

БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 634.22:577.1:477.75-25

DOI: 10.25684/0513-1634-2023-148-173-180

**БИОХИМИЧЕСКАЯ И ПОМОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКИ ПЛОДОВ
ГИБРИДНЫХ ФОРМ АЛЫЧИ КОЛЛЕКЦИИ НИКИТСКОГО
БОТАНИЧЕСКОГО САДА**

**Александр Викторович Григорьев, Любовь Алексеевна Лукичева,
Екатерина Анатольевна Мелкозерова, Анфиса Евгеньевна Палий,
Валентина Милентьевна Горина**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52

E-mail: alex_grigoriev_1994@mail.ru

В статье представлены результаты биохимической и помологической оценок плодов гибридных форм алычи селекции Никитского ботанического сада (НБС–ННЦ). В результате исследований показана ценность плодов *Prunus cerasifera* Ehrh. для рациона человека. Отобраны перспективные генотипы по количественному содержанию витамина «С» и титруемых кислот, сахаров, антоцианов, пектинов, сухих веществ, лейкоантоцианов, а также формы, обладающие высокими товарными качествами плодов. Исследования химического состава плодов позволили выделить лучшие селекционные образцы с высоким содержанием биологически активных веществ, которые представляют интерес для включения в селекционный процесс и практического использования. Генетическое разнообразие коллекционных генотипов позволило отобрать ценную форму 99-18 (Оленька свободного опыления) с крупными плодами, хрящеватой мякотью и хорошим вкусом, приближающуюся по содержанию сухих веществ, сахаров и пектина к образцам с Южного берега Крыма.

Ключевые слова: алыча; гибридные формы; оценка плодов; химический состав; помологические качества; товарность

Введение

Выращивание алычи (*Prunus cerasifera* Ehrh.) в Республике Крым является одним из перспективных направлений сельскохозяйственного производства [9]. Эта культура обеспечивает рынок сбыта плодов с июня по сентябрь. По калорийности ее плоды превосходят яблоки, груши, абрикосы, персики, смородину, малину, землянику [8].

Плоды и ягоды, обладающие целебными свойствами, во многом определены их обеспеченностью природными антиоксидантами, которые эффективно нейтрализуют разрушительное действие свободных радикалов. Наиболее важными антиоксидантами, поступающими при употреблении в пищу растительных продуктов, являются: витамин С, токоферолы, каротин и витамин А, фитостерины, полифенолы. Фенольные соединения привлекают все большее внимание в качестве потенциальных агентов для профилактики и лечения многих, связанных с окислительным стрессом заболеваний, таких как сердечно-сосудистые недомогания, рак, старение, сахарный диабет и нейродегенеративные патологии [4]. Ценность плодов алычи обусловлена высоким содержанием в них антиоксидантов [16].

Для получения первосортных продуктов переработки из алычи требуются плоды, обладающие свойствами отличными от плодов, предназначенных для использования в свежем виде. Из плодов алычи производят значительное количество продуктов питания: повидло, варенье, желе, джемы, соки, компоты, кетчупы, овощные приправы, соусы, заливки для овощей и фруктов, функциональные напитки из

алычового пюре, из мякоти выделяют пектины. Плоды алычи прекрасно используют для высушивания и заморозки [15]. Из алычи на Кавказе изготавливают квацарахи, скацбели, сушеные лепешки, лаваш, ткемали богатые витамином С и органическими кислотами [12].

Анализ патентной документации показал, что наиболее активное патентование способов переработки плодов алычи приходится на период 2014-2017 гг., лидерами патентования стали Россия (5 патентов) и Украина (4 патента). Всего за период с 1996-2017 гг. выявлено 27 патентов в России [7]. По данным остальных исследуемых стран изобретательская деятельность незначительна и представлена единичными патентами (табл. 1).

Таблица 1

Распределение патентов

Страна-заявитель	Россия	Украина	Южная Корея	Китай	Нидерланды	Грузия	Польша	Чехия
Количество патентов	27	4	2	2	1	1	1	1

Динамика патентования меняется, в целом изобретательская активность растет. На проведение исследований и совершенствование способов переработки плодов выделяются денежные средства. Данное направление стабильно развивается и является перспективным, его можно разрабатывать на базе Никитского ботанического сада, что особенно актуально в период импортозамещения [13].

