

УДК 634.511:631.527

**ОЦЕНКА ЭЛИТНЫХ ФОРМ ОРЕХА ГРЕЦКОГО ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ
КАЧЕСТВА ПЛОДОВ И ЖИРНОКИСЛОТНОМУ СОСТАВУ****Екатерина Аделевна Аль-Накиб, Иван Иванович Супрун**ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»

350901, г. Краснодар, ул. им. 40 - летия Победы, 39

E-mail: ealnakib@mail.ru, supruni@mail.ru

В статье приведены результаты оценки качества плодов 20 элитных форм ореха грецкого селекционного генофонда ФГБНУ СКФНЦСВВ. Целью исследования являлся отбор перспективных гибридных форм ореха грецкого по комплексу качественных характеристик. Были оценены такие признаки как масса плода, выход ядра, толщина скорлупы, выделяемость, выполненность, цвет ядра, толщина мембраны, структура скорлупы, форма ядра. Проведен анализ общего содержания жиров в плодах и профилирование жирных кислот. Качество плодов оценивали с использованием общепринятых методик. Анализ химического состава выполнен с помощью - ЯМР-спектроскопии, и метода газовой хроматографии. Средняя масса плода составила 11,25 г, выход ядра - 50,29%, содержание масла равно 70,84%, при этом 65% образцов относятся к высокомасличным (>70%). Содержание полиненасыщенных жирных кислот в среднем составило 68,28%, среднее содержание мононенасыщенные в равно 28,58%. Среди ПНЖК доминирующей кислотой была линолевая (48,95-66,09 %). В группе МНЖК основной жирной кислотой была олеиновая (12,28-31,33%). Три гибрида (13-45-23 (4.3/1), 17-2-14 (4.9/1), 17-5-19 (5.0/1) показали наиболее сбалансированное соотношение омега -6/омега-3, соответствующее рекомендациям ВОЗ (1/1-5/1). В результате оценки выделены перспективные гибридные формы (17-5-8, 17-2-14, 13-48-23, 13-54-23, 13-45-23, 17-5-19), представляющие ценность как исходный селекционный материал для использования в качестве источников хозяйственно-ценных признаков.

Ключевые слова: орех грецкий; *Juglans regia*; селекция; качество плодов; жирнокислотный состав плодов

Введение

Орех грецкий (*Juglans regia* L.) является наиболее распространенным и экономически значимым видом рода *Juglans*. Плоды ореха грецкого впервые стали употреблять в пищу около 7000 года до н. э. [31]. Сегодня мировое производство превышает 3,9 млн тонн, ведущими странами-производителями являются Китай, США, Иран, Турция [18]. Доказано, что орех грецкий оказывает положительное влияние на здоровье человека, включая профилактику сердечно-сосудистых заболеваний, ишемической болезни сердца, диабета II типа, гипертонии, некоторых нейродегенеративных патологий, снижение общего холестерина и риска развития болезни Альцгеймера [13, 14, 17, 26, 27]. Ядра ореха грецкого обладают высокой питательной ценностью благодаря содержанию комплекса биологически активных веществ: жиров, состоящих в основном из полиненасыщенных жирных кислот, антиоксидантов, белков, витаминов (Е, В6), минералов (магний, фосфор, калий, кальций, цинк, железо), клетчатки, фитостеролов, полифенолов и незаменимых аминокислот [15, 25, 33]. Зрелые ядра содержат до 75-80% масла, богатого линолевой (омега-6), линоленовой (омега-3), олеиновой (омега-9) и другими жирными кислотами [8, 16, 21].

Современная селекция ореха грецкого ориентирована на выведение высокопродуктивных сортов с комплексом ценных качественных характеристик. В процессе селекции необходимо учитывать жирнокислотный профиль как целевой

признак, определяющий потенциал питательности продукта за счет высокого содержания и сбалансированности полиненасыщенных жирных кислот. Одновременно с этим, для повышения конкурентоспособности на мировом рынке, критически важны морфометрические характеристики плодов (выход ядра, толщина скорлупы, размер, форма), напрямую влияющие на потребительские предпочтения. Учитывая высокую экономическую и пищевую ценность грецкого ореха, масштабные исследования, направленные на отбор высококачественных генотипов, давно ведется по всему миру, а ее основные достижения и направления отражены в трудах как международных, так и российских исследователей [1-3, 8, 11, 19, 23, 24].

Таким образом, актуальной задачей является комплексная оценка и отбор перспективных генотипов одновременно по комплексу морфометрических признаков, определяющих технологические и товарные качества плодов, и по жирнокислотному составу ядер, обеспечивающему высокую питательную и функциональную ценность продукта в условиях растущего спроса на специализированные продукты питания.

Целью данной работы являлся отбор перспективных гибридных форм ореха грецкого на основе результатов комплексной морфометрической оценки плодов и анализа жирнокислотного состава ядер.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись 20 элитных форм ореха грецкого из генофонда ФГБНУ СКФНЦСВВ, произрастающие в центральной части Прикубанской зоны садоводства Краснодарского края. Тип почв – черноземы выщелоченные малогумусные. Междурядья содержатся под естественным задернением. Орошение отсутствует.

