



УДК 674.09+674.093

## МОРФОЛОГІЧНА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИХ ЗА ВИСОТОЮ НАД РІВНЕМ МОРЯ ПОПУЛЯЦІЙ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) У БОСНІЇ ТА ГЕРЦЕГОВИНИ

Д. Балліан<sup>1</sup>, М. Мемішевіч<sup>2</sup>, Ф. Богуніч<sup>1</sup>, Т. Парпан<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Університет м. Сараєво, Сараєво 71000, вул. Загребська, 20, Боснія та Герцеговина

<sup>2</sup>Лісове підприємство Шуме, вул. Тітова, 7, Сараєво 71000, Боснія та Герцеговина

<sup>3</sup>Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва  
вул. Грушевського, 31, Івано-Франківськ 76018, Україна  
e-mail: [tarasparpan@gmail.com](mailto:tarasparpan@gmail.com)

У представленому дослідженні виявлена висотна диференціація 44 природних популяцій дуба звичайного в Боснії та Герцеговині, що зростають на висоті від 82 до 860 м над рівнем моря. Аналіз морфологічних відмінностей проведено на основі десяти вимірних і двох похідних ознак листків, а популяції розподілені на сім груп залежно від висоти зростання. Метою дослідження було визначення статистично важливих відмінностей між популяціями, а також встановлення особливостей висотної диференціації як важливої складової для їх збереження та використання. Для аналізу застосовували фундаментальні статистичні методи з основними кількісними параметрами, а також дискримінантний аналіз для визначення висотних диференціацій у популяціях дуба звичайного. Отримані результати вказують на суттєву статистичну міжпопуляційну та внутрішньопопуляційну неоднаковість. Відмінність, пов'язана з висотою над рівнем моря, виявилася менш вираженою порівняно з мікрокліматичними факторами. Ці показники будуть враховуватися під час формулювання керівних принципів належного управління та відновлення дубових лісів і їхньої інтродукції в передгірні та гірські регіони, а цей експеримент є важливим для подальшого відновлення та збереження дуба звичайного, використовуючи методи *in situ* та *ex situ*.

**Ключові слова:** дуб звичайний, морфологія листків, морфологічна варіабельність, диференціація популяцій за висотою над рівнем моря.

### ВСТУП

Дуб звичайний є одним із найцінніших деревних видів у Європі, займаючи природний ареал від Іспанії до Уралу [8] і зростаючи в найрізноманітніших екологічних умовах [4]. Перші дані про поширення дуба звичайного в Боснії та Герцеговині згадувалися ще в 1907 р. [3]. Під час огляду дендрофлори Боснії та Герцеговини у 1959 р. Фукарек [13] запропонував внутрішньовидову класифікацію *Quercus robur* L., яка

належить до таких таксонів: var. *robur*, var. *cuneifolia* (Vukot.) Beck., var. *australis* (Heuff.) Simk., var. *latiloba* Lasch, var. *crassiuscula* Borbas та var. *fastigiata* (Lam.) Sprach. Багато років по тому Жанич [14] описав велику кількість внутрішньовидових форм дуба. Натомість Фукарек [13] та Шіліч [21] вказують лише на два підвиди дуба звичайного *Quercus robur* L. у внутрішніх районах Динар і регіоні долини Сава разом з *Quercus pedunculiflora* K. Koch. на півдні країни Герцеговини. Бузотті та Гроссоні [7] згадують про різновиди дуба в середземноморському регіоні, наголошуючи на його незначній поширеності й майже цілковитому зникненні з південних регіонів Боснії та Герцеговини за останнє століття, де він є відомим як дуб звичайний прибережний. Загалом, крім дуба звичайного, до роду *Quercus* на території Боснії та Герцеговини належать такі види: дуб пухнастий (*Quercus pubescens* (Willd.)), дуб македонський (*Quercus trojana* Webb.) і дуб турецький (*Quercus cerris*) [3]. Така кількість видів і їхня популяційно-генетична різноманітність зумовлена відмінностями в умовах навколишнього середовища. На території країни виділяють чотири типи клімату: континентальний на півночі, помірно-континентальний у південному напрямку, альпійський у гірських районах та середземноморський і субсередземноморський у напрямку Адриатичного моря та його узбережжя [1, 13].

Дуб звичайний не формує значних за площею лісових угруповань у Боснії та Герцеговині. Це є результатом антропогенної діяльності впродовж останніх двох століть, що призвела до його екстенсивної фрагментації. До того ж він на сьогодні не є найважливішим в економічному сенсі видом [19, 20], але надзвичайно цінним у лісівничо-екологічному та ландшафтно-естетичному сенсі по всіх висотних рівнях зростання.

За даними аерофотозйомки, загальна площа лісів і вкритих лісом земель у Боснії та Герцеговині становить 2,5 млн га, з яких 1,1 млн га займає зімкнутий і високоповнотний ліс. Рідколісся та підлісок займають 841 тис. га, а на не покриту лісом площу припадає 530 тис. га [18]. До категорії високоповнотних лісів належать: чисті букові, чисті й мішані ялицеві та ялинові, мішані ялицеві, ялинові та букові ліси, а також ліси з участю сосни чорної, сосни звичайної, дуба скельного та інші зімкнуті ліси, включаючи також угруповання дуба звичайного. За цими даними, їхня площа становить 32 тис. га, з яких дуб звичайний займає приблизно 10 тис. га (31,7 %). За іншими джерелами, площа лісів дуба звичайного становить близько 30 тис. га [15].

