

Химический состав плодов черемухи в условиях Северо-Западного региона России

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-65-72

УДК 630*17:582.734.6:581.192(470.2)

Поступление/Received: 03.02.2020

Принято/Accepted: 09.06.2020



Chemical composition of bird cherry fruits in the Northwestern region of Russia

С. Ю. ОРЛОВА, А. А. ЮШЕВ, Т. В. ШЕЛЕНГА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44
✉ s.orlova@vir.nw.ru

S. YU. ORLOVA, A. A. YUSHEV, T. V. SHELENGA

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia
✉ s.orlova@vir.nw.ru

Актуальность. Среди косточковых плодовых растений особое место принадлежит черемухе (*Padus* Mill.). Как пищевое растение она нашла использование на территориях с суровыми климатическими условиями. Поскольку селекция пищевых сортов черемухи продолжает развиваться, необходимы знания химического состава плодов. Цель исследования – изучение черемухи в условиях Северо-Западного региона России и выделение генотипов с оптимальным биохимическим составом для последующего использования. **Материалы и методы.** Изучение состава плодов 21 образца из коллекции черемухи проводили в 2009, 2011–2013 гг. в лаборатории биохимии и молекулярной биологии Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). При выполнении биохимических исследований использовали принятые в ВИР методики. Статистическую обработку выполняли с использованием пакета программ Microsoft Excel. **Результаты.** Выделены генотипы с оптимальными химическими показателями: высоким содержанием растворимых сухих веществ (PCB) – образцы I группы ‘Невеста’ (29,63%), 1-1-8 (30,35), ‘Карпаты 5’ (30,87), ‘Чайка’ (33,9); накоплением сахаров – ‘Гранатовая гроздь’ (III гр.; 12,13%), 1-1-8 (I гр.; 12,5), ‘Памяти Саламатова’ (IV гр.; 12,8); низкими показателями кислот – ‘Сибирская красавица’ (II гр.; 1,03%), 1-1-8 (I гр.; 1,14), ‘Гранатовая гроздь’ (III гр.; 1,17), ‘Зеленоплодная’ (I гр.; 1,21), ‘Поздняя радость’ (III гр.; 1,25); высоким содержанием аскорбиновой кислоты – 1-1-8 (I гр.; 19,1 мг/100 г), ‘Сахалинская черная’ (I гр.; 19,35), ‘Ранняя круглая’ (IV гр.; 20,65), ‘Красный шатер’ (II гр.; 21,23) и тритерпеновых (урсоловой, олеаноловой) кислот – ‘Черный блеск’ (IV гр.; 0,045%), ‘Атика’ (I гр.; 0,056). **Заключение.** Достоверные различия при $p < 0,05$ установлены по PCB между образцами I (*P. avium*) и II (*P. avium* × *P. virginiana*); по сахаро-кислотному индексу между I (*P. avium*) и IV (Сеянцы сорта ‘Памяти Саламатова’); II (*P. avium* × *P. virginiana*) и III (*P. virginiana* × *P. avium*); III (*P. virginiana* × *P. avium*) и IV (Сеянцы сорта ‘Памяти Саламатова’) групп.

Ключевые слова: образец, растворимые сухие вещества (PCB), сахара, органические кислоты, сахаро-кислотный индекс (СКИ), аскорбиновая кислота.

Background. Among stone fruit plants, a special place belongs to bird cherry (*Padus* Mill.). As a food plant, it has found use in areas with harsh climate conditions. Since the breeding of bird cherry cultivars for food purposes continues to develop, there is a need to know the chemical composition of its fruits. The aim of this research was to study bird cherry in the environments of the Russian Northwest and isolate genotypes with an optimal biochemical composition for subsequent use. **Materials and methods.** Fruit composition in 21 accessions from the bird cherry collection was analyzed in 2009 and 2011–2013 at the Biochemistry and Molecular Biology Laboratory of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). Biochemical studies were performed using the methods adopted at VIR. Statistical processing of the data obtained was made using the Microsoft Excel software package. **Results.** The best genotypes were selected for each chemical component: for increased soluble solid content (SSC), accessions of Group I ‘Nevesta’ (29.63%), 1-1-8 (30.35), ‘Carpaty 5’ (30.87), ‘Chai-ka’ (33.9); for accumulation of sugars, ‘Granatovaya grozd’ (Group III; 12.13%), 1-1-8 (Gr. I; 12.5), ‘Pamyati Salamatova’ (Gr. IV; 12.8); for low acid content, ‘Sibirskaya krasavitsa’ (Gr. II; 1.03%), 1-1-8 (Gr. I; 1.14) ‘Granatovaya grozd’ (Gr. III; 1.17), ‘Zelenoplodnaya’ (Gr. I; 1.21), ‘Pozdnyaya radost’ (Gr. III; 1.25); for high content of ascorbic acid, 1-1-8 (Gr. I; 19.1 mg/100 g), ‘Sakhalinskaya chernaya’ (Gr. I; 19.35) ‘Rannyaya kruglaya’ (Gr. IV; 20.65), ‘Krasny shater’ (Gr. II; 21.23); for triterpene (ursolic, oleanolic) acids, ‘Cherny blesk’ (Gr. IV; 0.045%) and ‘Atica’ (Gr. I; 0.056). **Conclusion.** Significant differences were found in SSC between accessions of Groups I (*P. avium*) and II (*P. avium* × *P. virginiana*); and in the sugar/acid ratio (SAR), between I (*P. avium*) and IV (seedlings of cv. ‘Pamyati Salamatova’); II (*P. avium* × *P. virginiana*) and III (*P. virginiana* × *P. avium*); III (*P. virginiana* × *P. avium*) and IV (seedlings of cv. ‘Pamyati Salamatova’).

