

UDK: 630*165+630*232.1(497.6)

Оригинални научни рад

DOI: 10.2298/GSF1613011C

ВАРИЈАБИЛНОСТ МОРФОМЕТРИЈСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА СМРЧЕ У ТЕСТОВИМА ПОТОМСТВА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ

Мастер инж. шум. Бранислав Цвјетковић, Универзитет у Бањој Луци, Шумарски факултет, Р. Српска, БиХ

Др Милан Матаруга, Универзитет у Бањој Луци, Шумарски факултет, Р. Српска, БиХ

Др Мирјана Шијачић-Николић, Универзитет у Београду- Шумарски факултет, Србија

Др Војислав Дукић, Универзитет у Бањој Луци, Шумарски факултет, Р. Српска, БиХ

Др Владан Поповић, Институт за шумарство, Београд, Србија

Извод: У раду су приказани резултати анализе морфометријских карактеристика садница смрче у тестовима потомства на подручју БиХ, са локалитета: Дринић и Сребреница. Тестови потомства основани су од садница које воде поријекло из шест природних популација из БиХ. Мјерена је укупна висина садница, пречник коријеновог врата, те удаљеност пршљенова од земљишта што представља висине које су саднице достигле у 2011, 2012, 2013. и 2014. години.

Добијени резултати указују на статистички значајне разлике између анализираних карактеристика посматраних популација. Посебно се издвајају популације Потоци и Олово, које су у оба теста потомства имале највећи прираст током посматраног периода. Утицај суше током 2013. године уочава се у тесту потомства у Сребреници, при чему је прираст током 2013. године мањи од прираста у 2012. години за више од 50%. Утицај суше у тесту потомства у Дринићу се не уочава.

Истраживања дају полазне основе у селекционисању полазних популација, а као главни циљ поставља се брз пораст садница.

УВОД

Смрча представља једну од економски најбитнијих врста дрвећа у шумарству Републике Српске и Босне и Херцеговине. Одликује се добрим квалитетом дрвета те има врло широку употребу у привреди. Сврстава се међу најзначајније врсте које су своје мјесто нашле у првим европским пољским експериментима. Кроз програм истраживања IUFRO-а, у периоду 1964–1968. основано је 20 провенијеничних тестова у 13 земаља (*Krutzsch, 1974*). Многа истраживања и тестови потомства смрче постављени су у Европи (*Klapster u cap., 2007; Lindgren u Werner, 1989*).

Смрча чини окосницу производње многих привредних подручја у Босни и Херцеговини те се може сврстати, поред букве и јеле, у најважније врсте дрвећа којима се газдује. Према подацима добијеним из инвентуре шума на великим површинама, смрча у Босни и Херцеговини има удио од око 21% (*Мајић и сар., 1971*), а налази се у мјешовитим и чистим састојинама.

Кад је у питању производња садница и подизање нових шума, према анализама производње садног материјала, више од 60% садница произведених у расадницима у Републици Српској су саднице смрче (*Мајаруја и сар.,*

2012). У Федерацији Босне и Херцеговине тај проценат је нешто више од 80% (Ballian, 2000). Смрча се уноси на различита станишта, а често и на она која јој еколошки не одговарају (Ballian и сар., 2006). У јувенилној фази расте споро, али касније се раст смрче убрзава. У тестовима који су подигнути у Србији и у којима су вршена истраживања утврђено је постојање значајне варијабилности морфометријских параметара смрче (Исајев и Туцовић, 1992; Шијачић-Николић и сар., 2000; Ивејић, 2004; Исајев и сар., 2009; и *gruji*), те су дате почетне препоруке за трансфер репродуктивног материјала у циљу што веће продукције дрвне залихе.

У Босни и Херцеговини издвојени су сјеменски објекти смрче (Mašaruća и сар., 2005), али нису се давале конкретне препоруке за трансфер репродуктивног материјала, базиране на истраживањима у провенијентним тестовима и тестовима потомства. Према плановима пошумљавања који су сачињени током осамдесетих година прошлог вијека, а чија је валидност досезала до почетка 21. вијека, трансфер смрче се базирао на еколошким основама, тј. у оквиру истих еколошко-вегетацијских јединица дефинисаних у Еколошко-вегетацијској рејонизацији Босне и Херцеговине (Сјефановић и сар., 1983). Сматрало се даудио смрче у производњи садног материјала и пошумљавању не би требало да буде изнад 50% (Дизгаревић и сар., 1987). Широка употреба смрче у садашњим плановима пошумљавања захтијева другачији приступ трансферу репродуктивног материјала, поготово у новим околностима климатских промјена и модерним принципима трансфера шумског репродуктивног материјала.