Доступні рукописи свідчать [3, 6, 7, 15, 18, 19], що дуб звичайний займав значні площі на території Боснії та Герцеговини, а впродовж 80 років (з 1830 по 1912 роки) дубові ліси були вирубані. Близько 3,5 тис. стиглих дубів були зрубані для виготовлення французьких бочок, а з деревних пнів було отримано 375 тис. м<sup>3</sup> паливної деревини [5, 6]. Тому теперішні дубові насадження є здебільшого штучними [15].

Зменшення площ дуба звичайного є результатом не тільки численних антропогенних факторів, а й природної гібридизації з дубом скельним, що відбулася насамперед у гірських районах Боснії та Герцеговини. Це призвело до формування багатьох гібридних груп і проблем із визначенням та диференціацією цих видів, а також поступового зникнення популяцій дуба звичайного. Саме ці процеси мали вплив на суттєво виражені внутрішньопопуляційні та міжпопуляційні варіації насамперед між дубом черешчатим і дубом скельним [17]. За іншими даними, це призводить до значного поліморфізму та мінливості морфологічних ознак дуба

звичайного і появи інтрогресивної гібридизації, результатом чого є неповна репродуктивна ізоляція між видами роду *Quercus* L. [22]. За даними Жаніча [14], у регіоні Сараєво виявлено дві сформовані дубом черешчатим гібридні групи: *Q. × rosacea* Bechst. (= *Q. robur* × *Q. petraea*) і *Q. robur* L. × *Q. pubescens* Willd. Морфологічні дослідження листків дуба звичайного у Боснії та Герцеговині дотепер проводились не систематично, а тільки поодинокі [2].

Є чотири типи клімату: на півночі, у плоскій області континентальний; на півдні, клімат помірно-континентальний; у горах клімат типовий для гірських районів (альпійський) і субсередземноморський; у Середземномор'ї клімат в основному середземноморський. Змінюючи інші топографічні показники, можна зробити висновок, що тут є умови для дуже великої кількості рослин на рівні екосистем, видів, популяцій і окремих осіб.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вивчали внутрішньо- та міжпопуляційні відмінності конкретних морфологічних ознак у листків дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Збір гербарію проводили влітку та восени 2007 і 2008 рр. (на початку червня та початку жовтня) з кожної групи дерев насінневого походження (щонайменше з 10 особин), що підтверджувало природність популяцій. Матеріал відібраний зі 44 популяцій на території Боснії та Герцеговини (табл. 1, рис. 1).

Для визначення статистичних відмінностей між популяціями на різних висотних рівнях усі дані були розподілені на сім груп:

1. 0–100 м (21 популяція)
2. 101–200 м (18 популяцій)
3. 201–300 м (7 популяцій)
4. 401–500 м (7 популяцій)
5. 501–600 м (5 популяцій)
6. 601–700 м (3 популяції)
7. 701–900 м (4 популяції)

З кожного окремого дерева відбирали по 30 листків. А саме, з добре розвинених пагонів дорослих дерев, які розміщені на південну сторону крони та які зростають на узліссі й лісових полянах. Попередні дослідження довели, що такий матеріал є найпридатнішим для морфометричного аналізу і вдало репрезентує популяційні дослідження [1, 2]. Усі популяції належали до різних екологічних умов і фітоценозів та зростали в неоднакових геологічних умовах.

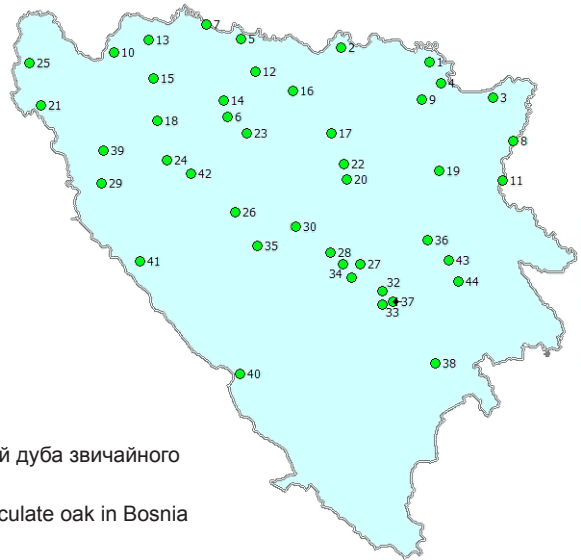
Листки висушували за стандартною гербарною процедурою (між аркушами газети), після чого проводили їх заміри.

Методологію заміру листків застосовував Й. Франіч [9–12], пізніше вона була модифікована Н. Базічем [2], Д. Балліаном та іншими дослідниками [1]. Морфометрію листків проводили за ознаками, представленими на рис. 2. Усіх їх позначали буквами від  $K_1$  до  $K_{12}$ :  $K_1$  – довжина листової пластинки (мм);  $K_2$  – довжина черешка (мм);  $K_3$  – відстань між найширшою частиною листка й основою листової пластини з правого боку;  $K_4$  – найбільша ширина правої половини листової пластини на рівні  $K_3$ ;  $K_5$  – найбільша ширина лівої частини листової пластини (мм);  $K_6$  – ширина листової поверхні між центральною виїмкою та головною жилкою листка;  $K_7$  – довжина між вушною раковиною та найширшою частиною листка з правого боку.

