмы, а также об удаленности от них кубанской и среднеазиатской.

10. Согласно совокупным результатам генетического анализа, а также сопоставления их с литературными данными, кубанская генплазма ореха грецкого сформирована из различных источников, с преобладанием генотипов из Малой Азии.

11. По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены формы: Дар Кубани, Конкистадор, Находка, Сатурн, Теркин.

12. Наиболее перспективными комбинациями для скрещивания являются: Конкистадор – опыляемый, а Сатурн, Новинка, Русь – опылители, а также опыление сортоформы Находка формами Аврора, Альбатрос, Дар Кубани, Новинка, Сатурн, Теркин.

РЕКОМЕНДАЦИИ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВУ

1. В селекцию на крупноплодность рекомендуются сортоформы Русь, Водник, Славянин.

2. В селекцию на сдержанный рост рекомендуется использовать сортоформы Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Находка и Щедрый.

3. Для обогащения генофонда ореха грецкого на Северном Кавказе, следует использовать в первую очередь лучшие сорта и формы из Восточной Европы.

4. Перспективными для гибридизации комбинациями являются Русь X Сатурн, Конкистадор X Дар Кубани.

5. Для закладки садов интенсивного типа рекомендуются сортоформы Дар Кубани и Конкистадор.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Балапанов И.М. Латеральное плодоношение в селекции ореха грецкого / И.М. Балапанов, А.П. Луговской // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 27 (3). С. 135-140.

2. Луговской А.П. Результаты селекции ореха грецкого в условиях континентальной зоны Северного Кавказа / А.П. Луговской, И.М. Балапанов // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. Т. 5. С. 70-79.

3. Балапанов И.М. Биологические аспекты в селекции ореха / И.М. Балапанов // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101. С. 828-842.

4. Балапанов И.М. Использование молекулярных маркеров в селекции ореха грецкого/И.М. Балапанов//Молодой ученый. 2015.№ 9-2(89).С.96-97.

5. Луговской А.П. Совершенствование сортового состава ореха грецкого для использования в интенсивных технологиях. / А.П. Луговской, И.М. Балапанов // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. Т. 7. С. 56-61.

6. Балапанов И.М. Оценка степени полиморфизма SSR-маркеров для сортовой идентификации ореха грецкого / И.М. Балапанов, С.В. Токмаков, И.В. Степанов // Садоводство и виноградарство. 2015. № 5. С. 22-25.

7. Khokhlov S.Yu. The identification of walnut cultivars from Nikita Botanical Gardens By SSR-Markers / S.Yu. Khokhlov, I.M. Balapanov, I.I. Suprun, S. Tokmakov // В книге: Horticulture in Europe - SHE2016 Book of Abstracts III International Symposium. 2016. С. 168.

8. Balapanov I.M. Estimation of genetic relation between Kuban and Crimean walnut cultivars by microsatellite markers / I.M. Balapanov, I.I. Suprun, S.V. Tokmakov, I.V. Stepanov, S.Y. Khohlov // В книге: Systems Biology and Bioinformatics The Ninth International Young Scientists School SBB-2017. Abstracts. Compilers: O. Petrovskaya, Y. Orlov, S. Zubova. 2017. С. 13-14.

9. Токмаков С.В. Анализ генетического разнообразия Крымской, Молдавской и Кубанской генплазмы ореха грецкого с помощью SSR-маркеров / С.В. Токмаков, И.М. Балапанов, И.И. Супрун, И.В. Степанов // В сбор.: Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии. Сбор. Тез. XVIII Всероссийской конф. Мол. Уч., посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева. 2018. С. 133-135.

10. Balapanov I. Comparative analysis Crimean, Moldavian and Kuban Persian walnut collections genetic variability by SSR-markers // I. Balapanov, I. Suprun, I. Stepanov, S. Tokmakov, A. Lugovskoy // Scientia Horticulturae. 2019. Т. 253. С. 322-326.

11. Луговской А.П. Совершенствование сортимента ореха грецкого в зоне Северного Кавказа / А.П. Луговской, Л.В. Артюхова, И.М. Балапанов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 56 (2). С. 35-50.