Key words: accession, soluble solid content (SSC), sugars, sugar/acid ratio (SAR), organic acids, ascorbic acid.

Введение

Среди косточковых плодовых растений особое место принадлежит черемухе (*Padus* Mill.). Не имея большого практического использования в садоводстве, кроме как

декоративного, она широко распространена в естественных условиях, а известный вид *P. avium* Mill. – черемуха обыкновенная (кистевая) – произрастает от западных границ России до самых восточных ее окраин. Другой вид – *P. virginiana* L. – является в России интродуктом

из Северной Америки; он издавна широко используется в озеленении населенных пунктов.

Черемуха как пищевое растение нашла использование на территориях с суровыми климатическими условиями, преимущественно в Западной Сибири. В селекционном отношении черемуха затронута мало. Одним из учреждений в России, которое целенаправленно использовало черемуху обыкновенную и виргинскую в селекции, – это Центральный Сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН, где с 1971 г. были отобраны лучшие формы черемухи обыкновенной и осуществлены скрещивания с черемухой виргинской на пищевые и декоративные признаки. В результате этой работы были получены новые гибридные формы, как межвидовые (гибридные сорта F_1), так и в пределах одного вида.

Поскольку селекция пищевых сортов черемухи продолжает развиваться и совершенствоваться, необходи-

мы знания химического состава плодов. Целью нашего исследования было изучение плодов черемухи в условиях Северо-Западного региона России и выделение генотипов с биохимическим составом, оптимальным для пищевого, в том числе лечебно-профилактического использования.

Материалы и методы.

Изучение химического состава плодов черемухи проводили в 2009, 2011–2013 гг. в лаборатории биохимии и молекулярной биологии Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Объектами исследований служил 21 образец четырех групп различного происхождения (табл. 1) генофонда черемухи научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-

Таблица 1. Список изученных образцов черемухи

Table 1. The list of the studied bird cherry accessions

Группа по происхождению	Название образца (сорта)	№ по каталогу ВИР	Учреждение-оригинатор
I <i>Padus avium</i> Mill.	Atica	42311	Россия
	Зеленоплодная	42104	Мичуринск, НИИС
	Карпаты 5	42309	Экспедиционный сбор, Западная Украина, Ужгород
	Невеста	42113	Крымская ОСС ВИР
	Сахалинская устойчивая	42287	Новосибирск, ЦС Ботанический сад СО РАН
	Сахалинская черная	42288	«
	Теньки 5	42316	Экспедиционный сбор, Татарстан
	Чайка	42112	Крымская ОСС ВИР
	1-1-8	42291	Новосибирск, ЦС Ботанический сад СО РАН
	<i>P. avium</i> (St)		
II <i>P. avium</i> × <i>P. virginiana</i>	Красный шатер	42292	Новосибирск, ЦС Ботанический сад СО РАН
	Пурпурная свеча	42293	«
	Сибирская красавица	42289	«
III <i>P. virginiana</i> × <i>P. avium</i>	Августина	42101	«
	Гранатовая гроздь	42102	«
	Памяти Саламатова	42106	«
	Поздняя радость	42107	«
IV (<i>P. virginiana</i> × <i>P. avium</i>) (Сеянцы сорта Памяти Саламатова)	Плотнокистная	42108	«
	Ранняя крупная	42109	«
	Самоплодная	42110	«
	Черный блеск	42111	«

Петербург, Павловск). Исследования проведены по принятым в ВИР методикам (Ermakov et al., 1987; Samorodova-Bianki, Streltsina, 1989, Shelenga et al., 2012). Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

В результате исследования химического состава плодов черемухи установлена сортовая изменчивость по всем идентифицированным компонентам.

Плоды черемухи характеризуются устойчиво высоким содержанием сухих веществ. Максимальный уровень накопления растворимых сухих веществ (РСВ) отмечен у образцов I группы (табл. 2). Высокие значения этого показателя имели образцы: 'Невеста' (29,63%), 1-1-8 (30,35%), 'Карпаты' (30,87%) и 'Чайка' (33,9%), что по отношению к контролю составляет 94,2, 96,5, 98,2 и 107,79% соответственно. Самое низкое содержание РСВ в данной группе по сравнению с контролем отмечен у черемухи 'Зеленоплодная' (25,89%) – 82,32%, минимальный – у образцов II группы.