Морфометрическая оценка плодов проводилась в 2022-2024 гг. Контролем являлся районированный сорт Родина. Оценку проводили согласно общепринятым селекционным методикам [9, 19]. Содержание общего количества жира изученных образцов ореха грецкого проводили на приборе – ЯМР-анализатор АМВ-1006 М [5]. Жирнокислотный состав ядер ореха грецкого определяли хроматографическим методом на газовом хроматографе «ХроматэкКристалл 5000» российского производства с автоматическим дозатором ДАЖ-2М на капиллярной колонке SolGelWax 30 м×0,25 мм×0,25 мкм [6, 7, 4].

Результаты и обсуждение

Качественная оценка плодов в первую очередь включает в себя такие важные признаки как масса плода, выход ядра, выделяемость ядра, толщина скорлупы, цвет ядра. Дополнительными критериями отбора перспективных образцов являются такие характеристики как выполненность ядра, толщина мембраны, структура скорлупы, форма плода. Масса плода колебалась от 9,49 г до 14,34 г при среднем значении 11,25 г. Выход ядра варьировал в диапазоне от 42,67% до 57,06% со средним значением 50,29%. Толщина скорлупы также показала значительный разброс значений: от 1,01 мм до 2,03 мм.

Проведенная оценка девяти характеристик качества плодов позволила объединить образцы в группы и выделить наиболее перспективные формы по каждому признаку. Крупноплодность является ключевым признаком, определяющим потребительскую привлекательность в связи с чем плоды массой более 12 г пользуются наибольшим спросом у потребителей. По данному признаку все образцы разделились на 4 группы:

1. Очень крупные орехи (> 14 г) – 17-4-18;

2. Крупные формы (12,1 г – 14 г) – Родина (к), 13-45-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-54-23;

3. Орехи средней величины (10,1-12 г) – 17-2-20, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-19, 17-6-16, 13-34-23, 13-46-23, 13-55-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23;

4. Мелкие орехи (8,1 – 10 г) – 17-2-14, 17-2-16, 17-5-8.

Высокий выход ядра (более 50%) – критически важный целевой признак в селекции. Все изученные формы оценены по 5-балльной шкале и сгруппированы:

1. Орехи с очень высоким выходом ядра (> 56%) – 17-2-17, 17-5-8;

2. Орехи с высоким содержанием ядра (53,1-56%) – 17-2-16, 17-3-8, 13-46-23, 13-54-23, 13-70-23;

3. Среднее содержание ядра (49,1-53 %) – 17-2-20, 17-6-16, 13-34-23, 13-102-23;

4. Плоды с низким содержанием ядра (45-49%) – Родина (к), 17-4-18, 17-5-19, 13-48-23, 13-52-23, 13-55-23;

5. Орехи с очень низким содержанием ядра (<45%) – 17-3-11, 13-45-23, 13-92-23.

Оптимальная толщина скорлупы (1.0-1.4 мм) обеспечивает баланс между защитой ядра от повреждений и вредителей при хранении и транспортировке и легкостью раскалывания при переработке. Чрезмерно толстая скорлупа (>1.8 мм) затрудняет извлечение ядра, а слишком тонкая (<0.8 мм) повышает риск его повреждения. По этому признаку выделилось три группы селекционных форм:

1. Орехи с тонкой скорлупой (0,8-1,2 мм) – Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-5-8, 13-46-23, 13-70-23, 13-102-23;

2. Орехи со средней толщиной скорлупы (1,3-1,6 мм) – 17-2-20, 17-3-8, 17-5-19, 17-6-16, 13-34-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-92-23;

3. Орехи с толстой скорлупой (>1,7 мм) – 17-3-11, 17-4-18, 13-45-23, 13-54-23.

Легкость и целостность извлечения ядра из скорлупы после раскалывания напрямую определяют качество готового продукта. Хорошая выделяемость минимизирует механические повреждения ядра и процент боя, сохраняя его товарный вид. Выделяемость ядра оценена по трехбалльной шкале: орехи выделяются легко (целиком) – 17-5-8, 13-46-23, 13-92-23; выделяются средне – Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-2-20, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-19, 17-6-16, 13-34-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-70-23, 13-102-23; выделяются трудно – 17-3-8, 13-45-23.

Выполненность ядра варьировала в диапазоне от 2 до 6 баллов. Наибольшей выполненностью (6 баллов) характеризовались формы 17-2-14, 17-3-11, 17-5-8. Средние значения выполненности отмечены у Родина (к), 17-2-16, 17-2-20, 17-3-8, 17-5-19, 17-6-16, 13-34-23, 13-45-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-102-23. Минимальная выполненность ядра (2 балла) выявлена у форм 17-4-18, 13-46-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-70-23, 13-92-23.

