

УДК 581.5:575.21

DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.12

**ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛОДОВ МИНДАЛЯ НИЗКОГО
(*PRUNUS TENELLA* BATSCH) НА ЗИЛАЙРСКОМ ПЛАТО (ЮЖНЫЙ УРАЛ)****Светлана Владимировна Кучерова¹, Сергей Евгеньевич Кучеров²**

¹ Государственное бюджетное учреждение Дирекция по особо охраняемым природным территориям Республики Башкортостан, г. Уфа

450078, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Харьковская, 120

E-mail: skucherov@mail.ru

² Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского
федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа

450054, г. Уфа, проспект Октября, 69

E-mail: skucherov@mail.ru

Проведен анализ фенотипической изменчивости плодов миндаля низкого - *Prunus tenella* Batsch (syn. *Amygdalus nana* L.), в южной части Зилайрского плато (Южный Урал). Определен объем выборки, необходимый для достоверной оценки средних значений параметров плодов. Установлено, что уровень индивидуальной изменчивости линейных параметров плодов и косточек миндаля характеризуется как очень низкий, параметров массы - как низкий. Показано, что экологическая изменчивость плодов выше по уровню, чем индивидуальная.

Ключевые слова: миндаль низкий; ценопопуляция; Зилайское плато; фенотипическая изменчивость

Введение

Кустарниковые сообщества Южного Урала являются одним из наименее изученных типов растительности в регионе. Изучение кустарниковых сообществ, выявление экологических факторов, оказывающих влияние на их организацию, состояние и динамику, является необходимым для их рационального использования, охраны редких и уязвимых популяций. Одним из основных аспектов исследований этих сообществ является изучение внутривидовой, в том числе фенотипической изменчивости, как составляющей общего биоразнообразия. Оценка фенотипической изменчивости дает косвенным образом оценить генетический потенциал вида, что имеет решающее значение для разработки стратегии его сохранения и рационального использования [6, 7, 8]. На Южном Урале в составе кустарниковых сообществ произрастают миндаль низкий или бобовник (*Prunus tenella* Batsch, syn. *Amygdalus nana* L.), вишня кустарниковая (*Cerasus fruticosa* L.), спирея городчатая (*Spiraea crenata* L.), с. зверобоелистная (*S. hypericifolia* L.), карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) C. Koch.), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) и др. Эти виды, в основном, произрастают на границе лесных экосистем и злаковников, образуя экотонные сообщества [3].

Фенотипическое разнообразие у кустарников в регионе изучалось у *Cerasus fruticosa* [4, 5, 7], *Juniperus communis* L. [12], *J. sabina* [11]. В последние годы проводятся исследования различных аспектов биологии миндаля низкого: изучается генофонд миндаля низкого [2, 13]; исследуются белковые маркеры ряда видов миндаля и уточняется их сходство и истории происхождения [1]; изучается эмбриология, репродуктивная биология, семенная продуктивность и эффективность репродукции у видов *Amygdalus* [9, 14, 15]. Целью настоящего исследования было изучение изменчивости параметров плодов миндаля низкого или бобовника (*Prunus tenella*

Batsch), произрастающего в составе природных кустарниковых сообществ горного Урала.

Объекты и методы исследования

Исследования по изучению фенотипической изменчивости миндаля низкого проводились в южной части Зилаирского плато, на левом коренном берегу нижнего течения р. Зилаир. Ландшафты района исследования имеют лесостепной характер – здесь, на относительно небольших по размеру участках, сосново-лиственничные леса перемежаются с остепненными лугами. Кустарниковые сообщества с преобладанием миндаля располагаются в средних и верхних частях логов, спускающихся к р. Зилаир и ее притокам. Небольшие участки с произрастанием миндаля встречаются и на выровненных водоразделах плато. В 2018 г. в ценопопуляциях с преобладанием миндаля низкого было заложены четыре пробные площади (далее – п/п). Площадки закладывались на участках растительности в непосредственной близости от леса, где древесные виды либо отсутствовали, либо представлены подростом высотой до 40 см. В основном, площадки имели размер 100 м².

