

ANALIZA DIFERENCIRANOSTI RASTA I FENOLOGIJE PROVENIJENCIJA OBIČNOG BORA (*Pinus sylvestris* L.) U POKUSU PROVENIJENCIJA KOD KUPRESA (BOSNA I HERCEGOVINA)

ANALYSIS OF DIFFERENCES OF GROWTH AND PHENOLOGY OF PROVENANCES OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) IN PROVENANCE EXPERIMENT AT KUPRES (BOSNIA AND HERZEGOVINA)

Dalibor BALLIAN^{1,2}, Emir LIZDO³, Faruk BOGUNIĆ¹

SAŽETAK

U ovom radu analizirano je 15 europskih provenijencija običnog bora u međunarodnom pokusu kod Kupresa. Pokus je osnovan tijekom proljeća 2012. godine sa biljkama starosti dvije godine (2+0).

Ukupno je posađeno 2700 sadnica običnog bora u pokusnom dizajnu slučajnog blok sustava koji je prilagođen terenu, 15 provenijencija u pet ponavljanja (5 x 36 sadnica).

Pokus čine provenijencije iz deset europskih zemalja: Austrija (Traisen, Rein, Sistrans), Bosna i Hercegovina (Bugojno), Ukrajina (Ivano Frankivsk), Slovačka (Hanusovce), Rumunjska (Sacueini), Norveška (Narvik, Arnes), Njemačka (Teisendorf, Trippstadt), Poljska (Raciane – Nida) i Italija (Ca del Lupo, Fenestrelle, Piani – Valda).

Rezultati morfoloških i fizioloških istraživanja odnose se na razlike preživljavanja, visinama, promjer na vratu korijena i proljetnoj fenologiji otvaranja pupova.

KLJUČNE RIJEČI: obični bor (*Pinus sylvestris* L.), provenijencija, promjer na vratu korijena, visina, fenologija.

UVOD INTRODUCTION

Obični bor (*Pinus sylvestris* L.) predstavlja jednu od važnijih vrsta crnogorice u šumama Bosne i Hercegovine, a karakterizira ga velika genetska varijabilnost i složena struktura populacija (Stefanović i sur. 1980, Omanović 2008). To

je vrsta koja naseljava velike površine, a kao pionirska vrsta podnosi siromašna tla, sušu, vjetar i mraz. Prema preliminarnim rezultatima Druge inventure šuma u Bosni i Hercegovini, površina čistih sastojina običnog bora, proizvodnog karaktera, u Bosni i Hercegovini iznosi 38 000 ha (Lojo i Balić 2011). Koliko je značenje ove vrste u našoj zemlji, govori i činjenica da se godišnje proizvede preko pet mili-

¹ Prof. dr. Dalibor Ballian, Prof. dr. Faruk Bogunić, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, balliandalibor9@gmail.com

² Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenia

³ Ms. šum. Emir Lizdo, Šumarstvo Prenj Konjic, Bosna i Hercegovina

juna sadnica običnog bora (Ballian 2000). Kako je drvo običnog bora zbog svoje velike uporabne vrijednosti našlo svoje mjesto u suvremenom proizvodnom šumarstvu, koje se ne može zamisliti bez ove vrste, i njoj je posvećena osobita pozornost (Pintarić 2002). Sve navedeno može se staviti kao razlog zašto na tržištu stalno postoji velika potražnja za ovom vrstom drveta.

Obični bor je najrasprostranjeniji od svih borova (Vidaković i Franjić 2004). Rasprostranjen je u sjevernom dijelu Euroazije, i to od Škotske i Skandinavije na sjeveru Europe do Pirinejskog poluotoka s odvojenim nalazištima na jugu i u srednjem dijelu Španjolske, u Pirinejima, u južnoj i srednjoj Europi, te na jugu u sjevernoj Grčkoj. U sjevernoj Europi, oko Baltika ga nalazimo u ravnicama i pobježju. U Aziji ga nalazimo u središnjoj i sjevernoj Turskoj i Kavkazu, te iz Urala do sjeverne Mandžurije i Ohotskog mora. U sjevernoj Skandinaviji obični bor ide do 70°20' sjeverne geografske širine (Vidaković i Franjić 2004). Područje rasprostranjenosti pokriva gotovo 135° geografske dužine i oko 30° geografske širine. Pripada euroazijskom flornom elementu (Jovanović 2000).

Visinska rasprostranjenost ovisi o zemljopisnoj širini. Na Pirinejskom poluotoku u Sierra Nevadi vrsta *P. sylvestris* obično dolazi od 1600 – 2100 m, u Pirinejima od 970 – 1623 m, u Središnjem masivu od 600 – 1300 m, u Alpama od 1500 – 2200 m. U Tatrama se rasprostire do 1465 m, u južnoj Norveškoj do 940 m, a na sjeveru Skandinavije do 220 m. Na Balkanskom poluotoku, na planini Pirin rasprostire se u visinu do 2200 m, dok mu je u Maloj Aziji u Turskoj visinska rasprostranjenost sve do 2700 m (Vidaković i Franjić 2004).

Optimalni uvjeti rasta i razvoja običnog bora nalaze se u nizinama Sjeverne Njemačke i Poljske, Švedske i Rusko – sibirskim šumama. Areal običnog bora nije ograničen na izrazite visinske regije, ali na jugu areala zauzima više položaje, a lokalni relikti nalaze se na različitim nadmorskim visinama (Pintarić 2002).

U Bosni i Hercegovini obični bor je rasprostranjen u većem broju manjih populacija, te ne gradi velike kompaktne šumske komplekse (Stefanović 1958). Naime, bosansko-hercegovačke populacije običnog bora odlikuju se vrlo specifičnim morfo-fiziološkim karakteristikama, koje su dobrim dijelom odraz interakcije genoma i ekoloških uvjeta staništa. Tako se njegovo difuzno rasprostiranje može podijeliti na jedanaest većih područja, koja u geografskom i orografskom smislu čine razdvojene cjeline, svaka sa svojim posebnostima (Stefanović 1958), kao i u proizvodnom potencijalu istraživanih provenijencija (Mikić 1991; Ballian i sur. 2009).