В образцах III и IV групп количество РСВ было примерно одинаковым, 26,99–27,64 и 25,59–27,74%; диапазоны изменчивости показателя – 24,94–30,09 и 19,1–30,81 соответственно. Только у сорта 'Памяти Саламатова' (III гр.) уровень РСВ составил 29,34%.

В условиях Северо-Запада России содержание РСВ в плодах в среднем по группам составило: 24,1% (II гр.) – 29,32% (I гр.) при варьировании от 19,1% (IV гр.) до 37,66% (I гр.) и коэффициенте вариации 5,05 (II гр.) – 12,45 (IV гр.) (табл. 3).

Это несколько ниже результатов, приводимых в литературе. Так, в условиях Центрально-Черноземного региона количество РСВ варьировало от 22,6 ('Сахалинская черная') до 38,6% ('Гранатовая гроздь') (Antsiferov, 2004). По данным В. С. Симагина (Simagin, 2008), в условиях Западно-Сибирского региона плоды черемухи содержали от 23,0 ('Самоплодная') до 37,7% ('Черный блеск') РСВ.

Фракционный состав сахаров был представлен моно- и олигосахарами (ди- и трисахара) (рис. 1). Основную долю сахаров составили моносахара. Из 11 идентифицированных моносахаров лучше всего были представлены глюкоза (4,06–8,64 %) и фруктоза (1,88–3,13%). Более низкий уровень накопления установлен для галактозы (0,097–2,49%), маннозы (0,01–1,07%) и сорбозы – 0,007 ('Зеленоплодная') – 0,113% ('Памяти Саламатова'). Содержание ксилозы, арабинозы, рибозы, альтрозы, рамнозы и ликсозы в плодах черемухи не превышало 0,08%.

Суммарное содержание олигосахаров составило от 0,018 ('Зеленоплодная') до 1,12% ('Плотнокистная'). Из четырех идентифицированных олигосахаридов преобладала сахароза: ее показатели варьировали от 0,08 ('Гранатовая гроздь') до 1,0% ('Плотнокистная'). Меньшими количествами была представлена рутиноза: 0,005 ('Гранатовая гроздь') – 0,11% ('Ранняя круглая'). Показатели мальтозы в плодах образцов 'Поздняя радость' составили 0,009, 'Ранняя круглая' – 0,12%. Содержание рафинозы было незначительным – 0,002 ('Атика') и 0,01% (1-1-8).

Сумма сахароспиртов изменялась от 1,02 ('Памяти Саламатова') до 3,48% ('Невеста'). Среди сахароспир-

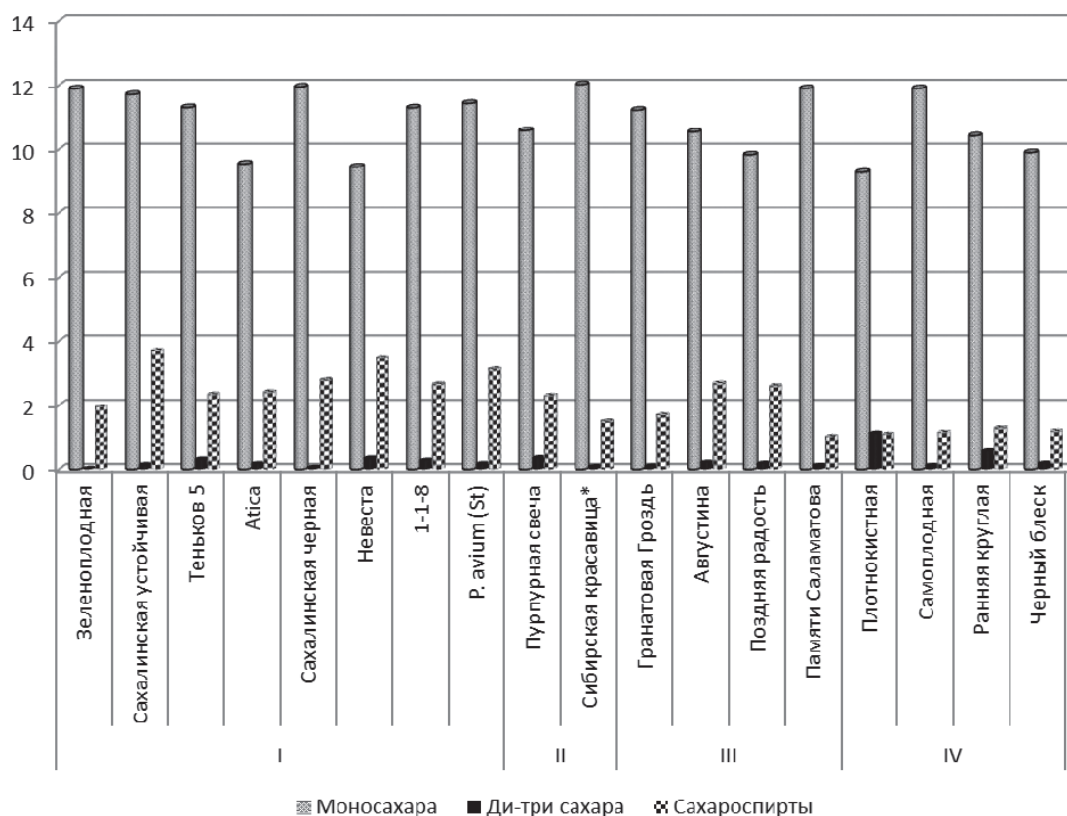


Рис. 1. Соотношение содержания моно-, ди- и трисахаров и сахароспиртов в плодах черемухи

