

УДК 634*54:630*228

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-55-71

РАЗНООБРАЗИЕ ОРЕХОВ ЛЕЩИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Corylus avellana* L.) И ПРОГНОЗ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ЕЕ ФОРМ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

С.Г. Биганова¹, канд. с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [E-3358-2018](https://orcid.org/0000-0002-0581-3612),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612>

Ю.И. Сухоруких¹, д-р с.-х. наук, проф.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>

К.Н. Кулик², д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН; ResearcherID: [U-4690-2017](https://orcid.org/0000-0001-7124-8116),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>

А.К. Кулик², канд. с.-х. наук; ResearcherID: [W-4034-2018](https://orcid.org/0000-0001-5927-7336),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-7336>

¹Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, Республика Адыгея, Россия, 385000; e-mail: svetlanabiganowa@yandex.ru, drsuchor@gambler.ru

²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, д. 97, г. Волгоград, Россия, 400062; e-mail: kulikkn@yandex.ru, kulikak@yandex.ru

К наиболее актуальным вопросам при изучении биологии и селекции лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.) относятся оценка разнообразия (полиморфизма) ее плодов и прогноз встречаемости форм с хозяйственно-ценными признаками в естественных популяциях, являющихся источником ценнейшего генофонда вида. Цель исследования – выявление разнообразия орехов лещины и прогноз встречаемости ее форм в естественных дубовых и пихтовых формациях Северо-Западного Кавказа. Для анализа отобрано рендомизированно по 1 ореху с растения в дубовой (297 шт.) и пихтовой (301 шт.) формациях. Изучали основные хозяйственно-ценные показатели орехов лещины: массу и выход ядра, массу ореха, общий балл качества плодов, крепость и цвет скорлупы, вкус, неразрушаемость и наличие шелухи на ядре. Достоверность различий энтропии, ее дисперсию и степень свободы, разнообразие по индексу Шеннона, коэффициенты вариации, Пирсона и Чупрова, значение по χ^2 определяли известными методами. Индекс распределенного рангового разнообразия (*IRRR*) вычисляли из соотношения суммы произведений относительной энтропии признака на его ранг к числу градаций признака, индекс распределенного рангового разнообразия с учетом доли (*IRRRD*) для отдельного признака – как произведение *IRRR* на долю признака соответствующей градации. Прогноз наличия форм лещины выполнен в соответствии с законом параллелизма. Установлено, что в дубовой и пихтовой формациях у лещины имеются орехи со сходными признаками. Выводы о большем разнообразии показателей плодов лещины, произрастающей в составе дубовой формации, по сравнению с пихтовой полностью совпали по индексам Шеннона, *IRRR*, *IRRRD* и χ^2 . Встречаемость наиболее ценных в хозяйственном отношении форм в формациях прогнозируется с различной частотой.

Для цитирования: Биганова С.Г., Сухоруких Ю.И., Кулик К.Н., Кулик А.К. Разнообразие орехов лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.) и прогноз встречаемости ее форм на Северо-Западном Кавказе // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 3. С. 55–71. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-55-71

Ключевые слова: лещина обыкновенная, орехи, хозяйственно-ценные показатели, разнообразие, индекс Шеннона, коэффициент вариации, индекс распределенного рангово-

го разнообразия, индекс распределенного рангового разнообразия с учетом доли, разнообразие форм, прогноз встречаемости.

Введение

Представители рода *Corylus* L. являются ценными орехоплодными растениями [22, 35, 38], культивируются во многих странах мира на плантациях и в личных хозяйствах [1, 4, 8, 9, 13, 25], широко представлены в других естественных и искусственных насаждениях [11, 17, 21, 37].

Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.) имеет высокую ценность. Это обусловлено многими факторами, ведущим из которых является наличие пищевых качеств ядра [9, 13, 19, 26, 27, 30]. Оно используется как человеком, так и представителями дикой фауны. Кроме плодов, у этого вида практически все его части имеют хозяйственное значение: пыльца – ценный корм для пчел и других насекомых, листья, кора, корни используются для приготовления лекарств [17, 29]. Растение хорошо выполняет почвозащитную и почвоулучшающую роль [21].

Культурные сорта лещины называются фундуком. Потребность в ее плодах постоянно возрастает, во многих странах проводятся исследования по изучению биологии, селекции и особенностей культивирования вида [12, 13, 26, 32, 33, 38, 39].

Наиболее актуальные вопросы – оценка разнообразия (полиморфизма) плодов и прогноз встречаемости форм с хозяйственно-ценными значимыми признаками в естественных популяциях, являющихся источником ценнейшего генофонда вида [11, 20, 23, 27, 28, 34, 36].

В условиях Северо-Западного Кавказа значительный интерес при изучении разнообразия лещины в природной популяции вызывают дубовые формации, где формируются благоприятные условия для нее, и пихтовые, где вид имеет верхнюю границу своего распространения [17, 23].

В биологических исследованиях для оценки разнообразия довольно часто используют индекс Шеннона, коэффициенты вариации, сопряженности Чупрова и Спирмена, значения χ^2 [2, 6, 18]. Особенности могут быть оценены по среднему значению признака, как показателю, указывающему на увеличение или уменьшение его величины [7, 18]. Имеются указания, что для каждого из них есть ограничения, но в целом идеальные показатели отсутствуют [2, 7, 18]. Обычно исследователи сами выбирают, какие из них считаются наиболее приемлемыми для данного эксперимента [2].

Для оценки разнообразия (полиморфизма) также предложено применять соответствующие индексы [3, 16]. Этот метод базируется на определении относительной энтропии и позволяет оценивать разнообразие количественных и качественных признаков как отдельно, так и в сочетании с произвольным их разбиением на классы и градации с учетом значимости.

Внутривидовой полиморфизм обуславливает особенности развития и использования отдельных форм растений [8, 22]. Прогноз их наличия у вида позволяет существенно ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность [5, 15]. Для условий Северо-Западного Кавказа данные вопросы недостаточно изучены и требуют разрешения.

Цель данного исследования – выявление разнообразия орехов лещины и прогноз встречаемости ее форм в лесных формациях Северо-Западного Кавказа.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в естественных дубовых (*Quercus robur* L., *Q. petraea* Uebl., *Q. Hartwissiana* Stev.) и пихтовых (*Abies Nordmanniana* Spach.) формациях Северо-Западного Кавказа. Для оценки разнообразия плодов лещины отобрано рендомизированно по 1 ореху с растения в дубовой формации на высоте 250...600 м над у. м. (всего 297 шт.) и пихтовой формации на высоте 1100...1400 м над у. м. (301 шт.). Оценку количественных (масса и выход ядра, масса ореха, общий балл качества плодов) и качественных (крепость и цвет скорлупы, вкус, неразрушаемость и наличие шелухи на ядре) хозяйственно-ценных показателей орехов лещины осуществляли по методикам [4, 17]. Селекционные категории устанавливали по Ф.Л. Щепотьеву и др. [24]. Для массы ядра, определенной из произведения массы плода на долю выхода ядра соответствующих селекционных категорий, установлены следующие градации: 1,52 г и более – очень крупные; 1,16...1,51 г – крупные; 0,85...1,15 г – средние; 0,58...0,84 г – мелкие; 0,57 г и менее – очень мелкие ядра. К лучшим относили формы, имеющие качество плодов 43 балла и более [4, 17].