Светлая, равномерная окраска ядра является важнейшим органолептическим показателем свежести и качества для потребителя и переработчиков. Потемнение ядра (часто связанное с окислением липидов, повреждением пленки-пелликулы или грибковой инфекцией) резко снижает его рыночную стоимость. Цвет ядра оценивался по 3-балльной шкале:

1. Очень светлое ядро (1 балл): Родина (к), 17-2-20, 17-6-16, 13-55-23;

2. Светлый (2 балла): 17-2-14, 17-2-16, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-8, 17-5-19, 13-46-23, 13-48-23, 13-54-23, 13-92-23, 13-102-23;

3. Средний (3 балла): 17-3-11, 13-34-23, 13-45-23, 13-52-23, 13-70-23. толщина мембраны характеризуется от 1 балла до 3 баллов, структуры скорлупы варьировала от 2 баллов (13-48-23) до 8 баллов (13-45-23).

Толщина и прочность перегородки, разделяющей половинки ядра, влияют на легкость его извлечения целым. Тонкая и хрупкая перегородка способствует лучшей

выделяемости целых половинок ядра. Толщина внутренней перегородки варьировала от 1 (тонкая) до 3 баллов (толстая):

1. Тонкая (1 балл): Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-2-20, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-8, 13-46-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-102-23;
2. Средняя (2 балла): 17-3-11, 17-5-19, 17-6-16, 13-34-23, 13-92-23;
3. Толстая (3 балла): 13-45-23, 13-70-23.

Гладкая или слаборебристая поверхность скорлупы облегчает очистку плодов от перикарпа (зеленого околоплодника). Сильно выраженная морщинистость или глубокие борозды затрудняют удаление загрязнений, увеличивают риск задержки влаги и развития плесени. Структура поверхности скорлупы оценивалась по 8-балльной шкале (от очень гладкой до грубой):

1. Очень гладкая (1-2 балла): 13-48-23.
2. Гладкая (3-4 балла): 17-2-20, 17-3-8, 17-4-18, 17-6-16, 13-34-23, 13-55-23, 13-92-23.
3. Средняя (5-6 баллов): Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-3-11, 17-5-8, 17-5-19, 13-46-23, 13-70-23, 13-102-23.
4. Грубая (7-8 баллов): 13-45-23, 13-52-23, 13-54-23.

Форма плода (округлая, овальная, яйцевидная) имеет значение как для потребительских предпочтений, так и для технологичности переработки. Округлые и овальные плоды характеризуются повышенной устойчивостью при транспортировке и механическом раскалывании, что прямо коррелирует с высоким выходом целого ядра. Форма плода отличалась значительным разнообразием. Для объективизации использовался коэффициент формы. Формы с коэффициентом ≥ 0.95 были классифицированы как округлые (13-45-23, 13-46-23, 13-70-23). Остальные образцы описаны с использованием дескриптора [19], согласно которому было выделено три формы плодов: яйцевидная - Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-2-20, 17-3-11, 17-3-8, 17-6-16; короткая трапецевидная: 17-5-19; удлиненная трапецевидная: 17-4-18.

Морфометрическая оценка плодов позволила выявить ряд гибридных форм, обладающих сочетанием селекционно-ценных признаков, что делает их перспективными для дальнейшего изучения и включения в программы селекции. Гибридная форма 17-5-8 обладает абсолютным максимумом по выходу ядра ($>56\%$) и выполненности (6 баллов).



Рис. 1 Перспективные элитные формы, обладающие комплексом признаков качества плодов

Дополнительными преимуществами являются крупноплодность, тонкая скорлупа, легкая выделяемость целого ядра, светлая окраска ядра, минимальная

толщина внутренней перегородки и гладкая поверхность скорлупы. Форма 17-2-14 выделяется оптимальным сочетанием признаков, обеспечивающих как высокое качество ядра, так и технологичность: тонкая скорлупа, светлое ядро, тонкая внутренняя перегородка, выполненность ядра (6 баллов), крупноплодность. Форма 13-48-23 отличается крупноплодностью, высоким выходом ядра, тонкой перегородкой, очень гладкой скорлупой. Образец 13-54-23 выделен как крупноплодный, с высоким выходом ядра, тонкой перегородкой, светлым ядром. На рис 1 в качестве примера представлены две выделенные перспективные формы 17-5-8, 17-2-14.

В целях выявления возможных взаимозависимостей между параметрами качества плодов выполнили корреляционный анализ по Пирсону (рис.2). Были отмечены следующие положительные корреляции: масса плода – диаметр II (по бокам) ($r=0.79$), диаметр II (бокам) – диаметр I (по ребрам) ($r=0.85$).

