

# FENOLOŠKA VARIJABILNOST OBIČNE BUKVE (*Fagus sylvatica* L.) U MEĐUNARODNOM POKUSU PROVENIJENCIJA

## PHENOLOGICAL VARIABILITY OF EUROPEAN BEECH (*Fagus sylvatica* L.) IN THE INTERNATIONAL PROVENANCE TRIAL

Dalibor BALLIAN\*, Benjamin JUKIĆ<sup>1</sup>, Besim BALIĆ<sup>1</sup>, Davorin KAJBA<sup>2</sup>, Georg von WÜEHLISCH<sup>3</sup>

### Sažetak

U članku su prikazani rezultati istraživanja fenološke varijabilnosti 22 provenijencije obične bukve u međunarodnom pokusu kod Kaknja (BiH), i to za svojstva jesenje obojenosti i zimske retencije lišća. Pokus sadrži osam provenijencija iz Bosne i Hercegovine, četiri iz Njemačke, tri iz Srbije, po dvije iz Hrvatske, Rumunjske i Švicarske, te jednu iz Mađarske. Pokus je osnovan u slučajno randomiziranom blok sustavu sa tri ponavljanja. Analizom varijance utvrđeno je postojanje statistički značajne fenološke varijabilnosti između svih provenijencija u početku, trajanju i završetku pojedinih fenofaza. Provenijencije iz Hrvatske i Bosne i Hercegovine u pravilu su listale ranije od stranih, a kao početak vegetacije može se uzeti 10. travanj. Analizom svojstva obojenosti lišća utvrđena je prisutnost različitih grupa boja u različitim nijansama u određenom periodu. Za svojstvo zimske retencije lišća utvrđeno je da 65,92 % biljaka u pokusu nezadržava list, a da je najveći postotak za to svojstvo iskazala provenijencija Hoellerbach sa 91,05 %. Za sva istraživana fenološka svojstva utvrđena je visoka razina genetičke diferencijacije istraživanih provenijencija. Dobiveni rezultati mogu pronaći svoju primjenu u oplemenjivanju obične bukve, kao i u aktivnostima na očuvanju genetske varijabilnosti metodama *in situ* i *ex situ*.

**KLJUČNE RIJEČI:** pokus provenijencija obične bukve, fenologija, obojenost i zimska retencija lišća

### UVOD INTRODUCTION

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u svom rasprostiranju pokriva površinu od oko 20 milijuna ha (Milescu i Alexe 1967) i jedna je od najznačajnijih gospodarskih vrsta, čija je i ekološka uloga velika (von Wüehlich 2008). Iako je obična bukva morfološki manje varijabilna vrsta, istraživanja provenijencija u različitim dijelovima areala upućuju na njezinu značajnu unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost (Kajba 2003).

Obična bukva jedina je vrsta šumskog drveća u Europi koja od prirode raste u širokom rasponu nadmorskih visina (od 100 m pa sve do 2000 m n.v.) i to na različitim supstratima. Za uspješan rast traži submontano – montanu vlažnu klimu s najmanje 600–700 mm godišnjih padalina, a pokazuje i dobru adaptabilnost prema različitim ekološko-klimatskim uvjetima (Pintarić 2002). Istočna granica rasprostranjenosti određena je zračnom vlagom i pojavom kasnog mraza (Pukacki 1990), a prilagođena je umjerenoj i vlažnoj oceanškoj klimi. Iako je relativno otporna na niske temperature,

\*1 Prof. dr. sc. Dalibor Ballian, mg. Benjamin Jukić, doc. dr. sc. Besim Balić, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, E-mail: balliandalibor9@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. dr. sc. Davorin Kajba, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup> Dr. sc. Georg von Wüehlich, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), D-22927 Grosshandorf, SR Njemačka

što ne ograničava njezino rasprostiranje na znatnije nadmorske visine, osjetljiva je na kasni proljetni mraz, što predstavlja ograničavajući čimbenik na nižim područjima.

Prema svojoj ekološkoj, socijalnoj i ekonomskoj vrijednosti pripada među najznačajnije vrste šumskog drveća u Europi. Kao jedna od najraširenijih europskih šumskih vrsta, obična bukva je vjerojatno imala značajnu ulogu u životu čovjeka već na početku njegovog civilizacijskog razvoja. Privredno značenje, kao i opća biološko ekološka svojstva obične bukve uvjetovala su da je ova vrsta na području svog areala više od 100 godina predmet interesa velikog broja znanstvenika i stručnjaka, kao i zbog važnosti njezine genetske strukture (Barriere i dr. 1984, Kleinschmit 1985, Brus i dr. 1990, Comps i dr. 1991, 1998, Muhs i von Wühlisch 1992, Gömöry i dr. 1999, 2003, 2007, Gračan i Ivanković 2001, 2006, Ivanković i dr. 2008, 2011, Ballian i Zukić 2011, Ballian i dr. 2012).

Prvi pokus s provenijencijama obične bukve osnovan je 1877. godine u Botaničkom vrtu u Njemačkoj (Kienitz 1879), a nešto kasnije se takvi pokusi osnivaju u Belgiji,

Danskoj, Francuskoj i nekim drugim europskim zemljama (Vidaković i Krstinić 1985). U brojnim suvremenim pokusima s običnom bukvom provedena su višegodišnja fenološka istraživanja (Muhs 1985). Rezultati su pokazali da provenijencije iz istočnog i sjeveroistočnog dijela areala, kao i provenijencije s viših nadmorskih visina zahtijevaju manju temperaturnu sumu za izlistavanje, te stoga i ranije prolistavaju. Dobiveni rezultati upućuju na važnost fenologije pri procjeni sposobnosti prilagođavanja bukovih sastojina na određene ekološke uvjete. Istraživanjem 159 provenijencija obične bukve dobivene su značajne unutarpopulacijske i međupopulacijske razlike fenološke varijabilnosti (von Wühlisch i dr. 1995). Istraživanjem 15 europskih provenijencija obične bukve iz osam zemalja, proveli su Liesebach i dr. (1999), a rezultati su također utvrdili značajnu međupopulacijsku i unutarpopulacijsku varijabilnost fenoloških svojstava. U kontekstu globalnih klimatskih promjena, važno je poznavati kompoziciju i strukturu raznolikosti, posebice s obzirom na tzv. adaptacijska svojstva kao što su fenološka svojstva, odnosno obojenost i zimska retencija lišća. Pojava zimske retencije lišća do novog listanja poznati je fenomen

**Tablica 1.** Podaci o provenijencijama obične bukve u međunarodnom pokusu Kakanj, BiH. (CRO – Hrvatska, BiH – Bosna i Hercegovina, H – Mađarska, CH – Švicarska, D – Njemačka, RO – Rumunjska i SRB – Srbija)

**Table 1.** Data of studied provenances of European beech in the international trial Kakanj, BiH. (Croatia, BiH – Bosnia and Herzegovina, H – Hungary, CH – Switzerland, D – Germany, RO – Romania and SRB – Serbia)