Таблиця 1. Досліджені популяції дуба звичайного у Боснії та Герцеговині

Table 1. Analyzed populations of pedunculate oak in Bosnia and Herzegovina

№	Місце дослідження (габітат)	Широта	Довгота	Висота над рівнем моря	Клас висоти
1	Orašje – Donji Žabari	45° 00' 17"	18° 37' 23"	82	1
2	B. Brod – Zborišta	45° 05' 27"	18° 00' 38"	84	1
3	Brezovo polje – Vrsani Brčko	44° 49' 26"	19° 03' 39"	84	1
4	Brčko – Brka	44° 53' 49"	18° 42' 17"	87	1
5	Gradiška – Lipnica	45° 07' 04"	17° 18' 63"	91	1
6	Bijeljina – Patkovača	44° 43' 50"	19° 13' 30"	93	1
7	Orahova	45° 11' 11"	17° 04' 25"	96	1
8	Janja – Glavicica	44° 36' 40"	19° 11' 55"	124	2
9	Srebrenik – Dubrave	44° 49' 06"	18° 34' 11"	133	2
10	Novi Grad (B. Novi)	45° 02' 29"	16° 26' 06"	136	2
11	Zvornik – Aluminij	44° 25' 01"	19° 07' 22"	141	2
12	Srbac	44° 57' 23"	17° 25' 14"	142	2
13	B. Dubica – Knežica	45° 06' 24"	16° 40' 32"	145	2
14	Zalužani	44° 48' 40"	17° 12' 03"	146	2
15	Prijedor – Rastavci	44° 54' 56"	16° 41' 86"	147	2
16	Prnjavor	44° 51' 49"	17° 40' 42"	151	2
17	Jelah	44° 39' 09"	17° 56' 46"	181	2
18	Sanski Most – Vrhpolje	44° 42' 31"	16° 44' 19"	190	2
19	Živinice – D. Dubrave	44° 27' 58"	18° 41' 09"	216	3
20	Žepče	44° 25' 35"	18° 03' 10"	224	3
21	Ripač	44° 46' 31"	15° 55' 55"	229	3
22	Šeher	44° 30' 09"	18° 02' 02"	230	3
23	Kotor Varoš	44° 39' 07"	17° 21' 35"	252	3
24	Ključ – Velečevo	44° 30' 56"	16° 48' 42"	260	3
25	Cazin – Mutnica	44° 58' 55"	15° 50' 54"	270	3
26	Vinac – Bila Voda	44° 15' 48"	17° 17' 08"	408	4
27	Visoko	44° 00' 38"	18° 08' 45"	413	4
28	Kačuni – Nezirovići	44° 03' 59"	17° 56' 13"	443	4
29	Drvar	44° 23' 39"	16° 21' 54"	462	4
30	Nević Polje	44° 11' 46"	17° 42' 11"	476	4
31	Kiseljak	43° 56' 30"	18° 04' 56"	477	4
32	Bojnik	43° 52' 41"	18° 17' 34"	489	4
33	Ilidža – Stojčevac	43° 48' 40"	18° 17' 25"	506	5
34	Brestovsko	44° 00' 29"	18° 01' 30"	508	5
35	Bugojno – Kopčić	44° 06' 00"	17° 26' 31"	537	5
36	Olovo – Luke	44° 07' 44"	18° 36' 11"	542	5
37	Lukavica	43° 49' 26"	18° 21' 58"	552	5
38	Miljevina	43° 31' 06"	18° 38' 56"	627	6
39	Bosanski Petrovac	44° 33' 20"	16° 22' 25"	672	6
40	Posušje	43° 27' 62"	17° 19' 42"	675	6
41	Livno – Crni Lug	44° 01' 05"	16° 38' 24"	703	7
42	Mrkonjić Grad – Žeravica	44° 27' 04"	16° 58' 42"	753	7
43	Knežina	44° 01' 40"	18° 44' 53"	759	7
44	Sokolac	43° 55' 17"	18° 48' 53"	866	7

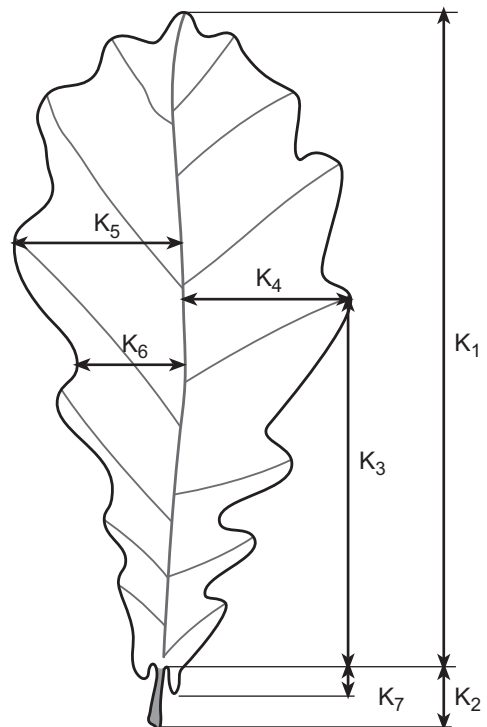


**Рис. 1.** Картохема досліджуваних популяцій дуба звичайного у Боснії та Герцеговині

**Fig. 1.** Map of analyzed populations of pedunculate oak in Bosnia and Herzegovina

Вторинними ознаками вважалися такі показники:  $K_8$  – загальна ширина листової пластини в мм ( $K_4 + K_5$ );  $K_9$  – загальна довжина листка в мм ( $K_1 + K_2$ );  $K_{10}$  – співвідношення між шириною та довжиною листка ( $K_8/K_1$ );  $K_{11}$  – середня довжина листових часток ( $K_1/K_2$ );  $K_{12}$  – кількість листових часток на правій стороні листка. Крім того, діленням ширини листової пластини на її довжину визначався т. зв. індекс LL (або коефіцієнт форми), до якого пізніше були додані такі вторинні морфологічні ознаки, як загальна ширина листової пластини та середня довжина вušних раковин. Деякі з заміряних ознак запозичені з методики Кремера та інших дослідників [16].