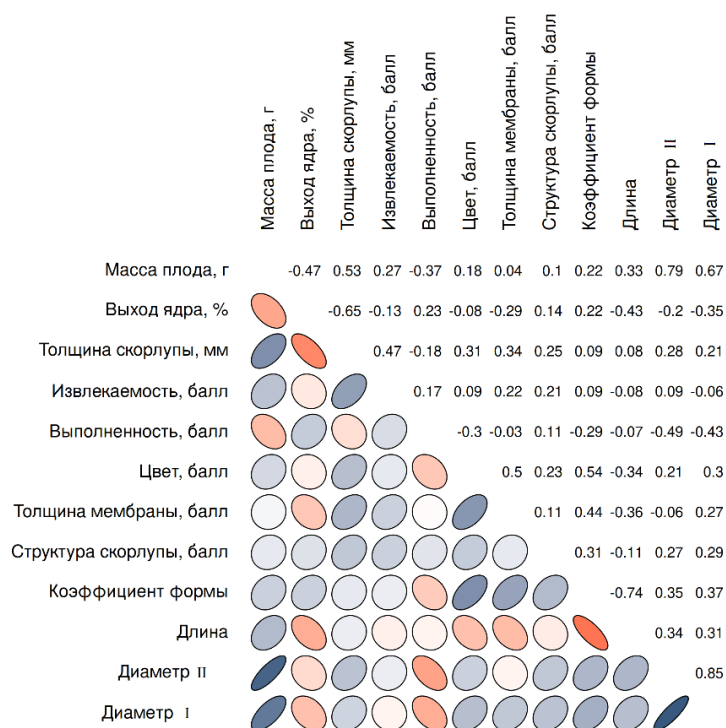


Рис. 2 Корреляция между морфометрическими характеристиками плодов ореха грецкого

Умеренная положительная корреляция отмечена между массой плода и толщиной скорлупы ($r=0.53$), массой плода и диаметром по ребрам ($r=0.67$), цветом и коэффициентом формы ($r=0.54$), цветом и толщиной мембраны ($r=0.5$). Обнаруженные положительные корреляции между признаками указывает на возможность улучшения одного признака за счет совершенствования другого. Сильная отрицательная корреляция отмечена между коэффициентом формы и длиной плода ($r=-0.74$). Умеренная отрицательная корреляция между выходом ядра и толщиной скорлупы ($r=-0.65$). Полученные данные корреляционного анализа согласуются предыдущими исследованиями, которые выявили корреляции между массой плода и толщиной скорлупы, длиной и диаметром плода [20, 24, 28].

Поскольку жирнокислотный состав плодов ореха грецкого напрямую влияет на их качество и питательные свойства, его анализ представляет собой важный критерий в селекционной работе по созданию новых сортов. Данные о составе жирных кислот представлены в таблице (табл.). Проведенный анализ содержания жиров и состава жирных кислот в плодах позволил определить девять жирных кислот.

Общее содержание жиров (содержание масла) в ядре у изученных образцов колебалось от 65,84% (17-6-16) до 75,49% (Родина) со средним значением 70,84%. Высокомасличные формы с содержанием масла выше 70% составили 65% от общего количества образцов. Остальные гибриды отнесены к масличной группе (65-70% масла в ядре).

Таблица

Жирнокислотный состав плодов гибридных форм ореха грецкого

Гибрид	Жиры, %	C16:0 ¹	C16:1 ²	C18:0 ³	C18:1 ⁴	C18:2 ⁵	C18:3 ⁶	C20:0 ⁷	C20:1 ⁸
Родина (к)	75,49	6,07	0,06	2,33	20,67	61,55	9,09	0,07	0,13
17-2-14	71,39	8,04	0,13	2,47	21,38	56,22	11,51	0,09	0,12
17-2-16	72,56	7,62	0,10	1,95	18,43	60,84	10,84	0,07	0,13
17-2-20	72,60	8,41	0,11	2,21	16,14	63,33	9,57	0,08	0,12
17-3-8	72,05	7,00	0,11	3,07	26,34	54,60	8,65	0,08	0,12
17-3-11	71,11	6,68	0,06	2,60	26,57	53,75	10,04	0,09	0,17
17-4-18	71,09	6,58	0,10	3,18	31,33	48,96	9,56	0,11	0,15
17-5-8	72,57	7,44	0,08	2,18	24,51	57,77	7,80	0,07	0,12
17-5-19	71,69	6,99	0,11	2,45	29,89	50,33	9,97	0,09	0,13
17-6-16	65,84	6,85	0,07	2,20	12,28	66,09	12,27	0,07	0,13
13-34-23	69,24	6,31	0,06	2,43	21,45	58,66	10,83	0,07	0,15
13-45-23	71,16	6,79	0,06	2,88	21,87	55,21	12,97	0,07	0,14
13-46-23	69,93	6,46	0,06	2,74	24,41	56,14	9,97	0,07	0,15
13-48-23	71,04	7,19	0,08	2,89	18,09	60,77	10,75	0,07	0,11
13-52-23	69,87	7,13	0,09	3,02	16,46	61,82	11,25	0,08	0,13
13-54-23	69,3	6,81	0,08	2,89	25,53	57,66	6,77	0,09	0,13
13-55-23	69,84	7,55	0,07	2,48	17,22	62,34	10,08	0,08	0,13
13-70-23	72,66	7,03	0,06	3,05	15,86	62,60	11,16	0,09	0,13
13-92-23	66,4	7,30	0,10	2,85	26,83	55,11	7,54	0,09	0,14
13-102-23	70,99	6,89	0,08	2,85	18,59	62,04	9,29	0,09	0,14
Среднее значение	70,84	7,06	0,08	2,64	21,69	58,29	10,00	0,08	0,13

Примечание: 1- пальмитиновая кислота (насыщенная жирная кислота -НЖК); 2 – пальмитолеиновая кислота (мононенасыщенная жирная кислота - МНЖК); 3- стеариновая кислота (НЖК); 4- олеиновая кислота (МНЖК); 5-линолевая кислота (полиненасыщенная жирная кислота - ПНЖК); 6- линоленовая кислота (ПНЖК); 7- арахидовая кислота (НЖК); 8- эйкозеновая кислота (МНЖК)

