

Оригинальная статья / Original article
УДК 58.087
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-74-81

Структура изменчивости признаков побега и плода субальпийских популяций *Fagus orientalis* Lipsky Западного и Восточного Кавказа

Хабагин У. Алиев^{1,2}

¹Горный ботанический сад ОП ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

²Сочинский национальный парк, Сочи, Россия

Контактное лицо

Хабагин У. Алиев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительных ресурсов Горного ботанического сада ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.

Тел. +79887991445

Email alievxu@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2985-5622>

Формат цитирования

Алиев У.А. Структура изменчивости признаков побега и плода субальпийских популяций *Fagus orientalis* Lipsky Западного и Восточного Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 4. С. 74-81. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-74-81

Получена 22 августа 2023 г.

Прошла рецензирование 16 октября 2023 г.

Принята 25 ноября 2023 г.

Резюме

Цель. Сравнительное изучение и анализ изменчивости признаков побега и плода *Fagus orientalis* Lipsky субальпийских популяций Западного и Восточного Кавказа.

Материал и методы. Для анализа использованы рандомизированно собранные годичные побеги с плодами у 47 деревьев *Fagus orientalis* из 6 популяций Западного и Восточного Кавказа. В выявлении изменчивости использованы данные измерений 12 признаков. Общая повторность измерений каждого признака для 6 популяций составила 1318.

Результаты. Сравнительное изучение изменчивости признаков побега и плода *Fagus orientalis* из 6 популяций Восточного и Западного Кавказа показало преобладание размерных признаков у особей из популяций Восточного Кавказа. Наибольшим уровнем изменчивости отличается признак «длина годичного побега» – 70,6 %. Низкие и средние уровни выявлены у признаков плода, длины и ширины листовой пластинки и длины плюски. Результаты t-критерия Стьюдента показали наибольшую значимость различий по признаку «длина верхушечной почки» – 28,98. Корреляционный анализ выявил положительные достоверные связи по большинству пар признаков. Наиболее тесные из них отмечены у всех признаков плода и признака длины и ширины листовой пластинки.

Выводы. Преобладание размерных значений признаков у особей из популяций Восточного Кавказа связано с климатическими условиями – вегетационный период на Западном Кавказе короче почти на месяц. Низкий уровень изменчивости признаков плода подтверждает их большую генетическую детерминированность. Признак «длина верхушечной почки» может быть использован как индикаторный, отражающий степень влияния экологических факторов среды на популяции. Наиболее тесные корреляционные связи проявляются по признакам плода и парой признаков длина и ширина листовой пластинки.

Ключевые слова

Западный и Восточный Кавказ, популяция, *Fagus orientalis*, побег, плод, структура изменчивости, признак.

The structure of variability in shoot and fruit traits of subalpine populations of *Fagus orientalis* Lipsky in the Western and Eastern Caucasus

Khabagin U. Aliev^{1,2}

¹Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Sochi National Park, Sochi, Russia

Principal contact

Khabagin U. Aliev, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Flora and Plant Resources, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadjeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79887991445

Email alievxu@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2985-5622>

How to cite this article

Aliev Kh.U. The structure of variability in shoot and fruit traits of subalpine populations of *Fagus orientalis* Lipsky in the Western and Eastern Caucasus. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 4, pp. 74-81. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-74-81

Received 22 August 2023

Revised 16 October 2023

Accepted 25 November 2023

Abstract

Aim. Comparative study and analysis of the variability of characters of the shoots and fruit of *Fagus orientalis* Lipsky from subalpine populations of the Western and Eastern Caucasus.

Material and Methods. For the analysis randomly collected annual shoots with fruit from 47 *Fagus orientalis* trees from 6 populations of the Western and Eastern Caucasus were used. Measurement data from 12 traits were used to identify variability. The total repetition of measurements for each trait for 6 populations was 1318.

Results. A comparative study of the variability of traits in the shoot and fruit of *Fagus orientalis* from 6 populations of the Eastern and Western Caucasus showed a predominance of size traits in individuals from the Eastern Caucasus. The trait “length of annual shoot” had the highest level of variability – 70.6%. Low and medium levels were detected in fruit traits, leaf blade length and width, and plus length. The results of Student's t-tests showed the greatest significance of differences in the “length of annual bud” trait – 28.98. Correlation analysis revealed positive, reliable relationships for most pairs of characteristics. The closest of them are noted in all fruit characters and in the character of length and width of the leaf blade.