Br. No.	Oznaka provenijencije <i>Provenance label</i>	Naziv provenijencije <i>Provenance name</i>	Starost <i>Age</i>	Geografska duljina <i>Longitude</i>	Geografska širina <i>Latitude</i>	Nadmorska visina <i>Altitude (m)</i>	Oznaka države <i>Country label</i>
1.	9624	CRO – Dilj Čaglinski	3+0	18°01'	45°17'	350	HR
2.	9625	CRO – Vrani kamen	3+0	17°19'	45°37'	600	HR
3.	9630	BiH – Tajan, Zavidovići	3+0	18°03'	44°23'	700	BiH
4.	9631	BiH – Konjuh, Kladanj	3+0	18°34'	44°16'	840	BiH
5.	9632	BiH – Tešanj, Crni Vrh I	3+0	17°59'	44°33'	500	BiH
6.	9633	BiH – Grmeč, Jasenica	3+0	16°18'	44°16'	450	BiH
7.	9642	H – Valkonya	3+0	16°45'	46°30'	300	HU
8.	9643	CH – Herzogenbuchsee	3+0	47°11'	07°40'	500	CH
9.	9646	D – BW Wildbad.	3+0	08°35'	48°46'	700	D
10.	9647	D – BW Schwaeb. Alb	3+0	10°00'	48°00'	650	D
11.	9648	D – BY Hoellerbach	3+0	13°14'	49°01'	755	D
12.	9649	D – NS Hasbruch	3+0	08°26'	53°8'	35	D
13.	9659	BiH – Bugojno Vranica, Bistrica	2+0	17°49'	43°33'	750	BiH
14.	9660	BiH – Tešanj, Crni Vrh II	2+0	17°59'	44°33'	500	BiH
15.	9661	BiH – Bosanska Krupa, Bastra Čorkovača	2+0	16°14'	44°45'	720	BiH
16.	9662	BiH – Dinara	2+0	16°30'	44°06'	950	BiH
17.	9663	RO – Alesd	2+0	22°15'	46°10'	490	RO
18.	9664	RO – Alkalulia	2+0	23°05'	46°10'	860	RO
19.	9665	CH – Sihlwald	2+0	07°21'	47°12'	1050	CH
20.	9666	SRB – Avala	2+0	20°45'	44°12'	745	SR
21.	9668	SRB – Fruška gora	2+0	19°47'	45°10'	360	SR
22.	9669	SRB – Cer	2+0	19°50'	44°12'	745	SR

Blok 1	9624	9625	9630	9631	9632	9633	9642
	9643	9646	9647	9648	9649	9659	9660
	9661	9662	9663	9664	9665	9668	9669
	9632	9633	9642	9643	9646	9647	9648
	9649	9659	9660	9661	9662	9663	9664
	9665	9666	9668	9669	9624	9625	9630
	9646	9647	9648	9649	9659	9660	9661
	9662	9663	9664	9665	9665	9669	9624
	9625	9630	9632	9633	9642	9643	

Slika 1. Shematski prikaz pokusne plohe  
Figure 1. Schematic picture of experimental plots

unutar roda *Fagus*, a da li je ovo svojstvo prilagođavanja od velike važnosti i koji su uzroci te pojave, još su ostala otvorena pitanja. Samo nekoliko radova bavi se genetskim uzrocima ove pojave (Ivanković i dr. 2008, 2011).

Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi postojanje razlika u varijabilnosti između istraživanih provenijencija, što bi bilo važno za buduće gospodarenje i obnovu bukovih šuma uz povećanje proizvodnosti i adaptabilnosti.

## MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

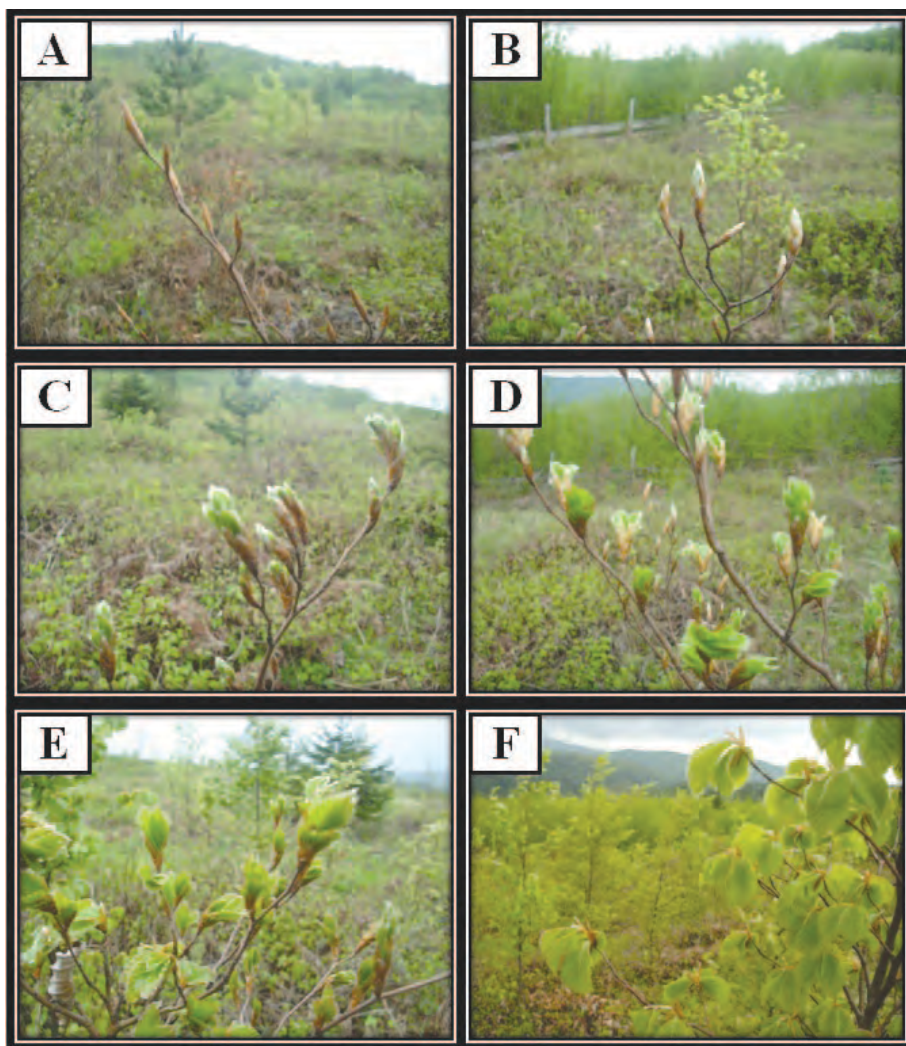
U istraživanja su uključene 22 provenijencije obične bukve, od kojih osam potječe iz Bosne i Hercegovine, četiri iz Njemačke, tri iz Srbije, a po dvije iz Hrvatske, Rumunjske i Švicarske, te jedna iz Mađarske (tablica 1).

Terenski pokus obične bukve osnovan je u odjelu 41 koji pripada gospodarskoj jedinici „Donja Trstionica – Goruša“ (ŠPP „Kakanjsko“). Nalazi se na 510 do 540 metara nadmorske visine. Teren šireg područja oko ovog odjela dosta

je zaravnjen, te je zbog malog nagiba terena pogodan za iskorištavanje i održavanje nasada, s prosječnim nagibom terena od 7 % i sjeveroistočnom ekspozicijom.

Međunarodni pokus obične bukve osnovan je u proljeće 2007. godine i sastoji se od 22 provenijencije. Sadnice su bile starosti 2 + 0 i 3 + 0 godina, a posađene su sistematskim rasporedom na površini 10 × 10 m. Razmak između biljaka je 2 × 1 m sa 50 biljaka po plohi. Sadnice su posađene u randomiziranom blok dizajnu, 20 provenijencija u tri ponavljanja i dvije provenijencije sa po jednim ponavljanjem (provenijencije Konjuh i Avala). Provenijencija Wildbad imala je samo 20 biljaka i nadopunjena je s provenijencijom Alesd koja ima 30 biljaka. Ukupno je posađeno 3100 sadnica (slika 1).

Fenološka opažanja obavljana su vizualno 2014. godine na unaprijed određenim datumima, i to na svim biljkama tijekom istoga dana. Listanje biljaka istraživanih provenijencija pratilo se u šest karakterističnih fenofaza (Forstreuter 2002), od spavajućeg (zimskog) pupa do potpuno razvijenog lista kako je prikazano na slici 2.:



**Slika 2.** Karakteristične fenofaze listanja biljaka obične bukve

**Figure 2.** Characteristic flushing phases of European beech

- A – Spavajući (zimski) pup (smeđe do tamnosmeđe boje);  
 B – Pupovi bubre (izduženi, nabubreni, žućkasto-zelenkaste boje, imaju opnu koju vršci iglica još nisu probili);  
 C – Pupovi se počinju otvarati (napukli) i vidi se prvo zelenilo;  
 D – Počinju se javljati savijeni (smotani) dlakavi listići;  
 E – Listovi su odmotani, još lepezasti, prisutne blijede liske;  
 F – Listovi su potpuno razvijeni, glatki i široki.