По содержанию преобладали три жирные кислоты: линолевая (48,96% - 66,09%), олеиновая (12,28%-31,33%), линоленовая (6,77%-12,97%). Линолевая и линоленовая кислоты относятся к группе полиненасыщенных кислот, суммарная доля содержания которых составила в среднем 68,28%. У восьми образцов уровень полиненасыщенных жирных кислот выше, чем у контроля и в среднем составляет 73,13% (рис. 3). Минимальное содержание ПНЖК отмечено у образца 17-4-18 (58,52 %), максимальное у формы 17-6-16 (78,35%). Выделены образцы, превышающие сорт-контроль по

содержанию линолевой кислоты. Так, у шести форм отмечено содержание линолевой кислоты выше контроля (61,55%), у 15 образцов доля линоленовой кислоты выше, чем у контроля - 9,09%. В исследованиях, выполненных на другой генплазме ореха грецкого, также было показано, что преобладающей жирной кислотой является линолевая кислота, за ней следовали олеиновая и линоленовая кислоты [11, 12], что согласуется с результатами нашей работы.

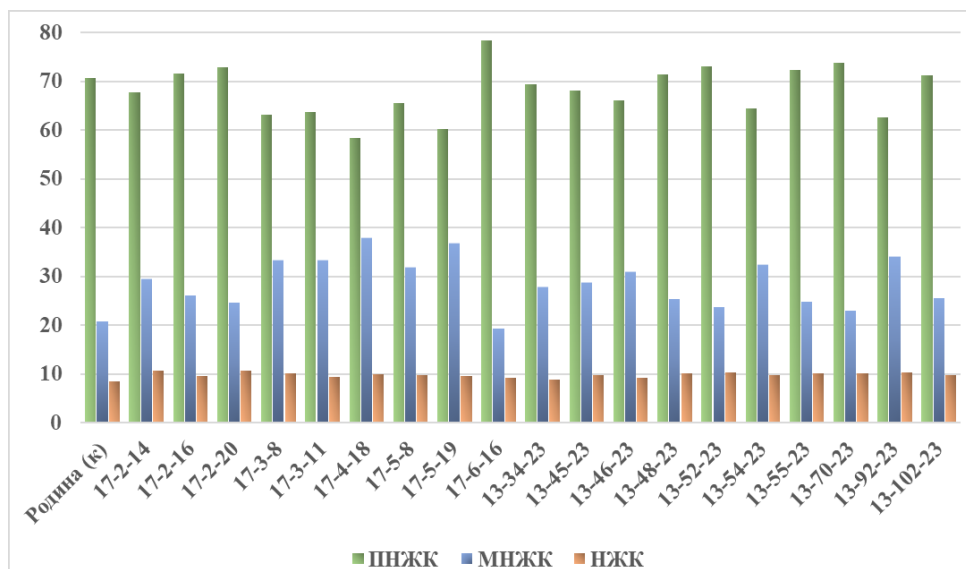


Рис. 3 Среднее содержание Среднее содержание полиненасыщенных (ПНЖК), моновенасыщенных (МНЖК), насыщенных (НЖК) жирных кислот в плодах ореха грецкого

К моновенасыщенным кислотам (МНЖК) относятся три жирные кислоты – пальмитолеиновая, олеиновая и эйкозеновая. Суммарное содержание МНЖК варьировало от 19,26% (17-6-16) до 38,05% (17-4-18). Пальмитиновая (C16:0) и стеариновая (C18:0) кислоты составили 6,07% - 8,41% и 1,95% - 3,18% соответственно. В целом количество ненасыщенных жирных кислот, исследованное в генотипах ореха грецкого, соответствовало результатам предыдущих исследований [21, 31, 33].

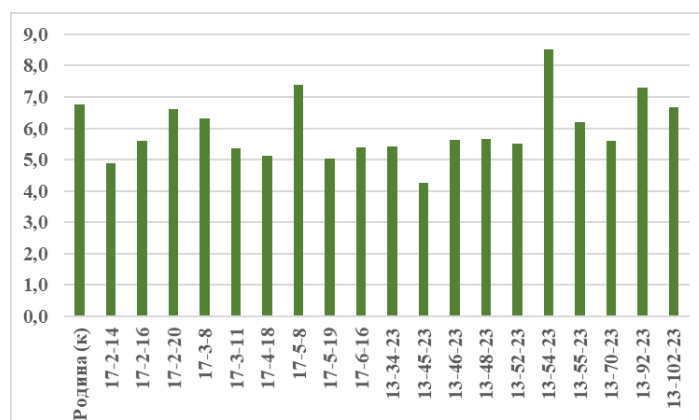


Рис. 4 Соотношение омега-6/омега-3 жирных кислот в плодах ореха грецкого

В результате оценки выделено три гибридные формы с наиболее сбалансированным соотношением омега-6/омега-3 – 13-45-23 (4,3/1); 17-2-14 (4,9/1); 17-5-19 (5,0/1). Показатель содержания насыщенных жирных кислот (НЖК),

представленных миристиновой, пальмитиновой, стеариновой и арахидовой кислотами, находился в пределах 8,49 % (сорт-контроль Родина) - 10,74% (17-2-20).