Conclusions. The predominance of size values of traits in individuals from populations of the Eastern Caucasus is associated with climatic conditions – the growing season in the Western Caucasus being shorter by almost a month. The low level of variability of fetal traits confirms their high genetic determination. The “apical bud length” trait can be used as an indicator, reflecting the degree of influence of environmental factors on populations. The closest correlations are manifested by the characteristics of the fruit and a pair of characteristics - the length and width of the leaf blade.

Key Words

Western and Eastern Caucasus, population, *Fagus orientalis*, shoot, fruit, structure of variability, character.

ВВЕДЕНИЕ

Реликт третичного периода, восточно-средиземноморский вид – *Fagus orientalis*, является одним из основных лесобразующих пород на Кавказе. Имеет обширное распространение с сильно разорванным ареалом почти во всех районах Кавказа, что подтверждает его реликтовый характер, а также говорит о большом влиянии почвенно-климатических и орографических условий. Леса с его доминированием и участием выполняют огромную роль в сохранении биологического разнообразия и экологического равновесия на Кавказском перешейке. Встречается бук восточный от берега моря (Каспийское море на востоке, Черное – на западе), где произрастает в виде небольших групп, или одиночными деревьями и поднимается до высоты 2200 м над ур. м. Для произрастания буковых лесов необходимо минимальное количество осадков составляет 500 мм в год, а влажность воздуха не должна опускаться ниже 50 %. На Западном Кавказе поднимается до высоты 1900, где произрастает в виде криволесья. На Восточном Кавказе *Fagus orientalis* поднимается до высоты 2200 м над ур. м. Из-за отсутствия необходимой толщины снежного покрова криволесья здесь не формируются. Лишь изредка наблюдаются небольшие смешанные участки криволесья на участках языков лавины в ложбинах [1; 2].

На сегодняшний день особую актуальность в биологических исследованиях приобретает всестороннее изучение вида, где в качестве элементарной единицы его существования рассматривается популяция. Кроме того, популяция выполняет функции структурно-функционального элемента экосистемы, занимая определенное место в трофической цепи и принимая непосредственное участие в преобразовании вещества и энергии [3].

Основным диагностическим критерием, характеризующим все многообразие признаков в популяции, остается единство и специфика генофонда вида. Генофонд способствует проявлению морфологической неравноценности признаков особей внутри популяций. При этом пространственная гетерогенность среды способствует обеспечению дополнительного влияния на изменчивость внутрипопуляционной структуры морфологических признаков. Особое значение имеет изучение внутривидовой изменчивости, ее уровней и направленности, которое позволяет оценить природные процессы формообразования и является необходимым этапом таксономических исследований [4; 5].

Исследованию закономерности проявления гетерогенности популяций морфологических признаков *Fagus orientalis* посвящено не много работ. Ранее нами изучена межпопуляционная изменчивость признаков плода двух изолированных популяций *Fagus orientalis* Предгорного и Высокогорного Дагестана. Было выявлено, что наиболее изменчивыми из признаков плода являются масса соплодия и масса плода и менее изменчивы линейные признаки. Наиболее высокие межпопуляционные различия, отмеченные по признаку длина плюски, который отражает степень влияния экологических факторов среды на популяции. Корреляционный анализ выявил наличие высокой тесноты связи между всеми изученными параметрами признаков плода [6]. Сведения по изменчивости некоторых признаков плюски и листовой пластинки

субальпийской популяции *Fagus orientalis* в Высокогорном Дагестане (Восточный Кавказ) приведены в работе Магомедмирзаева М.М. [7].

На Западном Кавказе вопросами изменчивости признаков листа из разных высотных уровней у ранних и поздних фенологических типов *Fagus orientalis* занимался М.В. Придня. Были учтены такие признаки листа как длина, ширина, площадь, количество жилок и особенности края листовой пластинки. Особое внимание им уделено оценке роли в микроэволюции модификационной изменчивости и корреляций признаков листа. По результатам проведенных исследований им выделены три линии дифференциации популяций: 1 – между лесным и субальпийским поясом, 2 – между Колхидской и Кубанской провинциями и 3 – между формациями бука и пихты вдоль высотного градиента [8].

Что касается работ зарубежных исследователей, отметим научный интерес, проявляемый турецкими и иранскими учеными. Связано это с тем, что и для этих стран буковые леса играют важную социально-экономическую роль. Особое внимание большинство исследователей уделяет выявлению изменчивости признаков листа *Fagus orientalis* и некоторым физиологическим процессам, протекающим в них, в зависимости от места произрастания и высоты над уровнем моря [9–11]. Также, встречаются работы, посвященные изучению изменчивости признаков побега ювенильных особей в интродукционных эколого-генетических исследованиях [12].