Fig. 1. Ratios of mono-, di- and trisaccharides and sugar alcohols in bird cherry fruits

Таблица 2. Химический состав плодов черемухи (лаборатория биохимии и молекулярной биологии, ВИР; 2009, 2011–2013 гг.)
 Table 2. Chemical composition of bird cherry fruits (Biochemistry and Molecular Biology Lab, VIR; 2009, 2011–2013)

Генетическая группа	Образец	Сухой вес, %	Сахара, %	Титруемая кислотность, %	Сахаро-кислотный индекс	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
1	2	3	4	5	6	7
<i>P. avium</i>	Зеленоплодная	25,89 ± 0,71	12,25 ± 0,19	1,21 ± 0,13	10,59 ± 1,5	9,18 ± 0,93
	Сахалинская устойчивая	27,24 ± 1,23	11,87 ± 0,07	1,35 ± 0,05	8,83 ± 0,25	13,27 ± 2,96
	Теньков 5	27,4 ± 2,76	11,6 ± 0	1,4 ± 0	8,29 ± 0	14,3 ± 6,4
	Atica	27,76 ± 0,94	9,7 ± 0,1	1,6 ± 0	6,07 ± 0,06	18,4 ± 1,4
	Сахалинская черная	28,73 ± 2,06	12 ± 0	1,3 ± 0	9,23 ± 0	19,35 ± 3,35
	Невеста	29,63 ± 0,93	10,1 ± 0,33	1,92 ± 0,04	5,28 ± 0,07	18,2 ± 1,45
	1-1-8	30,35 ± 1,75	12,5 ± 0,9	1,14 ± 0,035	10,95 ± 0,45	19,1 ± 6,3
	Карпаты	30,87 ± 1,36	10,9 ± 0,5	1,65 ± 0,05	6,61 ± 0,1	18,8 ± 4
	<i>P. avium</i> (St)	31,45 ± 1,81	12,2 ± 0,37	1,32 ± 1,4	9,12 ± 0,39	19,5 ± 11,35
	Чайка	33,9 ± 1,97	9,95 ± 0,15	1,49 ± 0,05	6,69 ± 0,13	18,33 ± 1,2
<i>P. avium</i> × <i>P. virginiana</i>	НСР _{0,05}	4,22	0,46	0,12	1,42	8,67
	Пурпурная свеча	24,37 ± 0,45	11,13 ± 0,07	1,66 ± 0,14	6,13 ± 0,24	17 ± 4,2
	Красный шатер	25,36 ± 1,0	11,27 ± 0,64	1,43 ± 0,05	7,89 ± 0,32	21,23 ± 5,6
	Сибирская красавица*	22,58	12,4	1,03	12	6,9
<i>P. virginiana</i> × <i>P. avium</i>	НСР _{0,05}	3,06	1,78	0,39	1,08	2,04
	Гранатовая Гроздь	26,99 ± 1,37	12,13 ± 0,93	1,17 ± 0,03	10,45 ± 1,12	15,57 ± 3,62
	Августина	27,01 ± 0,54	11,03 ± 0,23	1,4 ± 0,15	8,02 ± 0	16,8 ± 4,02
	Поздняя радость	27,64 ± 1,22	10,6 ± 0,6	1,25 ± 0,04	8,9 ± 0	15,06 ± 3,78
	Памяти Саламатова	29,34 ± 0,54	12,8 ± 0,8	1,44 ± 0,04	8,85 ± 0,28	15,7 ± 2,2
	НСР _{0,05}	2,16	1,06	0,38	2,96	1,34

Таблица 2. Окончание
Table 2. The end

Генетическая группа	Образец	Сухой вес, %	Сахара, %	Титруемая кислотность, %	Сахаро-кислотный индекс	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
1	2	3	4	5	6	7
<i>P. virginiana</i> × <i>P. avium</i> (Сеянцы сорта Памяти Саламатова)	Плотнокистная	25,59 ± 1,24	10,6 ± 0,6	1,33 ± 0,03	7,83 ± 0,19	16,68 ± 4,86
	Самоплодная	26,27 ± 2,48	10,7 ± 0,27	1,36 ± 0,03	7,85 ± 0,026	16,18 ± 2,19
	Ранняя круглая	27,28 ± 1,08	11,33 ± 0,33	1,66 ± 0,024	6,72 ± 0,2	20,65 ± 2,9
	Черный блеск	27,74 ± 2,14	10,2 ± 0,25	1,62 ± 0,18	6,93 ± 0,03	16,43 ± 1,91
	НСР _{0,05}	5,14	0,96	0,09	0,37	9,57