Praćenje obojenosti lišća provedeno je u ljeto i u jesen 2013. godine na unaprijed određenim datumima, na svim bilj-

kama tijekom istoga dana. Određivanje obojenosti izvršeno je pomoću leksikona boja Taschenlexikon der Farben (Kornerup i Wanscher 1981).

Zbog velikog broja nijansi boja, sve su boje razvrstane u četiri osnovne grupe, prema karakterističnim osnovnim bojama kako je prikazano na slici 3. i to:

- 1 – Listovi koji u osnovi imaju zelenu boju;
- 2 – Listovi koji u osnovi imaju žutu boju;
- 3 – Listovi koji u osnovi imaju narandžastu boju;
- 4 – Listovi koji u osnovi imaju smeđu boju.



**Slika 3.** Osnovne boje listova obične bukve

**Figure 3.** Basic colors of European beech leaves

Praćenje zimske retencije lista obavljeno je u zimu 2013/2014. godine, a dobiveni rezultati podijeljeni su u tri grupe:

- Potpuno zadržavanje zimskog lista;
- Umjereno zadržavanje zimskog lista;
- Potpuna odsutnost zimskog lista.

Podaci dobiveni izmjerom visina i promjera na vratu korištena biljaka statistički su obrađeni korištenjem paketa IBM SPSS Statistics 20 i Microsoft Excel 2007.

## REZULTATI RESULTS

### Fenološka analiza – *Phenological analysis*

Vizualno praćenje karakterističnih fenoloških faza povećava mogućnost veće pogreške mjerenja u odnosu na mjerenje instrumentom. To se posebice odnosi na evidentiranje onih fenoloških faza razvoja koje se teže uočavaju i na prijelazu su između dvije faze.

Na temelju promatranih fenoloških faza listanja, kao početak vegetacije kod obične bukve u ovom međunarodnom pokusu može se uzeti datum 10. travnja, jer je kod dvanaest provenijencija počelo otvaranje pupova (tablica 2). Točan prestanak vegetacijske aktivnosti teško je utvrditi zbog različitih mikroklimatskih utjecaja na biljku.

Analizom fenološkog razvoja listanja utvrđeno je postojanje značajne varijabilnosti između svih istraživanih provenijencija obične bukve, a utvrđene su razlike u početku, trajanju i završetku pojedinih fenofaza (tablica 2). Razlike u listanju između provenijencija dobro su uočljive, a provenijencije iz Hrvatske te Bosne i Hercegovine u pravilu su listale ranije u odnosu na druge europske provenijencije.

U prosjeku se za najranije pojavljivanje fenofaze bubrenja pupova (fenofaza B) može uzeti datum 14. travnja kod provenijencija 9624 (Dilj Čaglinski), 9630 (Tajan – Zavidovići), 9631 (Konjuh – Kladanj), 9632 (Tešanj – Crni Vrh I), 9642 (Valkonya), 9669 (Cer), a najkasnije 25. travnja kod prove-

**Tablica 2.** Prikaz razvoja istraživanih fenofaza različitih provenijencija obične bukve (Napomena:  $N_R$  – najranije pojavljivanje fenofaze;  $N_K$  – najkasnije pojavljivanje fenofaze) tijekom 2014. godine

**Table 2.** Development of observed phenophases of different European beech provenances (Note:  $N_R$  – earliest appearance of phenophase;  $N_K$  – latest appearance of phenophases in 2014

Red. br. No.	Provenijencija Provenance	Početak i završetak fenološke faze <i>Earliest and latest appearance of phenophase</i>											
		A		B		C		D		E		F	
		$N_R$	$N_K$	$N_R$	$N_K$	$N_R$	$N_K$	$N_R$	$N_K$	$N_R$	$N_K$	$N_R$	$N_K$
1.	9624	/	22.04.	10.04.	25.04.	14.04.	02.05.	17.04.	29.04.	22.04.	05.05.	25.04.	/
2.	9625	/	29.04.	10.04.	29.04.	10.04.	02.05.	14.04.	29.04.	22.04.	05.05.	25.04.	/
3.	9630	/	25.04.	10.04.	29.04.	10.04.	29.04.	14.04.	02.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
4.	9631	/	25.04.	10.04.	29.04.	10.04.	02.05.	14.04.	05.05.	22.04.	09.05.	25.04.	/
5.	9632	/	22.04.	10.04.	25.04.	10.04.	29.04.	14.04.	29.04.	22.04.	05.05.	25.04.	/
6.	9633	/	29.04.	10.04.	02.05.	10.04.	02.05.	17.04.	05.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
7.	9642	/	25.04.	10.04.	29.04.	10.04.	02.05.	14.04.	02.05.	22.04.	02.05.	25.04.	/
8.	9643	/	02.05.	17.04.	05.05.	22.04.	02.05.	25.04.	09.05.	25.04.	09.05.	29.04.	/
9.	9646	/	25.04.	14.04.	29.04.	17.04.	02.05.	22.04.	02.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
10.	9647	/	02.05.	22.04.	02.05.	25.04.	05.05.	25.04.	09.05.	29.04.	05.05.	02.05.	/
11.	9648	/	25.04.	10.04.	29.04.	14.04.	02.05.	17.04.	05.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
12.	9649	/	02.05.	17.04.	05.05.	22.04.	05.05.	25.04.	09.05.	29.04.	05.05.	29.04.	/
13.	9659	/	29.04.	14.04.	05.05.	22.04.	05.05.	25.04.	09.05.	29.04.	05.05.	29.04.	/
14.	9660	/	22.04.	10.04.	29.04.	14.04.	29.04.	17.04.	02.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
15.	9661	/	29.04.	14.04.	02.05.	17.04.	05.05.	25.04.	05.05.	22.04.	09.05.	25.04.	/
16.	9662	/	29.04.	14.04.	29.04.	17.04.	02.05.	22.04.	02.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
17.	9663	/	29.04.	17.04.	29.04.	22.04.	02.05.	25.04.	02.05.	25.04.	05.05.	29.04.	/
18.	9664	/	29.04.	14.04.	02.05.	17.04.	02.05.	22.04.	05.05.	25.04.	09.05.	29.04.	/
19.	9665	/	29.04.	17.04.	02.05.	22.04.	02.05.	25.04.	05.05.	25.04.	09.05.	29.04.	/
20.	9666	/	22.04.	10.04.	22.04.	14.04.	25.04.	17.04.	29.04.	22.04.	05.05.	25.04.	/
21.	9668	/	22.04.	10.04.	29.04.	14.04.	29.04.	17.04.	02.05.	22.04.	05.05.	25.04.	/
22.	9669	/	22.04.	10.04.	25.04.	14.04.	25.04.	17.04.	29.04.	22.04.	05.05.	25.04.	/

**Tablica 3.** Analiza varijance za istraživane fenološke faze**Table 3** Analysis of variance for the observed phonological phases

Fenološke faze u godini opažanja <i>Phenological phases in the year of observation</i>	Izvor varijabilnosti <i>Source of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of square</i>	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean square</i>	F vrijednost <i>F value</i>	Duncan test – broj grupa <i>Duncan test – no. of groups</i>
A 2014	Između grupa / <i>Between groups</i>	5657,877	21	269,423	12,925**	8
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	4127,300	198	20,845		
	Ukupno / <i>Total</i>	9785,177	219			
B 2014	Između grupa / <i>Between groups</i>	252,332	21	12,016	2,318**	5
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	1026,300	198	5,183		
	Ukupno / <i>Total</i>	1278,632	219			
C 2014	Između grupa / <i>Between groups</i>	284,298	21	13,538	5,187**	7
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	514,122	197	2,610		
	Ukupno / <i>Total</i>	798,420	218			
D 2014	Između grupa / <i>Between groups</i>	113,586	21	5,409	1,608**	4
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	666,100	198	3,364		
	Ukupno / <i>Total</i>	779,686	219			
E 2014	Između grupa / <i>Between groups</i>	64,127	21	3,054	1,980**	4
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	305,400	198	1,542		
	Ukupno / <i>Total</i>	369,527	219			
F 2014	Između grupa / <i>Between groups</i>	2901,309	21	138,158	10,115**	6
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	2704,400	198	13,659		
	Ukupno / <i>Total</i>	5605,709	219			

\* – razina 95 %, *significance 95 %*,\*\* – razina 99%, *significance 99%*

nijencija 9647 (BW Schwaeb. Alb), 9649 (NS Hasbruch) i 9659 (Bugojno Vranica – Bistrica). Prosječno trajanje ove fenofaze je 15 dana i od 29. travnja se više ne pojavljuje.