Необходимо отметить работу по выявлению изменчивости индикаторных морфологических признаков плюски из различных популяций, произрастающих на территории Сербии, выполненная учеными для таксономической идентификации произрастающего в естественной флоре представителя рода *Fagus*. Полученные результаты позволили отнести изученные популяции к *Fagus sylvatica* L. [13].

Обобщая выше сказанное отметим, что комплексное изучение морфологических признаков побега и плода из одного годичного побега *Fagus orientalis* никем не проводилось. Не встречаются подобные работы и в многочисленных исследованиях изменчивости признаков вегетативной и генеративной сферы *Fagus sylvatica*, произрастающий в Западной Европе.

Необходимость проведения более детальных исследований изменчивости признаков вызвана еще и тем, что в процессе изучения генетической структуры 20 популяций *Fagus orientalis* из Кавказа и Крыма нами было выявлено сходство популяций на верхней (субальпийской) границе букового пояса в различных районах Кавказского перешейка, что может указывать на параллелизм в развитии и становлении высокогорных популяций [14].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для статьи послужили популяционные сборы годичных побегов с соплодиями и листьями у 47 деревьев из 6 популяций *Fagus orientalis* на Западном и Восточном Кавказе. На Восточном Кавказе сбор побегов проведен в окрестностях сс. Гарбутль, Тлядаль и Хупри Цунтинского административного района Республики Дагестан (рис. 1). Все три популяции произрастают в субальпийском поясе на высоте

1800–2000 м над ур. м. Материал получен из 24 деревьев, где с каждого дерева было собрано от 11 до 30 годичных побега и в статистический анализ вовлечено 638 повторностей. На Западном Кавказе материал собран у 23 деревьев из трех популяций, произрастающие в субальпийском поясе на высотах 1700–1800 м над ур. м. Сбор проводился в окрестностях

горы Аутль и озер Хмелевского, территориально относящиеся к Краснодарскому краю и горы Фишт, относящаяся к Майкопскому административному району Республики Адыгея. Для анализа из 23 дерева собрано от 20 до 30 побега и, в общем, составило 680 повторности.

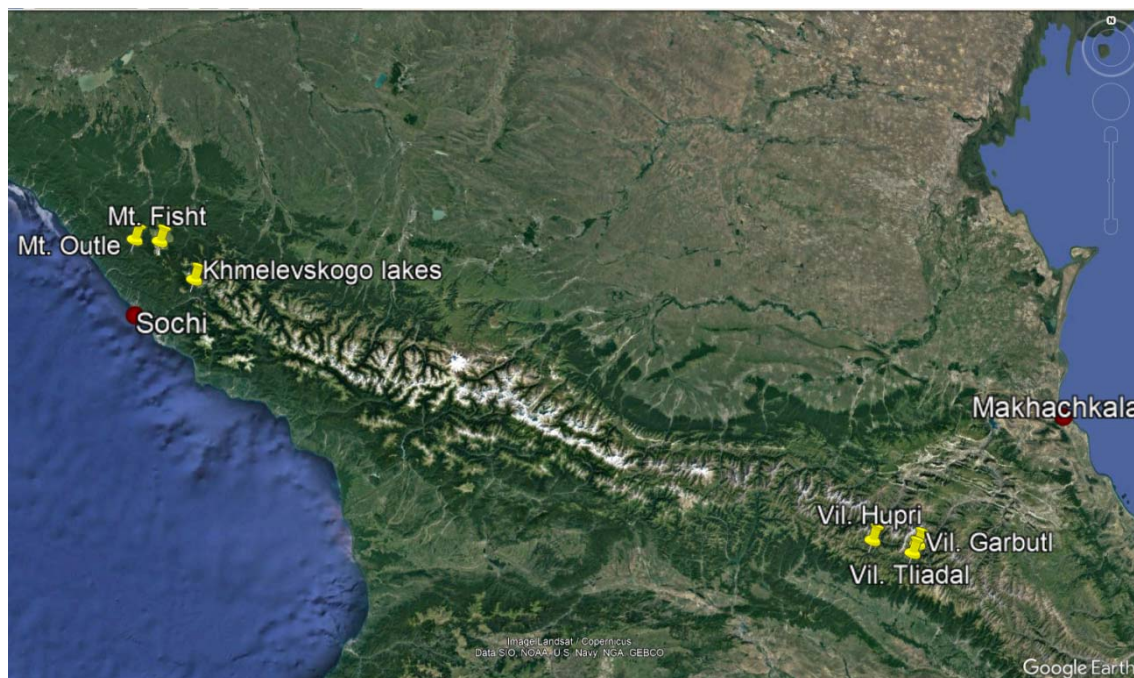


Рисунок 1. Карта-схема расположения 6 популяций *Fagus orientalis* на Восточном и Западном Кавказе