Uz navedeno, i fenologija šumskog drveća je važna za otkrivanje postojeće veze između klimatskih promjena i fiziološke aktivnosti drveća (Ballian i Kajba 2011). Zbog promjene okolišnih čimbenika uzrokovanih globalnim zagrijavanjem, obični bor migrira prema sjeveru (Eriksson

i Ekberg 2001; Nilson i Walfridsson 1995). Ovo kretanje počelo je već u ranijem postglacijalnom periodu, ali je sada intenzivirano. Posljedica ove vrste kretanja, u kojoj vjetar nije glavni medij, diskontinuirana je varijabilnost u smjeru sjever – jug (Eriksson i Ekberg 2001). Sjeverne i kontinentalne populacije zahtijevaju manju temperaturnu sumu za završetak fenofaze i pokazuju veću otpornost. Južne i priobalne provenijencije imaju duži vegetacijski period i manje su otporne na stresne uvjete okoline (Sarvas 1962).

U skladu s tim, nametnula se potreba za testiranjem običnog bora iz različitih država Europe u istim stanišnim uvjetima. Testovi potomstva s običnim borom pokrenuti su relativno davno u europskim okvirima (Giertych 1976, 1992; Nilson 1992; Oleksyn 1988; Prus-Glowacki i sur. 1998), kao rezultat interesa za pojedina obilježja drveća, odnosno u kojoj mjeri su pojedina varijabilna svojstva naslijeđena i prenesena na potomstvo (Vidaković i Krstinić 1985). Ubrzo je došlo i do postavljanja i organiziranja pokusnih ploha širom Europe. Jedna od tih ploha je i ispitivana ploha provenijencija običnog bora na Kupresu.

Cilj ovog istraživanja je ispitati unutarprovenijencijsku i međuprovenijencijsku varijabilnost istraživanih morfoloških i fenoloških svojstava biljaka običnog bora iz 15 europskih provenijencija na pokusnoj plohi kod Kupresa.

2. MATERIJAL I METODE RADA MATERIAL AND METHOD

Pokusna ploha Kupres osnovana je 2012. godine, sa 15 različitih provenijencija običnog bora porijeklom iz različitih dijelova Europe (Tablica 1). Sama ploha je na nadmorskoj visini 1140 m, nedaleko od grada Kupresa. Podignuta je sadnicama starosti 2+0, proizvedenim u rasadniku Ajdinovići kod Olova, klasičnim načinom. Sadnja je bila u rupe 30 x 30 cm, uz razmak između biljaka 2 x 2 m.

Od tala na mjestu pokusa najzastupljenije su crnice, kalkomelanosoli i smeđa tla ili kalkokambisoli, dok su manje zastupljeni luvisoli i duboka kiselo-smeđa tla u nižim dijelovima pokusa. Prema klasificiranju tipova klime u BiH (Milosavljević 1977) na ovome području vlada planinski tip klime koju karakteriziraju svježja i kraća ljeta, a duge, hladne i vrlo snježne zime. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 6,2 °C, minimalna temperatura izmjerena je u sječnju (-26,8 °C), a maksimalna u kolovozu (34,9 °C). Godišnji prosjek registriranih mrazeva je 155 dana. Prosječna godišnja količina oborina iznosi 1221 mm, a njihova distribucija po godišnjim dobima malo varira (Fenološki godišnjak 2016, 2017). Vjetrovi su česti i nerijetko jaki, pa su u zimskom periodu česti veliki snježni zapusi.

Pokus je osnovan u 5 ponavljanja, sa plohicama od 36 biljaka, odnosno po provenijenciji 180 biljaka. Oko pokusa je podignut zaštitni pojas sa protupožarnom prugom širine

Tablica 1. Podaci o istraživanim provenijencije običnog bora**Table 1.** Details of the Scots pine provenances studied

Oznaka na shemi pokusa <i>Mark of provenance in plot</i>	Zemlja podrijetla <i>Country of origin</i>	Oznaka provenijencija <i>Code for the provenance</i>	Naziv provenijencije <i>Provenance name</i>	Sjeverna zemljopisna širina <i>North latitude</i>	Istočna zemljopisna dužina <i>East longitude</i>
1	Austrija	A1	Kobersdorf/Lackenbach	47°53'12"	15°31'39"
2	Austrija	A2	Urbarialgemeinde Dorfl, Pannholtz, Burgenland	47°07'14"	15°17'14"
3	Austrija	A3	Hochwolkersdorf Stift Reicheresberg	47°13'49"	11°26'14"
4	Bosna	B1	Bugojno	44°03'00"	17°27'00"
5	Ukrajina	U1	Delyatyn	48°32'41"	24°30'10"
6	Slovačka	SL1	Hanušovce	49°01'35"	21°30'01"
7	Rumunska	R1	Sacueni	47°21'09"	22°05'29"
8	Norveška	N1	Narvik	63°22'22"	10°45'03"
9	Norveška	N3	Arnes	60° 7' 20"	11°27'55"
10	Njemačka	NJ1	Teisendorf	47°51'00"	12°49'00"
11	Njemačka	NJ2	Trippstadt	49°21'35"	07°46'29"
12	Poljska	P1	Raciane – Nida	53°37'00"	21°29'00"
13	Italija	I1	Ca Del Lupo	43°18'90"	13°27'89"
14	Italija	I2	Fenestrelle (To)	45°01'47"	07°03'38"
15	Italija	I3	Piani - Valda (Tn)	46°13'00"	11°16'00"

od 2m. Sve provenijencije posađene su u slučajnom blok rasporedu, uz odstupanja od prvobitnog plana zbog pojave stajaće vode (slika 1. i 2).