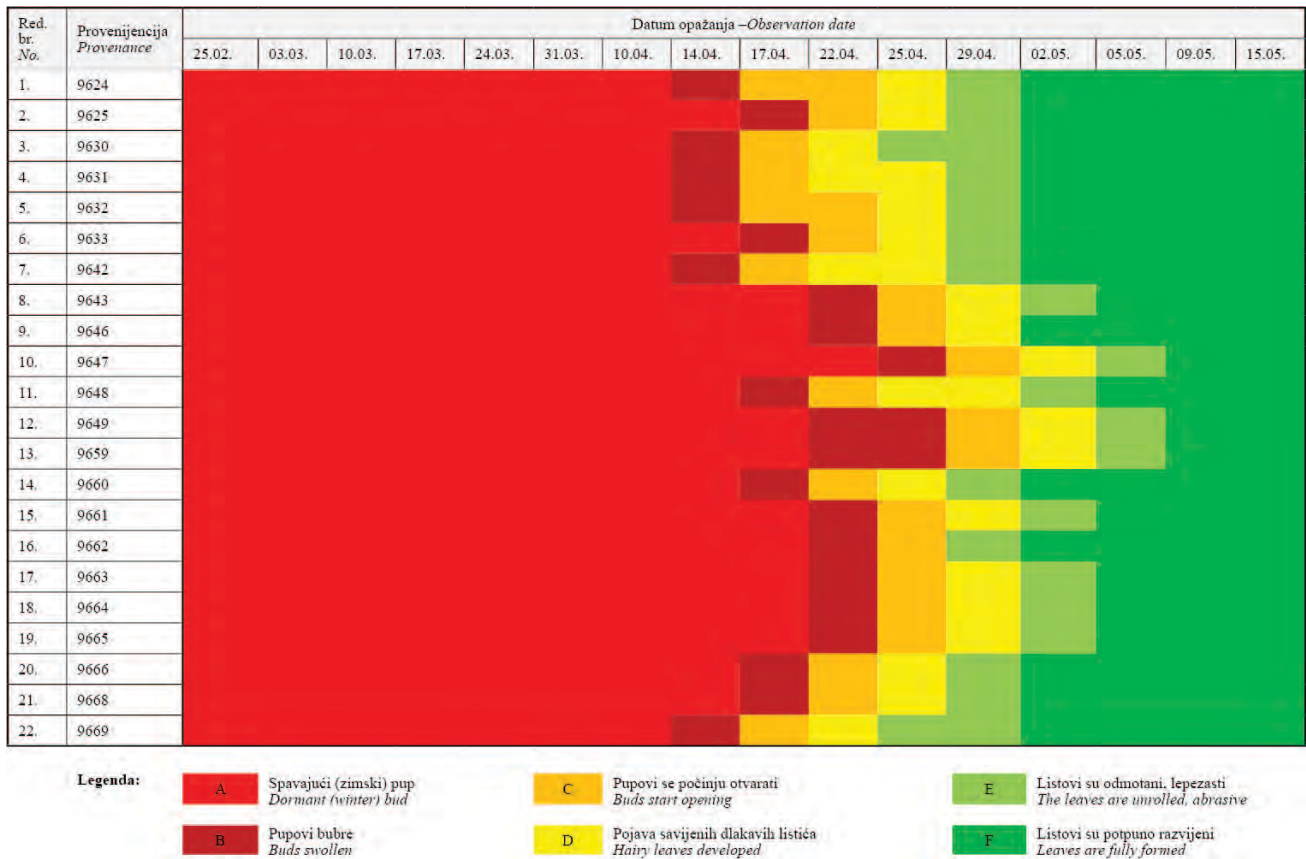
Fenofaza otvaranja pupova (C) prosječno se najranije pojavljuje 17. travnja, a najkasnije 29. travnja na istim provenijencijama na kojima je zabilježena i prva pojava fenofaza bubrenja pupova. Prosječno trajanje ove fenofaze je 15 dana i od 2. svibnja se više ne pojavljuje.

Prosječno najranije javljanje fenofaze za koju je karakteristično javljanje savijenih dlakavih listića je 22. travnja (fenofaza D) i to kod provenijencija 9630 (Tajan – Zavidovići), 9631 (Konjuh – Kladanj), 9642 (Valkonya) i 9669 (Cer). Provenijencije 9647 (BW Schwaeb. Alb), 9649 (NS Hasbruch) i 9659 (Bugojno Vranica – Bistrica) imaju prosječno najkasniju pojavu ove fenofaze. Prosječno trajanje ove fenofaze je 13 dana i od 5. svibnja se više ne javlja.

Kod provenijencija 9630 (Tajan – Zavidovići) i 9669 (Cer) prosječno se najranije pojavila fenofaza E (25. travnja) u kojoj su listovi odmotani, još lepezasti. Najkasnija prosječna pojava ove fenofaze je 5. svibnja, a javlja se kod istih provenijencija kao i kod prethodnih fenofaza. Prosječno trajanje ove fenofaze je 10 dana i od 9. svibnja se više ne javlja.

Posljednja fenofaza F (listovi su potpuno razvijeni, glatki i široki) u prosjeku se najranije pojavljuje 2. svibnja kod provenijencija 9624 (Dilj Čanglinski), 9625 (Vrani kamen), 9630 (Tajan – Zavidovići), 9631 (Konjuh – Kladanj), 9632 (Tešanj – Crni Vrh I), 9633 (Grmeč – Jasenica), 9642 (Valkonya), 9646 (BW Wildbad.), 9660 (Tešanj – Crni Vrh II) i Devrek Tefen 9662 (Dinara), 9666 (Avala), 9668 (Fruška gora) i 9669 (Cer). U prosjeku najkasnije pojavljivanje ove fenofaze imaju provenijencije 9647 (BW Schwaeb. Alb), 9649 (NS Hasbruch) i 9659 (Bugojno Vranica – Bistrica). Poslije 9. svibnja u prosjeku su sve biljke izlistale.

Poznato je da obična bukva, kao vrsta drveća velikog areala rasprostranjenosti, ima velik varijabilitet u početku listanja u pojedinim područjima, odnosno u kretanju pojedinih faza. Istraživanjem fenofaza obične bukve tijekom 2014. godine utvrđeno je da se pojedina fenofaza listanja prosječno pojavljuje u različitom vremenskom intervalu kod svih istraživanih provenijencija, te da svaka faza ima svoj minimum i maksimum pojave određenog datuma (tablica 2, slika 3). To ukazuje na široku individualnu genotipsku varijabilnost obične bukve i analizirane populacije, tako da različiti genotipovi imaju različitu reakcijsku normu na približno iste ili vrlo slične ekološke uvjete tijekom istraživane vegetacije. To je potvrđeno i analizom varijance za ovo svojstvo tijekom obje godine istraživanja fenofaza (tablica 3).