Figure 1. Schematic map of the location of 6 populations of *Fagus orientalis* in the Eastern and Western Caucasus

Линейные признаки побега и плодов *Fagus orientalis* изучали путем элементарных измерений линейкой и штангенциркулем в сантиметрах, а количественные – путем прямого подсчета в штуках. Всего учтено 12 признаков: длина годичного побега, количество листьев, длина листовой пластинки, ширина листовой пластинки, длина черешка, длина верхушечной почки, длина оси соплодия, длина плюски, длина первого плода, ширина первого плода, длина второго плода, ширина второго плода. Статистический анализ изменчивости проведен с применением общепринятых методов описательной статистики и корреляционного анализа с использованием лицензионной системы обработки данных Statistica v. 12 [15; 16].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены обобщенные результаты статистических параметров признаков из трех популяций Восточного Кавказа. Средний годичный прирост для изученных популяций составляет 3,2 см, где в среднем закладывается 5,6 листа, длиной 7,3 см и шириной 4,3 см. Длина черешка составляет 0,9 см. К концу вегетационного периода длина верхушечной почки достигает 2,5 см. Среднее значение для длины плюски немного выше длины оси соплодия и составляет 2,3 и 2,1 см, соответственно. Отметим, что у некоторых особей максимальные значения длины оси соплодия больше двух раз превышает среднее значение длины соплодия. Средние значения длины плодов у особей из трех популяций Восточного Кавказа одинаковые и составляют 1,51 см. Отмечена незначительная разница в диаметрах первого и второго

плода – 0,69 и 0,68 см, соответственно, что можно объяснить механическим сдавливанием в процессе созревания внутри плюски.

Наибольшая изменчивость из учтенных признаков, как и следовало ожидать, наблюдается у признака длина годичного побега – 57,4 %, относящаяся к очень высокому уровню по шкале Мамаева. Наиболее стабильными являются признаки плода. Так, диаметр плода (9,5 – 10,2 %) имеет низкий уровень вариации, а длина плода (13,5 – 13,7%) – средний. К среднему уровню вариации также относятся такие признаки, как длина листовой пластинки – 17,8, длина почки – 16,9 % и длина плюски – 19,8 %. Остальные признаки отнесены к высокому уровню вариации.

В таблице 2 представлены обобщенные результаты статистических параметров признаков плода и побега из трех субальпийских популяций Западного Кавказа. Средний годичный прирост составляет 2,8 см. Количество заложённых листьев относительно длины побега у этих популяций выше и составляет 8,2 листа, хотя размеры длины и ширины листовой пластинки не сильно разнятся и составляют 7,3 и 4,2 см, соответственно. Средняя длина черешка также составляет 0,9 см. Средняя длина верхушечной почки у особей на Западном Кавказе на 0,4 см короче, чем у особей на Восточном Кавказе и составляет 1,1 см, что связано с климатическими условиями, а именно с укороченным суммарно около одного месяца вегетационным периодом на Западном Кавказе. Средние значения длины оси соплодия и плюски не сильно разнятся – 2,1 и 2,2 см, соответственно. Значения длины и ширины плодов ниже, чем у

популяций из Восточного Кавказа, и наблюдаются незначительные различия по длине и ширине первого и второго плода, также связанные с механическим

сдавливанием и конкуренцией в процессе созревания плодов внутри плюски.

Таблица 1. Статистические параметры признаков побега и плода *Fagus orientalis* объединенной выборки из трех популяций Восточного Кавказа

Table 1. Statistical parameters of shoot and fruit traits of *Fagus orientalis* from a combined sample from three populations of the Eastern Caucasus

Признак Characteristic	N	X±Sx	Min	Max	CV
A	638	3,2±0,07	0,7	18,2	57,4
B	638	5,6±0,07	2,0	14,0	29,7
C	638	7,3±0,05	3,9	11,5	17,8
D	638	4,3±0,04	0,6	7,6	21,4
E	638	0,9±0,01	0,5	1,7	20,9
F	638	1,5±0,01	0,8	2,9	16,9
G	638	2,1±0,02	0,7	4,8	28,3
H	638	2,3±0,02	1,2	3,5	19,8
I	638	1,51±0,006	0,82	1,95	9,5
J	638	0,69±0,004	0,37	1,40	13,5
K	638	1,51±0,006	0,84	1,89	10,2
L	638	0,68±0,004	0,34	1,00	13,7