Индекс Шеннона вычисляли по [2].

Достоверность различий в значениях энтропии, ее дисперсию и степени свободы оценивали по методу, предложенному К. Хатчесоном [31]:

$$t = \frac{E_1 - E_2}{\sqrt{\text{var } E_1 + \text{var } E_2}},$$

где E_1 и E_2 – сравниваемые значения энтропии; $\text{var } E_1$ и $\text{var } E_2$ – дисперсии энтропии,

$$\text{Var } E = \frac{\sum_{i=1}^n p_i (\log_2 p_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \right)^2}{N} + \frac{S-1}{2N^2};$$

p_i – доля признака; S – число градаций признака; N – число особей в выборке.

Для сравнения значений энтропии степень свободы устанавливали, используя следующую модель:

$$df = \frac{(\text{var } E_1 + \text{var } E_2)^2}{\frac{(\text{var } E_1)^2}{N_1} + \frac{(\text{var } E_2)^2}{N_2}},$$

где N_1 и N_2 – численность сравниваемых выборок.

Оценку разнообразия (полиморфизма) с учетом значимости градаций признаков осуществляли по индексу распределенного рангового разнообразия [3] (IRRR):

для отдельного признака

$$IRRR = \frac{\sum_{i=1}^n E r_i}{n};$$

по всем признакам для формации

$$IRRR = \frac{\sum_{j=1}^m IRRR_j}{m},$$

где E – относительная энтропия показателя; r_i – ранг градации показателя; n – число составляющих градаций; $IRRR_j$ – индекс распределенного рангового разнообразия отдельного признака; m – число признаков.

Учитывая разную долю отдельных градаций признака, их оценивали по индексу распределенного рангового разнообразия с учетом доли ($IRRRD$), который предложен для повышения чувствительности оценки разнообразия:

$$IRRRD = IRRR p_i,$$

где p_i – доля признака.

При оценке всех признаков формула принимает следующий вид:

$$IRRRD = \frac{\sum_{j=1}^m IRRRD_j}{m},$$

где $IRRRD_j$ – индекс распределенного рангового разнообразия с учетом доли для отдельного признака.

Различие индексов разнообразия считается существенным при отличии в 10 % и более [3, 16]:

$$d = \frac{I_1 - I_2}{I_1} 100 \% \geq 10 \%,$$

где d – разность индексов разнообразия, %; I_1 – больший индекс разнообразия; I_2 – меньший индекс разнообразия.

Величина ранга градации устанавливалась равной соответствующему коэффициенту значимости, используемому для оценки хозяйственно-ценных признаков лещины [17]. Прогноз о наличии формового разнообразия выполняли на основе закона параллелизма [15].

Данные обрабатывали с применением программ Stadia-8.0, Microsoft Excel и известных методов [6, 7, 18].

Результаты исследования и их обсуждение

Формация дуба была представлена насаждениями с его участием 0,4–0,8 ед.; формация пихты – при ее участии 0,6–0,8 ед. В дубовой формации лещина произрастала на всей площади с небольшим преимуществом (до 15...20 %) по опушкам, в пихтовой – по опушкам и от них вглубь насаждения до 20...30 м.

Значения индексов Шеннона, средние величины балльной оценки, коэффициент вариации изучаемых показателей для различных условий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения индексов Шеннона, средней балльной оценки и коэффициентов вариации показателей качества орехов лещины в дубовой / пихтовой формациях

Показатель	Индекс Шеннона	Средняя балльная оценка, балл	Коэффициент вариации
Цвет скорлупы	1,54 / 1,66	0,70 ± 0,015 / 0,72 ± 0,016	35,98 ± 1,48 / 39,21 ± 1,60
Масса ореха	1,40 / 0,90	0,48 ± 0,012 / 0,39 ± 0,010	42,24 ± 1,73 / 44,61 ± 1,82
Крепость скорлупы	1,54 / 1,35	2,98 ± 0,041 / 3,01 ± 0,036	23,94 ± 0,98 / 20,86 ± 0,85
Наличие шелухи на ядре	1,78 / 1,38	1,47 ± 0,057 / 1,02 ± 0,046	67,57 ± 2,77 / 78,40 ± 3,2
Неразрушаемость ядра	0,80 / 0,32	9,23 ± 0,109 / 9,72 ± 0,072	20,39 ± 0,84 / 12,77 ± 0,52
Масса ядра	1,35 / 0,74	3,62 ± 0,078 / 2,98 ± 0,048	37,06 ± 1,52 / 27,98 ± 1,44
Вкус ядра	1,84 / 1,72	11,78 ± 0,162 / 11,91 ± 0,144	23,71 ± 0,97 / 21,01 ± 0,81
Выход ядра	1,80 / 1,27	3,13 ± 0,114 / 2,15 ± 0,092	62,55 ± 2,57 / 74,36 ± 3,03
Общий балл	1,15 / 1,15	36,01 ± 0,287 / 34,06 ± 0,233	13,74 ± 0,56 / 11,89 ± 0,48

Цвет скорлупы. В обеих формациях присутствуют плоды всех оттенков – от темных до светлых. Разнообразие признака по индексу Шеннона в пихтовой и дубовой формациях достоверно не отличается при $\alpha = 0,05$ ($t_{\text{факт}} = 1,57$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Отличие в балльной оценке цвета орехов в формациях составило 0,02 балла и несущественно ($t_{\text{факт}} = 0,62$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Оценка влияния условий произрастания по значениям χ^2 не выявила достоверной связи между распределением плодов по цвету в формациях ($\chi^2_{\text{факт}} = 2,85$; $\chi^2_{\text{ст}} = 7,82$). Сопряженность факторов не подтверждена значениями коэффициентов Пирсона (0,07) и Чупрова (0,05). Коэффициенты вариации отличаются на 3,23 %, но отличие незначимо при $\alpha = 0,05$ ($t_{\text{факт}} = 1,48$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Распределение орехов лещины по градациям, значения $IRRR$ и $IRRRD$ в дубовой и пихтовой формациях представлены в табл. 2.