Ввиду того, что плоды в миндальниках в условиях Южного Урала плодоносят неравномерно по годам, было особенно важно оценить минимальный объем выборки, необходимый для достоверной оценки параметров плодов в популяциях. Поэтому, в полевых условиях на каждой пробной площади отбиралось максимально возможное количество плодов. Для дальнейших расчетов визуально осуществлялся выбор целых плодов, без видимых дефектов, которые при помещении в емкость с водой погружались на дно. Измерялись масса и линейные параметры плодов и косточек. Затем отобранные плоды сортировались 4 разными способами: 1). По линейным параметрам плодов (длина, ширина, толщина); 2). По массе плодов; 3). По линейным параметрам косточек (длина, ширина, толщина); 4). По массе косточек. Очевидно, что в полевых условиях мы можем руководствоваться только выборкой по первому способу, так как собираем косточки в околоплодниках, и, отчасти, выборкой по второму способу, так как мы можем ощущать массу плода. Тем не менее, наименее вариабельным, и поэтому наиболее точным является отбор по третьему способу, т.е. по параметрам косточек (Кучерова, Путенихин, 2012). При формировании окончательной выборки использовались (отбирались) наиболее крупные косточки.

Статистическую обработку полученных данных: вычисление средних арифметических значений признаков, достоверности разности средних значений, коэффициентов вариации (CV), а также однофакторный дисперсионный анализ – проводили в программе Excel. Степень изменчивости признаков определяли на двух уровнях [10]. В пределах каждой п/п CV давал оценку индивидуальной изменчивости (CV¹). Коэффициент вариации для ряда, составленного из средних значений по пробным площадям, определяет экологическую изменчивость (CV²). Степень изменчивости оценивали по шкале С.А. Мамаева [8] для древесных растений: очень низкий – (CV < 7 %); низкий – (CV 8 – 12 %); средний – (CV 13 – 20 %); повышенный – (CV 21 – 30 %); высокий – (CV 31 – 40 %); очень высокий – (CV > 40 %).

Результаты и обсуждение

Анализ средних значений морфометрических показателей косточек миндаля (длина, ширина, толщина) для выборок из каждой ценопопуляции, созданных с помощью генератора случайных чисел, показал, что для получения репрезентативной выборки необходимо отбирать после отбраковки резко выделяющихся значений параметров (превосходящих по отклонению в ту или иную сторону от среднего значения на величину более 1 стандартного отклонения) не менее 40 плодов (для

толщины), 35 плодов (для длины) и 30 плодов (для ширины). На основании этих результатов установлено, что в полевых условиях выборка из каждой ценопопуляции должна составлять не менее 50 плодов.

Анализ морфометрических параметров плодов миндаля низкого. Сравнение средних значений по t-критерию показало достоверность различий на 1%-м уровне значимости по длине плода между всеми ценопопуляциями. По ширине плода достоверных различий не обнаружено между 2-ой и 3-ей ценопопуляциями (остальные различаются между собой), а по толщине плодов не различаются только 1 и 4 ценопопуляции (табл. 1). Что касается относительного признака – вытянутости плода, то достоверно по параметру «ширина/длина» различаются ценопопуляции 1 и 3, 2 и 3, 3 и 4. В то же время, по этому показателю не обнаружено различий между 1 и 2, 1 и 4, и между 2 и 4 ценопопуляциями.

Таблица 1
Статистические показатели плодов миндаля низкого на южной оконечности Урала (Зилаирское плато)