Ocjena preživljenja, mjerenje visina, promjera na vratu korijena i praćenje fenoloških promjena provedeni su u 2016. i 2017. godini. U studenom 2016. godine mjerene su visine i promjeri na vratu korijena svih sadnica običnog bora. Mjerenje je provedeno digitalnim pomičnim mjerilom sa toč-

8	15	7	Pokus običnog bora kod Kupresa					
12	1	2	3	4	5	6	7	8
6	9	10	11	12	13	14	15	3
8	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11	12	13	14	15	13	1	2
9	5	6	7			10	11	12
4	13	14	15			2	3	4
3	7	8	9	10			13	14
11	15	2	1	14			5	6
5	9	10	11	12				
4	1	2						

Slika 1. Shema pokusa kod Kupresa**Figure 1.** Layout of planting of Scots pine provenances near Kupres

nošću 0,1 mm. Praćenje fenoloških promjena trajalo je 56 dana, točnije od 26.04. 2017. godine do 21.06.2017. godine, a vršeno je na način da su se podaci sa plohe prikupljali odlascima na lokaciju svakih 7 do 10 dana.

Fenologija istraživanih provenijencija pratila se u 6 karakterističnih fenofaza, od uspavanog (zimskog) pupa do potpuno razvijenog pupa i to: A. Uspavani pupoljak (zimski pupoljak, tamno smeđe boje); B. Početak razvoja pupa (pupoljci bubre, žućkasto - zelene boje, imaju opnu koju vršci iglica još nisu probili); C. Intenzivno izduživanje pupa (pupoljci izduženi, žućkasto - zelenkaste boje); D. Početak otvaranja iglica i dodatno izduživanje pupa (jasno se vide iglice

**Slika 2.** Pokusna ploha kod Kupresu (Studeni 2016.)**Figure 2.** Experimental site near Kupres (November 2016)



Slika 3. Fenološke faze (Ballian i Šito 2017)
Figure 3. Observed phenophases (Ballian i Šito 2017)

zelene boje, visine oko 10 cm); E Završetak razvoja iglica i završno izduživanje pupa (pupoljci su otvoreni, visine oko 15 cm); Potpuno razvijene iglice (iglice zelene boje jasno razvijene) (Slika 3).

Mjereni podaci o visinama i promjerima na vratu korijena statistički su obrađeni korištenjem paketa IBM SPSS Statistics 20 i Microsoft Excel 2010. Analize obuhvaćaju: Unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost kvantitativnih svojstava (visina i promjera na vratu korijena) kroz standardne pokazatelje: srednju (prosječnu) vrijednost,

standardnu devijaciju, minimalnu i maksimalnu vrijednost i koeficijent varijacije; Analizu varijance (ANOVA) za kvantitativna svojstva (visina i promjer na vratu korijena); Multipla testiranja radi prikazivanja razlika između grupa (nakon utvrđivanja statistički značajnih razlika analizom varijance po nekom ispitivanom svojstvu); Multipla testiranja za kvantitativna svojstva: Duncanov test.

REZULTATI RESULTS

Preživljenje biljaka – Survival of plants

Rezultati analize preživljenja biljaka do 2016. godine prikazani su u tablici 2. Od ukupno 2700 posađenih sadnica različitih provenijencija običnog bora u međunarodnom pokusu na Kupresu, u 2017. godini postotak uspjeha sadnje iznosio je 67%. U periodu od 2012. godine kada su biljke posađene, pa do 2017. godine kada je provedeno ispitivanje, preživjelo je 1830 biljaka.

Iz tablice 2 se vidi da je najveći broj preživjelih biljaka do 2017. godine imala provenijencija Austrija A1, dok najmanji broj preživjelih biljaka ima provenijencija Italija I1, dok je bilo za očekivati da će najlošije preživljavanju imati provenijencije sa sjevera Europe. Ipak štetni učinci prenošenja provenijencija sa sjevera na jug, anulirani su visokom nadmorskom visinom i kratkim vegetacijskim periodom.

Analiza promjera na vratu korijena – Analysis of the root collar diameter

Korištena je deskriptivna statistika kako bi se utvrdila srednja vrijednost promjera na vratu korijena biljke, minimalne

Tablica 2. Statistički pokazatelji preživljenja i promjera na vratu korijena.
Table 2. Statistical indicators of survival and diameter on the root neck.

Provenijencija <i>Provenance</i>	Broj zasađenih biljaka <i>Number of planted plants</i>	Broj preživjelih biljaka <i>Number of surviving plants</i>	Prosječni promjer <i>Average diameter</i>	Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>
Austrija A1	180	158	4,07	2,13	1,4	9,3
Austrija A2	180	149	3,85	2,25	0,5	4,0
Austrija A3	180	145	3,36	1,19	0,9	6,2
Bosna B1	180	130	3,23	1,14	1,0	5,8
Ukrajina U1	180	121	3,83	2,25	0,8	6,8
Slovačka SL1	180	129	3,30	1,29	0,5	6,7
Rumunjska R1	180	121	3,38	1,24	0,7	6,8
Norveška N1	180	92	1,19	0,60	0,3	3,9
Norveška N2	180	131	2,23	0,86	0,8	4,8
Njemačka NJ1	180	136	3,08	1,17	0,8	6,1
Njemačka NJ2	180	124	3,24	1,07	0,9	5,2
Poljska P1	180	140	3,38	0,97	0,5	5,8
Italija I1	180	64	1,84	0,70	0,5	4,0
Italija I2	180	93	2,39	0,95	0,5	4,5
Italija I3	180	97	2,49	1,00	0,7	5,3
Ukupno – Total	2700	1830	3,11	1,92	0,3	9,3

Tablica 3. Analiza varijance za promjer na vratu korijena**Table 3.** Analysis of variance for the root neck diameter

Svojstvo Traits	Izvor variranja Variation source	Suma kvadrata Sume of squares	Stupnjevi slobodež Df.	Sredina kvadrata Average of the square.	F
Promjer Diameter (cm)	Između grupa	960,98	14	68,64	21,31
	Unutar grupa	5835,39	1812	3,22	
	Ukupno	6796,37	1826		

i maksimalne vrijednosti promjera, te standardna devijacija i koeficijent varijacije. Srednje vrijednosti promjera na vratu korijena kreću se u intervalu od 1,19 cm (Norveška N1), do 4,07 cm (Austrija A1). Osim provenijencije Austrija A1, nema provenijencija sa prosječnim promjerom na vratu korijena iznad 4,00 cm. Većina provenijencija imaju srednji promjer u intervalu između 2,20 i 3,90 cm, tim više što od pola od ukupnog broja provenijencija ima srednji promjer iznad 3,00 cm. Srednji promjer svih biljaka je 3,11 cm.