Таблица 2

Распределение орехов лещины по цвету скорлупы, значения $IRRR$, $IRRRD$ в дубовой / пихтовой формациях

Цвет скорлупы, градация	Доля	Ранг градации	$IRRR$	$IRRRD$
Темные, землистые	0,07 / 0,08	0,22	0,169 / 0,182	0,010 / 0,01
Темные, матовые	0,52 / 0,48	0,56	0,431 / 0,464	0,220 / 0,23
Средней интенсивности, слегка блестящие	0,35 / 0,34	0,89	0,685 / 0,738	0,240 / 0,25
Светлые блестящие	0,06 / 0,10	1,33	1,024 / 1,103	0,060 / 0,11
<i>Среднее</i>	–	–	0,577 / 0,622	0,130 / 0,15

Согласно данным табл. 2, индекс $IRRR$ в формациях отличается на 7,23 %, что не превышает критическое значение. Индекс разнообразия с учетом доли ($IRRRD$) равен 9,40 % < 10 %, что указывает на отсутствие различия орехов по цвету в формациях при детальном изучении отдельных градаций признака. Однако наиболее ценных в селекционном отношении орехов со светлой блестящей скорлупой, собранных преимущественно на более открытых участках, в пихтовой формации на 40 % больше, чем в дубовой.

Масса ореха. В изучаемых условиях выявлены плоды от очень мелких до крупных. Очень крупные плоды в выборке отсутствовали. Все методы, за исключением оценки по значению коэффициента вариации (отличие в 2,37 % несущественно ($t_{\text{факт}} = 0,94$; $t_{\text{ст}} = 1,96$), указали на отличие признака в изучаемых формациях. По значению индекса Шеннона оно достоверно и составило 0,50 ($t_{\text{факт}} = 5,03$; $t_{\text{ст}} = 1,96$), по значениям χ^2 ($\chi^2_{\text{факт}} = 27,98$; $\chi^2_{\text{ст}} = 7,82$), коэффициенту Пирсона – 0,211, Чупрова – 0,164, средней массе плода в дубовой формации – 1,41 г, пихтовой – 1,19 г ($t_{\text{факт}} = 6,33$; $t_{\text{ст}} = 1,96$), среднему баллу 0,09 ($t_{\text{факт}} = 6,29$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Соотношение долей по массе ореха и значению индексов разнообразия отражено в табл. 3.

Таблица 3

Распределение орехов лещины по массе, значения индексов разнообразия в дубовой/пихтовой формациях

Масса ореха, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Очень мелкие	0,61 / 0,81	0,37	0,259 / 0,167	0,160 / 0,136
Мелкие	0,26 / 0,13	0,53	0,369 / 0,238	0,094 / 0,031
Средние	0,10 / 0,05	0,73	0,511 / 0,330	0,050 / 0,014
Крупные	0,03 / 0,01	0,93	0,653 / 0,421	0,018 / 0,006
<i>Среднее</i>	–	–	0,448 / 0,289	0,081 / 0,047

Как следует из данных табл. 3, в обеих формациях преобладают очень мелкие плоды, в дубовой их 61 %, пихтовой – 81 %.

Средние значения индексов разнообразия отличаются в пределах 0,03–0,16 (35,49...41,98 %) и превышают критическое значение 10 %. Из этого следует, что разнообразие плодов по массе выше в дубовой формации.

Крепость скорлупы. При оценке разнообразия данного показателя по индексу Шеннона (см. табл. 1) отличие в 0,19 ед. существенно ($t_{\text{факт}} = 2,36$; $t_{\text{ст}} = 1,96$), индексы разнообразия во всех случаях превышают критическое значение 10 % и изменяются от 11,35 до 12,04 % (табл. 4). Коэффициент вариации в дубовой формации (см. табл. 1) выше на 3,08 % ($t_{\text{факт}} = 2,37$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Однако средние значения признака в балльном выражении не отличаются: в дубовой формации – $2,98 \pm 0,041$, в пихтовой – $3,01 \pm 0,036$ ($t_{\text{факт}} = 0,43$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). По крепости преобладают плоды, раскалываемые со средним усилием. Их доля в дубовой формации составила 54 %, в пихтовой – 65 % (табл. 4).

Таблица 4

Распределение орехов лещины по крепости скорлупы, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Крепость скорлупы, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Раскалывается при большом усилии	0,02 / 0,01	1	0,770 / 0,677	0,013 / 0,009
Раскалывается с трудом	0,21 / 0,15	2	1,540 / 1,354	0,327 / 0,207
Раскалывается со средним усилием	0,54 / 0,65	3	2,309 / 2,031	1,252 / 1,316
Раскалывается легко	0,23 / 0,19	4	3,079 / 2,708	0,705 / 0,504
<i>Среднее</i>	–	–	1,924 / 1,693	0,574 / 0,509

В выборке присутствуют поля с численностью менее 5 случаев, поэтому оценка по критерию χ^2 , коэффициентам Пирсона и Чупрова согласно ограничениям [18] не производилась.

Неразрушаемость ядра. В выборке из пихтовой формации средний оценочный балл признака составил $9,72 \pm 0,072$, в дубовой несколько меньше – $9,23 \pm 0,109$ балла (см. табл. 1). Разница в 0,49 балла существенна ($t_{\text{факт}} = 3,74$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Оценка по другим методам указала на увеличение разнообразия плодов лещины в дубовой формации. Так, различие по индексу Шеннона составило 0,41 и достоверно ($t_{\text{факт}} = 4,96$; $t_{\text{ст}} = 1,96$), по коэффициенту вариации – 7,62 % ($t_{\text{факт}} = 7,71$; $t_{\text{ст}} = 1,96$).

Таблица 5

Распределение орехов лещины по неразрушаемости ядра, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Неразрушаемость ядра, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Ядро сильно повреждено	0,003 / 0	1	0,403 / 0,157	0,001 / $2 \cdot 10^{-7}$
Ядро с отколовшимися кусками средней величины	0,091 / 0,043	4	1,610 / 0,628	0,146 / 0,027
Ядро с отколовшимися небольшими кусочками	0,064 / 0,007	7	2,818 / 1,099	0,180 / 0,007
Ядро цельное	0,842 / 0,950	10	4,025 / 1,570	3,388 / 1,491
<i>Среднее</i>	–	–	2,214 / 0,863	0,929 / 0,381

Согласно данным табл. 5, в обеих формациях у плодов лещины ядра хорошо (в 84...95 % случаях) сохраняются при раскалывании орехов. По индексам *IRRR*, *IRRRD* отмечена существенность различий в разнообразии плодов в 58,99...61,02 %, что больше 10 %. При наличии ограничений для метода [18] сравнение данных по значениям χ^2 не выполнялось.

Масса ядра. В дубовой формации, расположенной в более теплой зоне, признак имеет большее на 0,16 г значение ($t_{\text{факт}} = 9,51$; $t_{\text{ст}} = 1,96$) по сравнению с пихтовой. Отличие в 0,16 г существенно. В балльном выражении (см. табл. 1) тенденция сохраняется и различие в 0,64 существенно ($t_{\text{факт}} = 6,98$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Разнообразие массы ядер, оцененное по индексу Шеннона (см. табл. 1), указало на ее большее значение в дубовой формации на 0,61 по сравнению с пихтовой ($t_{\text{факт}} = 6,57$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Различие по χ^2 достоверно ($\chi^2_{\text{факт}} = 55,34$, $\chi^2_{\text{ст}} = 7,82$). Коэффициенты Пирсона (0,29) и Чупрова (0,23) указывают на наличие небольшой по силе связи массы ядра с условиями, складывающимися в разных формациях. Разность коэффициентов вариации в 9,08 % предполагает большее разнообразие признака в насаждениях дуба ($t_{\text{факт}} = 4,78$; $t_{\text{ст}} = 1,96$).