Признак	Ценопопуляции								Среднее по 4 ценопопуляциям	CV ² , %
	1		2		3		4			
	среднее	CV ¹ , %	среднее	CV ¹ , %	среднее	CV ¹ , %	среднее	CV ¹ , %		
Длина плода, мм	17,6±0,12 (а*, б*, в*)	4,7	15,4±0,08 (а*, г*, д*)	3,9	16,6±0,13 (б*, г*, е*)	4,1	18,2±0,11 (в*, д*, е*)	4,3	16,9±0,62	7,3
Ширина плода, мм	15,5±0,10 (а*, б*, в*)	4,5	13,6±0,08 (а*, д*)	4,0	13,4±0,11 (б*, е*)	4,2	16,1±0,10 (в*, д*, е*)	4,4	14,7±0,68	9,3
Толщина плода, мм	11,4±0,08 (а*, б*)	4,9	10,6±0,07 (а*, г*, д*)	4,6	9,9±0,10 (б*, г*, е*)	5,1	11,5±0,11 (д*, е*)	6,8	10,9±0,37	6,8
Ширина /длина плода	0,88±0,006 (б*)	4,6	0,89±0,005 (г*)	4,2	0,81±0,009 (б*, г*, е*)	5,6	0,89±0,005 (е*)	3,6	0,87±0,019	4,3
Длина косточки, мм	15,8±0,12 (а*, б*, в*)	5,5	13,8±0,08 (а*, г*, д*)	4,1	15,1±0,09 (б*, г*, е*)	4,2	16,5±0,08 (в*, д*, е*)	3,6	15,3±0,58	7,6
Ширина косточки, мм	14,2±0,09 (а*, б*, в*)	4,3	12,3±0,05 (а*, д*)	2,8	12,5±0,07 (б*, е*)	4,1	15,2±0,08 (в*, д*, е*)	3,7	13,6±0,71	10,4
Толщина косточки, мм	8,7±0,05 (а*, б*, в*)	4,4	7,8±0,03 (а*, д*)	3,1	7,8±0,04 (б*, е*)	4,0	9,7±0,05 (в*, д*, е*)	3,8	8,5±0,44	10,4
Ширина /длина косточки	0,90±0,005 (б*, в*)	4,2	0,90±0,005 (г*, д*)	4,0	0,83±0,007 (б*, г*, е*)	6,0	0,92±0,005 (в*, д*, е*)	3,5	0,89±0,021	4,7
Масса плода	1,25±0,027 (а*, б*, в*)	15,3	1,02±0,015 (а*, г*, д*)	10,7	0,88±0,016 (б*, г*, е*)	12,8	1,45±0,033 (в*, д*, е*)	15,9	1,15±0,125	21,7
Масса косточки	0,77±0,013 (а*, б*, в*)	11,7	0,58±0,006 (а*, д*)	7,4	0,59±0,008 (б*, е*)	10,1	1,03±0,018 (в*, д*, е*)	12,6	0,74±0,104	28,1
Масса косточки/масса плода	0,62±0,006 (а*, б*, в*)	7,1	0,57±0,007 (а*, г*, д*)	8,8	0,68±0,005 (б*, г*, е*)	5,0	0,71±0,007 (в*, д*, е*)	6,6	0,65±0,032	10,0

Примечания: CV¹ – коэффициент вариации для индивидуальной изменчивости, CV² – для экологической изменчивости

* – различия между соответствующими показателями четырех ценопопуляций достоверны на 1%-м уровне значимости: а – между 1 и 2, б – между 1 и 3, в – между 1 и 4, г – между 2 и 3, д – между 2 и 4, е – между 3 и 4 ценопопуляциями

Таким образом, в исследованном районе Зилаирского плато, морфометрические параметры плодов миндаля низкого между площадями достаточно вариabельны: плоды на п/п в 4-ой ценопопуляции достоверно самые крупные по длине (в среднем – 18,2 мм) и ширине (16,1 мм), но по толщине (11,5 мм) они сходны с плодами в 1-ой ценопопуляции (11,4 мм). Самые узкие плоды на п/п в ценопопуляциях № 2 (13,6 мм) и № 3 (13,4 мм). В 3-ей ценопопуляции плоды более сплюснуты в поперечном

направлении (отношение толщины к ширине плода – 0,81), по сравнению с остальными тремя ценопопуляциями (0,88 – 0,89). В графическом виде различия между ценопопуляциями по абсолютным признакам иллюстрирует рисунок (рис. 1, I – III).