Примечание (здесь и далее в таблицах сокращения обозначений признаков): А – длина годовичного побега, В – количество листьев, С – длина листовой пластинки, D – ширина листовой пластинки, E – длина черешка, F – длина верхушечной почки, G – длина оси соплодия, H – длина плюски, I – длина первого плода, J – ширина первого плода, K – длина второго плода, L – ширина второго плода

Note (abbreviations for characteristic designations in the tables below): A – length of annual shoot, B – number of leaves, C – length of leaf blade, D – width of leaf blade, E – length of petiole, F – length of apical bud, G – length of infructescence axis, H – length of cupule, I – length of the first fruit, J – width of the first fruit, K – length of the second fruit, L – width of the second fruit

Наибольшая изменчивость отмечена у длины годовичного побега – 83,3 %. Почти все размерные признаки плода имеют средний уровень изменчивости и колебания значений составляют 11,4 – 15,5 %. Средние значения отмечены у признаков длина листовой пластинки – 17,5 %, ширина листовой пластинки – 17,6 % и длина плюски – 15,2 %. Остальные признаки отнесены к высокому уровню изменчивости: количество листьев – 31,3 %, длина черешка – 23,5 %, длина верхушечной почки – 21,1 и длина оси соплодия – 26,7 %.

Обобщенные результаты статистических параметров признаков и t-критерия Стьюдента у 6 субальпийских популяций Восточного и Западного Кавказа приведены в таблице 3.

Наибольший уровень изменчивости у признака длина годовичного побега – 70,6 %. К признакам с низким

уровнем изменчивости отнесены такие признаки, как: длина первого плода – 10,8 % и длина второго плода – 11,6 %. К признакам со средним уровнем изменчивости относятся: диаметр первого плода – 14,6 %, диаметр второго плода – 15,6 %, длина листовой пластинки – 17,7 %, ширина листовой пластинки – 19,6 % и длина плюски – 18,2 %.

Результаты t-критерия Стьюдента показал высокий уровень достоверности различий показателей у большинства учетных признаков побега и плодов *Fagus orientalis*. Наибольшая значимость наблюдается по признаку длина верхушечной почки – 28,98. Недостоверные различия отмечены у признаков: длина листовой пластинки и длина оси соплодия.

Таблица 2. Статистические параметры признаков побега и плода *Fagus orientalis* объединенной выборки из трех популяций Западного Кавказа

Table 2. Statistical parameters of shoot and fruit traits of *Fagus orientalis* from a combined sample from three populations of the Western Caucasus

Признак Characteristic	N	X±Sx	Min	Max	CV
A	680	2,8±0,09	0,6	16,2	83,3
B	680	8,2±0,10	3,0	17,0	31,3
C	680	7,3±0,05	4,2	12,0	17,5
D	680	4,2±0,03	2,3	7,0	17,6
E	680	0,9±0,01	0,3	1,6	23,5
F	680	1,1±0,01	0,6	2,0	21,1
G	680	2,2±0,02	1,0	4,3	26,7
H	680	2,1±0,01	1,2	3,0	15,2
I	680	1,43±0,006	1,02	1,87	11,4
J	680	0,63±0,003	0,24	0,85	14,0
K	680	1,42±0,007	0,86	1,87	12,1
L	680	0,61±0,004	0,19	0,89	15,5

Таблица 3. Статистические параметры признаков побега и плода *Fagus orientalis* и результаты t-критерия Стьюдента для объединенной выборки из шести популяций Восточного и Западного Кавказа
Table 3. Statistical parameters of shoot and fruit traits of *Fagus orientalis* and results of Student's t-tests for a combined sample of six populations of the Eastern and Western Caucasus

Признак Characteristic	N	X±Sx	Min	Max	CV	t-критерий Стьюдента Student t-test
A	1318	3,0±0,06	0,6	18,2	70,6	3,88***
B	1318	6,9±0,07	2,0	17,0	36,2	21,30***
C	1318	7,3±0,04	3,9	12,0	17,7	0,48
D	1318	4,3±0,02	0,6	7,6	19,6	1,99*
E	1318	0,9±0,01	0,3	1,7	22,6	6,90***
F	1318	1,3±0,01	0,6	2,9	24,0	28,98***
G	1318	2,1±0,02	0,7	4,8	27,5	1,38
H	1318	2,2±0,01	1,2	3,5	18,2	8,27***
I	1318	1,47±0,004	0,82	1,95	10,8	9,97***
J	1318	0,66±0,003	0,24	1,4	14,6	12,95***
K	1318	1,46±0,005	0,84	1,89	11,6	9,93***
L	1318	0,65±0,003	0,19	1,0	15,6	13,87***

Примечание: уровни достоверности по t-критерию: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001

Note: confidence level by t-test: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001

В таблице 4 представлены результаты корреляционного анализа объединенной выборки из трех популяций *Fagus orientalis* Восточного Кавказа, который показал достоверные положительные связи по большинству пар признаков. Большинство из выявленных связей являются слабыми. Средние и высокие связи отмечены у некоторых пар признаков плода и у длины и ширины листовой пластинки.