По данным табл. 6, индексы разнообразия изменяются в диапазоне 45,23...49,91 % и более, что больше теоретического значения 10 %. Это свидетельствует о большом разнообразии массы ядер в дубовой формации. Анализ долей указывает, что в пихтовой формации преобладают очень мелкие ядра (85 %), в дубовой их 57 %, а доля мелких – крупных в первом случае составляет 15 %, во втором – 43 %. Тенденция к снижению массы питательной части орехов лещины с продвижением в районы с более низкими температурами отмечена и в других регионах [10, 13].

Таблица 6

Распределение орехов лещины по массе ядра, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Масса ядра, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Очень мелкие	0,572 / 0,847	2,87	1,940 / 1,062	1,110 / 0,900
Мелкие	0,340 / 0,126	3,34	2,259 / 1,237	0,768 / 0,156
Средние	0,074 / 0,020	5,65	3,817 / 2,090	0,283 / 0,042
Крупные	0,013 / 0,007	8,29	5,606 / 3,070	0,075 / 0,020
<i>Среднее</i>	–	–	3,405 / 1,865	0,559 / 0,280

Наличие шелухи на ядре. В балльном выражении более качественные плоды сосредоточены в насаждениях дуба ($1,47 \pm 0,057$ балла) по сравнению с участками пихты ($1,02 \pm 0,046$ балла) (табл. 7). Отличие в 0,45 балла существенно на уровне 95 % ($t_{\text{факт}} = 6,04$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Данная тенденция подтверждается оценкой по значениям χ^2 ($\chi^2_{\text{факт}} = 84,53$; $\chi^2_{\text{ст}} = 7,82$). Влияние этого фактора на показатель близко к средней по силе связи, коэффициент Пирсона составляет 0,35, Чупрова – 0,29. По значению коэффициента вариации (см. табл. 1) разнообразие в пихтовой формации выше на 10,83 % ($t_{\text{факт}} = 2,56$; $t_{\text{ст}} = 1,96$).

Таблица 7

Распределение орехов лещины по наличию шелухи на ядре, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Наличие шелухи на ядре, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Ядро сильно покрыто шелухой	0,094 / 0,030	0,22	0,196 / 0,151	0,018 / 0,005
Ядро средне покрыто шелухой	0,256 / 0,625	0,56	0,498 / 0,385	0,128 / 0,240
Ядро слабо покрыто шелухой	0,471 / 0,266	1,50	1,335 / 1,031	0,629 / 0,274
Ядро без шелухи	0,178 / 0,080	3,33	2,963 / 2,289	0,529 / 0,182
<i>Среднее</i>	–	–	1,248 / 0,964	0,326 / 0,175

По индексу Шеннона разнообразие выше в дубовой формации (см. табл. 1). Различие составило 0,41 и достоверно ($t_{\text{факт}} = 5,23$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Это согласовывается и со значениями индексов разнообразия (табл. 7.), где отличия изменяются в пределах 22,76...46,32 %, что превышает теоретическое значение 10 %. Таким образом, в дубовой формации данный признак более разнообразен. Кроме того, он имеет лучшее качество: 65 % ядер, слабо покрытых и без шелухи по сравнению с 35 % в пихтовой формации.

Вкус ядра. Оценочный балл вкуса ядра лещины имел близкие значения у особей, произрастающих в разных формациях: в дубовой – $11,78 \pm 0,162$ балла, в пихтовой – $11,91 \pm 0,144$ балла (см. табл. 1). Отличие в 0,13 балла несущественно ($t_{\text{факт}} = 0,61$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Оценка сопряженности факторов также указала на отсутствие достоверной связи ($\chi^2_{\text{факт}} = 8,27$; $\chi^2_{\text{ст}} = 9,49$). Значения коэффициентов Пирсона (0,12) и Чупрова (0,09) незначительны и при оценке по χ^2 несущественны. Разность значений индекса Шеннона (см. табл. 1) равна 0,12 и несущественна ($t_{\text{факт}} = 1,7$; $t_{\text{ст}} = 1,96$).

У этого признака индексы разнообразия изменялись от 5,15 до 6,20 %, что меньше критического значения 10 %. Это подтверждает отсутствие различий в разнообразии вкуса ядра орехов лещины, произрастающих в разных формациях (табл. 8). Несмотря на достоверное отличие значений коэффициентов вариации (см. табл. 1) в 2,7 % ($t_{\text{факт}} = 2,14$; $t_{\text{ст}} = 1,96$) доля орехов с ядром, имеющем высокое вкусовое качество (хороший – очень хороший), примерно одинакова: на участках произрастания лещины вместе с дубом – 73 %, с пихтой – 72 % (табл. 8).

Таблица 8

Распределение орехов лещины по вкусу ядра, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Вкус ядра, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Очень плохой с привкусом горечи, гнили	0,013 / 0	3,00	2,375 / 2,228	0,032 / 0
Плохой с привкусом горечи	0,067 / 0,040	6,00	4,750 / 4,456	0,320 / 0,178
Посредственный	0,189 / 0,243	9,00	7,125 / 6,684	1,343 / 1,621
Хороший	0,441 / 0,425	12,00	9,500 / 8,911	4,190 / 3,790
Очень хороший, сладковатый	0,290 / 0,292	15,00	11,875 / 11,139	3,439 / 3,257
<i>Среднее</i>	–	–	7,125 / 6,684	1,865 / 1,769

Выход ядра. Значение коэффициента вариации (см. табл. 1) в пихтовой формации достоверно выше на 11,81 % ($t_{\text{факт}} = 2,97$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Оценка по остальным методам указала на противоположную тенденцию. Так, в процентном выражении выход ядра у орехов лещины в дубовой формации составил $36,01 \pm 0,114$ %, в пихтовой – $34,06 \pm 0,092$ %. Отличие существенно ($t_{\text{факт}} = 5,29$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Балльная оценка содержания ядра у орехов лещины выше в выборке из дубовой формации – $3,13 \pm 0,114$ балла, в пихтовой – $2,15 \pm 0,095$ балла (см. табл. 1). Отличие в 0,98 балла существенно ($t_{\text{факт}} = 6,74$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Оценка по значениям χ^2 подтвердила гипотезу ($\chi^2_{\text{факт}} = 66,7$; $\chi^2_{\text{ст}} = 9,49$). Значения коэффициентов Пирсона (0,32) и Чупрова (0,25) указали на наличие относительно небольшой по силе связи.