Варијабилност морфометријских параметара смрче представља један од често проучаваних параметара у провенијентним тестовима у земљама у окружењу. Истраживања у Румунији указују на значајну варијабилност смрче у провенијентним тестовима (Budenaus et al., 2012). Kareller и сар. (2012) пишу о варијабилности смрче у алпском региону док Pearson и Pearson (1997) дају шири преглед о расту смрче у Шведским тестовима утврђујући постојање варијабилности условљене географском ширином. Modrzyński и Eriksson (2002) указују на варијабилност смрче у подручју Судета и

Карпата. На подручју Србије, Исајев и Туцовић (1992), Шијачић-Николић (1995), Шијачић-Николић и сар. (2000) и Иветић (2004), Иветић и сар. (2005) истраживали су варијабилност морфометријских параметара смрче у тестовима у Србији. Истраживања спроведена у тестовима потомства смрче у БиХ током 2010. године указала су на значајну варијабилност међу истраживаним босанскохерцеговачким популацијама (Mašaruća и сар., 2012; Сјеојчић и сар., 2012).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ РАДА

На подручју Босне и Херцеговине, током 2009. године подигнута су четири теста потомства смрче на следећим локалитетима: Дринић, Дервента, Сребреница и Невесиње. Сваки од локалитета репрезент је једне од еколошко-вегетацијске области у Босни и Херцеговини, а према подјели на области датом у Еколошко-вегетацијској рејонизацији БиХ (Сјефановић и сар., 1983). Тестови потомства састоје се од шест популација (полазне популације – сјеменске састојине) смрче из Босне и Херцеговине (Табела 1). Подигнути су од садница старости три године, садни материјал типа 2+1.

Истраживања динамике раста спроведена су у два теста потомства смрче: у Дринићу и Сребреници. Остала два теста нису узета у обзир због малог процента преживјелих садница. Мјерења су вршена на крају вегетационог периода током 2014. године. Мјерене су: висина садница у периоду 2011–2014. година са тачношћу од 1 *cm*, пречник коријеновог врата са тачношћу од 1 *mm*, а висински прирасти за 2012, 2013. и 2014. изведени су као разлике висина између пршљенова на садницама које су мјерене. До података о висинским прирастима садница у 2012. и 2013. години дошло се мјерењем растојања између пршљенова на садницама, док је за 2014. мјерено растојање од посљедњег пршљена до врха саднице. За обраду података коришћени су програмски пакети EXCEL и Statistica 12, а висине су приликом обраде података означене са Н, пречник коријеновог врата са D, а висински прираст са I_n . Максималне вриједности добијених параме-

Табела 1. Популације из којих потиче репродуктивни материјал за оснивање тестова потомства

Популација	Географска ширина	Географска дужина	Надморска висина [m]	Еко-вегетацијска област	Заједница
Хан Пијесак 1	44° 08' 13,3"	18° 50' 01,0"	1000-1100	Унутрашњи Динариди	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>
Хан Пијесак 2	44° 02' 08,8"	19° 00' 11,4"	960-1040	Унутрашњи Динариди	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>
Фоча	43° 24' 58,4"	18° 52' 38,7"	1000 - 1126	Прелазно Илирско-мезијска	<i>Abieti-Piceetum</i>
Олово	44° 07' 43"	18° 34' 54"	900-1000	Унутрашњи Динариди	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>
Потоци	44° 23' 12,4"	16° 39' 39,5"	850-950	Унутрашњи Динариди	<i>Piceo Abieti Fagetum</i>
Кнежево	44° 28' 59,6"	17° 24' 45,9"	1010-1030	Унутрашњи Динариди	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>

тара за популације дате су болдованим вриједностима у табелама, а минималне у италику.

Истраживани тестови потомства налазе се у двије различите еколошко-вегетацијске области: унутрашњи Динариди (Дринић) и Прелазна илирско-мезијска област (Сребреница). Основни подаци о тестовима потомства дати су у Табели 2.

РЕЗУЛТАТИ

Тест потомства Сребреница

У тесту потомства у Сребреници највеће вриједности висина постигле су саднице из популације Потоци, и то за све четири посматране године, са просјечним висинама од 45,9 *cm* у 2011, 59,1 *cm* у 2012, 68,9 *cm* у 2013. и 90,5 *cm* у 2014. години.