Результаты корреляционного анализа объединенной выборки из трех популяций *Fagus orientalis* Восточного Кавказа приведены в таблице 5. По большинству признаков отмечены достоверные положительные связи, наиболее значительные из которых между размерными признаками плодов между собой и длиной и шириной листовой пластинки.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции для признаков побега и плода *Fagus orientalis* объединенной выборки из трех популяций Восточного Кавказа

Table 4. Correlation coefficients for traits of shoot and fruit of *Fagus orientalis* from a combined sample of three populations of the Eastern Caucasus

Признак Characteristic	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	1,00											
B	0,25*	1,00										
C	0,09*	-0,05	1,00									
D	0,18*	0,01	0,79	1,00								
E	-0,14*	0,43*	0,11	0,05	1,00							
F	0,21*	0,06	0,26	0,12*	0,06	1,00						
G	0,35*	0,11*	0,34	0,36*	-0,06	0,09*	1,00					
H	0,03	0,27*	-0,06	-0,18*	0,41*	-0,01	-0,22*	1,00				
I	0,09*	-0,07	0,06	-0,03	0,13*	0,17*	-0,06	0,39*	1,00			
J	0,06	0,02	0,14	0,02	0,16*	0,32*	-0,08*	0,22*	0,44*	1,00		
K	0,09*	-0,07	0,08	-0,02	0,13*	0,16*	-0,07	0,40*	0,73*	0,23*	1,00	
L	0,06	0,02	0,12	0,02	0,14*	0,3*	-0,08	0,23*	0,27*	0,44*	0,48*	1,00

Примечание: уровень достоверности на P<0,05

Note: confidence level of P<0,05

Таблица 5. Коэффициенты корреляции для признаков побега и плода *Fagus orientalis* объединенной выборки из трех популяций Западного Кавказа

Table 5. Correlation coefficients for traits of shoot and fruit of *Fagus orientalis* from a combined sample of three populations of the Western Caucasus

Признак Characteristic	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	1,00											
B	0,82*	1,00										
C	0,15*	0,08*	1,00									
D	0,19*	0,15*	0,82*	1,00								
E	0,01	0,06	0,37*	0,35*	1,00							
F	0,36*	0,25*	0,15*	0,15*	-0,08*	1,00						
G	0,36*	0,29*	0,50*	0,44*	0,19*	0,32*	1,00					
H	0,17*	0,21*	0,29*	0,29*	0,28*	0,07	0,42*	1,00				

I	0,07	0,07	0,21*	0,07	0,13*	0,19*	0,40*	0,54*	1,00				
J	0,12*	0,05	0,09*	0,07	0,01	0,42*	0,18*	0,29*	0,50*	1,00			
K	0,05	0,04	0,23*	0,09*	0,14*	0,14*	0,40*	0,56*	0,86*	0,32*	1,00		
L	0,10*	0,04	0,06	0,04	0,02	0,34*	0,20*	0,31*	0,39*	0,42*	0,56*	1,00	

Примечание: уровень достоверности на $P < 0,05$

Note: confidence level of $P < 0,05$

В таблице 6 приведены результаты корреляционного анализа для объединенной выборки из 6 популяций *Fagus orientalis* из Восточного и Западного Кавказа. Также, наблюдаются положительные достоверные

положительные связи по преобладающему большинству изученных пар признаков. Наиболее тесные связи отмечены у признаков плода и признака длины и ширины листовой пластинки.

Таблица 6. Коэффициенты корреляции для признаков побега и плода *Fagus orientalis* объединенной выборки из шести популяций

Table 6. Correlation coefficients for traits of shoot and fruit of *Fagus orientalis* from a combined sample of six populations from the Eastern and Western Caucasus

Признак Characteristic	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	1,00											
B	0,49*	1,00										
C	0,12*	0,02	1,00									
D	0,18*	0,05	0,80*	1,00								
E	-0,03	0,07*	0,24*	0,20*	1,00							
F	0,29*	-0,20*	0,17*	0,14*	0,11*	1,00						
G	0,35*	0,20*	0,42*	0,39*	0,06*	0,13*	1,00					
H	0,11*	0,07*	0,09*	0,01	0,37*	0,16*	0,04	1,00				
I	0,10*	0,12*	0,14*	0,03	0,18*	0,30*	0,17*	0,48*	1,00			
J	0,12*	0,14*	0,11*	0,05	0,14*	0,48*	0,03	0,30*	0,51*	1,00		
K	0,09*	-0,13*	0,16*	0,05	0,18*	0,28*	0,17*	0,49*	0,82*	0,34*	1,00	
L	0,12*	-0,15*	0,09*	0,05	0,14*	0,43*	0,05	0,31*	0,40*	0,49*	0,57*	1,00