Статистичну обробку морфологічних даних проводили за допомогою програми SPSS 15.0 для програмного забезпечення Windows. Аналіз висотної диференціації проводили за допомогою: дисперсійного аналізу (ANOVA) кількісних групових ознак на основі висотних класів, дискримінантного аналізу кількісних групових ознак на основі висотних класів, тесту множинних діапазонів Дункана та дискримінантного аналізу з урахуванням середніх величин усіх аналізованих ознак у популяції.



**Рис. 2.** Біометричні особливості листків (за Й. Францічем [9–12])

**Fig. 2.** Measured leaf traits (J. Franjić [9–12])

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ

**Описова статистика.** У табл. 2 наводяться результати мінімальних, максимальних і середніх значень, а також стандартне відхилення усіх морфологічних ознак листків, а в табл. 3 – їхні міжгрупові, внутрішньогрупові, загальні відмінності та низка інших параметрів.

Таблиця 2. Описова статистика

Table 2. Descriptive Statistics

Ознаки	Мінімальні	Максимальні	Середні	Стандартне відхилення
$K_1$ – довжина листової пластини (мм)	54,40	150,30	82,2081	14,98432
$K_2$ – довжина черешка (мм)	0,00	14,80	3,9906	2,15276
$K_3$ – відстань між найширшою частиною листка та основою листової пластини з правого боку (мм)	19,20	97,00	49,2455	12,44351
$K_4$ – найбільша ширина правої половини листової пластини на рівні $K_3$ (мм)	11,10	54,00	24,5891	5,87526
$K_5$ – найбільша ширина лівої частини листової пластини на рівні $K_3$ (мм)	3,80	54,60	24,4465	5,95412
$K_6$ – ширина листової поверхні між центральною виїмкою та головною жилкою листка (мм)	0,00	31,60	9,9079	4,30176
$K_7$ – довжина між вушною раковиною та найширшою частиною листка з правого боку (мм)	0,00	6,80	1,2363	1,01051
$K_8$ – загальна ширина листової пластини в мм ( $K_4 + K_5$ )	58,90	153,90	86,1987	15,39622
$K_9$ – загальна довжина листка в мм ( $K_1 + K_2$ )	26,10	95,80	49,0356	10,49188
$K_{10}$ – співвідношення між шириною та довжиною листка ( $K_8/K_1$ )	0,40	0,90	0,6018	0,07071
$K_{11}$ – середня довжина листових часток ( $K_1/K_2$ )	8,00	49,10	17,6252	4,66230
$K_{12}$ – кількість листових часток на правому боці листка	2,00	8,00	4,8470	0,99944

**Дисперсійний аналіз груп популяцій за їхніми висотними рівнями.** Як зазначалося вище, дисперсійний аналіз класифікувався за висотою з урахуванням даних, які розділяли на відповідні групи. Результатами дослідження встановлено суттєві статистичні відмінності між цими групами по кожній з аналізованих ознак з рівнями значущості  $<0,05$  (ймовірність 95 %) і  $<0,01$  (ймовірність 99 %), що є свідченням наявності висотної диференціації популяцій дуба звичайного.

Висновки щодо можливого групування висотних класів як природних угруповань, так і штучних плантацій дуба звичайного, можуть бути отримані тільки після дискримінантного аналізу та множинного тестування популяцій у регіоні їхнього поширення.

Таблиця 3. Дисперсійний аналіз (ANOVA) по групах за висотою над рівнем моря  
 Table 3. Analysis of variance (ANOVA) in groups by altitude above sea level