Најниже саднице поријеклом су из популације Фоча са просјечним висинама од 37,5 *cm*

у 2011, 49,8 *cm* у 2012, 58 *cm* у 2013. и 74,1 *cm* у 2014. години. Остале популације показују приближно исте резултате током наведене четири године (Табела 3).

Разлике у висинама крећу се од 15 *cm* у 2014. години, 10 *cm* у 2013. години, 9 *cm* у 2012. години и 8 *cm* у 2011. години. Разлике се односе на популацију која је постизала највеће висине – Потоци, и најмање висине – Фоча. Остале четири популације биљежиле су разлике у висинама у интервалу 4–5 *cm*.

Највећи просјечни пречник коријеновог врата (*D*) забиљежен је у популацији Потоци од 25,3 *mm*, а приближно исте димензије пречника постизале су популације Олово (24,9 *mm*) и Кнежево (25 *mm*) (Табела 4). Утврђена је корелација између пречника коријеновог рада и висина садница за 2014. годину која износи $r = 0,75$. Корелација између двије посматране величине је јака и може да послужи у каснијим истраживањима за утврђивање степена виткости стабала.

Табела 2. Локације на којима су подигнути тестови потомства

Тест потомства	Географска ширина	Географска дужина	Надморска висина [m]	Заједница	Тип земљишта
Дринић	44° 31' 10"	16° 36' 04"	690	<i>Piceo-Abieti Fagetum</i>	Калкомеланосол, лувисол, калкокамбисол
Сребреница	44° 01' 34"	19° 25' 22"	1000	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>	Дистрични камбисол

Табела 3. Висине садница у тесту потомства Сребреница

Популација	N	H 2011 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	H 2012 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијес. 1	171	37.9	10.0	79.0	33.4	51.9	13.0	112.0	29.1
Хан Пијес. 2	109	40.2	11.0	70.0	32.0	54.7	24.0	96.0	28.9
Фоча	387	37.5	11.0	78.0	31.7	49.8	21.0	100.0	26.2
Потоци	310	45.9	15.0	94.0	29.9	59.1	22.0	124.0	28.6
Олово	269	38.9	10.0	92.0	34.9	53.3	18.0	102.0	28.6
Кнежево	371	43.9	17.0	76.0	27.1	56.3	25.0	97.0	26.6
УКУПНО	1617	41.0	10.0	94.0	32.0	54.2	13.0	124.0	28.4
Популација	N	H 2013 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	H 2014 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијес. 1	171	61.1	16.0	121.0	25.5	77.8	28.0	156.0	27.1
Хан Пијес. 2	109	63.5	30.0	108.0	26.7	79.9	38.0	142.0	26.4
Фоча	387	58.0	26.0	111.0	24.1	74.1	35.0	152.0	24.8
Потоци	310	68.9	27.0	130.0	27.6	90.5	39.0	172.0	29.4
Олово	269	63.6	26.0	135.0	26.6	82.6	35.0	180.0	27.1
Кнежево	371	64.5	31.0	118.0	25.1	83.3	39.0	160.0	26.3
УКУПНО	1617	63.2	16.0	135.0	26.6	81.5	28.0	180.0	27.8

Популације Потоци и Олово показују највећи висински прираст који је током посматраног периода већи него што је прираст осталих популација, осим у 2013. години кад су три популације постигле нешто већи прираст у односу на популацију Потоци. Оно што представља битан податак јесте утицај дужег сушног периода, забиљежен током 2013. године, који се рефлектовало на прираст садница свих популација. У 2012. години прираст садница је био већи него током 2013. године (Табела 5).

Анализа варијансе, спроведена за обиљежје „висина садница“ у току периода 2011–2014. и за обиљежје „пречник коријеновог врата“

указује на постојање значајних разлика за праг значајности од 0,05% (Табела 6). Кад су у питању прирасти у току посматраног периода, утврђено је да постоје значајне разлике на нивоу популација за посматрано обиљежје „висински прираст садница“ са прагом значајности од 0,05% (табела 6).