Цель исследований – изучение товарно-потребительских качеств и химического состава плодов гибридных форм алычи и выделение перспективных для производственного испытания и включения в селекционный процесс по созданию новых сортов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились плоды 24 гибридных форм алычи селекции коллекции Никитского ботанического сада (НБС), которые сгруппированы по срокам созревания плодов. В качестве контроля для каждой группы привлечены три районированных и широко распространенных сорта – Пурпуровая, Обильная и Румяная Зорька. Опытный участок коллекционно-селекционных насаждений Степного отделения НБС заложен в 2012 г, схема посадки 5 х 4 м. Подвой – сеянцы алычи типичной.

Исследования выполняли в 2021-2022 гг. в соответствии с программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [10]. Химический анализ свежих и переработанных плодов осуществляли в лаборатории биохимии, физиологии и репродуктивной биологии растений ФГБУН «НБС–ННЦ» согласно с общепринятыми методиками [11]. Содержание сахаров определяли по Бертрону [5], титруемых кислот (общая кислотность) [2]; аскорбиновой кислоты (витамина С) [5] и сухих веществ [3], яблочной кислоты – методом капиллярного электрофореза [6]. Плотность мякоти плодов гибридных форм алычи определяли путем прямого измерения пенетрометром FT 011 (0-11 Lbs/0,5-5 кг). Помологическую оценку свежих плодов алычи проводили по известной методике [14].

Результаты и обсуждение

В исследования включены гибридные формы алычи с плодами разных сроков созревания (ранний, средний и поздний), средних и крупных размеров. Основная окраска мякоти – желтая, покровная занимает 5-75%. Вкусовые качества свежих плодов оценивали по 5-ти балльной шкале. Самую высокую дегустационную оценку (5,0

баллов) получили две гибридные формы 11/12 и 99-14 из комбинации Оленька свободного опыления (табл. 2).

Таблица 2

Помологическая характеристика гибридных форм алычи селекции НБС, 2021-2022 г.

Гибридная форма	Характеристика плодов						
	дата созревания	масса, г	окраска кожицы (основная/покровная)	окраска мякоти	отделимость косточки	консистенция мякоти	дегустационная оценка, балл
Ранний срок созревания плодов							
Пурпуровая (к)	06.07±4	32±5,0	к./борд.	ор.	+	хр.	4,8±0,1
14/14	03.07±1	28±0,0	к./т.-ф.	ж.-ор.	х	хр.	4,8±0,2
11/12	13.07±2	31,5±1,5	к./т.-б.	крем.	+	в.	5,0±0,0
7-1/24	16.07±1	51±2,0*	з.-ж./ор.	ж.-ор.	+	сл.	4,8±0,1
90-249	09.07±3	18,5±3,5	к./т.-борд.	св.-ж.	х	в., хр.	4,3±0,3
9/14	16.07±1	31,5±1,5	ж./борд.	крем.-б.	+	в.	4,5±0,1
9/28	10.07±3,5	20,5±0,5	роз./т.-к.	св.-ж.	+	хр., сл.	4,0±0,5
9/18	09.07±3	25,5±0,5	ж.-ор./т.-к.	св.-ж.	+	сл., м.	4,2±0,2
15/27	14.07±2	47,5±2,5*	роз./т.-борд.	ж.-ор.	+	в.	4,0±0,1
16/14	09.07±3	24±0,0	крем./т.-к.	ж.	-	в., хр.	4,5±0,3
НСР_{0,5}		5,3					
Средний срок созревания плодов							
Обильная (к)	20.07±4	26±0,0	т./ф.	пурп.	+	в.	4,2±0,5
12/26	25.07±3	48±2,0*	к./борд.	ж.-ор.	+	в.	4,8±0,0
12/33	29.07±2	32,5±0,5	к./т.-ф.	к.	х	сл., хр.	4,8±0,1
12/16	03.08±1	19±5,0	крем./борд.	ж.-ор.	+	в.	4,5±0,2
12/3а	03.08±2	39,5±3,5	крем./борд.	ж.	+	в.	4,2±0,4
10/3	27.07±1	59±6,0*	крем./к.	з.-бел.	-	хр.	4,0±0,2
11-1/2	06.08±3	26±2,0	к./ф.	св.-ж.	х	в.	4,5±0,3
99-14	24.07±3	32±2,0	крем./ж.	ж.	+	в.	5,0±0,0
2/64а	17.07±1	36±0,5	к./борд.	ж.	х	в.	4,0±0,5
6/65	08.08±3	62±4,5*	з./ор.	ж.	-	хр.	4,5±0,1
15/30	06.08±3	26±0,0	ор.	крем.-б.	+	сл.	4,0±0,3
9-3 6/3	19.07±3	31±1,0	роз./св.-к.	к-роз.	-	в.	4,8±0,2
НСР_{0,5}		4,8					
Поздний срок созревания плодов							
Румяная Зорька (к)	14.08±5	42,5±2,5	з.-ж./ор.	ор.-ж.	+	сл.	4,5±0,3
8/27	30.08±2	18,3±6,7	к./т.-ф.	ж.-ор.	х	хр.	4,0±0,3
99-18	10.08±2	38,5±3,5	к./т.-к.	ж.-ор.	+	хр.	4,6±0,1
57-86	18.08±1	33,5±3,5	ж./т.-к.	ор.-к.	+	в.	4,1±0,4
9-0/13	10.08±3	48±2,0	роз./т.-к.	ж.-ор.	-	в.	4,0±0,2
НСР_{0,5}		6,02					