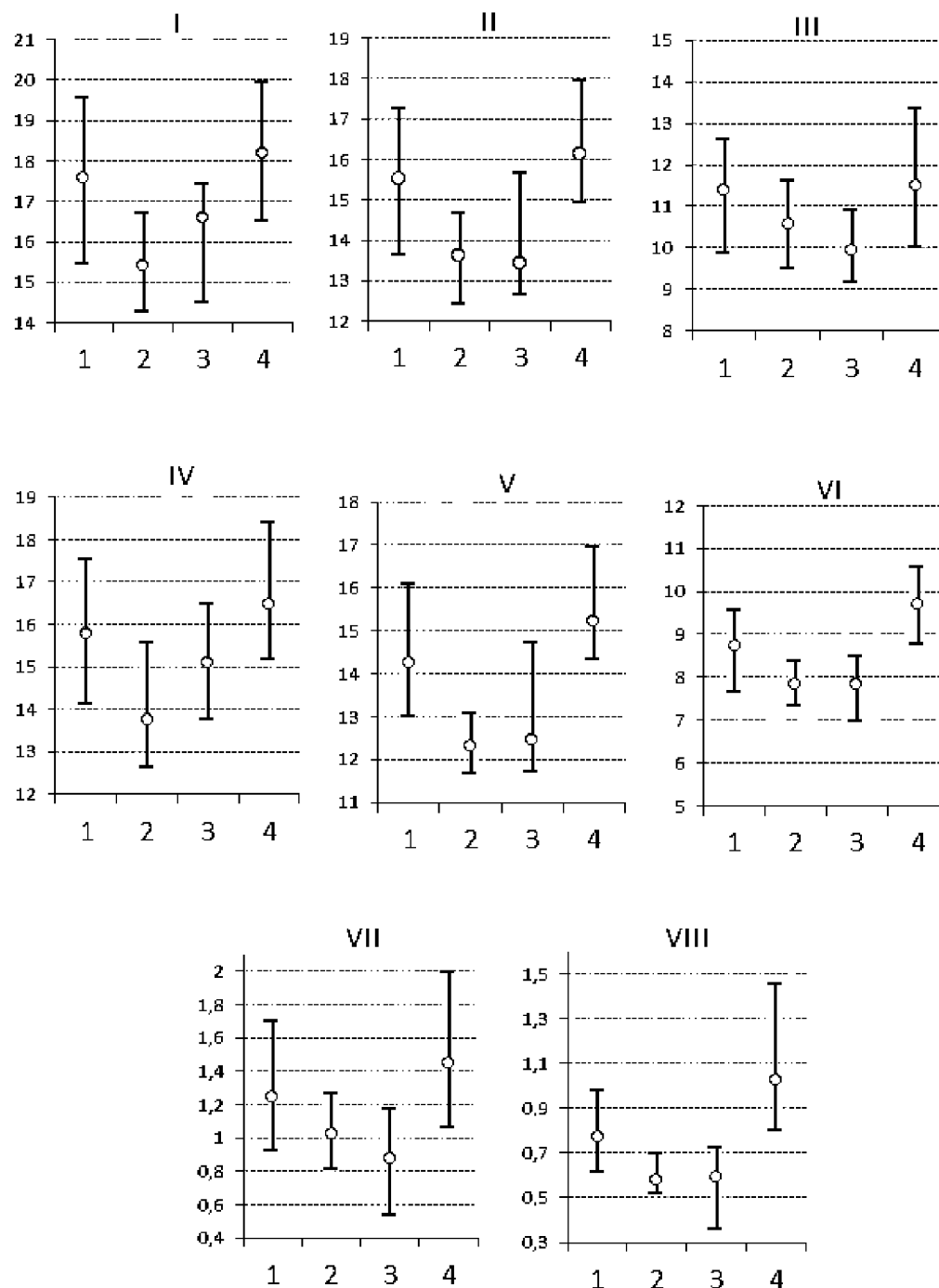


Рис. 1 Различия между ценопопуляциями миндаля низкого на Зилаирском плато по абсолютным признакам

I – длина плода, II – ширина плода, III – толщина плода, IV – длина косточки, V – ширина косточки, VI – толщина косточки, VII – масса плода, VIII – масса косточки

Кружок (○) – среднее значение признака, вертикальный отрезок (I) – амплитуда изменчивости признака для пробной площади

По оси абсцисс: 1, 2, 3, 4 ценопопуляции

По оси ординат – размерность признаков: мм (I – VI); г (VII, VIII)

Анализ морфометрических параметров косточек миндаля низкого. Сравнение средних значений по t-критерию по признакам параметров косточек (как и по параметрам плодов) показывает достоверность различий на 1%-м уровне значимости по длине между популяциями на всех пробных площадях на Зилаирском плато. По ширине, как и по толщине косточек, не имеется значимых различий только между 2-ой и 3-ей ценопопуляциями (см. табл. 1). Что касается относительного признака – вытянутости плода, то достоверно по параметру «ширина/длина» на 1% уровне значимости различаются все ценопопуляции, кроме 1-ой и 2-ой (на которых эти различия статистически несутельственны).

Таким образом, на Зилаирском плато, морфометрические параметры косточек значительно варьируют между ценопопуляциями (см. рис. 1, IV – VI). Особо выделяются косточки на п/п в ценопопуляции № 4: они достоверно самые крупные по длине (16,5 мм), ширине (15,2 мм) и толщине (9,7 мм), а также они наиболее округлые среди всех п/п (0,92). Самыми мелкими по ширине (12,3 – 12,5 мм) и толщине (7,8 мм) являются косточки 2-ой и 3-ей ценопопуляций – по этим параметрам они статистически не различаются. Косточки в 3-ей ценопопуляции (как и плоды) являются наиболее сплюснутыми в поперечном направлении (отношение толщины к ширине плода: 0,83), по сравнению с косточками на остальных п/п.