Kada pogledamo vrijednosti standardne devijacije, vidimo da je ona kod 12 provenijencija sa vrijednosti ispod 2,00 cm, dok je samo kod provenijencije Austrija A1 (2,63 cm), Austrija A2 (3,25 cm) i Ukrajina (3,65 cm) iznad, što je ujedno i najveća vrijednost standardne devijacije. Ukupna standardna devijacija za pokus iznosi 1,92 cm.

Najmanja vrijednost promjera na vratu korijena zabilježena je kod jedne biljke provenijencije Norveška N1 i iznosi 0,30 cm, dok je najveća vrijednost promjera na vratu korijena zabilježena kod provenijencije Austrija A1 i iznosi 9,30 cm. Analizom varijance promjera na vratu korijena dobivene

su statistički značajne razlike između istraživanih provenijencija, što je prikazano u tablici 3.

Iz rezultata Duncan testa vidi se da imamo 6 skupina, a među njima se provenijencija Norveška N1 izdvaja u zasebnu skupinu. Tako, kada je u pitanju vrijednost promjera na vratu korijena ona nema povezanost sa ostalim provenijencijama sa tipičnom vrijednošću promjera od 1,195 cm, što je i bilo za očekivati kod ove sjeverne provenijencije (Tablica 4).

Analiza visina biljaka – Analysis of the height of plants

Kao i za vrijednosti promjera na vratu korijena različitih provenijencija, deskriptivnom statistikom utvrđena je srednja vrijednost visine biljaka, minimalne i maksimalne vrijednosti te standardna devijacija. Najveću srednju vrijednost visine biljaka imala je provenijencija Poljska P1 (116,26 cm), a zatim slijedi Ukrajina U1 (114,20 cm). Najmanju prosječnu visinu sadnica ima provenijencija Norveška N1, a koja iznosi 40,52 cm.

Tablica 4. Prikaz skupina kod Duncan testa za svojstvo promjera korijenskog vrata**Table 4.** View the group at Duncan's test for the diameter of the root neck.

Provenijencija Provenance	N	Promjer – Diameter (cm) Duncan					
		1	2	3	4	5	6
Norveška N1	92	1,19					
Italija I1	64		1,84				
Norveška N2	131		2,23	2,23			
Italija I2	93			2,39			
Italija I3	97			2,49			
Njemačka NJ1	136				3,08		
Bosna B1	130				3,23		
Njemačka NJ2	124				3,24		
Slovačka SL1	129				3,30		
Austrija A3	145				3,36	3,36	
Poljska P1	140				3,38	3,38	
Rumunjska R1	121				3,38	3,38	
Ukrajina U1	121					3,83	3,83
Austrija A2	149					3,85	3,85
Austrija A1	155						4,10
Sig.		1,00	0,10	0,29	0,28	0,06	0,29

Tablica 5. Statistički pokazatelji vrijednosti visina.**Table 5.** Statistical indicators of height values.

Provenijencija <i>Provenance</i>	Prosječna visina <i>Average height</i>	Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>
Austrija A1	112,61	28,62	45	188
Austrija A2	113,23	27,78	24	182
Austrija A3	106,61	33,58	34	183
Bosna B1	99,50	32,77	22	181
Ukrajina U1	114,20	29,44	30	187
Slovačka SL1	108,75	39,23	25	210
Rumunjska R1	107,72	35,87	4	223
Norveška N1	40,52	16,19	10	105
Norveška N2	75,76	23,96	25	143
Njemačka NJ1	105,20	36,08	18	207
Njemačka NJ2	105,06	32,10	39	180
Poljska P1	116,26	29,18	29	183
Italija I1	59,69	20,06	26	103
Italija I2	71,03	23,32	24	136
Italija I3	81,48	26,97	30	144
Ukupno – Total	98,10	36,36	4	223

Od ukupno izmjerenih 1830 sadnica, najmanja sadnica ima visinu od 4,00 cm i pripada provenijenciji Rumunjska R1, a maksimum, odnosno najveća vrijednost visine jedne biljke izmjerena je također u provenijenciji Rumunjska R1 i iznosi 223 cm (Tablica 5). Osim ove provenijencije jedino još provenijencije Njemačka NJ1 i Slovačka SL1 imaju najveće sadnica sa vrijednošću visine od preko 200 cm, a njihove vrijednosti su 210 cm za provenijenciju Slovačka SL1 i 207 cm za provenijenciju Njemačka NJ1. Jedina provenijencija uz Rumunjsku R1 čije vrijednosti iznose manje ili jednako 10 cm je Norveška N1, koja ujedno ima i najmanju prosječnu vrijednost visine biljaka. Srednja vrijednost visina svih biljaka u pokusu iznosi 98,10 cm,

Kada pogledamo vrijednosti standardne devijacije, vidimo da ona kod deset provenijencija ima vrijednost ispod 30 cm, dok kod ostalih pet provenijencija vrijednost standardne devijacije iznosi iznad 30 cm. Najmanju vrijednost standardne devijacije za visinu ima provenijencija Norveška N1 i ona iznosi 16,19 cm (jedina koja ima vrijednost standardne devijacije ispod 20 cm), dok najveću vrijednost standardne

devijacije ima provenijencija Slovačka SL1 (39,23 cm) (Tablica 5). Ukupna standardna devijacija svih 1830 sadnica iznosi 36,36 cm.