Таблица 9

Распределение орехов лещины по выходу ядра, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Выход ядра, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Очень низкий	0,401 / 0,721	1,33	1,033 / 0,728	0,414 / 0,525
Низкий	0,343 / 0,169	1,39	1,079 / 0,761	0,371 / 0,129
Средний	0,195 / 0,066	4,72	3,665 / 2,585	0,716 / 0,172
Высокий	0,051 / 0,027	6,67	5,179 / 3,653	0,262 / 0,097
Очень высокий	0,010 / 0,020	6,67	5,179 / 3,653	0,052 / 0,061
<i>Среднее</i>	–	–	3,227 / 2,276	0,363 / 0,197

Отличие разнообразия по значениям индекса Шеннона на участках с преимущественным распространением дуба и пихты составило 0,53 (см. табл. 1) и достоверно ($t_{\text{факт}} = 5,56$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Фактические разности индекса разнообразия 29,47...45,73 % выше 10 % и также указывают на достоверное превышение разнообразия по выходу ядра у лещины, произрастающей под пологом дуба (табл. 9), где доля орехов с выходом ядра средний – очень высокий составила 26 %, а в пихте – 11 %.

Общий балл качества плодов. Показатель определяет ценность плодов с учетом величины и значимости хозяйственно-ценных признаков качества орехов лещины [3, 17]. В данном случае он является одним из показателей разнообразия орехов лещины, а не результирующим. Его среднее балльное значение было несколько выше (на 5,12 %) у лещины, произрастающей в дубовой формации (см. табл. 1). Отличие в 1,95 балла существенно ($t_{\text{факт}} = 5,29$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). По значению коэффициента вариации разнообразие здесь достоверно выше – на 1,85 % ($t_{\text{факт}} = 2,51$; $t_{\text{ст}} = 1,96$). Оценка сопряженности по χ^2 в связи с ограничениями для вычислений не производилась [18]. Индекс Шеннона в обоих случаях имел одинаковое значение – 1,15.

У признака разница по *IRRR* составляет 1,49 %, по *IRRRD* – 6,46 %, что указывает на отсутствие отличия разнообразия показателя в разных формациях (табл. 10).

Таблица 10

Распределение орехов лещины по общему баллу качества плодов, значения индексов разнообразия в дубовой / пихтовой формациях

Общий балл качества плодов, градация	Доля	Ранг градации	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>
Некачественные	0,007 / 0,010	22,9	13,333 / 13,134	0,090 / 0,131
Низкокачественные	0,253 / 0,389	23,0	13,391 / 13,191	3,382 / 5,127
Рядовые	0,684 / 0,585	33,0	19,213 / 18,926	13,067 / 11,067
Качественные	0,057 / 0,017	43,0	25,035 / 24,662	1,352 / 0,410
<i>Среднее</i>	–	–	17,743 / 17,478	4,473 / 4,184

Разнообразие по комплексу хозяйственно-ценных признаков орехов. Оцененное по различным методикам разнообразие орехов лещины, произрастающей в различных формациях, в некоторых случаях дало противоречивые результаты (табл. 11).

По методу с использованием χ^2 в 6 из 6 случаев (3 не определялись в связи с ограничениями применения метода) доказано различие между показателями, при низкой – средней связи с условиями формирования выборки. С учетом этого возможно допустить наличие различий в изменчивости плодов в формациях дуба и пихты.

По значениям индекса Шеннона, коэффициентам вариации можно выделить формацию, отличающуюся большим разнообразием, если сделать допущение, что в одной из них число превышений по отдельным показателям больше, чем в другой. Согласно данным табл. 11, по 6 показателям из 9 индекс Шеннона (по трем отличия отсутствовали; коэффициент вариации – 2 противоположных вывода; 1 – отсутствие отличия) имел большее значение в формации дуба.

Таблица 11

**Оценка разнообразия показателей орехов лещины в дубовой / пихтовой
формациях по различным методикам (при $\alpha = 0,05$)**

Показатель	Индекс Шеннона	<i>IRRR</i>	<i>IRRRD</i>	Коэффициент вариации	χ^2
Цвет скорлупы	H_0	H_0	H_0	H_0	H_0
Масса ореха	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	H_1
Крепость скорлупы	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	Не определялся
Неразрушаемость ядра	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	Не определялся
Масса ядра	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	H_1
Наличие шелухи на ядре	1 / 0	1 / 0	1 / 0	0 / 1	H_1
Вкус ядра	H_0	H_0	H_0	1 / 0	H_0
Выход ядра	1 / 0	1 / 0	1 / 0	0 / 1	H_1
Общий балл	H_0	H_0	H_0	1 / 0	Не определялся

Примечание. 1 – разнообразие достоверно и больше; 0 – разнообразие достоверно и меньше; H_0 – различие недостоверно; H_1 – различие достоверно.

Индексы разнообразия, в отличие от предыдущих, позволяют выполнить оценку разнообразия как по отдельным признакам, так и по их совокупности [3, 16]. В дубовой формации определено среднее значение для *IRRR* – 4,14, *IRRRD* – 1,02, в пихтовой – 3,59 и 0,85 соответственно. Различие по *IRRR* составило 13,24 %, по *IRRRD* – 16,17 %, что в обоих случаях превышает критическое значение 10 %.

На основании этого можно сделать вывод о том, что под пологом дубовых насаждений, произрастающих в более мягких климатических условиях, на более плодородных почвах, у лещины наблюдается большее разнообразие плодов по хозяйственно-ценным признакам. При этом в обеих формациях имеются орехи с аналогичными признаками, но частота их встречаемости различна (см. табл. 2–10).

Необходимо отметить, что при сравнении методик (табл. 11) вывод о большем разнообразии отдельных показателей плодов лещины в конкретной формации совпадает следующим образом. Индекс Шеннона с *IRRR* и *IRRRD* в 9 случаях из 9, с коэффициентом вариации – в 5 случаях, с выводами по χ^2 о наличии различий – в 6 из 6 случаев.

Прогноз встречаемости форм лещины в формациях дуба и пихты. Для научной и практической деятельности важным является прогноз наличия и частоты встречаемости особей с отдельными или комплексом признаков в естественных популяциях. Одной из методологических основ, позволяющих выполнить его, является закон параллелизма. Согласно ему, наличие отдельных признаков у вида предполагает наличие у него особей с такими признаками [15]. Выполненная на этой основе оценка частот и встречаемости форм по наличию отдельных признаков у ореха грецкого [14] указала на значительную корреляцию показателей ($r = 0,94$).

Базируясь на данных принципах составлен прогноз встречаемости форм лещины с различными признаками орехов в дубовой (Д) и пихтовой (Пх) формациях (табл. 12).