Полиненасыщенные жирные кислоты в последнее время привлекают все большее внимание, как полезный питательный компонент. В соответствии с рекомендациями ВОЗ сбалансированным соотношением омега-6/омега-3 кислот является 1/1-5/1 [29]. Соотношение жирных кислот ω -6 к ω -3 в нашем исследовании варьировало от 4,3 до 8,5 (рис. 4). Предыдущие исследования показали, что диапазон жирных кислот ω -6/ ω -3 составлял от 5,64 до 7,22 [24, 33].

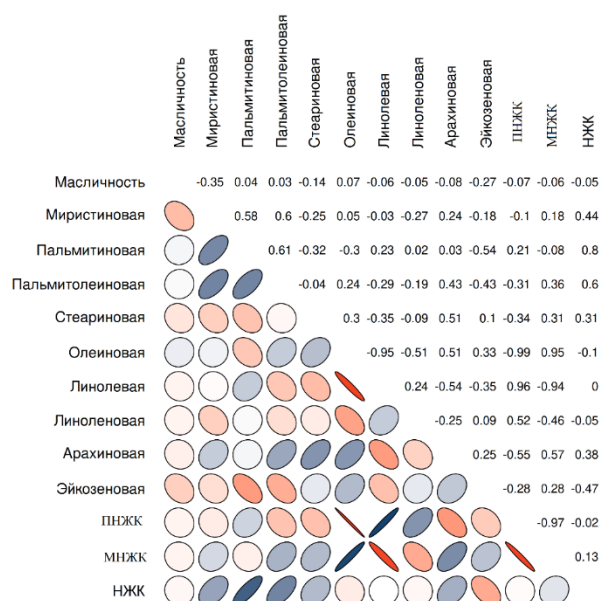


Рис. 5 Корреляция между жирными кислотами в ядрах ореха грецкого

Матрица корреляций отражает взаимосвязи между 12 параметрами: масличностью, жирными кислотами, а также группами жирных кислот (рис. 5). Корреляционный анализ показал сильную положительную корреляцию между содержанием олеиновой кислоты и мононенасыщенных жирных кислот ($r=0.95$), между линолевой кислотой и полиненасыщенными жирными кислотами ($r=0.95$). Умеренная положительная корреляция отмечена между миристиновой и пальмитиновой ($r=0.58$) и пальмитолеиновой ($r=0.6$) кислотами, пальмитиновой и пальмитолеиновой кислотами ($r=0.61$), пальмитолеиновой кислотой и НЖК ($r=0.6$), стеариновой и арахидиновой кислотами ($r=0.51$), олеиновой и арахидиновой ($r=0.51$), линолевой и ПНЖК ($r=0.52$), арахидиновой и МНЖК ($r=0.57$). Сильные отрицательные корреляции отмечены между олеиновой и линолевой кислотами ($r=-0.95$), олеиновой кислотой и ПНЖК ($r=-0.99$), линолевая и МНЖК ($r=-0.94$), ПНЖК и ПНЖК ($r=-0.97$). Умеренная отрицательная корреляция отмечена между пальмитиновой и эйкозеновой кислотами ($r=-0.54$), линолевой и арахидиновой кислотами ($r=-0.54$), арахидиновой кислотой и ПНЖК ($r=-0.55$), олеиновой и линоленовой ($r=-0.51$).

Сильные отрицательные корреляции отмечены между олеиновой и линолевой кислотами ($r=-0.95$), олеиновой кислотой и ПНЖК ($r=-0.99$), линолевая и МНЖК ($r=-0.94$), ПНЖК и ПНЖК ($r=-0.97$). Умеренная отрицательная корреляция отмечена между пальмитиновой и эйкозеновой кислотами ($r=-0.54$), линолевой и арахидиновой кислотами ($r=-0.54$), арахидиновой кислотой и ПНЖК ($r=-0.55$), олеиновой и линоленовой ($r=-0.51$). Достоверность полученных данных подтверждается исследованиями из других

регионов мира, показавшими наличие корреляции между олеиновой кислотой и МНЖК ($r=1.0$), линолевой кислотой и ПНЖК ($r=0.94$) [22, 24].