Таблица 3. Варьирование химических признаков плодов черемухи по группам
Table 3. Variations in chemical characteristics of bird cherry fruits by groups of accessions

Показатель Группа	Среднее значение, $\bar{x} \pm m$				Диапазон изменчивости, min...max.				Коэффициент вариации, V, %			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
PCB, %	29,32 ± 1,56	24,1 ± 0,73	27,75 ± 0,92	26,72 ± 1,74	24,2...37,66	22,58...27,08	24,94...30,09	19,1...30,81	8,33	5,05	5,77	12,45
Σ сахаров, %	11,35 ± 0,26	11,6 ± 0,36	11,64 ± 0,64	10,71 ± 0,43	9,6...13,4	10...12,4	10...14,4	9,73...12,0	3,52	5,42	9,42	5,55
Титруемая кислотность, %	1,31 ± 0,05	1,28 ± 0,09	1,32 ± 0,07	1,49 ± 0,81	0,84...1,99	1,03...1,66	1,1...1,7	1,3...1,98	6,66	10,33	8,52	7,73
СКИ	8,17 ± 0,37	8,67 ± 0,28	9,06 ± 0,67	7,33 ± 0,11	5,21...15,2	5,89...12	6,8...12,7	6,47...8,4	6,09	6,84	12,44	3,04
АК, мг/100 г	16,84 ± 3,29	15,04 ± 3,27	15,78 ± 3,41	17,49 ± 2,97	6,4...42,1	6,9...33,1	8,01...22,8	9,2...26,9	36,25	46,09	37,44	33,37

тов преобладали маннитол – от 0,2 ('Памяти Саламатова') до 2,76% ('Сахалинская черная'), сорбитол – от 0,15 ('Ранняя круглая') до 1,37% ('Сахалинская устойчивая') и дульцитол – от 0,12 (1-1-8) до 0,89% ('Зеленоплодная'). Количество инозитола и арабинитола не превышало 0,056% ('Невеста'). Следы эритритола найдены в плодах черемухи 'Atica', 'Зеленоплодная' (I гр.); 'Пурпурная свеча', 'Сибирская красавица' (II); во всех образцах III гр.; 'Плотнокистная', 'Ранняя Крупная', 'Самоплодная' (IV). Ксилитол обнаружен в плодах пяти образцов от следовых количеств 'Теньков 5', 'Невеста' (I) до 0,008% 'Черный блеск' (IV). Галактинол присутствовал только в плодах у образца 1-1-8 (I гр.).

Проведенные исследования показали, что высоким содержанием сахаров и сахароспиртов (> 10%) характеризуются плоды 90,48% образцов. Только у образцов 'Atica' и 'Чайка' I группы содержание было 9,7 и 9,95%, соответственно. В плодах контрольного образца *P. avium* данные показатели составили 12,2%.

Средние значения содержания сахаров для исследуемых групп были примерно одинаковыми: 10,71% (IV гр.) – 11,64% (III гр.) с диапазоном изменчивости 9,73–12,0 и 10–14,4 при незначительном коэффициенте вариации 5,55 и 9,42% соответственно.

Сравнивая полученные нами данные по содержанию сахаров в плодах черемухи с литературными, можно отметить, что они выше на 2–5,3%, чем в условиях Центрально-Черноземного региона (Antsiferov, 2004), и ниже на 1,77–3,5%, чем в Западно-Сибирском регионе (Simagin, 2008).

В плодах черемухи, был определен качественный и количественный состав органических и свободных жирных (СЖК), а также свободных аминокислот. Идентифицировали девятнадцать органических кислот (титруемая кислотность). Сумма органических кислот варьировала от 1,14 (1-1-8) до 1,92% ('Невеста'). Основными органическими кислотами для черемухи являлись яблочная – от 0,242 ('Сахалинская устойчивая') до 0,749% ('Ранняя круглая') – и лимонная кислоты – от 0,034 ('Черный блеск') до 0,375% ('Красный шатер'). Также были определены: аконитовая, молочная, 2- и 3-гидроксипропионовая, малоновая, малеиновая, винная, рибоновая, глицериновая, сахарная, эритроновая, никотиновая и бензойная кислоты. Их содержание варьировало от 0,001 до 0,010%. Содержание треоновой кислоты составило от 0,010 ('Atica') до 0,055% ('Ранняя круглая', 'Черный блеск'). Идентифицированы глюконовая, глюкуроновая и галактуронозная кислоты, участвующие в биосинтезе пектиновых веществ. Показатели глюконовой и глюкуроновой кислот варьировали от 0,001 ('Августина', 'Черный блеск') до 0,014% ('Atica'). Галактуронозная определялась только в образцах 'Atica' (0,001), 'Черный блеск' (0,004), 'Сахалинская черная', 'Невеста' (0,005) и 'Памяти Саламатова' (0,010%).