Таблица 12

**Прогноз встречаемости форм лещины с различными признаками,
произрастающей в дубовых и пихтовых формациях**

Показатель	Очень часто (25 % и более)	Часто (24,9...10 %)	Нечасто (9,9...1 %)	Редко (0,99...0,5 %)
Цвет скорлупы	Темные, матовые тона (Д, Пх); тона средней интенсивности (Д, Пх)	Светлые тона, блестящие (Пх)	Темные тона, землистого оттенка (Д, Пх); светлые тона, блестящие (Д)	–
Масса ореха	Очень мелкие (Д, Пх); мелкие (Д)	Мелкие (Пх); средние (Д)	Средние (Пх); крупные (Д, Пх)	–
Крепость скорлупы	Раскалывается со средним усилием (Д, Пх)	Раскалывается с трудом (Д, Пх); раскалывается легко (Д, Пх)	Раскалывается при большом усилии (Д, Пх)	–
Наличие шелухи на ядре	Ядро средне покрыто шелухой (Д, Пх); ядро слабо покрыто шелухой (Д, Пх)	Ядро без шелухи (Д)	Ядро сильно покрыто шелухой (Д, Пх); ядро без шелухи (Пх)	–
Неразрушаемость ядра	Ядро цельное (Д, Пх)	–	Ядро с отколовшимися средними кусками (Д, Пх); ядро с отколовшимися небольшими кусочками (Д)	Ядро с отколовшимися небольшими кусочками (Пх)
Масса ядра	Очень мелкие (Д, Пх); мелкие (Д)	Мелкие (Пх)	Средние (Д, Пх); крупные (Д)	Крупные (Пх)
Вкус ядра	Хороший (Д, Пх); очень хороший, сладковатый (Д, Пх)	Посредственный (Д, Пх)	Плохой с привкусом горечи (Д, Пх); очень плохой с привкусом горечи, гнили (Д)	–
Выход ядра	Очень низкий (Д, Пх); низкий (Д)	Низкий (Пх); средний (Д)	Средний (Пх); высокий (Д, Пх); очень высокий (Д, Пх)	–
Общий балл качества орехов	Низкокачественные (Д, Пх); рядовые (Д, Пх)	–	Качественные (Д, Пх); некачественные (Пх)	Некачественные (Д)

Встречаемость наиболее ценных в хозяйственном отношении особей прогнозируется с различной частотой. Так, по цвету скорлупы, массе ореха, наличию шелухи на ядре – часто–нечасто; по крепости скорлупы – часто; по неразрушаемости, вкусу ядра – очень часто; по массе ядра – нечасто, редко; по выходу ядра, общему баллу качества плодов – нечасто.

Данные, представленные в табл. 12, указывают на прогнозируемое наличие и частоту встречаемости форм лещины с конкретными признаками плодов. При этом после их выделения, например для целей селекции, обязательной является проверка на генетическую обусловленность признака [22].

Выводы

1. У лещины в дубовой и пихтовой формациях имеются орехи с аналогичными признаками, но частота их встречаемости может отличаться.

2. В балльном выражении растения лещины, произрастающие в дубовой формации, имеют достоверно большие значения по массе ореха, наличию шелухи, массе и выходу ядра, общей ценности плодов. Неразрушаемость ядра у орехов лещины в пихтовой формации выше, чем в дубовой. Отличия несущественны по цвету, крепости скорлупы и выходу ядра.

3. У лещины под пологом дубовых насаждений наблюдается большее разнообразие плодов по массе орехов, крепости скорлупы, наличию шелухи, неразрушаемости, массе и выходу ядра. По цвету скорлупы, вкусу и общей балльной оценке различий разнообразия в формациях не установлено.

4. При оценке по различным методикам выводы о разнообразии показателей плодов лещины в конкретных условиях совпали полностью между индексом Шеннона, *IRRR*, *IRRRD* и χ^2 .

5. Разнообразие орехов у лещины обыкновенной, произрастающей в составе дубовой формации, выше по сравнению с особями из пихтовой формации.

6. Наличие особей с ценными признаками плодов прогнозируется в обеих формациях.

7. Встречаемость наиболее ценных в хозяйственном отношении особей в формациях прогнозируется с различной частотой. Так, по цвету скорлупы, массе ореха, наличию шелухи на ядре – часто–нечасто; по крепости скорлупы – часто; по неразрушаемости, вкусу ядра – очень часто; по массе ядра – нечасто, редко; по выходу ядра, общему баллу качества плодов – нечасто.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Байрамова Д.Б. Генофонд орехоплодных культур в Азербайджане // Плодоводство. 2014. Т. 26. С. 389–393. [Bayramova D.B. The Gene Pool of Nut Crops in Azerbaijan. *Plodovodstvo*, 2014, vol. 26, pp. 389–393].

2. Баканов А.И. Количественные методы экологии и гидробиологии // Сб. науч. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова / Отв. ред. чл.-кор. РАН Розенберг Г.С. Тольятти: ИЦ РАН, 2005. 404 с. [Bakanov A.I. Quantitative Methods of Ecology and Hydrobiology. *Collection of Scientific Papers Dedicated to the Memory of A.I. Bakanov*. Togliatti, SC RAS Publ., 2005. 404 p.].

3. Биганова С.Г., Сухоруких Ю.И. Модели для оценки биоразнообразия на основе относительной энтропии: свидетельство о регистрации базы данных RUS 2019620438 от 20.03.2019. [Biganova S.G., Sukhorukikh Yu.I. *Models for the Assessment of Biodiversity on the Basis of Relative Entropy*. Certificate of Registration of the Database RF no. RUS 2019620438, 2019].

4. Биганова С.Г., Сухоруких Ю.И., Пчихачев Э.К., Фомичева Е.О. Некоторые программные и методические аспекты селекции лещины (фундука) на Западном Кавказе // Новые технологии. 2016. Вып. 4. С. 103–109. [Biganova S.G., Sukhorukikh Yu.I., Pchihachev E.K., Fomicheva C.O. Some Program and Methodical Aspects of Hazelnut Selection in the Western Caucasus. *Novye tehnologii* [New Technologies], 2016, no. 4, pp. 103–109].

5. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. Т. 1: Общая селекция растений М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. 1043 с. [Vavilov N.I. *The Theoretical Basis of Plant Breeding*. Vol. 1. General Plant Breeding. Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1935. 1043 p.].

6. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. 512 с. [Kulaichev A.P. *Methods and Tools for Integrated Data Analysis*. Moscow, FORUM: INFRA-M Publ., 2006. 512 p.]

7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с. [Lakin G.F. *Biometrics*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 352 p.]

8. Макаров Ю.И. Особенности роста и развития ели обыкновенной под влиянием внутривидового полиморфизма // Изв. вузов. Лесн. журн. 2016. № 3. С. 87–97. [Makarov Yu.I. Fir Spruce Growth and Development under the Influence of Intraspecific Polymorphism. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2016, no. 3, pp. 87–97]. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2016.3.87](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.3.87), URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/e9b/makarov.pdf>

9. Махно В.Г., Чепурной В.С. Расширение ареала возделывания фундука в нетрадиционные регионы Российской Федерации // Инновационные технологии в современном садоводстве. Краснодар: Кубан. гос. аграр. ун-т, 2014. С. 109–125. [Makhno V.G., Chepurnoy V.S. Expansion of the Cultivation Range of Hazelnuts in Non-Traditional Regions of the Russian Federation. *Innovative Technologies in Modern Gardening*. Krasnodar, KubSAU Publ., 2014, pp. 109–125].