Резултати Данкановог теста указују на постојање значајне варијабилности на нивоу популација за посматране висине садница. Најмања варијабилност исказана је у току 2011. године кад су резултати груписани у три хомогене групе (Табела 7). За даљи рад на оплемењивању смрче битно је да се у хомогеној групи

Табела 4. Пречници коријеновог врата садница – тест потомства Сребреница

Популација	N	Пречник коријеновог врата. (D) [mm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијесак 1	171	24.4	6.4	48.8	24.5
Хан Пијесак 2	109	23.9	10.7	41.2	26.3
Фоча	387	23.6	9.4	57.6	26.9
Потоци	310	25.3	11.0	46.0	25.8
Олово	269	24.9	8.6	45.0	25.6
Кнежево	371	25.0	10.0	54.0	28.3
УКУПНО	1617	24.6	6.4	57.6	26.6

Табела 5. Висински прирасти садница – тест потомства Сребреница

Популација	N	I _h 2012 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	I _h 2013 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	I _h 2014 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијесак 1	171	14.0	2.0	36.0	47.2	9.2	2.0	31.0	50.2	16.7	0.0	47.0	50.7
Хан Пијесак 2	109	14.5	4.0	31.0	43.5	8.8	2.0	35.0	55.0	16.4	4.0	39.0	48.7
Фоча	387	12.3	0.0	30.0	42.6	8.1	2.0	30.0	49.7	16.2	2.0	59.0	51.3
Потоци	310	13.1	2.0	39.0	53.1	9.8	1.0	44.0	55.8	21.6	2.0	62.0	49.1
Олово	269	14.5	2.0	69.0	56.3	10.2	1.0	46.0	58.6	19.0	3.0	48.0	47.6
Кнежево	371	12.4	2.0	35.0	47.5	8.3	0.0	35.0	54.1	18.8	3.0	50.0	48.6
УКУПНО	1617	13.2	0.0	69.0	49.7	9.0	0.0	46.0	55.2	18.3	0.0	62.0	50.6

са највећим висинама налазе саднице из популација Потоци, Олово и Кнежево.

Резултати Данкановог теста указују на постојање значајног нивоа хетерогености која се повећава из године у годину (у 2012. двије хомогене групе, у 2013. и у 2014. четири хомогене групе). Занимљиво је приметијети да се

популација Олово налази у хомогеним групама које садрже популације са највишим вриједностима висинског прираста (Табела 8) као и чињеницу да саднице из популације Потоци сваке наредне године праћења прелазе у хомогене групе које садрже популације са већим висинама.

Табела 6. Анализа варијансе за висине садница, пречник коријеновог врата и висински прираст садница – тест потомства Сребреница

Обиљежје	Година	Извор варирања	Степени слободе	Сума квадрата	Средина квадрата	F	P
Висине садница (H)	2011	Интерцепт	1	2190384	2190384	13593,76	0,00
		Популација	5	18322	3664	22,74	0,00
	2012	Интерцепт	1	3878794	3878794	17142,64	0,00
		Популација	5	17451	3490	15,43	0,00
	2013	Интерцепт	1	5285912	5285912	19644,56	0,00
		Популација	5	22007	4401	16,36	0,00
	2014	Интерцепт	1	8743884	8743884	17996,00	0,00
		Популација	5	50046	10009	20,60	0,00
Пречник коријеновог врата садница (D)	2014	Интерцепт	1	793686,6	793686,6	18694,27	0,00
		Популација	5	702,4	140,5	3,31	0,00
Висински прираст садница (I _h)	2012	Интерцепт	1	239581,9	239581,9	5684,529	0,00
		Популација	5	1243,8	248,8	5,902	0,00
	2013	Интерцепт	1	108666,2	108666,2	4518,234	0,00
		Популација	5	1104,4	220,9	9,184	0,00
	2014	Интерцепт	1	432825,6	432825,6	5240,977	0,00
		Популација	5	6182,2	1236,4	14,972	0,00

Табела 7. Резултати Данкановог теста за висине садница и пречник коријеновог врата – тест потомства Сребреница