**Slika 3.** Prikaz prosječnog početka, trajanja i završetka pojedinih fenoloških faza različitih provenijencija obične bukve  
**Figure 3.** Average date for beginning, duration and end of the phenological phases of different European beech provenances

### Analiza boje lista – Analysis of leaf color

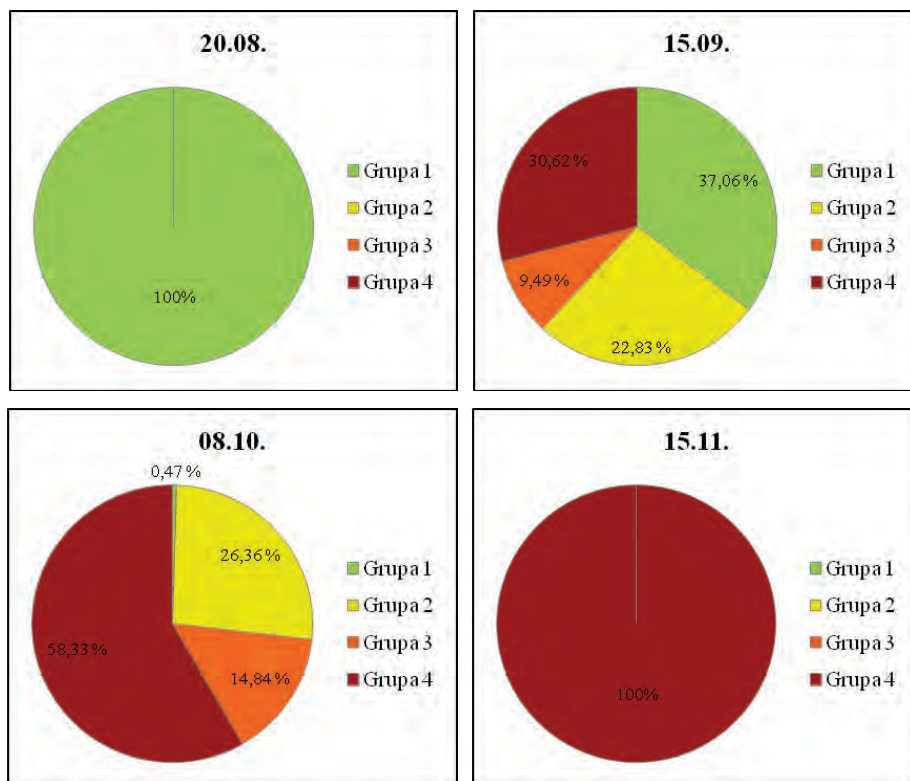
Opažanjem obojenosti lišća obične bukve utvrđeno je 85 različitih boja i njihovih nijansi. Sve kombinacije boja su razdvojene u četiri grupe prema svojoj osnovnoj boji (zelen, žuta, narančasta i smeđa). Podaci o boji listova po grupama i datumima opažanja, te njihov broj i % udio za sve provenijencije obične bukve prikazani su u tablici 4.

Za ljetno opažanje i registriranje boje lišća obične bukve, izvršeno dana 20. 8., karakteristično je da su sve biljke iz različitih provenijencija imale u osnovi zelenu boju s određenim nijansama.

Pri kraju ljeta i početkom jeseni, tijekom 15.9., opažane su i registrirane sve četiri grupe osnovnih boja u određenim nijansama. Provenijencije koje su u osnovi imale zelenu

**Tablica 4.** Distribucija grupa fenoloških faza obojenosti lišća za sve provenijencije obične bukve  
**Table 4** Distribution of groups for phenological phase coloration of the leaves for all provenances of European beech

Datum Date	20.08.		15.09.		08.10.		15.11.	
Grupa Group	N	%	n	%	n	%	n	%
Grupa 1 Group 1	1476	100	547	37,06	7	0,47	0	0
Grupa 2 Group 2	0	0	337	22,83	389	26,36	0	0
Grupa 3 Group 3	0	0	140	9,49	219	14,84	0	0
Grupa 4 Group 4	0	0	452	30,62	861	58,33	1476	100
Ukupno Total	1476	100	1476	100	1476	100	1476	100



**Slika 4.** Zastupljenost određene grupe osnovnih boja za fenofazu obojenosti lišća na svim provenijencijama obične bukve u četiri termina

**Figure 4** Distribution of a certain group of primary colors for phenophase coloration of the leaves on all European Beech provenances observed during the four dates

**Tablica 5.** Zastupljenost pojedinih grupa fenofaze obojenosti lišća kod istraživanih provenijencija obične bukve

**Table 5** Distribution of certain growth stages coloration of leaves in the sample of European Beech provenances

Datum Date	Grupa Group	20.08.		15.09.		08.10.		15.11.													
		Grupa 1	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4	Grupa 4										
Provenijencija Provenances		N	%	n	%	N	%	n	%	N	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
1.	9624	109	100	30	27,52	20	18,35	6	5,50	53	48,62	2	1,83	20	18,35	29	26,61	58	53,21	109	100
2.	9625	102	100	40	39,22	21	20,95	6	5,88	35	34,31	0	0	20	19,61	15	14,71	67	65,69	102	100
3.	9630	90	100	29	32,22	36	40,00	4	4,44	21	23,33	0	0	32	35,56	18	20,00	40	44,44	90	100
4.	9631	36	100	6	16,67	0	0,00	4	11,11	26	72,22	0	0	3	8,33	7	19,44	26	72,22	36	100
5.	9632	88	100	31	35,23	24	27,27	12	13,64	21	23,86	0	0	11	12,50	8	9,09	69	78,41	88	100
6.	9633	92	100	45	48,91	13	14,13	16	17,39	18	19,57	0	0	22	23,91	11	11,96	59	64,13	92	100
7.	9642	112	100	37	33,04	33	29,46	4	3,57	38	33,93	0	0	26	23,21	6	5,36	80	71,43	112	100
8.	9643	79	100	26	32,91	9	11,39	10	12,66	34	43,04	0	0	16	20,25	15	18,99	48	60,76	79	100
9.	9646	47	100	12	25,53	18	38,30	5	10,64	12	25,53	0	0	3	6,38	10	21,28	34	72,34	47	100
10.	9647	100	100	37	37,00	24	24,00	9	9,00	30	30,00	0	0	29	29,00	25	25,00	46	46,00	100	100
11.	9648	67	100	29	43,28	17	25,37	3	4,48	18	26,87	0	0	25	37,31	8	11,94	34	50,75	67	100
12.	9649	93	100	13	13,98	37	39,78	13	13,98	30	32,26	0	0	16	17,20	8	8,60	69	74,19	93	100
13.	9659	39	100	20	51,28	3	7,69	8	20,51	8	20,51	0	0	21	53,85	11	28,21	7	17,95	39	100
14.	9660	43	100	29	67,44	5	11,63	0	0,00	9	20,93	0	0	10	23,26	3	6,98	30	69,77	43	100
15.	9661	55	100	21	38,18	15	27,27	3	5,45	16	29,09	0	0	19	34,55	5	9,09	31	56,36	55	100
16.	9662	75	100	30	40,00	12	16,00	14	18,67	19	25,33	0	0	30	40,00	9	12,00	36	48,00	75	100
17.	9663	52	100	18	34,62	15	28,85	5	9,62	14	26,92	5	9,62	22	42,31	7	13,46	18	34,62	52	100
18.	9664	29	100	14	48,28	6	20,69	2	6,90	7	24,14	0	0	10	34,48	5	17,24	14	48,28	29	100
19.	9665	52	100	26	50,00	10	19,23	3	5,77	13	25,00	0	0	22	42,31	3	5,77	27	51,92	52	100
20.	9666	31	100	15	48,39	5	16,13	2	6,45	9	29,03	0	0	7	22,58	2	6,45	22	70,97	31	100
21.	9668	37	100	10	27,03	7	18,92	6	16,22	14	37,84	0	0	10	27,03	8	21,62	19	51,35	37	100
22.	9669	48	100	29	58,00	9	18,00	5	10,00	7	14,00	0	0	15	31,25	6	12,50	27	56,25	48	100
<b>Ukupno / Prosjek Total/Mean</b>		1476	100	547	37,06	337	22,83	140	9,49	452	30,62	7	0,47	389	26,36	219	14,84	861	58,33	1476	100



**Tablica 6.** Analiza varijance za fenofazu jesenje obojenosti lišća  
**Table 6** Analysis of variance for the phenological phase of leaves color