U tablici 5 jasno možemo vidjeti da najveću srednju vrijednost visine ima provenijencija Poljska P1, ali da je uz jako malu razliku prate provenijencije Austrija A1 i Austrija A2 te Ukrajina U1, dok ubjedljivo najmanju srednju vrijednost visine sadnica, što je jasno vidljivo, ima provenijencija Norveška N1.

Analiza varijance za vrijednosti visina pokazuje da postoji statistički značajna razlika između prosječnih visina različitih provenijencija uz vjerovatnost od 95 % (Tablica 6).

Daljnja potvrda varijabilnosti provenijencija dobivena je pomoću Duncanovog testa. Razlike između grupa su značajne, a razlike unutar grupa su slučajne. Ovim testom provenijencije su grupirane u osam skupina. Jednu skupinu gradi od jedne do sedam provenijencija, a posebno se ističu provenijencija Norveška N1 i Italija I1, jer svaka od njih gradi posebnu skupinu, što je i za očekivati s obzirom na male srednje veličine (Tablica 7).

Fenološka istraživanja – *Phenological research*

Rezultati fenoloških promatranja baziraju se na podacima koji su prikupljeni tijekom jedne godine, od 26.04.2017. do 21.06.2017. godine. Tijekom ovog perioda praćeno je šest standardiziranih fenofaza (Ballian i Šito 2017).

Na dan 20. travnja za sve provenijencije je registrirana faza A, sve provenijencije su imale uspavani zimski pupoljak. 21. lipnja zabilježeno je da su biljke svih petnaest istraživanih provenijencija ušle u posljednju fazu, odnosno da imaju u potpunosti formirane iglice zelene boje.

Na temelju fenoloških promatranja kao početak vegetacije običnog bora (fenološka faza početak razvoja pupoljka) u međunarodnom pokusu na Kupresu može se uzeti 26. Travanj, jer je kod tri provenijencije ovog dana počelo otvaranje pupova, Za ostalih trinaest provenijencija datum početka prve fenofaze bio je 3. svibanj 2017. Početak završne fenofaze, dakle pojave prvih formiranih iglica za provenijencije Austrija A3, Bosna B1 i Norveška N2 zabilježen je datum 1. lipanj. Najkasniju pojavu pretposljednje faze, faze E imali smo 21. lipnja kod jedanaest provenijencija.

U određenim vremenskim intervalima uočena je prisutnost istovremeno čak četiri fenofaze na pokusnoj plohi, dok su

Tablica 6. Analiza varijance za visine**Table 6.** Analysis of variance for the height

Svojstvo <i>Traits</i>	Izvor variranja <i>Variation source</i>	Suma kvadrata <i>Sume of squares</i>	Stupnjeva slobode <i>Df</i>	Sredina kvadrata <i>Average of the square.</i>	F
Visina <i>Height</i> (cm)	Između grupa	755895,388	14	53992,528	58,879
	Unutar grupa	1661625,999	1812	917,012	
	Ukupno	2417521,387	1826		

Tablica 7. Prikaz skupina prema prosječnim vrijednostima visina

Table 7. View the group at Duncan's test for the diameter of the height.

Provenijencija <i>Provenance</i>	N	Visina – Height (cm) Duncan											
		1	2	3	4	5	6	7	8				
Norveška N1	92	40,52											
Italija I1	64		59,69										
Italija I2	93			71,03									
Norveška N2	131			75,76	75,76								
Italija I3	97				81,48								
Bosna B1	130					99,50							
Njemačka NJ2	124					105,06	105,06						
Njemačka NJ1	136					105,20	105,20						
Austrija A3	145					106,61	106,61	106,61					
Rumunjska R1	121					107,72	107,72	107,72	107,72				
Slovačka SL1	129							108,75	108,75	108,75			
Austrija A1	155								113,14	113,14	113,14		
Austrija A2	149								113,23	113,23	113,23		
Ukrajina U1	121									114,20	114,20		
Poljska P1	140											116,26	
Sig.		1,000	1,000	0,236	0,151	0,065	0,077	0,097	0,060				

Tablica 8. Prikaz razvoja promatranih fenofaza u 2017. godini.

Table 8. Development of observed phenophases in 2017, year.

Red. br. Mark of provenance in plot	Provenijencija <i>Provenance</i>	Fenofaza - početak i završetak fenološke faze / Phenophaza - the start and end of the phenolic phase											
		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	Austrija A1	/	12.05.	03.05.	22.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	22.05.	21.06.	09.06.	/
2	Austrija A2	/	12.05.	03.05.	22.05.	22.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	21.06.	09.06.	/
3	Austrija A3	/	12.05.	26.04.	12.05.	03.05.	22.05.	22.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	/
4	Bosna B1	/	12.05.	03.05.	12.05.	03.05.	22.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	/
5	Ukrajina U1	/	12.05.	03.05.	22.05.	22.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	21.06.	09.06.	/
6	Slovačka SL1	/	12.05.	03.05.	22.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	22.05.	21.06.	09.06.	/
7	Rumunjska R1	/	12.05.	03.05.	22.05.	22.05.	01.06.	22.05.	09.06.	22.05.	21.06.	09.06.	/
8	Norveška N1	/	12.05.	03.05.	22.05.	22.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	21.06.	09.06.	/
9	Norveška N2	/	03.05.	26.04.	12.05.	03.05.	12.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	/
10	Njemačka NJ1	/	03.05.	26.04.	12.05.	03.05.	12.05.	22.05.	09.06.	22.05.	09.06.	09.06.	/
11	Njemačka NJ2	/	12.05.	03.05.	12.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	22.05.	21.06.	09.06.	/
12	Poljska P1	/	12.05.	03.05.	22.05.	03.05.	12.05.	22.05.	09.06.	22.05.	21.06.	09.06.	/
13	Italija I1	/	12.05.	03.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	09.06.	01.06.	21.06.	09.06.	/
14	Italija I2	/	12.05.	03.05.	22.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	01.06.	21.06.	09.06.	/
15	Italija I3	/	12.05.	03.05.	22.05.	12.05.	01.06.	22.05.	09.06.	22.05.	21.06.	09.06.	/