Ознаки	Відмінності	Сума квадратів	Коефіцієнт форми для F-тесту	Середній квадрат	F-тест	Точність
K <sub>1</sub> – довжина листової пластини (мм)	Між групами	383126,6	6	63854,4	463,9	0,0
	Внутрішньогрупові	604580,4	4393	137,6		
	Загальні	987707,1	4399			
K <sub>2</sub> – довжина черешка (мм)	Між групами	655,1	6	109,1	24,3	0,0
	Внутрішньогрупові	19731,4	4393	4,4		
	Загальні	20386,5	4399			
K <sub>3</sub> – відстань між найширшою частиною листка та основою листової пластини з правого боку (мм)	Між групами	158883,4	6	26480,5	222,7	0,0
	Внутрішньогрупові	522261,5	4393	118,8		
	Загальні	681144,9	4399			
K <sub>4</sub> – найбільша ширина правої половини листової пластини на рівні K <sub>3</sub> (мм)	Між групами	36053,9	6	6008,9	227,9	0,0
	Внутрішньогрупові	115793,6	4393	26,3		
	Загальні	151847,5	4399			
K <sub>5</sub> – найбільша ширина лівої частини листової пластини на рівні K <sub>3</sub> (мм)	Між групами	39808,2	6	6634,7	250,9	0,0
	Внутрішньогрупові	116142,9	4393	26,4		
	Загальні	155951,1	4399			
K <sub>6</sub> – ширина листової поверхні між центральною виїмкою та головною жилкою листка (мм)	Між групами	8456,5	6	1409,4	84,8	0,0
	Внутрішньогрупові	72947,5	4393	16,6		
	Загальні	81404,0	4399			
K <sub>7</sub> – довжина між вушною раковиною та найширшою частиною листка з правого боку (мм)	Між групами	125,3	6	20,8	21,0	0,0
	Внутрішньогрупові	4366,6	4393	0,9		
	Загальні	4491,9	4399			
K <sub>8</sub> – загальна ширина листової пластини в мм (K <sub>4</sub> + K <sub>5</sub> )	Між групами	407189,2	6	67864,8	469,0	0,0
	Внутрішньогрупові	635564,8	4393	144,6		
	Загальні	1042754,1	4399			
K <sub>9</sub> – загальна довжина листка в мм (K <sub>1</sub> + K <sub>2</sub> )	Між групами	151325,8	6	25220,9	332,8	0,0
	Внутрішньогрупові	332913,6	4393	75,7		
	Загальні	484239,4	4399			
K <sub>10</sub> – співвідношення між шириною та довжиною листка (K <sub>8</sub> /K <sub>1</sub> )	Між групами	0,3	6	0,06	12,6	0,0
	Внутрішньогрупові	21,6	4393	0,0		
	Загальні	21,9	4399			
K <sub>11</sub> – середня довжина листових часток (K <sub>1</sub> /K <sub>2</sub> )	Між групами	12088,1	6	2014,6	105,9	0,0
	Внутрішньогрупові	83532,9	4393	19,0		
	Загальні	95621,1	4399			
K <sub>12</sub> – кількість листових часток на правому боці листка	Між групами	79,8	6	13,3	13,5	0,0
	Внутрішньогрупові	4314,2	4393	0,9		
	Загальні	4394,0	4399			

**Дискримінантний аналіз популяційних груп за висотами над рівнем моря по всіх заміряних ознаках.** Дискримінантним аналізом за висотами над рівнем моря, що базується на висотних класах, доведено наявність шести функцій з індивідуальними значеннями менше одиниці (табл. 4). Це свідчить, що статистично істотної дискримінації загальної будови на основі чітко встановлених функцій немає (рис. 3).

Таблиця 4. Дискримінантний аналіз груп за класами висот над рівнем моря  
Table 4. Discriminant analysis of groups by class of altitude above sea level

Функція	Власне значення	Середнє відхилення (%)	Сумарне значення (%)	Встановлена кореляція
1	0,684(a)	89,3	89,3	0,637
2	0,047(a)	6,1	95,5	0,212
3	0,020(a)	2,6	98,1	0,141
4	0,008(a)	1,1	99,2	0,092
5	0,004(a)	0,5	99,7	0,061
6	0,002(a)	0,3	100,0	0,048

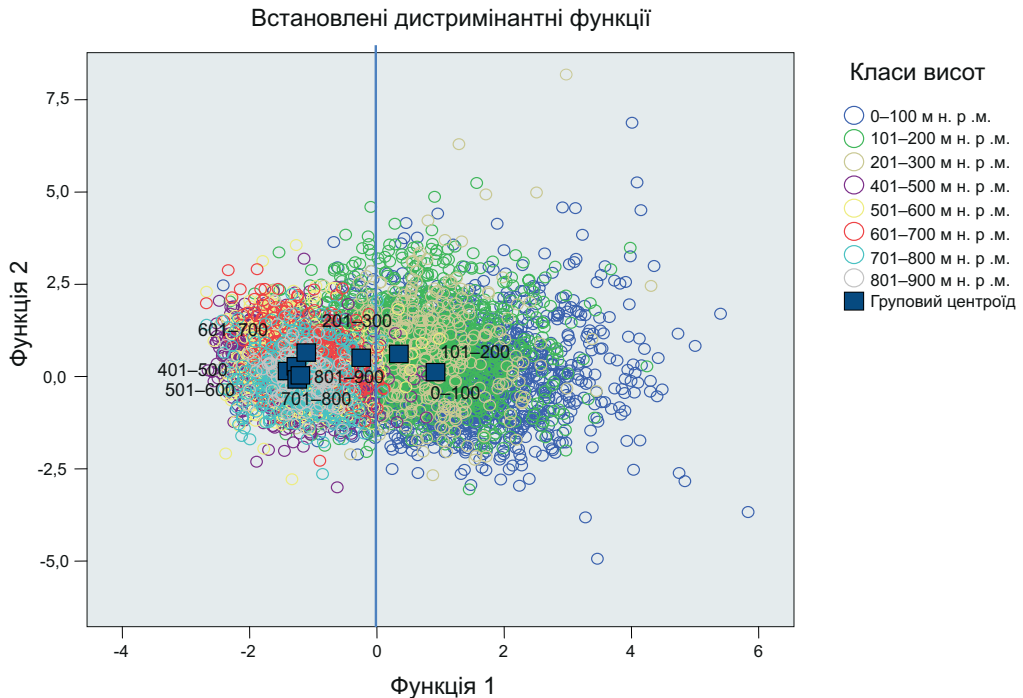


Рис. 3. Дискримінантний аналіз популяційних груп за класами висот над рівнем моря