Примечание: уровень достоверности на $P < 0,05$

Note: confidence level of $P < 0,05$

ВЫВОДЫ

1. Результаты сравнительного анализа изменчивости морфологических признаков побега и плода *Fagus orientalis* показал преобладание размерных значений у особей из Восточного Кавказа, что связано с климатическими условиями Западного Кавказа, где на местах локализации популяций вегетационный период укорочен почти на месяц. Наиболее стабильными оказались признаки плода, что подтверждает их большую генетическую детерминированность. Очень высокий уровень изменчивости отмечен у длины годовичного побега – 70,6 % для объединенной выборки.
2. Результаты t-критерия Стьюдента показали высокий уровень достоверности различий показателей у большинства учтенных признаков. Наибольшую значимость наблюдаются по признаку длина верхушечной почки – 28,98. Признак длина верхушечной почки может быть использован как индикаторный, который отражает степень влияния экологических факторов среды на популяции.
3. Корреляционный анализ показал наличие достоверных положительных связей по большинству изученным признаками. Наиболее тесные связи проявляются между признакам плода и парой признаков длина и ширина листовой пластинки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мальцев М.П. Бук. Москва: Лесная промышленность, 1980. 80 с.
2. Алиев Х.У. Возрастная структура и оценка состояния *Fagus orientalis* Lipsky в Кавказском экорегионе // Юг

России: экология, развитие. 2022. Т. 17. N 2. С. 52–61. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-52-61

3. Одум Е. Экология. Москва: Мир, 1986. 328 с.

4. Глогов И.В. Оценка генетической гетерогенности природных популяций: количественные признаки // Экология. 1983. N 1. С. 3–9.

5. Злобин Ю.А. Структура фитопопуляций // Успехи современной биологии. 1996. Т. 116. N 2. С. 113–116.

6. Алиев Х.У. Межпопуляционная изменчивость признаков плода *Fagus orientalis* Lipsky в Дагестане // Материалы Международной научной конференции «Биологические и гуманитарные ресурсы развития горных регионов», Махачкала, 10–12 сентября, 2009. С. 113–115.

7. Магомедмирзаев М.М. Об оценке морфогенетической изменчивости некоторых признаков в ценопопуляциях бука восточного // Сборник научных сообщений. Махачкала, 1969. С. 29–37.

8. Придня М.В. Изменчивость и корреляции морфологических признаков, их роль в дифференциации популяций восточного бука // Экологические исследования в Кавказском биосферном заповеднике. Отв. ред. доктор географических наук Ю.Н. Куражковский. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та. 1985. С. 10–21.

9. Özel H.B., Sevik H., Kaptan S., Varol T. Doğru kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) bireylerinde farklı alana geliş şekillerine göre bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler arasındaki farklılıkların incelenmesi // Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 2021. N 23(2). P. 636–641. DOI: 10.24011/barofd.958446

10. Güney D., Turna I., Kulaç Ş. Effects of geoclimatic features on morphogenetic variability in *Fagus orientalis* // Austrian Journal of Forest Science. 2022. N 139(4). P. 289–318.

11. Bijarpasi M.M., Shahraji T.R., Lahiji H.S. Genetic variability and heritability of some morphological and physiological traits in *Fagus orientalis* Lipsky along an elevation gradient in

Hyrcean forests // *Folia Oecologica*. 2019. V. 46. N 1. P. 45–53. DOI: 10.2478/foecol-2019-0007

12. Güney D., Turna H., Turna I., Kulaç Ş., Atar F., Filiz E. Variations within and among populations depending on some leaf characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) // *Biological Diversity and Conservation*. 2016. N 9 / 2 (S1). P. 2–9.

13. Ivetić V., Kerkez I., Denić I., Devetak J. Variability of beech cupules in Serbia // *Reforesta*. 2018. N 5. P. 27–32. DOI: 10.21750/REFOR.5.05.51

14. Алиев Х.У., Колтунова А.М., Куцев М.Г., Туниев Б.С. Популяционно-генетический анализ бука восточного (*Fagus orientalis* Lipsky) с территории Крыма и Кавказа // *Turczaninowia*. 2020. T. 23. N 4. C. 17–31. DOI: 10.14258/turczaninowia.23.4.3.

15. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.

16. Марков М.В. Популяционная биология растений. М.: КМК, 2012. 378 с.

REFERENCES

1. Maltsev M.P. *Buk* [The beech]. Moscow, Forest Industry Publ., 1980, 80 p. (In Russian)

2. Aliev K.U. Age structure and condition assessment of *Fagus orientalis* Lipsky in the Caucasian Ecoregion. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 2, pp. 52–61. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-52-61

3. Odum E. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow, Mir Publ., 1986, 328 p. (In Russian)

4. Glotov I.V. Assessment of genetic heterogeneity of natural populations: quantitative characteristics. *Ekologiya* [Ecology]. 1983, no. 1, pp. 3–9. (In Russian)

5. Zlobin Yu.A. Structure of phytopopulations. *Uspekhi sovremennoi biologii* [Advances in modern biology]. 1996, vol. 116, no. 2, pp.113–116. (In Russian)

6. Aliev Kh. U. Mezhpopyatsionnaya izmenchivost' priznakov ploda *Fagusorientalis* Lipsky v Dagestane [Interpopulation variability of fetal traits of *Fagus Orientalis* Lipsky in Dagestan]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Biologicheskie i gumanitarnye resursy razvitiya gornyykh regionov», Makhachkala, 10–12 sentyabrya 2009.* [Proceedings of the International Scientific Conference “Biological and Humanitarian Resources for the Development of Mountain Regions”, Makhachkala, 10–12 September 2009]. Makhachkala, 2009, pp. 113–115. (In Russian)

7. Magomedmirzaev M.M. Ob otsenke morfogeneticheskoi izmenchivosti nekotorykh priznakov v tsenopopyatsiyakh buka vostochnogo. In: *Sbornik nauchnykh soobshchenii*. [Collection of scientific reports]. Makhachka, 1969, pp. 29–37. (In Russian)

8. Pridnya M.V., Kurazhkovskii Yu.N. Izmenchivost' i korrelyatsii morfologicheskikh priznakov, ikh rol' v differentsiatsii populyatsii vostochnogo buka [Variability and correlation of morphological characters, their role in the differentiation of eastern beech populations]. In: *Ekologicheskie issledovaniya v Kavkazskom biosfernom zapovednike* [Ecological studies in the Caucasian Biosphere Reserve. Rostov-on-Don, Rostov University Publ., 1985, pp. 10–21. (In Russian)

9. Ozel H.B., Sevik H., Kaptan S., Varol T. Investigation of the differences among some morphological and physiological characteristics according to the ways of development in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) individuals. *Journal of Bartin Faculty of Forestry*, 2021, no. 23(2), pp. 636–641. DOI: 10.24011/barofd.958446

10. Güney D., Turna I., Kulaç Ş. Effects of geoclimatic features on morphogenetic variability in *Fagus orientalis*. *Austrian Journal of Forest Science*. 2022, no. 139(4), pp. 289–318.

11. Bijarpasi M.M., Shahraji T.R., Lahiji H.S. Genetic variability and heritability of some morphological and physiological traits in *Fagus orientalis* Lipsky along an elevation gradient in Hyrcanian forests. *Folia Oecologica*, 2019, vol. 46, no. 1, pp. 45–53. DOI: 10.2478/foecol-2019-0007

12. Güney D., Turna H., Turna I., Kulaç Ş., Atar F., Filiz E. Variations within and among populations depending on some leaf characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). *Biological Diversity and Conservation*. 2016, no. 9 / 2 (S1), pp. 2–9.

13. Ivetić V., Kerkez I., Denić I., Devetak J. Variability of beech cupules in Serbia. *Reforesta*, 2018, no. 5, pp. 27–32. DOI: 10.21750/REFOR.5.05.51

14. Aliev Kh.U., Koltunova A.M., Kutsev M.G., Tuniyev B.S. Population genetic analysis of *Fagus orientalis* Lipsky from the territory of the Crimea and the Caucasus. *Turczaninowia*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 17–31. DOI: 10.14258/turczaninowia.23.4.3

15. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1980, 291 p.

16. Markov M.V. *Populyatsionnaya biologiya rastenii* [Population biology of plants]. Moscow, KMK Publ., 2012, 378 p.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Хабегин У. Алиев собрал и обработал материал. Автор написал рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата и самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Khabagin U. Aliev collected and processed the materials. The author wrote the manuscript and is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declare no conflict of interest.

ORCID

Хабегин У. Алиев / Khabagin U. Aliev <https://orcid.org/0000-0002-2985-5622>