(N_R - najranije pojavljivanje fenofaze; N_k - najkasnije pojavljivanje fenofaze)

najčešće bile prisutne istovremeno po tri fenofaze, što je bilo za očekivati s obzirom na podrijetlo provenijencija. Također su razlike primijećene i unutar provenijencija, a to sve ukazuje na široku individualnu genotipsku varijabilnost biljaka analiziranih unutar provenijencije (populacije), tako da različiti genotipovi imaju različitu normu reakcije na manje - više iste ili vrlo slične ekološke uvjete tijekom jedne sezone. Prvi rezultati promatranja fenoloških obilježja otvaranja pupova i formiranja iglica pokazuju da je potrebno ova promatranja provoditi u kontinuitetu, kako bi se procijenilo uspješvanje i genetička varijabilnost provenijencija, utvrdila ukupna genetska raznolikost običnog bora te ponašanje pojedinih provenijencija na danom lokalitetu.

RASPRAVA DISCUSSION

Obični bor je ograničen određenim čimbenicima koji utječu na njegov prirast i prinos. Posebno je ograničenje vodni režim tla (Kramer i Kozłowski 1960) koji utječe na razvoj običnog bora. Suše i visoke temperature predstavljaju, nekada periodičan, a svakako najčešći problem za obični bor, usprkos suvremenim metodama predviđenim u primjeni mjera ublažavanja posljedica.

Ovim istraživanjem obuhvaćeno je 15 različitih provenijencija običnog bora na pokusnoj plohi na Kupresu. U periodu od 2012. godine kada su biljke posađene, pa do 2017. godine kada je ispitivanje provedeno, preživjelo je 1830 sadnica, od ukupno 2700 posađenih. U analizu su uzete u obzir sve preživjele biljke svih provenijencija. Možemo reći da je postotak preživljivanja iznosio 67,70 %. Svaka od provenijencija je pokazala različit postotak preživljenja na ovoj pokusnoj plohi te su razlike među provenijencijama lako uočljive, a vezane su za podrijetlo provenijencija. Postotak preživjelih sadnica je u padu, jer prema podacima od prije 2 godine (Ballian i sur. 2017), u 2015. godini postotak preživljivanja bio je 73,10 %. Primjenom deskriptivne analize dobiveni su rezultati morfoloških istraživanja, te podaci o prosječnim svojstvima sadnica običnog bora., Utvrđeno je da su prosječne vrijednosti za svih 1830 sadnica iznosile 98,11 cm za visinu sadnica, a za promjer na vratu korijena biljke 3,11 cm, a i ova su svojstva vezana za podrijetlo provenijencija.

Prema Müller–Strack i sur. (1992) vrste sa disjunktnim rasprostranjem, kao što je obični bor, pokazuju veliku međupopulacijsku varijabilnost na morfološkoj razini. Ovo istraživanje je upravo pokazalo među provenijencijsku varijabilnost, kroz analizu varijance, kao i što su u drugim pokusima s običnim borom dobili Oleksyn (1988), Giertych (1992), Nilson (1992), Ballian i Šito (2017). Tako se promatranjem morfoloških parametara mogu dobiti važne informacije o adaptivnosti jedinke ili provenijencije, a to se ponajprije ogleda u morfološkoj raznolikosti, prosječnim vrijednostima, varijanci, koeficijentu varijabilnosti te ostalim statističkim parametrima (Erikson i Egberg 2001).

Giertych (1976) na osnovi podataka o rasama običnog bora smatra da se najbolje rase mogu naći u istočnom dijelu središnje Europe (Latvija, Bjelorusija, Poljska), a neke od njih su i predmet našeg istraživanja, te provenijencija Poljska pokazuje superiornost u visinskom prirastu. Od te središnje regije kvaliteta rasa običnog bora se smanjuje u svim smjerovima. Važna karakteristika tog srednjoeurpskog bora je da ima posebno veliku adaptabilnost (Giertych 1976; Vidaković i Krstinić 1985; Prus-Głowacki i sur. 1998), a to posebno vrijedi za obični bor iz Latvije i sjeveroistočnog područja Poljske.

Rezultati ovog istraživanja potvrdili su ove navode, jer je obični bor porijeklom iz Poljske, odnosno iz provenijencije Poljska P1, imao najveću prosječnu visinu koja je iznosila 116,26 cm, Također, visoke prosječne vrijednosti visine pokazale su biljke koje dolaze iz zemalja koje se nalaze u blizini Poljske, te u samom središtu Europe. Tako provenijencije Austrija A1 (112,61) i Austrije A2 (113,23) imaju treću i četvrtu najveću srednju vrijednost visine na ovoj eksperimentalnoj plohi. S druge strane, što se više pomičemo prema sjeveru, konkretno do Norveške, vidjet ćemo osjetan pad vrijednosti prosječne visine biljke, pa kod provenijencije Norveška N1 imamo vrijednost od 40,52 cm. Za istu provenijenciju je zabilježena i najmanja vrijednost za prosječni promjer na vratu korijena koja iznosi 1,19 cm. Ovo potvrđuje ranije rezultate do kojih su došli Giertych (1976) i Ballian i Šito (2017). Istom logikom možemo reći da je ovaj autor bio upravu i za provenijencije koje dolaze iz južnijih zemalja, pa tako provenijencija Italija I1 koja se nalazi najjužnije od svih, ima srednju vrijednost promjera na vratu korijena koja iznosi 1,848 cm, što je druga najmanja vrijednost u ovom pokusu, odmah poslije provenijencije Norveška N1. Srednja vrijednost visine sadnica za ovu provenijenciju iznosi 59,69 cm, što je također druga najmanja srednja vrijednost visine među svim provenijencijama.