Примечание: ж – желтая окраска; ор – оранжевая окраска; б – белая окраска; крем – кремовая окраска; к – красная окраска; ф – фиолетовая окраска; борд. – бордовая окраска; з – зеленая окраска; пурп. – пурпуровая окраска, в – волокнистая консистенция мякоти; хр. – хрящеватая консистенция мякоти; сл. – слитая консистенция мякоти; м. – мучнистая консистенция мякоти; + плоды с отделяющейся косточкой; – плоды с неотделяющейся косточкой; х – плоды с полупотделяющейся косточкой. * Существенные различия с контролем при P = 0,95

Плотность мякоти является важнейшим фактором, который показывает пригодность плодов для транспортировки и хранения [17]. Данный признак исследовали в состоянии оптимальной зрелости плодов у каждой гибридной формы путем прямого измерения пенетрометром. Результаты изучения плотности мякоти представлены на рисунке 1.

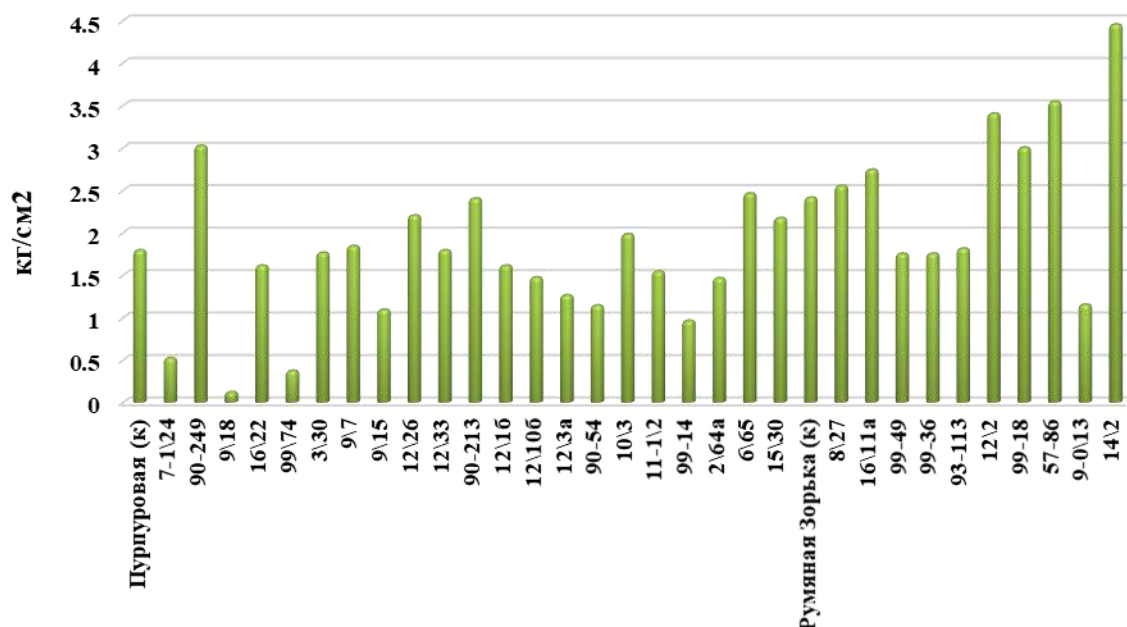


Рис. 1 Плотность мякоти плодов перспективных гибридных форм алычи

По результатам определения плотности мякоти плодов алычи, можно сделать вывод, что из гибридных форм раннего срока созревания наиболее пригодными для транспортировки является форма: 90-249 (плотность 3 кг/см²). Из генотипов среднего срока созревания плодов выделены четыре формы: 12/26, 90-213, 6/65 и 15/30.