Fig. 3. Discriminant analysis of population groups by class of altitude above sea level

**Дискримінантний аналіз, заснований на середніх величинах популяцій для всіх заміряних ознак.** Не виявивши очікуваної диференціації за висотними класами, ми провели додатковий дискримінантний аналіз з використанням середніх величин морфометричних ознак усіх популяцій. Це робили для усунення ефекту помітних внутрішньопопуляційних варіацій, які могли впливати на диференційні



показники. Дискримінантний аналіз середніх величин усіх популяційних ознак формували по групах на основі висотних класів (табл. 5, рис. 4). Отримані величини доводять, що окремі значення за першою та другою функціями є більшими за 1. Перша функція, що є результатом усіх аналізованих ознак, має значення 3,532, а друга функція – значення 1,365. Це свідчить про диференціацію груп за цими функціями. Наявність коливань за першої дискримінантної функції розцінюється на 61,6 %, а другої – на 23,8 %.

Таблиця 5. Дискримінантний аналіз груп за класами висот над рівнем моря на основі показників популяції

Table 5. Discriminant analysis of groups by altitude above sea level classes based on mean values per population

Функція	Власне значення	Середнє відхилення (%)	Сумарне значення (%)	Встановлена кореляція
1	3,532(a)	61,6	61,6	0,883
2	1,365(a)	23,8	85,4	0,760
3	0,527(a)	9,2	94,6	0,587
4	0,193(a)	3,4	98,0	0,402
5	0,077(a)	1,3	99,3	0,268
6	0,039(a)	0,7	100,0	0,194

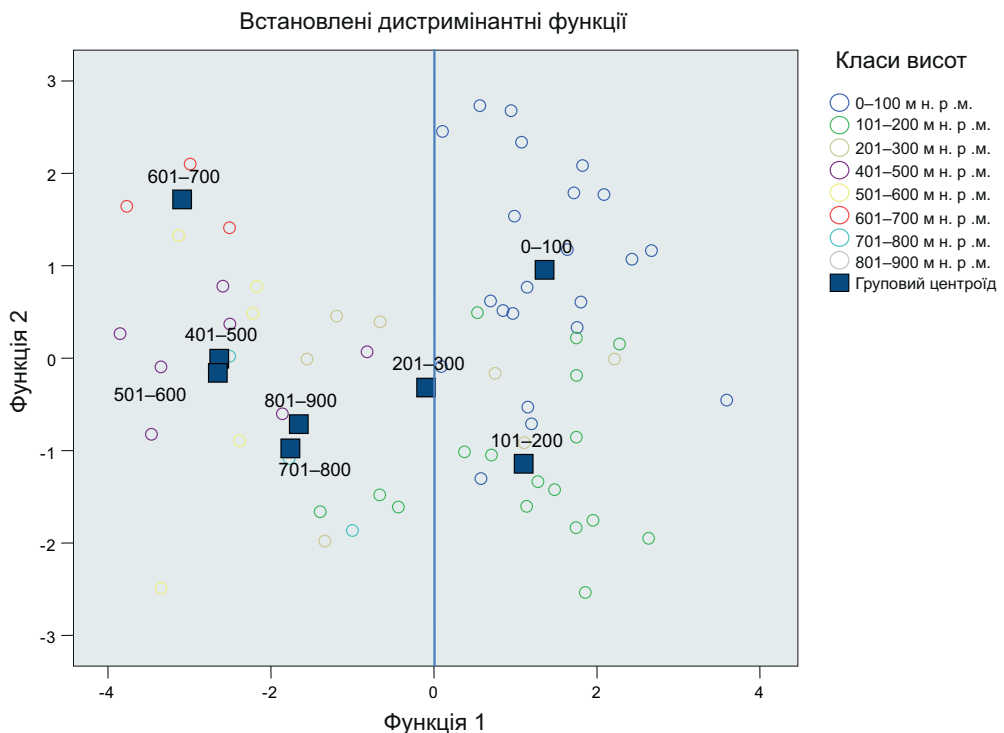


Рис. 4. Дискримінантний аналіз груп за класами висот над рівнем моря на основі показників популяції

Fig. 4. Discriminant analysis of groups by altitude above sea level classes based on mean values per population

На рис. 4 досить чітко видно розподіл груп на дві підгрупи щодо першої функції. З лівого боку від 0 представлені такі висотні класи: 0–100, 101–200 та 201–300 м, а по праву – популяції з вищих висотних класів: 401–500, 501–600, 601–700, 701–900 м. Це свідчить про статистично помітну відмінність між біометричними показниками листків із популяцій, що зростають на висоті від 0 до 300 м та популяцій із вищих висотних рівнів – 301 до 900 м н. р. м.

За другою функцією висотні класи розподіляються на дві підгрупи, одна з яких належить до висотних груп 0–100, 201–300 та 601–700 м, а інша трапляється на висотах 101–200, 401–500, 501–600 та 701–900 м н. р. м.

**Тест Дункана по висотних групах для всіх аналізованих ознак.** Наведені результати в табл. 6 доводять, що тільки деякі морфологічні ознаки (особливо  $K_1$ ,  $K_4$ ,  $K_5$ ,  $K_8$  та  $K_9$ ) уможливають диференціацію популяцій за висотами, а саме встановлюють їхню конкретну висотну приналежність. Ці показники у перспективі можуть бути використані для відновлення дуба звичайного у разі диференціації та виділенні висотних рас.