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. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao dobra osnova u daljnjim proučavanjima kako bi se procijenilo uspješvanje i genetska varijabilnost domaćih i stranih provenijencija, utvrdila ukupna genetska raznolikost običnog bora u Europi i ponašanje pojedinih provenijencija u različitim stanišnim uvjetima.

ZAKLJUČCI CONCLUSION

Ukupan broj mjerenih sadnica je 1830, pri čemu je postotak preživljenja u 2017. godini iznosio 67,70 %, te se kreće u intervalu od 35,50 % (Italija I1) do 87,70 % (Austrija A1).

Deskriptivnom analizom promjera na vratu korijena utvrđeno je da najveću vrijednost srednjeg promjera ima provenijencija Austrija A1 (4,07 cm), Najmanju vrijednost pro-

sječnog promjera na vratu korijena imaju biljke provenijencije Norveška N1 (1,19 cm), Vrijednosti promjera na vratu korijena kretale su se od 0,30 cm za provenijenciju Norveška N1, što predstavlja minimum, do 9,30 cm za provenijenciju Austrija A1, što predstavlja maksimum kada su u pitanju vrijednosti prosječnog promjera na vratu korijena. Sa prosječnom visinom od 116,26 cm provenijencija Poljska P1 pokazuje najveću prosječnu vrijednost za svojstvo visina, dok biljke iz provenijencije Norveška N1 imaju najmanju prosječnu vrijednost za visinu koja iznosi 40,52 cm.

Sva istraživanja pokazala su analizom varijance da su prisutne statistički značajne razlike između istraživanih provenijencija, a što je potvrđeno i Duncanovim testom.

Na osnovi provedene analize, može se zaključiti da se na osnovi visine samo provenijencije Norveška N1 i Italija I1 izdvajaju u zasebne grupe, jer imaju uočljivo i daleko najmanje prosječne vrijednosti visine sadnica. Sa druge strane, što se tiče promjera na vratu korijena može se uočiti da se samo provenijencija Norveška N1 izdvaja u zasebnu skupinu sa daleko najmanjom vrijednosti srednjeg promjera.

Na temelju fenoloških promatranja utvrđeno je da postoji varijabilnost između svih provenijencija. Utvrđene su razlike u kretanju, trajanju i završetku pojedinih fenofaza. Kao početak vegetacije običnog bora u međunarodnom pokusu na Kupresu može se uzeti 26. Travanj, jer je kod tri provenijencije ovog dana počelo otvaranje pupova. Kod ostalih 12 provenijencija otvaranje pupova počelo je 3. svibnja, a 21. lipnja je zabilježeno da su biljke kod svih petnaest istraživanih provenijencija dospjele u posljednju fazu, tj. da imaju u potpunosti formirane iglice zelene boje.

Prvi rezultati fenoloških promatranja pokazuju da se ova istraživanja trebaju nastaviti, kako bi se procijenilo uspješvanje i genetska varijabilnost provenijencija, utvrdila ukupna genetska raznolikost običnog bora, te ponašanje i uspješvanje različitih provenijencija na danom lokalitetu.

Obični bor je genetski diferenciran prema ekološkim i vegetacijskim područjima, te pokazuje različite morfološke i fiziološke karakteristike iz različitih područja. Na to upućuje izdvajanje sjevernih provenijencija.

Rezultati istraživanja koji se dobiju u ranom juvenilnom stadiju su nepotpuni, često opterećeni različitim nedostatcima, te vrlo često drukačiji od onih dobivenih u kasnijim fazama, te je potrebno u kontinuitetu provoditi ovakva istraživanja.

LITERATURA REFERENCE

- Ballian, D. 2000: Značaj rasadničke proizvodnje u cilju održanja i povećanja biodiverziteta, Seminar: Sjemensko - rasadnička proizvodnja u BiH - Aktualno stanje i perspektive, str. 81-84. Brčko.
- Ballian, D., E. Mujanović, A. Čabaravdić, 2009: Varijabilnosti običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) u pokusu provenijencija Glasinac – Sokolac (Bosna i Hercegovina). Šumarski list 11/12: 577-588.
- Ballian, D., D. Kajba, 2011: Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti. Šumarski fakulteti Univerziteta u Sarajevu i Sveučilišta u Zagrebu, str. 25–29, Sarajevo – Zagreb-
- Ballian, D., S. Šito, 2017: Analysis of differences of growth and phenology of provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in provenance experiment at Žepče. Biosystems Diversity, 25(3): 228–235.
- Ballian D., H. Kraigher, V. Andonovski, 2017: Survival and growth of different provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the international trial “Kupres”. 70 Years faculty of forestry in Skopje- International Scientific Conference, “Sustainable forestry: fact or fiction? ”, 4-6 October 2017, str. 52, Skopje.
- Eriksson, G., I. Ekberg, 2001: An Introduction to Forest Genetics. SLU Repro, str. 166, Uppsala.
- Fenološki godišnjak 2016. 2017: Bosna i Hercegovina, Federacija Bosne i Hercegovine, Federalni hidrometeorološki zavod, Sarajevo, str. 4-6,
- Giertych, M. 1976: Summary of results on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) height growth in IUFRO provenance experiments. Institute of Dendrology, str. 63 – 120, 157 – 164, Poland, Kórnik.
- Giertych, M., J. Oleksyn, 1992: Studies on genetic variation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) coordinated by IUFRO. Silvae Genetica, 41:133-143.
- Jovanović, B. 2000: Dendrologija, Univerzitet u Beogradu, str. 104 – 135, Beograd.
- Kramer, P.J., T. Kozlowski, 1960: Physiology of Trees, McGraw – Hill, New York.
- Lojo, A., B. Balić, 2011: Prikaz površina šuma i šumskih zemljišta: Stanje šuma i šumskih zemljišta u Bosni i Hercegovini nakon provedene Druge inventure šuma na velikim površinama u periodu 2006, do 2009, godine, str. 34 - 48, Sarajevo.
- Mikić, T. 1991: Primjena metoda oplemenjivanja u podizanju intenzivnih kultura šumskog drveća u cilju povećanja proizvodnje drvene mase sa kratkim produkcionim periodom, Izvještaj za period 1989 – 1990 u okviru D.C. VII., Sarajevo.
- Milosavljević, R. 1977: Opšta klasifikacija tipova klime Bosne i Hercegovine. Šumarski fakultet u Beogradu, Katedra za ekologiju, Beograd.
- Müller-Starck, G., P.H. Baradat, F. Bergmann, 1992: Genetic variation within European tree species. New Forests, 6: 23 – 47.
- Nilsson, J.E. 1992: Growth and survival of spontaneous provenance hybrids of *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 7: 193-203.
- Nilsson, J.E., E.A. Walfridsson 1995: Phenological variation among plus-tree clones of *Pinus sylvestris* L. in northern Sweden. Silvae Genetica, 44: 20-28.
- Oleksyn, J. 1988: Report on the IUFRO – 1982 provenance experiment on Scots pine (*P. sylvestris* L.). Arborae Kóornickie, 33: 211–229.
- Omanović, M. 2008: Biohemijska karakterizacija prirodnih populacija običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) u dijelu rasprostranjenja u Bosni i Hercegovini. Magistarski rad, Sarajevo.
- Pintarić, K. 2002: Šumsko–uzgojna svojstva i život važnijih vrsta drveća. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara FBiH, str. 15 – 20, Sarajevo.
- Prus–Glowacki, W., J. Oleksyn, P.B. Reich, 1998: Relation between genetic structure and susceptibility to air pollution of European *Pinus sylvestris* populations from a IUFRO-1982 provenance experiment. Chemosphere 36: 813-818.