Таблица 3
Содержание сухого вещества, сахаров и кислотность в плодах гибридных форм алычи, 2021-2022 гг.

Сорт, гибрид	Сухое вещество, %	Сахара, %		Титруемая кислотность, %	Сумма пектинов, %
		моно	сумма		
Румяная Зорька (к)	14,35±1,2	5,8±4,2	8,8±5,2	1,56±0,12	1,03±0,11
16/14	10,1±0,19*	2,25*	3,15*	-	0,81**
15/27	9,45±0,5	2,7*	5,85*	1,17±0,6	0,58**
9/14	12,3±0,01	4,1±1,4	8,2±2,3	2,4±0,27*	0,87±0,09
9/18	12,2±0,8	3,83*	4,05*	-	0,85**
9/28	11,1±0,1	2,48*	4,05*	-	0,66**
7-1/24	13,45±0,9	2,93*	12,15*	0,93±0,07	0,77**
99-14	13±0,85	4,05±0,9	7,4±2,05	1,63±0,06	0,87±1,0
99-18	14,35±0,79	7,27±0,74	13,0±0,04	1,44±0,67	1,1±0,13
90-249	9,30±1,15	0,45*	2,7*	-	0,88**
720	13,1±0,45	6,9±1,9	9,09±2,34	1,78±0,03	0,85±0,13
12/16	12±0,9	4,34±0,51	10,8±0,06	1,68±0,7	0,99±0,07
12/10 6	14,47±0,23	8,05±0,04*	12,5±0,4	2,48±1,1*	1,09±0,13
90-54	13,77±1,73	3,4±1,8	7,5±4,3	3,45±0,19*	1,11±0,03
12/26	11,3±1,55	5,6±3,05	7,3±4,2	1,67±0,23	0,84±0,1
90-213	13,75±0,6	3,7±1,7	8,05±4,9	1,44±0,0	0,98±0,2
НСР_{0,5}	1,94	1,61	4,84	0,66	0,15

*Существенные различия с контролем при P = 0,95

** Данные за 2021 г.

Среди генотипов позднего срока созревания высокой плотностью мякоти отличаются селекционные формы 12/2, 57-86, 14/2 (плотность 3,3 кг/см², 3,5 кг/см², 4,4 кг/см², соответственно). Показатели плотности их мякоти являются весьма высокими и превосходят контрольные сорта.

В плодах изучаемых гибридов определяли титруемую кислотность, концентрацию сухих веществ, сахаров, аскорбиновой и яблочной кислот, лейкоантоцианов, антоцианов и пектинов. В плодах алычи содержание сухих веществ составило 9,30-14,47%, моносахаров – 0,45-8,05%, общее количество сахаров – 2,7-13,0%, титруемых органических кислот – 0,93-3,45% и пектинов – 0,58-1,11% (табл. 3). Максимальной суммой сахаров (10,8-13,05%) отличились плоды селекционных форм: 7-1/24, 99-18, 12/16 и 12/10 б, чьи показатели кардинально превосходят контрольный сорт Румяная Зорька.

Содержание аскорбиновой кислоты варьировало от 3,22 до 6,6 мг/100 г, лейкоантоцианов – от 52 до 264 мг/100 г, антоцианов – от 33 до 396 мг/100 г. Существенные различия с контролем по содержанию в плодах аскорбиновой кислоты, лейкоантоцианов и антоцианов выявили у трех гибридных форм: 15/27, 720 и 12/26 (табл. 4).

Таблица 4

Содержание аскорбиновой кислоты, лейкоантоцианов и антоцианов, пектинов и яблочной кислоты в плодах гибридных форм алычи, 2021-2022 гг.