Таблиця 6. Тест Дункана – згрупованих популяцій за ознаками та висотами над рівнем моря

Table 6. Duncan test – grouped populations according to traits and altitude above sea level

Ознаки	Група 1	Група 2	Група 3	Група 4	Група 5	Група 6
1	2	3	4	5	6	7
$K_1$	401–500 701–900	701–900 501–600	601–700	201–300	101–200	0–100
$K_2$	601–700 401–500 501–600	101–200 201–300 701–900	0–100	–	–	–
$K_3$	401–500 701–900 501–600	601–700	201–300	101–200	0–100	–
$K_4$	701–900 401–500	501–600	601–700	201–300	101–200	0–100
$K_5$	701–900 401–500	501–600	601–700	201–300	101–200	0–100
$K_6$	601–700	401–500 501–600 701–900	201–300 101–200	0–100	–	–
$K_7$	0–100 701–900	201–300 101–200 401–500	401–530 501–600	601–700	–	–
$K_8$	401–500	701–900 501–600	601–700	201–300	101–200	0–100
$K_9$	701–900 401–500	501–600	601–700	201–300	101–200	0–100

Закінчення табл. 6

1	2	3	4	5	6	7
K10	701–900	101–200 401–500 501–600 201–300	0–100	601–700	-	-
K11	401–500 701–900	701–900 501–600	501–600 601–700	201–300	0-100 101-200	-
K12	501–600 701–900 601–700 201–300	401–500	701–900 201–300 601–700 401–500 101–200	0–100	-	-

## ВИСНОВКИ

1. Дискримінантним аналізом висотних груп і всіма заміряними ознаками в досліджуваних популяціях не встановлено чіткої диференціації, причиною чого є високий ступінь індивідуальної мінливості.
2. Дискримінантним аналізом висотних груп і всіх середніх величин досліджених морфометричних ознак популяцій доведено наявність суттєвих відмінностей, причому індивідуальні мінливості були виключені.
3. Застосування тесту Дункана з'ясувало значну відмінність між досліджуваними групами для всіх морфометричних ознак. Такі результати доводять, що кожна група має приблизно однакову чисельність генотипів, а відмінності між ними тісно пов'язані з комплексом мікрокліматичних факторів, що мають домінуючий вплив на досліджувані групи.
4. Тип дослідження індивідуальної міжпопуляційної мінливості може стати відправною точкою для подальших досліджень висотної диференціації дуба звичайного в Боснії та Герцеговині, а результати цієї роботи можуть бути надійною основою для відбору насіння, ревіталізації, збереження генетичного різноманіття (генофонду) та для характеристики окремих популяцій.

1. Ballian D., Memišević M., Bogunić F. et al. Morphological variability of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the region of Croatia and western Balkans. **Šumarski List.** 2010; 7–8: 371–386.
2. Bašić N., Kapić J., Ballian D. Morphometric analysis of variability of leaf characteristics of common oak (*Quercus robur* L.) from northern Bosnia. **Rad.-Šumar. inst. Jastrebar**, 2007, 42(1): 5–18.
3. Beck-Mannagetta G. Flora of Bosnia and Herzegovina and Sanjak of Novi Pazar. **Glasnik Zemaliskog muzeja u Bosni i Hercegovini Zemaljska štamparija**, Sarajevo 19, 1907; 2(4): 15–29.
4. Becker M., Levy G. Le point sur l'écologie comparée du chêne sessile et du chêne pédonculé. **Rev. For. Fr.**, 1990; 42(3): 148–154.
5. Begović B. Fremdes Kapital in der Forstwirtschaft Bosniens und der Herzegowina zur Zeit der Ottomanischen Herrschaft. **Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu**, Godina V, Broj 5, 1960. 243 p.