Популација	Н 2011 [cm]	Популација	Н 2012 [cm]	Популација	Н 2013 [cm]	Популација	Н 2014 [cm]	Популација	Д [mm]
Фоча ^a	37.5	Фоча ^a	49.9	Фоча ^a	58.1	Фоча ^b	74.1	Фоча ^a	23.6
Х. Пијес. 1 ^{a,b}	38.2	Х. Пијес. 1 ^{a,b}	52.2	Х. Пијес. 1 ^b	61.5	Х. Пијес.1 ^{b,c}	77.8	Х. Пијес. 2 ^{a,b}	24.0
Олово ^{a,b}	38.9	Олово ^{b,c}	53.3	Х. Пијес. 2 ^{b,c}	62.8	Х. Пијес. 2 ^{a,c}	79.9	Х. Пијес. 1 ^{b,c}	24.4
Х. Пијес. 2 ^{a,b}	40.2	Х. Пијес. 2 ^{b,c}	54.1	Олово ^{b,c}	63.5	Олово ^a	82.6	Олово ^c	24.9
Кнежево ^c	43.8	Кнежево ^{c,d}	56.2	Кнежево ^c	64.5	Кнежево ^a	83.3	Кнежево ^c	25.1
Потоци ^c	45.7	Потоци ^d	58.9	Потоци ^d	68.7	Потоци ^d	90.5	Потоци ^d	25.3

Табела 8. Резултати Данакн теста за висински прираст садница – тест потомства Сребреница

Популација	I_h 2012 [cm]	Популација	I_h 2013 [cm]	Популација	I_h 2014 [cm]
Фоча ^a	12.3	Фоча ^a	8.1	Фоча ^a	16.2
Кнежево ^a	12.4	Кнежево ^{a,b}	8.3	Х. Пијес. 2 ^a	16.4
Потоци ^{a,c}	13.1	Х. Пијес. 2 ^{a,b}	8.8	Х. Пијес.1 ^a	16.7
Х. Пијес. 1 ^{b,c}	14.0	Х. Пијес. 1, ^{b,c}	9.2	Кнежево ^b	18.8
Х. Пијес. 2 ^b	14.5	Потоци ^{c,d}	9.8	Олово ^b	19.0
Олово ^b	14.5	Олово ^d	10.2	Потоци ^c	21.6

Тест потомства Дринић

Тест потомства Дринић одликује се уједначенијим висинским растом током периода

2011–2014. Разлика између висина садница двију популација које су постигле најбоље резултате, Олово и Потоци, мале су и за све посматране године крећу се 1–2 cm (Табела 9). Током 2014.

Табела 9. Висине садница у тесту потомства Дринић

Популација	N	h 2011 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	h 2012 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијес. 1	216	35.6	7.0	65.0	30.8	44.5	14.0	78.0	28.0
Хан Пијес. 2	159	35.9	13.0	73.0	30.2	45.0	16.0	80.0	27.3
Фоча	341	36.6	10.0	70.0	29.6	45.2	16.0	87.0	27.6
Потоци	305	39.5	14.0	83.0	30.8	48.6	18.0	98.0	28.3
Олово	276	39.2	12.0	76.0	31.1	48.9	18.0	103.0	29.1
Кнежево	282	35.5	9.0	80.0	29.9	43.7	14.0	85.0	27.5
УКУПНО	1579	37.2	7.0	83.0	30.7	46.1	14.0	103.0	28.4
Популација	N	h 2013 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	h 2014 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијес. 1	216	54.4	19.0	114.0	27.9	67.4	27.0	160.0	31.3
Хан Пијес. 2	159	55.6	24.0	107.0	27.3	69.3	29.0	144.0	31.0
Фоча	341	56.4	22.0	114.0	26.6	73.6	32.0	153.0	29.0
Потоци	305	60.2	21.0	130.0	28.1	78.3	28.0	197.0	31.0
Олово	276	60.9	27.0	125.0	27.7	78.5	34.0	156.0	29.9
Кнежево	282	53.7	21.0	105.0	26.4	66.2	29.0	144.0	29.7
УКУПНО	1579	57.1	19.0	130.0	27.8	72.7	27.0	197.0	31.0

Табела 10. Пречници коријеновог врата садница – тест потомства Дринић

Популација	N	Пречник кор. врата (D) [mm]	Мин.	Макс.	Cv [%]
Хан Пијесак 1	216	19.8	7.9	48.0	36.4
Хан Пијесак 2	159	19.5	5.0	41.0	31.4
Фоча	341	20.2	6.0	52.0	33.0
Потоци	305	19.8	6.0	43.0	28.6
Олово	276	20.8	8.0	41.0	29.6
Кнежево	282	18.3	8.0	40.2	30.3
УКУПНО	1579	19.7	5.0	52.0	31.7

године, висине садница из наведене двије популације су готово исте и износе 78,3 cm (Потоци) и 78,5 cm (Олово). Слиједе их саднице из популације Фоча са просјечном висином од 73,6 cm, а затим и три остале популације: Хан Пијесак 1, Хан Пијесак 2 и Кнежево са просјечним висином од 67,4 cm, 69,3 cm и 72,7 cm. Разлике у претходним годинама су мање и износе максимално 6–7 cm за 2013 годину, 4 cm за 2012 . годину и 4 cm за 2011. годину, а константно се издвајају популације Олово и Дринић са највећим вриједностима висина.