Анализ параметров массы плодов и косточек миндаля низкого (см. табл. 1, рис. 1, VII – VIII). Рассмотрим, каким образом ценопопуляции миндаля низкого на Зилаирском плато соотносятся между собой по массе плодов, косточек и отношению массы косточки к массе плода. Сравнение средних значений по t-критерию показало, что как по массе плода, так и по относительному параметру, все обследованные п/п достоверно различаются (на 1%-м уровне значимости). По массе косточки нет статистически значимых различий только между 2-ой и 3-ей ценопопуляциями.

Таким образом установлено, что в исследуемом районе Зилаирского плато и косточки, и плоды значительно варьируют между п/п по параметрам массы (высокая степень экологической изменчивости). На 4-ой ценопопуляции плоды и косточки имеют наибольшую массу (1,45 г и 1,03 г, соответственно). Кроме того, в этой ценопопуляции самая большая доля косточки (71,4%). Самые легкие плоды и косточки на 2-ой и 3-ей п/п, причем по массе косточки они практически не различаются (0,58–0,59 г).

Сравнительный анализ индивидуальной и экологической изменчивости параметров плодов, косточек и их массы. Согласно использованной шкале [8], выявленный нами уровень индивидуальной изменчивости морфометрических параметров плодов и косточек миндаля низкого в исследованном районе Зилаирского плато характеризуется очень низким уровнем ($CV < 7\%$): от 2,8% до 6,8%. В 1-ой ценопопуляции он варьирует от 4,2% до 5,5%; во 2-ой – от 2,8% до 4,6%; в 3-ей – от 4,0% до 6,0%; в 4-ой – от 3,5% до 6,8% (см. табл.1). Что касается уровня индивидуальной изменчивости параметров массы плодов и косточек, то для абсолютных признаков он находится в пределах от очень низкого до среднего ($CV 13 – 20\%$); для относительного параметра – от очень низкого до низкого (8 – 12 %), причем в большинстве случаев тяготеет к низкому уровню.

Дисперсионный анализ средних значений линейных параметров плодов и косточек и их массы выявил достоверное различие параметров в целом по совокупности исследованных ценопопуляций: для линейных параметров плодов $F = 29,5 – 197,8$ при $F_{кр.} = 2,7$, для параметров косточек $F = 56,1 – 370,8$ при $F_{кр.} = 2,7$, для массы плодов и косточек $F = 50,6 – 289,2$ при $F_{кр.} = 2,7$.

Уровень экологической изменчивости по морфометрическим параметрам характеризуется по шкале С.А. Мамаева [8] очень низким и низким уровнем (4,3 –

10,4%), причем для параметров плода он тяготеет к очень низкому уровню, а по параметрам косточки – к низкому (см. табл. 1, показатель CV^2). Уровень экологической изменчивости для массы плодов и косточек миндаля характеризуется повышенным уровнем ($CV^2 = 22 - 28 \%$), а их отношения – низким уровнем (см. табл. 1). Отметим, что обычно у древесных растений различия между ценопопуляциями (микропопуляциями) выражены намного меньше, чем различия между особями в пределах ценопопуляций [8, 10].

Выводы

На основе анализа ценопопуляций миндаля низкого из южной части Зилаирского плато определен объем выборки, необходимый для достоверной оценки средних значений параметров плодов. На основании этих результатов установлено, что в полевых условиях выборка из каждой ценопопуляции должна составлять не менее 50 плодов. Установлено, что уровень индивидуальной изменчивости линейных параметров плодов и косточек миндаля характеризуется как очень низкий (коэффициент вариации от 3 до 6 %), по массе плодов и косточек как низкий (коэффициент вариации от 7 до 12%). Установлено, что экологическая изменчивость по уровню выше, чем индивидуальная, то есть ценопопуляции миндаля низкого по средним значениям изученных признаков более неоднородны, чем растения в пределах популяций.