Выводы

Проведенные исследования позволили комплексно оценить морфометрические и биохимические характеристики гибридных форм ореха грецкого, выявить источники ценных признаков и обосновать перспективы их использования в селекции для улучшения сортимента этой культуры в регионе. Установлен широкий диапазон variability ключевых признаков качества плодов: масса плода (9,49-14,34 г), выход ядра (42,67-57,06%), толщина скорлупы (0,99-2,03 мм), выполненность ядра (2-6 баллов), выделяемость ядра (1-3 балла). Среднее содержание масла составило 70,84%, при этом 12 образцов относятся к высокомасличным ($>70\%$). Установлено доминирование полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) - в среднем 68,28%, представленных в основном линолевой (среднее 58,29%, диапазон 48,96-66,09%) и линоленовой (среднее 10,00%, диапазон 6,77-12,97%) кислотами. Мононенасыщенные (МНЖК) и насыщенные (НЖК) кислоты представлены в среднем на 21,90% и 9,82% соответственно. Выделены образцы с повышенным содержанием ПНЖК (максимальное значение 78,35% у 17-6-16). Соотношение омега-6/омега-3 жирных кислот варьировало от 4,3 до 8,5. Три гибрида (13-45-23 (4.3/1), 17-2-14 (4.9/1), 17-5-19 (5.0/1)) показали наиболее сбалансированное соотношение, соответствующее рекомендациям ВОЗ (1/1-5/1). Выделенные перспективные формы (17-5-8, 17-2-14, 13-48-23, 13-54-23, 13-45-23, 17-5-19) обладают ценным сочетанием хозяйственно-биологических признаков (крупноплодность, высокий выход и качество ядра, жирнокислотный состав). Исследование подтвердило высокий селекционный потенциал изученной выборки элитных форм ореха грецкого.

Благодарность

«Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МПИ-24.1/14»

Список литературы

1. Аль-Накиб Е. А. Комплексная фенотипическая оценка по признакам качества плодов и анализ генетического разнообразия перспективных элитных форм ореха грецкого селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ // Садоводство и виноградарство. – 2024. – №. 1. – С. 12-23.
2. Артюхова Л. В. Комплексная оценка биометрических показателей гибридных форм ореха грецкого на юге России // "Магарах". Виноградарство и виноделие. – 2025. – Т. 27. – №. 1. – С. 29-33.
3. Артюхова Л. В., Якуба Ю. Ф., Балапанов И. М. Оценка перспективных форм ореха грецкого селекции СКФНЦСВВ по качеству плодов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – №. 67. – С. 55-65. 10.30679/2219-5335-2021-1-67-55-65.
4. Ефименко С.Г., Ефименко С.К., Усатенко Л.О. Определение содержания масла и основных жирных кислот семян рапса озимого с помощью ИК-спектроскопии // Масличные культуры. – 2023. – Т. 2 (194). – С.40-50. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-40-50.
5. ГОСТ 8.597-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Семена масличных культур и продукты их переработки. Методика выполнения измерений масличности и влажности методом импульсного ядерного магнитного резонанса. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
6. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. – М.: Стандартинформ, 2013. – 11 с.
7. ГОСТ Р 31665-2012 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. – М.: Стандартинформ, 2013. – 11 с.

8. Плугатарь Ю.В., Супрун И.И., Хохлов С.Ю., Степанов И.В., Аль-Накиб Е.А. Комплексная агробиологическая оценка и анализ генетических взаимосвязей перспективных сортов ореха грецкого никитского ботанического сада // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2023. – Т. 27. № 5. – С. 454-462.
9. Сухоруких Ю.И., Луговской А.П., Биганова С.Г. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орёл: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
10. Cittadini M. C., Martín D., Gallo S., Fuente G. et al. Evaluation of hazelnut and walnut oil chemical traits from conventional cultivars and native genetic resources in a non-traditional crop environment from Argentina // European Food Research and Technology. – 2020. – Vol. 246. – P. 833-843.
11. Davarkhah Z., Hosseinfarahi M., Radi M., Ghoilpour S., Khadivi A. Phytochemical composition and antioxidant activity of some superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2025. – Vol. 72. – p. 2031-2049.
12. Erdogan U., Argin S., Turan M., Cakmakci R., Olgun M. Biochemical and bioactive content in fruits of Walnut (*Juglans Regia* L.) genotypes from Turkey // Fresenius Environ Bull. – 2021. – Vol. 30. – P. 6713-6727.
13. Esselun C., Diete, F., Sus N., Frank J., Eckert G.P. Walnut oil reduces abeta levels and increases neurite length in a cellular model of early Alzheimer disease // Nutrients. – 2020. – Vol. 14(9).
14. Gao P., Ding Y., Chen Z., Zhou Z. et al. Characteristics and antioxidant activity of walnut oil using various pretreatment and processing technologies // Foods. – 2022. – Vol. 11(12). – P. 1698.
15. Geng S., Ning D., Ma T., Chen H. et al. Comprehensive analysis of the components of walnut kernel (*Juglans regia* L.) in China // Journal of Food Quality. 2021. – P. 9302181.
16. Goodarz H., Hassani D., Pourhossein, L., Kalantari, S., Lashgari A. Total lipid and fatty acids components of some Persian walnut (*Juglans regia*) cultivars // Scientia Horticulturae. 2023. – Vol. 321. – P. 112252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112252>.
17. Guasch-Ferré M., Hernández-Alonso P., Drouin-Chartier J.P., Ruiz-Canela M. et al. Walnut consumption, plasma metabolomics, and risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease // The Journal of Nutrition. – 2021. – Vol. 151(2). – P. 303-311. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa374>.
18. International Nut and Dried Fruit Council INC Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2024. Spain: INC, 2024. – P. 79.
19. IPGRI. Descriptors for walnut (*Juglans* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. – 1994. – P. 43.
20. Kavosi H., Khadivi, A. The selection of superior late-leafig genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) among seedling originated trees based on pomological characterizations. Scientia Horticulturae. – 2021. – Vol. 288. – P. 110299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110299>.
21. Kömür Y.K., Karakaya O., Sütyemez M., Dirim E. et al. Characterization of walnut (*Juglans regia* L.) hybrid genotypes; fatty acid composition, biochemical properties and nutrient contents// Genetic Resources and Crop Evolution. – 2024. – Vol. 71(6). – P. 2965-2985. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-023-01810-6>.
22. Li Q., Yin R., Zhang, Qr. et al. Chemometrics analysis on the content of fatty acid compositions in different walnut (*Juglans regia* L.) varieties // Eur Food Res Technol. – 2017 – Vo. 243. – P. 2235-2242. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2925-z>.
23. Liu M., Wang X., Zhang Y., Xu L. et al. Chemical composition of walnuts from three regions in China. Oil Crop Science. – 2023. – Vol. 8(1). – P. 56-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.03.002>.
24. Mir J.I., Irfan M., Rashid U. et al. Comparative Pomological and Biochemical Characterization of Indigenous Walnut (*Juglans regia*) Genotypes from Temperate Region //Applied Fruit Science. – 2025. – Vol. 67. – P. 119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-025-01372-0>.
25. Okatan V., Gündeşli M.A., Kafkas N.E., Attar Ş.H. et al. Phenolic compounds, antioxidant activity, fatty acids and volatile profiles of 18 different walnut (*Juglans regia* L.) cultivars and genotypes // Erwerbs-Obstbau. 2022. – Vol. 64(2). – P. 247-260.