10. Пленкина Г.А., Фирсова С.В., Софронов А.П. Продуктивность нетрадиционных садовых культур в условиях Кировской области // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 4(53). С. 26–32. [Plenkina G.A., Firsova S.V., Sofronov A.P. Productivity of Non-Traditional Horticultural Crops in Kirov Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East], 2016, no. 4(53), pp. 26–32]. DOI: [10.30766/2072-9081.2016.53.4.26-32](https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.53.4.26-32)

11. Попов Г.Д., Черенкова Т.А. Биоразнообразие лещины – основной источник селекции // Интродукция нетрадиционных и редких растений. Т. 1: Плодовые, ягодные, редкие и нетрадиционные садовые культуры / Всерос. НИИ садоводства им. И.В. Мичурин. Воронеж: Кварта, 2008. С. 182–183. [Popov G.D., Cherenkova T.A. Hazel Biodiversity – the Main Source of Breeding. *Introduction of Unusual and Rare Plants*. Vol. 1. Fruit, Berry, Rare and Unusual Garden Crops. All-Russian Research Institute of Horticulture named after I.V. Michurin. Voronezh, Kvarata Publ., 2008, pp. 182–183].

12. Семенютин А.В., Свинцов И.П., Кулик К.Н., Петров В.И. Научные основы интродукции древесных видов методом родовых комплексов для обогащения дендрофлоры многофункциональных лесомелиоративных насаждений // Междунар. науч. шк. «Парадигма»: сб. науч. ст. Т. 8: Биология. Химия. Земеделие. Варна: ЦНИИ «Парадигма», 2015. С. 167–189. [Semenyutina A.V., Svintsov I.P., Kulik K.N., Petrov V.I. Scientific Basis for the Introduction of Woody Species by Generic Complexes to Enrich Dendroflora Multipurpose Agroforestry Plantations. *International Scientific School "Paradigm": Collection of Academic Papers*. Vol. 8: Biology. Chemistry. Agriculture. Varna, Paradigma Publ., 2015, pp. 167–189].

13. Софронов А.П. Хозяйственная оценка орехов лещины обыкновенной в Кировской области // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика. Киров: Вятск. гос. с.-х. акад., 2014. С. 193–195. [Sofronov A.P. Economic Valuation of Common Hazelnuts in Kirov Region. *Current Issues of Agrarian Science: Theory and Practice*. Kirov, VGSHA Publ., 2014, pp. 193–195].

14. Сухоруких Ю.И. Избранные труды. Кн. 2: Орехоплодные. Майкоп: Качество, 2008. 396 с. [Sukhorukikh Yu.I. *Selected Papers*. Book 2: Nut Plants. Maikop, Kachestvo Publ., 2008. 396 p.]

15. Сухоруких Ю.И. Закон параллелизма как дополнение к закону гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова // Вестн. Майкоп. гос. технол. ун-та. 2010. Вып. № 2. С. 19–23. [Sukhorukikh Yu.I. Parallelism Law as a Supplement to the Law of Homologous Series in the N.I. Vavilov's Hereditary Variation. *Vestnik Maykopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Maikop State Technological University], 2010, iss. 2, pp. 19–23].

16. Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г. Изучение изменчивости скорлупы орехов лещины с использованием относительной энтропии // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы Междунар. науч.-практ. конф. М.: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. С. 329–333. [Sukhorukikh Yu.I., Biganova S.G. Study on Diversity of Walnut Shell with the Use of Relative Entropy. *Agroecology, Reclamation and Protective Forestation: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Moscow, FSC Agroecology RAS Publ., 2018, pp. 329–333].
17. Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г., Уджуху М.И., Орлов Б.П., Трушева Н.А., Черноштанов Н.А. Лесные плодовые виды Северо-Западного Кавказа. Майкоп: Качество, 2010. 192 с. [Sukhorukikh Yu.I., Biganova S.G., Udzhukhu M.I., Orlov B.P., Trusheva N.A., Chernoshchanov N.A. *Forest Fruit Species of the North-Western Caucasus*. Майкоп, Kachestvo Publ., 2010. 192 p.].
18. Терентьев П.В., Ростова Н.С. Практикум по биометрии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. 152 с. [Terent'yev P.V., Rostova N.S. *Workshop on Biometrics*. Leningrad, LGU Publ., 1977. 152 p.].
19. Тимофеев Т.И., Муратов В.А. Пищевые продукты и биологически активные добавки из орехов фундука современных сортов. Краснодар: КубГАУ, 2017. 175 с. [Timofeyenko T.I., Muratov V.A. *Food Products and Dietary Supplements Made of Hazelnuts of Modern Cultivars*. Krasnodar, KubSAU Publ., 2017. 175 p.].
20. Хасаяева З.Б., Асадулаев З.М., Залибеков М.Д. Внутрипопуляционная изменчивость морфологических признаков плодов *Corylus colurna* L. в Дагестане // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: XII съезд Рус. ботан. о-ва. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2008. Ч. 1. С. 86–88. [Khasayeva Z.B., Asadulayev Z.M., Zalibekov M.D. The Intrapopulation Variability of the Morphological Features of *Corylus colurna* L. Fruits in Dagestan. *Fundamental and Applied Problems of Botany at the Beginning of the 21st Century: The 12th Meeting of the Russian Botanical Society*. Petrozavodsk, KRC RAN Publ., 2008, part 1, pp. 86–88].
21. Хужахметова А.Ш., Семенютин А.В. Перспективы возделывания фундука в защитных лесонасаждениях // Земледелие. 2008. № 6. С. 16–17. [Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina A.V. Prospects for Cultivation of Hazelnuts in Protective Forests. *Zemledelie*, 2008, no. 6, pp. 16–17].
22. Царев А.П., Погиба С.П., Лаур Н.В. Селекция лесных и декоративных древесных растений. М.: МГУЛ, 2014. 552 с. [Tsarev A.P., Pogiba S.P., Laur N.V. *Selection of Forest and Ornamental Woody Plants*. Moscow, MGUL Publ., 2014. 552 p.].
23. Щеглов Н.И., Щеглов С.Н., Кассанелли Д.П. Изменчивость морфологических признаков в природной популяции лещины обыкновенной (*Corylus avelana* L.) // Тр. КубГАУ. 2013. № 41. С. 112–114. [Shcheglov N.I., Shcheglov S.N., Kassanelly D.P. Variability of Morphological Signs in Natural Population of Hazel (*Corylus avelana* L.). *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University], 2013, no. 41, pp. 112–114].
24. Щепотьев Ф.Л., Чебанов В.И., Образцов В.М., Кругликов И.В., Блашников Г.Т. Программа и методика селекции и сортоизучения орехоплодных культур. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1976. 81 с. [Shchepot'yev F.L., Chebanov V.I., Obratsov V.M., Kruglikov I.V., Blashnikov G.T. *Program and Methodology of Breeding and Sorting out Nut Crops*. Voronezh, TSNIILGiS Publ., 1976. 81 p.].
25. Aydoğan M., Demiryürek K., Abacı N.İ. World Hazelnut Trade Networks. *Acta Horticulturae*, 2018, vol. 1226, pp. 429–436. DOI: [10.17660/ActaHortic.2018.1226.65](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.65)
26. Blagoeva E., Nikolova M. Chemical Composition of Selected Hazelnut Cultivars. *Rastenievudni Nauki* [Plant science], 2009, vol. 46, no. 1, pp. 85–88.
27. Blagoeva E., Nikolova M., Kuzmanova I., Denev R., Panayotova S., Marekov I., Momchilova S. Fat Content and Fatty Acid Composition of Walnuts and Hazelnuts, Grown in Bulgaria. *Rastenievudni Nauki* [Plant science], 2011, vol. 48, no. 1, pp. 111–114.