Содержание свободных жирных кислот (СЖК) варьировало от 0,029 ('Памяти Саламатова') до 0,110% ('Зеленоплодная'). Из четырех идентифицированных СЖК преобладала вакценовая кислота с содержанием от 0,011 ('Памяти Саламатова') до 0,091% ('Зеленоплодная'). Из трех идентифицированных свободных аминокислот в образцах черемухи преобладал оксипролин – от 0,001 ('Зеленоплодная', 'Ранняя круглая') до 0,010% ('Красный шатер'). Количество валина варьировало от 0,001 ('Черный блеск', 'Августина', 'Невеста') до 0,003% ('Сахалинская черная', 1-1-8). Серин присутствовал

только в плодах *P. avium*, 'Ранняя круглая', 'Памяти Саламатова' (0,001%), 'Сибирская красавица' (0,002) и 'Красный шатер' (0,006).

В ходе работы были идентифицированы тритерпеновые кислоты: олеаноловая (0,001–0,012%) и урсоловая (0,008–0,044%). Эти соединения обладают выраженным антиканцерогенным и противомикробным действием. Включение в ежедневный рацион плодов с высоким содержанием олеаноловой и урсоловой кислот может стать одним из лечебно-профилактических мер для предупреждения ряда опасных заболеваний, включая онкологию (Castrejón-Jiménez, 2019). В связи с этим из исследованных нами были выделены образцы с наиболее высокими показателями олеаноловой – 'Черный блеск' (0,009%), 'Atica' (0,012%) – и урсоловой кислот – 'Самоплодная' (0,031%), 1-1-8 (0,034%), 'Плотнокистная', 'Черный блеск' (0,036%), 'Ранняя круглая' (0,037%), 'Atica' (0,044%).

Средние значения содержания органических кислот для разных групп образцов (см. табл. 3) были примерно одинаковыми и составляли 1,28 (II гр.) – 1,49 (IV) с диапазоном изменчивости 1,03–1,66 и 1,3–1,98 соответственно при незначительном коэффициенте вариации 6,66–0,33%.

По данным А. В. Анциферова (Antsiferov, 2004), Н. В. Хромова и Т. Е. Бочаровой (Khromov, Bocharova, 2014), в условиях Центрально-Черноземного региона сумма органических кислот в плодах черемухи может находиться в пределах 0,4–0,88%. Наши результаты несколько выше и согласуются с данными, полученными другими авторами (Petrova, 1987; Isachkin, Vorobyev, 2001; Vitkovsky, 2003; Simagin, 2008).

Средние значения СКИ составили для разных групп образцов от 7,33 (IV гр.) до 9,06% (III гр.) с размахом варьирования 5,21–12,7 и незначительным коэффициентом вариации 3,04 (IV гр.)–12,44% (III гр.). Следует отметить, что в целом изучаемые образцы (80,9%) характеризовались невысоким СКИ. Относительно высокий СКИ (> 10) отмечен у образцов 'Зеленоплодная', 1-1-8 (I гр.), 'Сибирская красавица' (II гр.) и 'Гранатовая гроздь' (III гр.).

Это почти в два раза ниже результатов, приводимых в литературе. Так, в условиях Центрально-Черноземного региона наибольшим СКИ характеризовались сорта и отборные формы: 'Памяти Саламатова' (13,1), 'Самоплодная' (13,4), 8-2-25 (13,9), 'Зеленоплодная' (15,4), 'Поздняя радость' (16,3), 'Гранатовая гроздь' (17,1) и 2-22 (18,5) (Antsiferov, 2004).

По данным Н. А. Царенко и В. Л. Витковского (Tsarenko, Vitkovsky, 1992), уровень накопления аскорбиновой кислоты (АК) в плодах черемухи составляет 6–15 мг/100 г. Низким содержанием АК считается уровень менее 6, средним – 6–15, высоким – более 15 мг/100 г. В нашем исследовании выявлены генотипы со средним и высоким содержанием АК (рис. 2). Средние показатели установлены для плодов четырех (19,04%) образцов: 'Сибирская красавица' (6,9 мг/100 г) (II гр.), 'Зеленоплодная' (9,18), 'Сахалинская устойчивая' (13,27) и 'Теньков 5' (14,3) (I гр.). Высоким содержанием АК (> 15) характеризовалось 80,96% образцов, в т. ч. 'Невеста', 'Atica', 'Карпаты-5', 1-1-8, 'Сахалинская черная', *P. avium* (I гр.); 'Пурпурная свеча', 'Красный шатер' (II гр.), 'Поздняя радость', 'Гранатовая гроздь', 'Памяти Саламатова', 'Августина' (III гр.); 'Самоплодная', 'Черный блеск', 'Плотнокистная', 'Ранняя круглая' (IV гр.). Образцов с низким уровнем АК не выявлено.