Највећи просјечни пречник коријеновог врата забиљежен је у популацији Олово од 20,8 mm и популације Фоча (20,2 mm), а приближно исте димензије пречника постизале су популације Хан Пијесак 1 (19,8 mm), Хан Пијесак 2 (19,8 mm) и Потоци (19,5 mm). Популација Кнежево је имала најмање пречнике коријеновог врата чије су вриједности 18,3 mm (Табела 10). Утврђена је корелација између пречника коријеновог врата и висина садница за 2014. годину која износи $r = 0,80$. Корелаци-

ја између двије посматране величине је готово иста као и у тесту потомства у Сребреници.

Кад су у питању висински прирасти садница, највећи прирасти су забиљежени током 2014. године. При томе су прирасти сваке године све већи, што није случај са садницама из теста потомства у Сребреници гдје је забиљежена стагнација висинског прираста током 2013. године. Највеће висинске прирасте постигле су саднице из три популације: Олово, Потоци и Фоча. Генерално, популације се могу подијелити у двије групе кад је у питању прираст у 2014. години, години са већим количинама падавина и без сушних периода. Прва група су саднице из популација које су током 2014. године постигле прираст од 17 до 18 cm, а друга група су саднице из популација које су постигле прираст од око 13 cm.

Анализа варијансе показала је да постоје статистички значајне разлике између посматраних популација у погледу висина и пречника коријеновог врата садница тестираних популација смрче у тесту потомства у Дринићу (Табела 12).

Табела 11. Висински прирасти садница – тест потомства Дринић

Популација	N	I_h 2012 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	I_h 2013 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]	I_h 2014 [cm]	Мин. [cm]	Макс. [cm]	Cv [%]
Хан Пијесак 1	216	8.9	1.0	27.0	48.5	9.9	2.0	37.0	45.1	13.1	1.0	51.0	63.6
Хан Пијесак 2	159	9.1	2.0	30.0	50.8	10.6	2.0	31.0	45.1	13.6	2.0	45.0	63.3
Фоча	341	8.6	3.0	35.0	46.0	11.2	2.0	37.0	42.9	17.2	2.0	52.0	54.6
Потоци	305	9.1	1.0	31.0	55.7	11.5	1.0	38.0	46.8	18.1	2.0	67.0	59.8
Олово	276	9.6	2.0	43.0	54.6	12.0	3.0	34.0	40.6	17.6	2.0	58.0	57.1
Кнежево	282	8.2	2.0	36.0	52.1	10.0	2.0	24.0	41.0	12.5	2.0	44.0	67.0
УКУПНО	1579	8.9	1.0	43.0	51.9	11.0	1.0	38.0	44.1	15.7	1.0	67.0	61.8

Табела 12. Анализа варијансе за висине садница, пречник коријеновог врата и висински прираст садница – тест потомства Дринић

Обиљежје	Година	Изор варирања	Степени слободе	Сума квадрата	Средина квадрата	F	P
Висина (h)	2011	Интерцепт	1	2033981	2033981	15847.66	0.00
		Популација	5	4563	913	7.11	0.00
	2012	Интерцепт	1	3129503	3129503	18670.28	0.00
		Популација	5	6790	1358	8.10	0.00
	2013	Интерцепт	1	4787397	4787397	19595.92	0.00
		Популација	5	12138	2428	9.94	0.00
	2014	Интерцепт	1	7723675	7723675	15951.12	0.00
		Популација	5	38520	7704	15.91	0.00
Пречник коријеновог врата садница (d)	2014	Интерцепт	1	576382.5	576382.5	14527.20	0.00
		Популација	5	1017.0	203.4	5.13	0.00
Прираст садница (I _h)	2012	Интерцепт	1	117554.9	117554.9	5574.401	0.00
		Популација	5	339.8	68.0	3.223	0.00
	2013	Интерцепт	1	175537.7	175537.7	7685.234	0.00
		Популација	5	915.1	183.0	8.013	0.00
	2014	Интерцепт	1	349444.0	349444.0	3929.828	0.00
		Популација	5	8554.1	1710.8	19.240	0.00

Данканов тест је показао да постоји хетерогност у добијеним резултатима, али не велика, јер су резултати добијени за двије сукцесивне године, 2011. и 2012, сврстани у двије хомогене групе при чему је нешто већа хетерогност уочена у 2013. и 2014. кад су регистроване три хомогене групе (Табела 13). Двије популације, Потоци и Олово, налазе се у хомогеним групама са највећим висинским прирастима садница, што указује на њихову супериорност у погледу раста у висину у односу на остале популације.