28. Boccacci P., Botta R., Rovira M. Genetic Diversity of Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Germplasm in Northeastern Spain. *HortScience*, 2008, vol. 43, iss. 3, pp. 667–672. DOI: [10.21273/HORTSCI.43.3.667](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.667)
29. Contini M., Baccelloni S., Massantini R., Anelli G. Extraction of Natural Antioxidants from Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Shell and Skin Wastes by Long Maceration at Room Temperature. *Food Chemistry*, 2008, vol. 110, iss. 3, pp. 659–669. DOI: [10.1016/j.foodchem.2008.02.060](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.060)
30. Ercisli S., Ozturk I., Kara M., Kalkan F., Seker H., Duyar O., Erturk Y. Physical Properties of Hazelnuts. *International Agrophysics*, 2011, vol. 25, no. 2, pp. 115–121.
31. Hutcheson K. A Test for Comparing Diversities Based on the Shannon Formula. *Journal of Theoretical Biology*, 1970, vol. 29, iss. 1, pp. 151–154. DOI: [10.1016/0022-5193\(70\)90124-4](https://doi.org/10.1016/0022-5193(70)90124-4)
32. Korac M., Cerovic S., Golosin B., Korac J., Ninic-Todorovic J., Almasi R., Balaz J. *Leska*. Novi Sad, Technosoft, 2000, pp. 90–93.
33. Mitrovic M., Miletic R., Lukic M. Pomo-Technological Properties of Introduced Hazelnut Cultivars. *Journal of Pomology*, 2009, vol. 43, iss. 165–166, pp. 53–56.
34. Muehlbauer M., Molnar Th. Hazelnuts, a Potential New Crop for the Northeast: An Update on the Rutgers University Breeding Program. *Fruit Notes*, 2014, vol. 79, no. 4, pp. 1–3.
35. Nikolova M. Significance, Status, Problems and Perspectives of Development of the Hazelnut in the World and in Bulgaria. *Selskostopanska Nauka* [Agricultural Science], 2007, vol. 40, no. 5, pp. 29–33.
36. Nikolova M. Phenological Traits and Reproductive Characteristics of Grafted Hazelnut Trees. *Rastenievudni Nauki* [Plant science], 2009, vol. 46, no. 1, pp. 81–84.
37. Pourbabaei H., Adel M.N. Plant Ecological Groups and Soil Properties of Common Hazel (*Corylus avellana* L.) Stand in Safagashteh Forest, North of Iran. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 2015, vol. 57, iss. 4, pp. 245–250. DOI: [10.1515/ffp-2015-0026](https://doi.org/10.1515/ffp-2015-0026)
38. Song X.J., Sun X.J., Peng X.X., Cristofori V., Bacchetta L. Wu Z.X. Italian-Chinese Cooperation for a Fruitful Management and Utilization of Hazelnut (*Corylus* spp.) Genetic Resources. *Acta Horticulturae*, 2018, vol. 1226, pp. 109–114 DOI: [10.17660/ActaHortic.2018.1226.15](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.15)
39. Veriankaitė L., Šaulienė I., Bukantis A. The Modelling of Climate Change Influence on Plant Flowering Shift in Lithuania. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2010, vol. 97, no. 1, pp. 41–48.

DIVERSITY OF COMMON HAZELNUTS (*Corylus avellana* L.) AND OCCURRENCE FORECAST OF ITS FORMS IN THE NORTH-WESTERN CAUCASUS

S.G. Biganova¹, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [E-3358-2018](https://orcid.org/0000-0002-0581-3612),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612>

Yu.I. Sukhorukikh¹, Doctor of Agriculture, Prof.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>

K.N. Kulik², Doctor of Agriculture, Prof., Acad. of RAS; ResearcherID: [U-4690-2017](https://orcid.org/0000-0001-7124-8116),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>

A.K. Kulik², Candidate of Agriculture; ResearcherID: [W-4034-2018](https://orcid.org/0000-0001-5927-7336),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-7336>

¹Maykop State Technological University, ul. Pervomayskaya, 191, Maykop, Republic of Adygeya, 385000, Russian Federation; e-mail: svetlanabiganowa@yandex.ru, drsuchor@rambler.ru

²Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Forests, RAS, prosp. Universitetskii, 97, Volgograd, 400062, Russian Federation;
e-mail: kulikkn@yandex.ru

One of the most significant issues in common hazelnut biology and selection is the diversity (polymorphism) assessment of its fruits and the occurrence prediction of its forms with economically valuable features in natural populations, which are the source of the most valuable gene pool of the species. The research purpose is to identify the hazelnut diversity and to predict the occurrence of its forms in natural oak and fir forest formations of the studied region. For analysis, one nut was randomly selected from each plant of oak (297 pcs.) and fir (301 pcs.) forest formations. We studied the main economically valuable parameters of hazelnuts: kernel weight and yield, nut weight, fruit quality total score, nutshell strength and color, taste, indestructibility and presence of husk on a kernel. The significance of differences in entropy, its dispersion and degree of freedom, diversity by the Shannon index, variation coefficients, χ^2 values, Pearson and Chuprov coefficients were determined by known methods. The index of distributed rank diversity (*IRRR*) was calculated from the ratio of the sum of the products of the relative entropy of a feature by its rank to the number of scales of this feature. The index of distributed rank diversity including share (*IRRRD*) for a single feature was defined as the product of the *IRRR* by the share of the feature of the corresponding scale. The forecast of the presence of hazelnut forms is made according to the law of parallelism. It was found that hazel has nuts with similar features in oak and fir forest formations. The conclusions on a greater variety of parameters of hazel fruits, growing in the composition of oak forest formation, in comparison with fir forest formation coincided completely with the Shannon index, *IRRR*, *IRRRD* and χ^2 . The occurrence of the most economically valuable forms in forest formations is predicted with varying frequency.

For citation: Biganova S.G., Sukhorukikh Yu.I., Kulik K.N., Kulik A.K. Diversity of Common Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) and Occurrence Forecast of Its Forms in the North-Western Caucasus. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 3, pp. 55–71. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-55-71

Keywords: common hazel, nuts, economically valuable indicators, diversity, Shannon index, coefficient of variation, index of distributed rank diversity, index of distributed rank diversity including share, diversity of forms, occurrence forecast.

Поступила 11.06.19 / Received on June 11, 2019