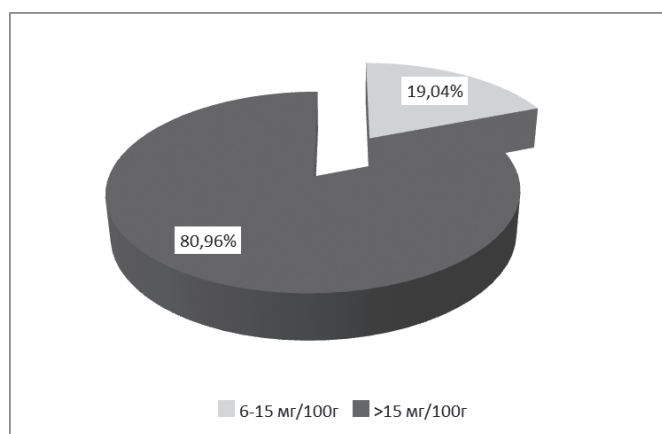


Рис. 2. Распределение образцов черемухи по содержанию в плодах аскорбиновой кислоты
Fig. 2. Distribution of bird cherry accessions by their ascorbic acid content in fruits

Сходные с нашими данными по составу АК (7,9–16,2 мг/100 г) приводит В. С. Симагин (Simagin, 2008) для плодов черемухи в условиях Западно-Сибирского региона. В то же время другие авторы (Isachkin, Vorobyev, 2001; Antsiferov, 2004) сообщают о более низких значениях АК.

Уровень накопления аскорбиновой кислоты в наших исследованиях варьировал для разных групп от 9,18 (I гр.) до 21,23 мг/100 г (II гр.) при среднем содержании от 15,04 (II гр.) до 17,49 мг/100 г (IV гр.) с диапазоном изменчивости 6,4–42,1 мг/100 г и высоким коэффициентом вариации – 33,37–46,09%.

Заключение

Изучение химического состава образцов черемухи в условиях Северо-Западного региона России позволило выявить различия между образцами разного происхождения и выделить генотипы с оптимальными биохимическими показателями для дальнейшего использования в селекции. Установлено, что образцы содержат в среднем от 24,1 (II гр.) до 29,32% (I гр.) РСВ; от 10,71 (IV гр.) до 11,64% (III гр.) сахаров; от 1,28 (II гр.) до 1,49% (IV гр.) титруемых кислот; от 7,33 (IV гр.) до 9,06 (III гр.) СКИ; от 15,04 (II гр.) до 17,49 мг/100 г (IV гр.) аскорбиновой кислоты.

Статистически значимых различий в биохимическом составе между четырьмя группами изученных образцов при $p < 0,05$ выявлено не было. Достоверные различия установлены по показателям РСВ между I (*P. avium*) и II (*P. avium* × *P. virginiana*) группой; по СКИ между I (*P. avium*) и IV (Сеянцы сорта 'Памяти Саламатова'); II (*P. avium* × *P. virginiana*) и III (*P. virginiana* × *P. avium*); III (*P. virginiana* × *P. avium*) и IV (Сеянцы сорта 'Памяти Саламатова').

Установлен биохимический состав плодов органических кислот черемухи *P. avium* и ее гибридов *P. avium* × *P. virginiana*, насчитывающий более 50 идентифицированных компонентов.

Выделены генотипы с высоким содержанием РСВ – 'Невеста' (к-42113), 1-1-8 (к-42291), 'Карпаты 5' (к-42309), 'Чайка' (к-42112); сахаров и сахароспиртов – 'Гранатовая гроздь' (к-42102), 'Зеленоплодная' (к-42104), 1-1-8 (к-42291), 'Памяти Саламатова' (к-42106); низким содержанием кислот – 'Сибирская красавица' (к-42289), 1-1-8 (к-42291), 'Гранатовая гроздь' (к-42102), 'Зеленоплодная' (к-42104), 'Поздняя радость' (к-42107); аскорбиновой кислоты – 1-1-8 (к-42291), 'Сахалинская черная' (к-42288), 'Красный шатер' (к-42292) и 'Ранняя круглая' (к-42109); олеаноловой кислоты – 'Черный блеск' (к-

42111), 'Atica' (к-42311); урсоловой кислоты – 'Самоплодная' (к-42110), 1-1-8 (к-42291), 'Плотнокистная' (к-42108), 'Черный блеск' (к-42111), 'Ранняя круглая' (к-42109), 'Atica' (к-42311) кислот. По комплексу компонентов – 1-1-8 (к-42291).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

The research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0004 "Collections of Vegetatively Propagated Crops (Potato, Fruit, Berry and Ornamental Crops, Grapes) and Their Wild Relatives at VIR: Studying and Sustainable Utilization".