26. Pinar-Martí A., Gignac F., Fernández-Barrés S., Romaguera D. Effect of walnut consumption on neuropsychological development in healthy adolescents: a multi-school randomised controlled trial // *EclinicalMedicine*. 2023. – P. 59. DOI:10.1016/j.eclinm.2023.101954.
27. Ros E. Contribution of nuts to the Mediterranean diet. In *The Mediterranean Diet* // Academic Press. – 2020. – p. 141-150.
28. Soveili S., Khadivi, A. Selecting the superior late-leaving genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) using morphological and pomological evaluations // *BMC Plant Biol.* – 2023. – Vol. 23. – P.379.
29. Simopoulos A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids // *Biomed Pharmacother.* – 2002. – Vol. 56(8). – P. 365-79. DOI: 10.1016/s0753-3322(02)00253-6. PMID: 12442909.
30. Vahdati K. Traditions and folks for walnut growing around the Silk Road // *I International Symposium on Fruit Culture and Its Traditional Knowledge along Silk Road Countries 1032*. – 2013. – P. 19-24.
31. Wang R., Zhong D., Wu S., Han Y. et al. The phytochemical profiles for walnuts (*J. Regia* and *J. Sigillata*) from China with protected geographical indications // *Food Sci Technol.* – 2020. – Vol. 4. – p. 695-701.
32. Yang H., Xiao X., Li J., Wang F. Chemical compositions of walnut (*Juglans* Spp.) oil: Combined effects of genetic and climatic factors // *Forests*. – 2022. – Vol. 13(6). – P. 962.
33. Zhou Y., Fan W., Chu F., Pei D. Improvement of the flavor and oxidative stability of walnut oil by microwave pretreatment // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2016. – Vol. 93. – p. 1563-1572. 10.1007/s11746-016-2891-9.

Статья поступила в редакцию 21.07.2025 г.

Al-Naqib E.A., Suprun I.I. Assessment of elite forms of walnut according to the complex of signs of fruit quality and fatty acid composition // *Bull. of the State Nikit. Botan. Gard.* – 2025. – №156. – P. 69-79.

The article presents the results of assessing the quality of fruits of 20 elite forms of walnut from the selection gene pool of the Federal State Funded Scientific Institution “North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking”. The objective of the study was to select promising hybrid forms of walnut based on a set of quality characteristics. The following features were assessed: nut weight, kernel yield, shell thickness, ease of removal of kernel halves, kernel plumpness, kernel color, membrane thickness, shell texture and nut shape. The total fat content of fruits and fatty acid profiling were analyzed. Fruit quality was assessed using generally accepted techniques. The chemical composition was analyzed using modern methods – NMR spectroscopy, gas chromatography. The average fruit weight was 11.25 g, kernel yield was 50.29%, oil content was 70.84%, while 65% of the samples were high-oil (>70%). Polyunsaturated fatty acids accounted for 68.28%, monounsaturated acids averaged 28.58%. Among PUFAs, the dominant acid was linoleic (48.95-66.09%). In the MUFA group, the main fatty acid was oleic (12.28-31.33%). Three hybrids (13-45-23 (4.3/1), 17-2-14 (4.9/1), 17-5-19 (5.0/1) showed the most balanced ratio, corresponding to WHO recommendations (1/1-5/1). As a result of the assessment, promising hybrid forms were identified (17-5-8, 17-2-14, 13-48-23, 13-54-23, 13-45-23, 17-5-19), which are valuable as initial breeding material for use as sources of economically valuable traits.

Key words: *walnut; Juglans regia; breeding; fruit quality; fatty acid composition of fruits*