- Sarvas, R. 1962: Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Commun, Inst, For, Fennica, 53: 1–198.
- Stefanović, V. 1958: Areal prirodnog rasprostranjenja bijelog bora (*Pinus sylvestris*) u NR Bosni i Hercegovini, Radovi Poljoprivredno – Šumarskog fakulteta u Sarajevu, 3: 147–195, Sarajevo.
- Stefanović, V., S. Milanović, S. Međedović, K. Pintarić, S. Rončević, D. Sisojević, 1980: Ekotipovi bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) u Bosni, Posebna izdanja br, 13, Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, str. 9–25, Sarajevo.
- Vidaković M., J. Franjić, 2004: Golosjemenjače, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 411 – 417, 602 – 628, Zagreb.
- Vidaković, M., A. Krstinić, 1985: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str. 350–358, Zagreb.

SUMMARY

Analysis of differences of growth and phenology of provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in provenance experiment at Kupres (Bosnia and Herzegovina)

In this paper, 15 European provenance of Scot pines have been analyzed in an international experiment at Kupres. The experiment was established during the spring of 2012 with plants of two years old (2 + 0). A total of 1,800 seedlings of ordinary Scot pine were planted in the experimental design of a casual block system adapted to the terrain, 15 provenances in five repetitions (5 x 36 seedlings). The experiment is made up of ten European countries: Austria (Traisen, Rein, Sistrans), Bosnia and Herzegovina (Bugojno), Ukraine (Ivano Frankivsk), Slovakia (Hanusovce), Romania (Sacueini), Norway (Narvik, Arnes), Germany (Teisendorf, Trippstadt), Poland (Raciane - Nida) and Italy (Ca del Lupo, Fenestrelle, Piani - Valda). The results of morphological and physiological researches relate to differences in survival, height, root neck diameter, and spring phenomenon of bud opening. The total number of seedlings measured is 1830, with the percentage of survival in the year 2017 being 67.70%, and ranging from 35.50% (Italy I1) to 87.70% (Austria A1). Descriptive analysis of the diameter of the root neck was found to have the highest mean diameter of Austria A1 (4.07 cm). The lowest value of the average diameter of the root neck has plants originating in Norway N1 (1.19 cm), root diameter values ranged from 0.30 cm to Norway N1, which is the minimum of 9.30 cm for Austria A1 which represents the maximum when it comes to the average diameter of the neck of the root.

With an average height of 116.26 cm, the provenance of Poland P1 shows the highest average value for altitude, while the plants from Norway N1 have the lowest average value for a height of 40.52 cm.

All studies have shown a variance analysis that statistically significant differences between investigated provenances are present, as confirmed by Duncan's test.

On the basis of the analysis carried out, it can be concluded that on the basis of the height of the only N1 and Italy I1 provenances, they are separated into separate groups because they have noticeable and far least average values of the seedlings height. On the other hand, as far as diameter on the root of the root can be seen only the N1 Norway proves itself into a separate group with by far the smallest mean diameter.

Based on phenological observations, there is variability between all provenances. Differences in movement, duration and end of individual phenomena have been established. As a start of ordinary Scot pine tree vegetation in the international experiment on Kupres can be taken on April 26 because in the three provenances this day the opening of the buds began. In the other 12 provenances the opening of the buds began on May 3, and on 21 June it was noted that the plants in all fifteen investigated the origins have come to the final stage, that is, they have completely formed needles of green color.

The first results of the phenological observations show that these studies should continue to determine the overall genetic diversity of ordinary wrinkles, to determine the success and genetic variability of provenances, as well as the behavior and success of different provenances at a given locality.

Ordinary pine is genetically differentiated into ecological and vegetation areas, and shows different morphological and physiological characteristics from different areas. This indicates the separation of northern provenances.

The research results obtained at the early juvenile stage are incomplete, often burdened with various disadvantages, and very often different from those obtained at later stages, and such research has to be carried out in continuity.

KEY WORDS: Scot pine (*Pinus sylvestris* L.), provenance, survival, root neck diameter, height, phenology.