References/Литература

- Antsiferov A.V. Economic and biological evaluation of varieties and selected forms of bird cherry in the Central Black-Soil Region (Khozyaystvenno-biologicheskaya otsenka sortov i otbornykh form chermukhi v usloviyakh Centralno-Chernozemnogo regiona) [dissertation]. Michurinsk; 2004. [in Russian] (Анциферов А. В. Хозяйственно-биологическая оценка сортов и отборных форм черемухи в условиях Центрально-Черноземного региона: дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск; 2004).
- Castrejón-Jiménez N.S., Leyva-Paredes K., Baltierra-Urbe S.L., Castillo-Cruz J., Campillo-Navarro M., Hernández-Pérez A.D. et al. Ursolic and oleanolic acids induce mitophagy in A549 human lung cancer cells. *Molecules*. 2019;24(19):E3444. DOI: 10.3390/molecules24193444
- Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Methods of biochemical research in plants (Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy). Leningrad: Agropromizdat; 1987. [in Russian] (Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Агропромиздат; 1987).
- Isachkin A.V., Vorobyev B.N. Bird cherry (Chermukha obyknovennaya). In: *Complete variety catalogue of Russia. Fruit crops (Polny sortovoy katalog Rossii. Plodovye kultury)*. Moscow: EKSMO-Press; 2001; p.520-528. [in Russian] (Исачкин А.В., Воробьев Б.Н. Черемуха обыкновенная. В кн.: *Полный сортовой каталог России. Плодовые культуры*. Москва: ЭКСМО-Пресс; 2001. С.520-528).

- Khromov N.V., Bocharova T.E. Determination of biochemical compounds of Saskatoon fruit in Central Chernozem Zone. In: *New horticultural crop cultivars: their advantages and economic efficiency of cultivation. Proceedings of the International Scientific and Methodological Conference (Novye sorta sadovykh kultur: ikh dostoinstva i ekonomicheskaya effektivnost' vozdel'yvaniya. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii)*, February 10–28, 2014, Michurinsk, Russia. Michurinsk, 2014, p.208–211. [in Russian] (Хромов Н.В., Бочарова Т.Е. Оценка важнейших показателей биохимического состава плодов ирги, черемухи, рябины и аронии в Центрально-Черноземной зоне. В кн.: *Новые сорта садовых культур: их достоинства и экономическая эффективность возделывания. Материалы международной научно-методической конференции, 10–28 февраля 2014 г., Мичуринск, Россия*. Мичуринск; 2014; С.208–211).
- Petrova V.P. Bird cherry (Cheremukha). In: *Wild fruits and berries (Dikorastushchiye plody i yagody)*. Moscow; 1987. p.176–183. [in Russian] (Петрова В.П. Черемуха. В кн.: *Дикорастущие плоды и ягоды*. Москва; 1987. С.176–183).
- Samorodova-Bianki G.B., Streltsina S.A. Research on biologically active substances in fruits. Guidelines (Issledovaniye biologicheskii aktivnykh veshchestv plodov. Metodicheskiye ukazaniya). Leningrad: VIR; 1989. [in Russian] (Самородова-Бянки Г.Б., Стрельцина С.А. Исследование биологически активных веществ
- плодов. Методические указания. Ленинград: ВИР; 1989).
- Shelenga T.V., Streltsina S.A., Sorokin A.A., Shavarda A.L., Firsov G.A., Vasilyev I.P. et al. Biochemical characteristics of “red-fruited” viburnum accessions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2012;170:216–221. [in Russian] (Шеленга Т.В., Стрельцина С.А., Сорокин А.А., Шаварда А.Л., Фирсов Г.А., Васильев И.П. и др. Биохимическая характеристика плодов красноплодной калины (*Viburnum L.*). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2012;170:216–221).
- Simagin V.S. Bird cherry (Cheremukha). In: *Pomology. Stone fruit crops. Vol. 3. (Pomologiya. Kostochkovye kultury. T. 3)*. Orel: VNIISPК; 2008. p.476–485. [in Russian] (Симагин В.С. Черемуха. В кн.: *Помология. Косточковые культуры. Т. 3*. Орел: ВНИИСПК; 2008. С.476–485).
- Tsarenko N.A., Vitkovsky V.L. Descriptors of the genus *Padus* Mill. (Klassifikator roda *Padus* Mill.). St. Petersburg; 1992. [in Russian] (Царенко Н.А., Витковский В.Л. Классификатор рода *Padus* Mill. Санкт-Петербург; 1992).
- Vitkovsky V.L. Bird cherry (Cheremukha). In: *Fruit plants of the world (Plodovye rasteniya mira)*. St. Petersburg; Moscow; Krasnodar: Lan; 2003. p.228–231. [in Russian] (Витковский В.Л. Черемуха. В кн.: *Плодовые растения мира*. Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань; 2003. С.228–231).

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Орлова С.Ю., Юшев А.А., Шеленга Т.В. Химический состав плодов черемухи в условиях Северо-Западного региона России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(2):65–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-65-72

Orlova S.Yu., Yushev A.A., Shelenga T.V. Chemical composition of bird cherry fruits in the Northwestern region of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(2):65–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-65-72

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-65-72>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись / All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Orlova S. Yu. <https://orcid.org/0000-0002-1424-8790>

Shelenga T.V. <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>