Список литературы

1. Авдеев В.И. Белковые маркёры ряда видов миндаля. секция карликовых миндалей – *Chamaeamygdalus* Spach // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 191 – 195.
2. Еремин Г.В. Сбор, изучение и использование генофонда дикорастущих видов рода *Prunus* L. // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015. – № 36 (06). – С. 14 – 25.
3. Кучерова С.В. Анализ ценофлоры сообществ опушек с участием вишни кустарниковой (*Cerasus fruticosa* Pall.) на Прибельской равнине Предуралья // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2016. – № 3 (19). – С. 1 – 13. – <http://vestospu.ru/archive/2016/articles/Kuchero3-19.html> – Дата обращения 27.01.2019.
4. Кучерова С.В. Изменчивость семян вишни кустарниковой (*Cerasus fruticosa* Pall.) на Южном Урале // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – Т. 14, № 3-1 (98). – С. 294 – 298.
5. Кучерова С.В., Кучеров С.Е. Внутривидовая фенотипическая изменчивость вишни кустарниковой в ксеротермных опушечных сообществах Южного Урала // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6 (100) – июнь. – С. 182 – 185.
6. Кучерова С.В., Кучеров С.Е. Фенотипическая изменчивость листьев вишни кустарниковой на Прибельской увалистой равнине и на Бугульминско-Белебеевской возвышенности (Предуралье) // Аграрная Россия. – 2016. – № 3. – С. 30 – 34.
7. Кучерова С.В., Путенихин В.П. Фенотипическая изменчивость *Cerasus fruticosa* (Rosaceae) на Южном Урале // Ботанический журнал. – 2012. – Т. 97, № 12. – С. 1550 – 1567.
8. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae). – М.: Наука, 1973. – 284 с.
9. Мифтахова С.А., Скроцкая О.В. Изучение особенностей репродуктивных структур *Amygdalus nana* L. при интродукции на севере // Самарский научный вестник. – 2018. – Т. 7, № 3 (24). – С. 72 – 78.

10. Семерилов Л.Ф. Популяционная структура древесных растений (на примере видов дуба европейской части СССР и Кавказа). – М.: Наука, 1986. – 141 с.
11. Фарукишина Г.Г. Популяционная структура *Juniperus sabina* L. на Южном Урале // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 4, № 7. – С. 103 – 106.
12. Фарукишина Г.Г., Путенихин В.П. Внутривидовая фенотипическая изменчивость можжевельника обыкновенного в Предуралье и на Южном Урале // Сибирский лесной журнал – 2016. – № 5. – С. 125 – 136.
13. Четинюга И.С. Декоративные формы миндаля низкого (бобовника) в генофонде Крымской ОСС // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сборник научных трудов. – Т. 18. – Челябинск: ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», 2016. – С. 202 – 211.
14. Яндовка Л.Ф. Репродуктивная биология и экология размножения представителей родов *Cerasus*, *Microcerasus* и *Amygdalus* (Rosaceae): Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук: 03.02.01, 03.02.08 / Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2012. – 46 с.
15. Яндовка Л.Ф., Тарбаева В.М. Семенная продуктивность у видов *Cerasus*, *Microcerasus* и *Amygdalus* (Rosaceae) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 8 (212). – С. 51 – 58.

Статья поступила в редакцию 29.01.2019 г.

Kucheroва S.V., Kucheroв S.E. Phenotypic variability of fruits of Russian almond (*Prunus tenella* Batsch) on Zilair Plateau (South Urals) // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 131. – P. 89-95.

The analysis of phenotypic variability of fruits of Russian almond (*Prunus tenella* Batsch) of the southern part in the Zilair Plateau (South Urals) is carried out. The sampling scope necessary for a reliable estimation of average values of parameters of fruits is determined. It has been established that the level of individual variability of the linear parameters of the fruits and seeds of *Prunus tenella* is characterized as very low, the parameters of mass - as low. It is revealed that the ecological variability of fruits is higher than the individual one.

Key words: *Prunus tenella*; Zilair Plateau; cenopopulation; phenotypic variability

БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 664.8:581.192:634.141

DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.13

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ХЕНОМЕЛЕСА

Лариса Дмитриевна Комар-Тёмная, Оксана Анатольевна Гребенникова

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: larissakt@mail.ru

Впервые приведены данные химического состава свежих плодов и экспериментальных продуктов переработки из зизифуса, инжира, боярышника с добавлением хеномелеса. Самые высокие органолептические оценки получили зизифус и инжир в сиропе хеномелеса (4,9 балла). Добавка хеномелеса в 3 раза увеличивает количество аскорбиновой кислоты в конфитюре из боярышника, повышает питательную ценность продукта «зизифус в сиропе из хеномелеса» за счет высокого содержания аскорбиновой кислоты в сиропе (160,16 мг/100 г, по сравнению с 105,16 мг/100 г в плодах