Datum opažanja <i>Date of observation</i>	Izvor varijabilnosti <i>Source of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of square</i>	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean square</i>	F vrijednost <i>F value</i>	Ducan test – broj grupa <i>Duncan test – no. of groups</i>
20.08.	Između grupa / <i>Between groups</i>	1050,872	21	50,042	16,884**	10
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	9119,934	3077	2,964		
	Ukupno / <i>Total</i>	10170,806	3098			
15.09	Između grupa / <i>Between groups</i>	498,309	21	23,729	10,957**	8
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	6665,602	3078	2,166		
	Ukupno / <i>Total</i>	7163,911	3099			
08.10.	Između grupa / <i>Between groups</i>	258,055	21	12,288	13,079**	5
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	2891,969	3078	0,940		
	Ukupno / <i>Total</i>	3150,024	3099			
05.11	Između grupa / <i>Between groups</i>	264,057	21	12,574	16,974**	10
	Unutar grupa / <i>Within groups</i>	2277,980	3075	0,741		
	Ukupno / <i>Total</i>	2542,037	3096			

\* – razina 95 %, *significance* 95 %,

\*\* – razina 99 %, *significance* 99 %

boju bile su zastupljene sa 35,16 %, sa žutom 26,78 %, narančastom 9,01 %, te s osnovnom smeđom bojom bilo je 29,05 % biljaka.

Tijekom jeseni opažanje i evidentiranje boje lišća obične bukve obavljeno je 8.10., te je primijećen očigledan nedostatak obojenosti listova koje u osnovi imaju zelenu boju a postotnom zastupljenosti od samo 0,47 %. Boje listova koje u osnovi imaju žutu boju bile su zastupljene sa 26,36 %, narančasta boja sa 14,84 % i smeđu boju kao najzastupljeniju imalo je 58,33 % biljaka.

Krajem jeseni (točnije 15.11.) opažanjem i evidencijom obojenosti lišća utvrđeno je da sve biljke imaju u osnovi smeđu boju u određenim nijansama.

Na slici 4. prikazana je zastupljenost određene grupe osnovnih boja za fenofazu obojenosti lišća za sve provenijencije obične bukve prema utvrđenim datumima ljetnog i jesenskog opažanja i evidentiranja.

Analiza varijance provedena je za svojstvo jesenje obojenost lišća i iskazala je statistički značajnu varijabilnost na razini od 95% tijekom sva četiri datuma promatranja ili praćenja (tablica 6).

#### **Analiza zimske retencije lista – Analysis of winterleaf retention**

Zimska retencija lišća istraživanih provenijencija obične bukve promatrane tijekom 2014. godine prikazana je u tablici 7. i na slici 5.

Analiza zimske retencije lišća pokazuje da je najveći udio biljaka koje ne pokazuju retenciju lista (65,92 %), zatim koje imaju zimsku retenciju lista do 50,00% (21,48 %), a najmanje onih biljaka koje imaju potpunu retenciju lista tijekom zime (12,06 %) prikazano je na slici 6.

Najveći postotak zimskog zadržavanja lista imala je provenijencija iz Hrvatske (Vrani kamen) sa 22,50 % biljaka, a slijedila je provenijencija iz Mađarske (Valkonya) sa 21,43 % biljaka.

Najveći udio zimskog nezadržavanja lista imale su dvije provenijencije iz Njemačke (Hoellerbach) sa 91,05 % i (Wildbad.) sa 87,23 % nezadržanog zimskog lišća (tablica 7.).

Provedenom analizom varijance dobivena je statistički značajna razlika za svojstvo zimskog zadržavanja lista (tablica 8).

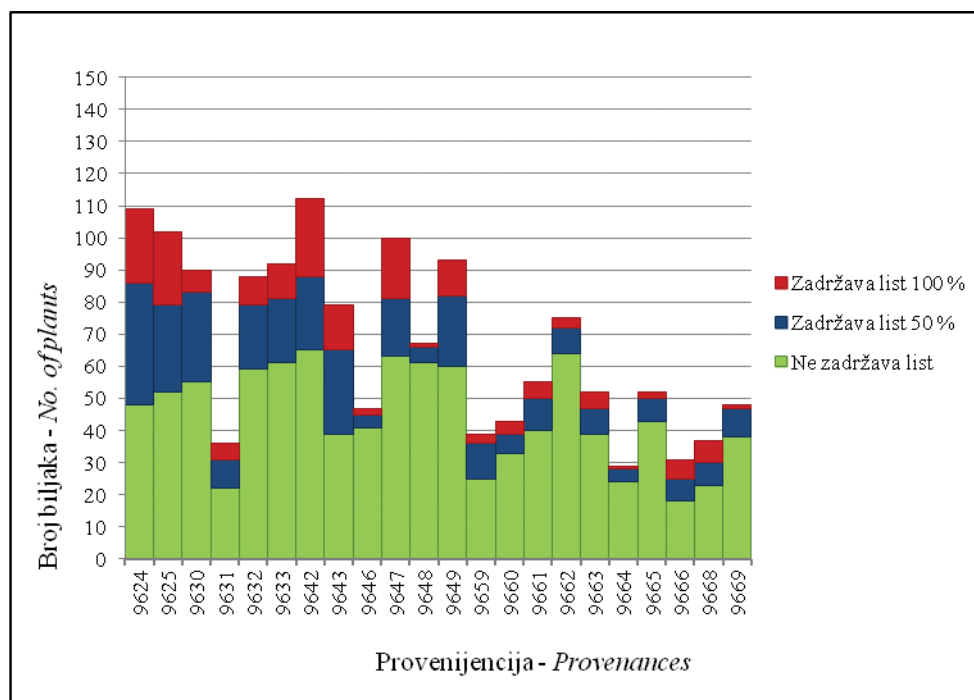
## **RASPRAVA DISCUSSION**

Rezultati fenoloških istraživanja provenijencija obične bukve u međunarodnom pokusu kod Kaknja pokazali su značajne razlike u vremenu početka, trajanja i završetka listanja, što je potvrđeno provedenim analizama varijance.

Fenološkim istraživanjima obične bukve u Hrvatskoj bavili su se Gračan i dr. (2006) koji su utvrdili pojavu vegetacije krajem mjeseca travnja (27. 04.), dok se opadanje lišća postepeno pojavilo tijekom mjeseca studenog. Na osnovi ovih podataka možemo primijetiti da je kretanje vegetacije u

**Tablica 7.** Zimsko zadržavanje lista istraživanih provenijencija obične bukve  
**Table 7** Winter leaf retention of investigated provenances of European beech

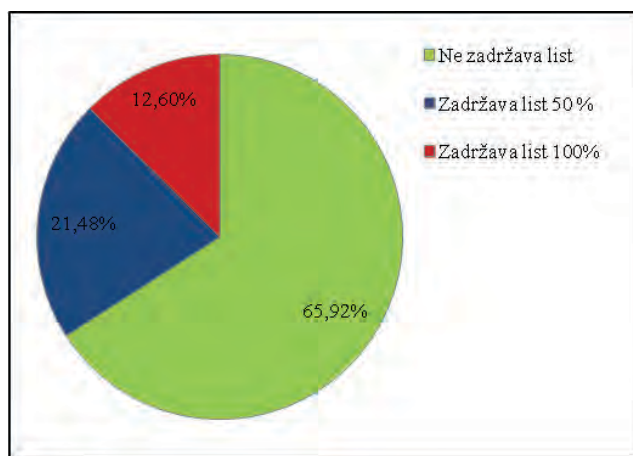
Redbr. No.	Provenijencija <i>Provenance</i>	Broj <i>Number</i>	Zadržavanje zimskog lista – Winter leaf retention					
			Potpuno zadržavanje <i>Fully retention of leaves</i>		Umjereno zadržavanje <i>Moderately retention of leaves</i>		Potpuna odsutnost <i>Completely absence of leaves</i>	
			N	%	n	%	n	%
1.	9624	109	23	21,10	38	34,86	48	44,04
2.	9625	102	23	22,55	27	26,47	52	50,98
3.	9630	90	7	7,78	28	31,11	55	61,11
4.	9631	36	5	13,89	9	25,00	22	61,11
5.	9632	88	9	10,23	20	22,73	59	67,04
6.	9633	92	11	11,96	20	21,74	61	66,30
7.	9642	112	24	21,43	23	20,53	65	58,04
8.	9643	79	14	17,72	26	32,91	39	49,37
9.	9646	47	2	4,26	4	8,51	41	87,23
10.	9647	100	19	19,00	18	18,00	63	63,00
11.	9648	67	1	1,49	5	7,46	61	91,05
12.	9649	93	11	11,83	22	23,65	60	64,52
13.	9659	39	3	7,69	11	28,21	25	64,10
14.	9660	43	4	9,30	6	13,95	33	76,75
15.	9661	55	5	9,09	10	18,18	40	72,73
16.	9662	75	3	4,00	8	10,67	64	85,33
17.	9663	52	5	9,62	8	15,38	39	75,00
18.	9664	29	1	3,45	4	13,79	24	82,76
19.	9665	52	2	3,85	7	13,46	43	82,69
20.	9666	31	6	19,35	7	22,58	18	58,07
21.	9668	37	7	18,92	7	18,92	23	62,16
22.	9669	48	1	2,08	9	18,75	38	79,17
Ukupno / Total		1476	186	12,60	317	21,48	973	65,92