Сорт, гибрид	Аскорбиновая кислота, мг/100г	Лейко-антоцианы, мг/100г	Антоцианы, мг/100г	Яблочная кислота, мг/100г
Румяная Зорька (к)	4,4±0,44	130±62	17±0,0	2275,80
16/14	-	52±11,3	204±13,5*	1682,20
15/27	5,72±0,61*	264±20,8*	198±20,7*	1103,80
9/14	4,4±0,09	80±3,2	110±8,0	2212,60
9/18	-	56±13,3	132±0,0	1267,00
9/28	-	60±7,9	132±14,1	1138,40
7-1/24	5,28±1,0	136±12,1	-	965,40
99-14	3,22±1,62	84±4,0	-	1524,40
99-18	4,4±0,71	60±9,5	33±5,2	1551,20
90-249	-	68±10,3	396±40,9*	2136,80
720	5,19±0,35	136±16,0	96,5±24,5	2658,60
12/16	6,6±0,85*	120±11,4	55±6,1	1268,80
12/10 б	4,66±0,36	100±13,7	94±17,8	3060,80
90-54	3,8±0,63	176±8,0*	-	1689,40
12/26	6,29±0,31*	136±4,0*	228,5±0,0*	1426,40
90-213	4,18±0,22	64±4,0	50±0,0	1660,80
НСР_{0,5}	1,07	29,3	114,2	-

*Существенные различия с контролем при P=0,95

Высокое содержание органических кислот в плодах алычи является важным показателем для производства продуктов переработки с повышенной кислотностью, таких как: кетчупы, овощные приправы, соусы, заливки для овощей и фруктов и др. [18].

Определение количества яблочной кислоты в плодах исследуемых гибридных форм алычи показало, что ее содержание в образцах варьирует от 965,40 мг/100 г до 3060,80 мг на 100 г продукта. Среди представленных образцов с наибольшим количеством яблочной кислоты отобраны две гибридные формы: 12/10б и 720, превосходящие по её накоплению контрольный сорт Румяная Зорька.

По результатам исследований химического состава плодов алычи проведена сравнительная оценка с данными, полученными в условиях Южного берега Крыма

(ЮБК). Среди представленных сортов установлено содержание сухих веществ в плодах – 15,5-19,4%, сумма сахаров составила 10,2-13,3%, количество витамина С – 10,3-12,4 мг/100 г, с высоким содержанием лейкоантоцианов выделена форма 20/7 (368 мг/100 г); антоцианов – Краснояская (1265 мг/100 г). По количеству пектинов (1,38%) выделяется сорт Волшебница [1]. Определено, что практически все генотипы алычи, выращенные в южнобережной почвенно-климатической зоне, по всем показателям химического состава плодов превосходят образцы, произрастающие в степной зоне Крыма. Однако, плоды гибридной формы 99-18, собранные в более северном регионе приближаются по показателям некоторых веществ химического состава к таковым с Южного берега Крыма. Они уступают образцам с ЮБК по содержанию сухих веществ на 1,2-5,1%; сахаров и пектина – всего на 0,3%. Также близкими показателями отличились плоды, собранные в степной зоне: по сухим веществам у формы 12/106 (14,47%), по аскорбиновой кислоте – 12/16 (6,6 мг/100 г) и 12/26 (6,3 мг/100 г), по пектинам – 90-54 (1,11 %) и 12/106 (1,09%).

Следовательно, почвенно-климатические условия окружающей среды оказывают влияние на формирование химического состава плодов, выращиваемых растений. Генетическое разнообразие коллекционных генотипов позволяет отобрать наиболее ценные образцы по этому показателю для каждой зоны их возделывания.

Выводы

На основании проведенных исследований выявлено, что высокой дегустационной оценкой отличаются две гибридные формы алычи: 11/12 и 99-14. Генотипы 15/27, 12/26, 10/3, 6/65 и 9-0/13 выделяются по массе плода, восемь образцов: 90-249, 12/2, 57-86, 14/2, 12/26, 90-213, 6/65 и 15/30 – высокой плотностью мякоти.

Определено, что высокими концентрациями исследуемых биологически активных веществ выделяются четыре гибридные формы. Существенные различия с контролем по содержанию аскорбиновой кислоты, лейкоантоцианов и антоцианов выявили у форм: 15/27 и 12/26; по титруемой кислотности – 90-54 и 12/106, по сумме сахаров на уровне сорта Румяная Зорька – 7-1/24, 99-18, 12/16 и 12/10 б.

По комплексу биохимических показателей и товарно-потребительских качеств плодов выделены наиболее перспективные гибридные формы 15/27 и 12/26, превосходящие контрольные сорта Румяная Зорька и Пурпуровая. Они рекомендованы для производственного испытания и включения в селекционный процесс на улучшение химического состава плодов.