6. *Begović B.* Developpement de l'economie forestiere en Bosnie-Herzegovine dans la periode de l'administration Austro-Hongroise (1878–1918) avec l' apercu particulier sur l'exploitation des forests et la fabrication industrielle du bois. **Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Djela.** Knjiga LIV, Odjeljenje društvenih nauka, Knjiga 31, 1978. 165 p.
7. *Bussoti F., Grossoni P.* European and Mediterranean oaks (*Quercus* L.; Fagaceae): SEM characterization of the micromorphology of the abaxial leaf surface. **Bot. J. Linn. Soc.**, 1997, 124: 183–199.
8. *Camus A.* Les Chênes. Monographie du genre *Quercus* (et *Lithocarpus*). **Encyclopédie Économique de Sylviculture.** Vol. 6–8. Académie des Sciences. Paris, 1954. 182 p.
9. *Franjić J.* Correlation between length and width of leaf as an indicator of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) variability. **Simpozij-Pevalek**, Zagreb, 1994; 18 (2): 23–54.
10. *Franjić J.* Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. *Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb. Analiza šumarstvo*, 1996; 19(1): 1–32.
11. *Franjić J.* Multivariate analysis of leaf properties in the common oak (*Quercus robur* L., Fagaceae) populations of Posavina and Podravina in Croatia. **Ann. Forest**, 1996 a; 21 (2): 23–60.
12. *Franjić J.* Morphometric analysis of leaf properties in the common oak (*Quercus robur* L.) populations of Posavina and Podravina in Croatia. **Glasnik za šumske pokuse**, 1996 b; 33: 181–182.
13. *Fukarek P.* Die Ausbreitung einer detaillierten Waldkarte Bosniens und der Herzegowina auf pflanzensoziologische Grundlage. In: Tüxen, R. (Edit) *Quercus robur. Bericht bei Intern. Symposium f. Vegetationkartierung*: Stolzenau/Weser, 1959: 363–368.
14. *Janjić N.* Some interesting dendrological findings from Sarajevo region. **Radovi Šum fak Univ.** Sarajevo, 1998; 1: 85–103.
15. *Klepac D.* Forest management of pedunculate oak. **Glasnik za šumske pokuse.** 1988; 24: 117–132.
16. *Kremer A., Dupouey J.L., Deans J.D.* et al. Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands. **Annals of Forest Science.** 2002: 777–787.
17. *Krstinić A.* Variation within and between populations of pedunculate oak. In: S. Matic (ed.) **Common oak in Croatia.** Vinkovci-Zagreb, 1996: 112–118.
18. *Matić V., Drinić P., Stefanović V.* et al. **State of the forests in SR Bosnia and Herzegovina according forest inventory on a large area from 1964 to 1968.** Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, posebna izdanja, 1971. 254 p.
19. *Memišević M.* Exploitation as reason of disappearance of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) from 1878 to 1914 in Bosnia and Herzegovina. **Naše Šume**, 2008; 12(13): 39–40.
20. *Memišević M.* **Intrapopulation and interpopulation variability of some morphological characteristics of the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the west Balkan region.** Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, magistarski rad, 2010. 150 p.
21. *Šilić Č.* **Atlas of dendroflora (trees and shrubs) in Bosnia and Herzegovina:** Franjevačka kuća Masna Luka, Matica hrvatska, 2005. 575 p.
22. *Trinajstić I.* Taxonomic problem of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in flora of Yugoslavia. **Glas. Šum. Pokuse.** 1988; 24: 101–116.

## MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF DIFFERENTIATED BY ALTITUDE ABOVE SEA LEVEL POPULATIONS OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

**D. Ballian<sup>1</sup>, M. Memišević<sup>2</sup>, F. Bogunić<sup>1</sup>, T. Parpan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>University of Sarajevo, 20, Zagrebačka St., Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina

<sup>2</sup>Forest Enterprise Šume, 7, Titov St., Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina

<sup>3</sup>Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry  
31, Hrushevskiyi St., Ivano-Frankivsk 76018, Ukraine  
e-mail: tarasparpan@gmail.com

This study identified altitude differentiation in 44 natural populations of the pedunculate oak in Bosnia and Herzegovina, ranging in altitude from 82 to 860 m. The morphological variation was analyzed on the basis of ten measured and two derived traits, and the populations were divided by altitude into seven groups. The purpose of this study was to determine whether there is statistically significant variation between populations, and to identify the nature of altitude differentiation, as important to preservation and use. Fundamental statistical methods were applied to the analysis, with basic statistical parameters, and a discriminant canonical analysis to determine altitude differentiation in the populations. The results obtained point to statistically significant intra- and inter-population differences. Altitude-related clinal variation is less pronounced, and is determined largely by the microclimatic factors. These indicators will be taken into account in the formulation of guidelines for good management and restoration of the oak forests and their introduction in foothill and mountain regions, and this experiment is essential to further restore and preserve oak pedunculate using *in situ* and *ex situ* methods.

**Keywords:** pedunculate oak, morphology of leafs, morphological variation, differentiation of population of altitude above sea level.

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПО ВЫСОТЕ НАД УРОВНЕМ МОРЯ ПОПУЛЯЦИЙ ДУБА ОБЫКНОВЕННОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) В БОСНИИ И ГЕРЦЕГОВИНЕ

**Д. Баллиан<sup>1</sup>, М. Мемишевич<sup>2</sup>, Ф. Богунич<sup>1</sup>, Т. Парпан<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Университет г. Сараево, ул. Загребская, 20, Сараево 71000, Босния и Герцеговина

<sup>2</sup>Лесное предприятие Шуме, ул. Титова, 7, Сараево 71000, Босния и Герцеговина

<sup>3</sup>Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства  
ул. Грушевского, 31, Ивано-Франковск 76018, Украина  
e-mail: tarasparpan@gmail.com

В представленном исследовании выявлена высотная дифференциация 44 природных популяций дуба обыкновенного в Боснии и Герцеговине, растущих на высоте от 82 до 860 м над уровнем моря. Анализ морфологических различий проведен на основе десяти измеренных и двух производных признаков листьев, а популяции разделены на семь групп в зависимости от высоты произрастания. Целью исследования было определить статистически важные различия между популяциями, а также выявить особенности высотной дифференциации как важной

составляющей для их сохранения и использования. Для анализа использовали фундаментальные статистические методы с основными количественными параметрами, а также дискриминантный анализ для определения высотной дифференциации в популяциях. Полученные результаты указывают на существенное статистическое межпопуляционное и внутривидовое различие. Выявленное несходство, связанное с высотой над уровнем моря, оказалось менее выраженным по сравнению с четко выявленными микроклиматическими факторами. Эти показатели будут учитываться при формулировке руководящих принципов надлежащего управления и восстановления дубовых лесов и их интродукции в предгорные и горные регионы, а данный эксперимент имеет важное значение для последующего восстановления и сохранения дуба обыкновенного, используя методы *in situ* и *ex situ*.

**Ключевые слова:** дуб обыкновенный, морфология листьев, морфологическая вариабельность, дифференциация популяций по высоте над уровнем моря.

Одержано: 04.08.2015