**Slika 5.** Zimsko zadržavanje lista istraživanih provenijencija obične bukve  
**Table 5** Winter leaf retention of investigated European beech provenances

**Tablica 8.** Analiza varijance za zimsko zadržavanje lista obične bukve.**Table 8** Analysis of variance for the phenological phase winter leaf retention

Izvor varijabilnosti <i>Source of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of square</i>	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean square</i>	F vrijednost <i>F value</i>	Duncan test – broj grupa <i>Duncan test – no. of groups</i>
Između grupa/ <i>Between groups</i>	468,313	21	22,301	13,115**	
Unutar grupa/ <i>Within groups</i>	5233,793	3078	1,700		9
Ukupno/ <i>Total</i>	5702,107	3099			

\* – razina 95 %, *significance 95 %*,\*\* – razina 99 %, *significance 99 %***Slika 6.** Zimsko zadržavanje lista u pokusu provenijencija obične bukve  
**Figure 6** Winter leaf retention of investigated European beech provenance

istraživanjem provenijencijama u međunarodnom pokusu kod Kaknja započelo ranije i da je trajanje vegetacije bilo duže. Urbani (1914) ističe na svom primjeru da u gorskim krajevima cvatnja kasni 3–4 dana s porastom od svakih 100 metara nadmorske visine, dok je Brinar (1976) u Sloveniji došao do saznanja da listanje kasni za jedan dan ako su razlike u nadmorskoj visini višlje od 122 m.

Iako se na osnovi jednogodišnjih fenoloških istraživanja ne mogu donositi opći zaključci o fenološkim karakteristikama istraživanih provenijencija i zakonitosti koje u pogledu sezonskih promjena vegetacije vladaju na različitim lokalitetima, ovi rezultati nam mogu poslužiti kao dobra osnova u daljnjim istraživanjima i trebali bi se nastaviti kako bi se procijenilo uspijevanje i genetska varijabilnost domaćih i stranih provenijencija, utvrdila njihova ukupna genetska raznolikost obične bukve u Europi, kao i ponašanje pojedinih provenijencija u različitim stanišnim uvjetima.

Malo je radova u kojima je osnova istraživanja boja (Heinze i Geburek 1995) ili zimsko zadržavanje lista, osim onih koje daje Ivanković i dr. (2008, 2011), upravo za običnu bukvu i za neke od istih provenijencija, što ovom istraživanju daje dodatnu vrijednost.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju sezonske razlike u promjeni boje lista između provenijencija i u osnovnoj boji i u pojedinim nijansama osnovne boje. Kod provenijencija iz vlažnog područja, ako ih uporedimo s onima iz suhog područja, lišće je intenzivnije zeleno, što navode Vidaković i Krstinić (1985) te Ballian i Kajba (2011).

Istraživanjima zimskog zadržavanja lista kod hrastova i obične bukve bavilo se nekoliko autora. Dunberg (1982) je pokušao objasniti ovu pojavu kao fiziološku posebnost tijekom juvenilnog stadija, dok su neki autori naznačili ovu pojavu kao prilagođavanje na različite abiotičke čimbenike okoliša (Nilsson, 1983, Escudero i Acro, 1987). Istraživanja u ovom pokusu i dobivene razlike u zimskom zadržavanju lista ukazuju da provenijencije s dužim vegetacijskom periodom zadržavaju list preko zime, što je najviše karakteristično za južnoeuropske provenijencije. Općenito južne provenijencije, kada se usporede sa sjevernim provenijencijama, imaju sposobnost dužeg zadržavanja lišća, a listaju kasnije u proljeće (Vidaković i Krstinić, 1985). Ivanković i dr. (2011) su utvrdili da provenijencije iz vlažnijih i hladnijih staništa listaju kasnije, a da s povećanjem kontinentalnosti staništa provenijencije imaju u prosjeku trend ranijeg listanja.

Potrebna su višegodišnja istraživanja kada su u pitanju ova fiziološka svojstva, kako bi se donio konačan zaključak o razlikama u promjeni boje i zimskom zadržavanju lista obične bukve.

## ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Na temelju istraživanih fenoloških svojstava utvrđeno je postojanje statistički značajne varijabilnosti između svih istraživanih provenijencija. Utvrđene su razlike u početku, trajanju i završetku pojedinih fenofaza. Razlike u listanju između istraživanih provenijencija značajno su statistički signifikantne. Provenijencije iz Hrvatske i Bosne i Hercegovine u pravilu listaju ranije od stranih. Kao početak vegetacije obične bukve u ovom međunarodnom pokusu može se uzeti 10. travanj, jer je kod dvanaest od 22 provenijencije

ovoga dana započelo otvaranje pupova. Analizom boje lista različitih provenijencija obične bukve utvrđene su razlike u prisutnosti različitih grupa boja s različitim nijansama u određenom periodu. Prisutne razlike zimskog zadržavanja lista ukazuju da 65,92 % biljaka u čitavom pokusu ne zadržava list. Najveći udio nezadržavanja zimskog lista pokazuje provenijencija iz Njemačke (Hoellerbach) sa 91,05 %.

Može se zaključiti da je obična bukva genetički izdiferencirana prema ekološkim i vegetacijskim područjima, te da pokazuje različite morfološke i fiziološke karakteristike iz različitih provenijencijskih područja. To nam govori da mnogi čimbenici utječu na morfološke i fiziološke osobine obične bukve, te da je svako od istraživanih svojstava determinirano velikim brojem gena.