Выявлено, что генотипы алычи, выращенные в степной зоне Крыма по всем показателям химического состава плодов, уступают образцам, произрастающим в южнобережной почвенно-климатической зоне. Генетическое разнообразие коллекционных генотипов позволило отобрать ценную форму 99-18 (Оленька свободного опыления) с крупными плодами (38,5 г), хрящеватой мякотью и хорошим вкусом (дегустационная оценка 4,6 балла), приближающуюся по содержанию сухих веществ, сахаров и пектина к образцам с Южного берега Крыма.

Благодарность

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН «НБС-ННЦ» (Ялта, Россия)

Список литературы

1. Горина В.М., Месяц Н.В., Лукичева Л.А., Мелкозерова Е.А. Химико-технологическая оценка сортов алычи коллекции Никитского ботанического сада // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6(74). – С. 64-67.
2. ГОСТ ISO 750-2013 от 22 ноября 2013 г. № 170-ст. – Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности.
3. ГОСТ 33977-2016 от 25 октября 2016 г. № 92-П. – Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ.
4. Дорошенко Т.Н. Биологические основы ранней диагностики перспективности сорто-подвойных комбинаций плодовых культур для создания высокоурожайных промышленных садов: Автореф. дисс. док. с.-х. наук. – М., 1991. – 44 с.
5. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. – Ялта, 1982. – 22 с.
6. Методика измерений массовой концентрации органических кислот и их солей методом капиллярного электрофореза. – М., 2012. – 43 с.
7. Международная патентная система. Режим доступа: www.patentscope.wipo.int
8. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1985. – 256 с.
9. Плугатарь Ю.В. Никитский ботанический сад как научное учреждение // Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т. LXXXVI. – № 2. – С. 120-126.
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
11. Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков // Труды Никитского ботанического сада. – Ялта, 1999. – Т. 118. – С. 121-129.
12. Семенова Л.Г., Шаова Ж.А. Особенности химического состава плодов сливы и алычи в условиях Северного Кавказа // Труды КубГАУ: Биологические основы пловодства. – 2000. – Вып. 380(408). – С. 224-231.
13. Смыков А.В., Федорова О.С., Иващенко Ю.А., Шишова Т.В., Марчук Н.Ю. Биохимическая и технологическая оценка плодов интродуцированных сортов персика в коллекции Никитского ботанического сада // Сборник трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – Т. 144, Ч. 2. – С. 156-161.
14. ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». Документ RTG/0084/1. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Слива китайская (японская) и другие диплоидные виды сливы (*Prunus salicina* Lindl.) No12-06/12 от 27.05.1998 г. 10 с.).
15. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур / под ред. А.И. Лищука. – М., 1991. – С. 29-31.
16. Химический состав пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 223 с.
17. Lipincka L., Klewicka E., Sójka M. Structure occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review // Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. – 2014. – Vol. 13(3). – P. 289-299.
18. Tokusog'lu Ö., Hall III C. Fruit and Cereal Bioactives: Sources, Chemistry, and Applications // CRC Press. – 2011. – 473 с.

Статья поступила в редакцию 03.07.2023 г.

Grigoriev A.V., Lukicheva L.A., Melkozerova E.A., Paliy A.E., Gorina V.M. Biochemical and pomological evaluation of fruits of hybrid forms of cherry plum from the collection of the Nikitsky Botanical Gardens // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. – 2023. – № 148. – P. 173-180.

The article presents the results of biochemical and pomological assessments of the fruits of hybrid forms of cherry plum breeding of the Nikitsky Botanical Gardens (NBG-NSC). As a result of research, the value of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits has been shown for the human diet. Promising genotypes were selected based on the quantitative content of vitamin "C" and titrated acids, sugars, anthocyanins, pectins, solids, leucoanthocyanins, as well as forms with high commercial qualities of fruits. Studies of the chemical composition of fruits allowed us to identify the best breeding samples with a high content of biologically active substances that are of interest for inclusion in the breeding process and practical use. The genetic diversity of the collection genotypes allowed us to select a valuable form 99-18 (Olen'ka free pollination) with large fruits, cartilaginous flesh and good taste, approaching the content of dry substances, sugars and pectin to the samples from the Southern Coast of the Crimea.

Key words: *cherry plum; hybrid forms; fruit evaluation; chemical composition; pomological qualities; marketability*