## LITERATURA REFERENCES

- Ballian, D. 2010: An overview of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Bosnia and Herzegovina. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*. 25: 52–60.
- Ballian, D., Kajba, D. 2011: Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti. Šumarski fakultet Zagreb-Šumarski fakultet Sarajevo. 299p.
- Ballian, D., Zukić, N. 2011: Analiza rasta provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u međunarodnom pokusu kod Kaknja. *Radovi Šumarskog fakulteta br. 2, Univerzitet u Sarajevu*, str. 75–91.
- Ballian, D., Bogunić, F., Mujezinović, O., Kajba, D. 2012: Genetska diferencijacija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Bosni i Hercegovini. *Šumarski list br. 11–12*: 587–595.
- Barriere, G., Comps, B., Cuguen, J., Ntsiba, F., Thiebaut, B. 1984: The genetical ecological variability of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Europe. An alloenzymatic study: genetic isolations of beechwoods. U: *Improvement and Sylviculture of Beech*, Grosshansdorf, 24–50.
- Brinar, M. 1976: O razvojnem ritmu različitih bukovih provenijencija ekotipov. *Gozd. Vest.*, 21(3–4): 65–90.
- Brus, R., Horvat-Marlot, S., Paule, L., Gömöry, D. 1990: Genetska variabilnost bukve (*Fagus sylvatica* L.) v Sloveniji. *Zbornih gozdarstva in lesarstva*, 60: 85–106.
- Comps, B., Šugar, I., Trinajstić, I., Plazibat, M. 1991: Genetic variation of the Croatian beech stands (*Fagus sylvatica* L.): Spatial differentiation in connection with the environment, *Ann. Sci. For.* 48: 15–28.
- Comps, B., Máttyás, C., Letouzey, J., Geburek, T. 1998: Genetic variation in beech populations (*Fagus sylvatica* L.) along the Alp Chain and in the Hungarian Basin. *Forest Genetics* 5: 1–9.
- Dunberg, A., 1982: Why beech and oak trees retain leaves until spring: a comment on the contribution by Otto and Nilsson. *Oikos* 39 (2): 275–277.
- Escudero, A., Arco, J.M. 1987: Ecological significance of the phenology of leaf abscission. *Oikos* 49: 11–14.
- Forstreuter, M. 2002: Auswirkungen globaler Klimaänderungen auf das Wachstum und den Gaswechsel (CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O) von Rotbuchenbeständen (*Fagus sylvatica* L.). Berlin, Germany: TU Berlin.
- Fukarek, P. 1970: Areal rasprostranjenosti bukve, jele i smrče na području Bosne i Hercegovine. *Radovi ANUBiH, Sarajevo*, 11: 231–256.
- Gömöry, D., Paule, L., Brus, R., Zhelev, P., Tomović, Z., Gračan, J. 1999: Genetic differentiation and phylogeny of beech on the Balkan peninsula. *J. Evol. Biol.*, 12: 746–754.
- Gömöry, D., Paule, L., Shvadchak, I.M., Popescu, F., Sulkowska, M., Hynek, V., Longauer, R., 2003: Spatial patterns of the genetic differentiation in European beech (*Fagus sylvatica* L.) at allozyme loci in the Carpathians and the adjacent regions. *Silvae Genetica* 52: 78–83.
- Gömöry, D., Paule, L., Vysny, J. 2007: Patterns of allozyme variation in western Eurasian *Fagus*, *Botanical Journal of Linnean Society* 154: 165–174.
- Gračan, J., Ivanković, M. 2001: Prvi rezultati uspijevanja obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. *Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama, Znanstvena knjiga, Šumarski fakultet, Zagreb, Šumarski institut, Jastrebarsko, „Hrvatske šume“*, 175–190, Zagreb.
- Gračan, J., Ivanković, M., Marijanović, H., Perić, S. 2006: Istraživanje uspijevanja provenijencija domaćih i stranih vrsta drveća, s osvrtom na međunarodni pokus provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.). *Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko br. 9*: 337–352.
- Heinze, B., Geburek, T. 1995: Searching for DNA markers linked to leaf colour in coper beech, *Fagus sylvatica* L. var. *Atropunicea*. *Silvae Genet.*, 44: 339–343.
- Ivanković, M., Bogdan, S., Božić, G. 2008: Varijabilnost visinskog rasta obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u testovima provenijencija u Hrvatskoj i Sloveniji. *Šumarski list br. 11–12*: 529–541.
- Ivanković, M., Popović, M., Katičić, I., Wuehlisch, G., Bogdan, S. 2011: Kvantitativna genetska varijabilnost provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) iz Jugoistočne Europe. *Šumarski list, Posebni broj*: 25–37.
- Kajba, D. 2003: Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost obične bukve. U: *Obična bukva (Fagus sylvatica L.) u Hrvatskoj*, Matić, S. (ur.), Akademija šumarskih znanosti & Hrvatske šume, Zagreb, 247–263.
- Kienitz, M. 1879: Über die Formen und Abarten heimischer Waldbäume. *Forstl. Z.*: 241–260.
- Kleinschmit, J. 1985: Results of beech (*Fagus sylvatica* L.) provenance experiments in Northern Germany. „Symp. Verbesserung und Waldbau der Buche“ in: *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft* 150: 65–84.
- Kornerup, A., Wanscher, J.H. 1981: *Taschenlexikon der Farben. Muster – Schmidt Verlag, Zürich, Göttingen*, 18–139.
- Liesebach, M., Degen, B., Scholz, F. 1999: Zur genetischen Anpassungsfähigkeit der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). *Berichte über Landwirtschaft, Münster*, 77: 128–133.
- Matić, V., Drinić, P., Stefanović, V., Ćirić, M. 1971: Stanje šuma u SR Bosni i Hercegovini prema inventuri na velikim površinama 1964–1968. godine, *Šumarski fakultet u Sarajevu i Institut za šumarstvo, Posebna izdanja* 7: 144–173.
- Milesku, I., Alexe, A. 1967: *Fagul Ed. Agrosilvica, Bucuresti*, p. 581.
- Muhs, H.J. 1985: International provenance trial of beech (*Fagus sylvatica* L.) from 1983/85. *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst und Holztechnologie*, 3. IUFRO Buchensymposium, Zvolen, 77–83.

- Muhs, H.J., Von Wühlisch, G. 1992: Research on the improvement of beech in the last decade. U: R.E. Rosello (ur.), Proc. of Int. Congress on Beech, Pamplona 1992, Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, Vol. I: 311–318.
- Nilsson, S.G. 1983: Evolution of leaf abscission times: alternative hypotheses. *Oikos* 40 (2):318–319.
- Pintarić, K. 2002: Šumsko-uzgojna svojstva i život važnijih vrsta šumskog drveća. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Federacije Bosne i Hercegovine, str. 111–116.
- Pukacki, P. 1990: Otpornost na niskie temperatury. In: Buk zwyczajny – *Fagus sylvatica* L. S. Bialobok (ed.), Warszawa – Poznan, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 185–192.
- Urbani, N. 1914: Phenološke bolješke. Šumarski list br. 1, 38:16–20.
- Vidaković, M., Krstinić, A. 1985: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, 213–214.
- Von Wühlisch, G. 2008: Euforgen Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (*Fagus sylvatica*), Biodiversity International, 6 p., Rome, Italy.
- Von Wühlisch, G., Krusche, D., Muhs, J. 1995: Variation in temperature sum requirement for flushing of beech provenances. *Silvae Genet.* 44: 343–346.

## Summary

Common beech (*Fagus sylvatica* L.) is the most important species of forest trees in Bosnia and Herzegovina. This research provides the results of investigation into the phenological variability of 22 common beech provenances in the international trial near Kakanj (Bosnia and Herzegovina), both for the properties of autumn coloration and winter leaf retention. The experiment included eight provenances from Bosnia and Herzegovina, four from Germany, three from Serbia, two from Croatia, Romania and Switzerland each and one from Hungary. The experiment was established in a randomized block system with three repetitions.

The goal of this research was to establish whether there were differences in variability between the investigated provenances and what features would be important for future management and regeneration of beech forests, as well as for increased production and adaptability.

Based on the investigated phenological properties, statistically significant variability was found between all the studied provenances. The established differences included the beginning, duration and end of particular phenophases. There are considerable statistically significant differences in flushing among the studied provenances. Provenances from Croatia and Bosnia and Herzegovina flush earlier than foreign provenances. April the 10th can be considered as the beginning of common beech vegetation in this international trial, because this is the date on which bud opening occurred in twelve out of 22 provenances.

The analysis of leaf colour of different common beech provenances revealed variations in the presence of different groups of colours with varying shades in a particular period. Current differences in winter leaf retention indicate that 65.92 % of the plants in the entire experiment do not retain the leaves. The highest proportion of leaf non-retention, amounting to 91.05 %, was manifested by the provenance from Germany (Hoellerbach). It can be concluded that common beech is genetically differentiated according to ecological and vegetation areas and that it shows different morphological and physiological characteristics from different provenance areas. This proves that morphological and physiological properties of common beech are influenced by a number of factors and that each of the investigated properties is determined by a large number of genes.

The obtained results can be used in the breeding programme of common beech, as well as in the activities related to the conservation of genetic variability using the *in situ* and *ex situ* methods.

---

**KEY WORDS:** European Beech, provenance trial, phenology, coloration and winter leaf retention.