Анализа варијансе за обиљежје „висински прираст садница“ указује на постојање значајних разлика ($p < 0,05$) на нивоу популација за висинске прирасте у периоду 2012–2014. године (Табела 12).

На основу Данкановог теста (Табела 14), утврђено је да постоје значајне варијабилности међу посматраним популацијама, при чему се током посматраног периода, супротно ономе што се дешава с висинама садница (Табела 8), број хомогених група смањује. Тако су се јасно издвојиле три популације које чине једну хомогену групу у току 2014. године, а то су: Фоча, Олово и Потоци.

Табела 13. Резултати Данкановог теста за висине садница и пречник коријеновог врата – тест потомства Дринић

Популација	h 2011 [cm]	Популација	h 2012 [cm]	Популација	h 2013 [cm]	Популација	h 2014 [cm]	Популација	D [mm]
Кнежево ^a	35.5	Кнежево ^a	43.7	Кнежево ^a	53.7	Кнежево ^a	66.2	Кнежево ^a	18.3
Х. Пијес. 1 ^a	35.6	Х. Пијес. 1 ^a	44.5	Х. Пијес. 1 ^a	54.4	Х. Пијес. 1 ^a	67.4	Х. Пијес. 2 ^b	19.5
Х. Пијес. 2 ^a	35.9	Х. Пијес. 2 ^a	45.0	Х. Пијес. 2 ^a	55.6	Х. Пијес. 2 ^a	69.3	Х. Пијес. 1 ^{b,c}	19.8
Фоча ^a	36.6	Фоча ^a	45.2	Фоча ^a	56.4	Фоча ^b	73.6	Потоци ^{b,c}	19.8
Олово ^b	39.2	Потоци ^b	48.6	Потоци ^b	60.2	Потоци ^c	78.3	Фоча ^{b,c}	20.2
Потоци ^b	39.5	Олово ^b	48.8	Олово ^b	60.8	Олово ^c	78.5	Олово ^c	20.8

Табела 14. Резултати Данкановог теста за висински прираст садница – тест потомства Дринић

Популација	I_h 2012	Популација	I_h 2013	Популација	I_h 2014
Кнежево ^a	8.2	Х. Пијес.1 ^a	9.9	Кнежево ^a	12.5
Фоча ^{a,c}	8.6	Кнежево ^a	10.0	Х. Пијес. 1 ^a	13.1
Х. Пијес. 1 ^{a,b,c}	8.9	Х. Пијес. 2 ^{a,c}	10.6	Х. Пијес. 2 ^a	13.6
Х. Пијес. 2 ^{b,c}	9.1	Фоча ^{b,c}	11.2	Фоча ^b	17.2
Потоци ^{b,c}	9.1	Потоци ^b	11.5	Олово ^b	17.6
Олово ^b	9.6	Олово ^b	12.0	Потоци ^b	18.1

ДИСКУСИЈА

Пошумљавање смрчом у Босни и Херцеговини је интензивно при чему употреба ове врсте у пошумљавању превазилази границе природног ареала. Смрча је карактеристична за читаву Европу и сматра се врло полиморфном врстом, а ареал врсте је подијељен на три домена: Балтичко-нордијски, Алпски и Хијерацијско-карпатски (*Schmidt-Vogt, 1986*) при чему смрча из Босне и Херцеговине припада Алпском домену. Истраживања у Европи указују на то да највећи раст смрча постиже често на стаништима која нису у оквиру њеног природног ареала (*Schmidt-Vogt, 1978*). Истовремено, смрча показује повећану сензибилност према климатским пројенама у стаништима централне Европе (*Kahle, 1994*).

На основу анализе адаптираности провенијенција/популација посредним методом – мјерењем најзначајнијих морфометријских параметара, могуће је доћи до почетних података који, заједно са подацима о варијабилности на молекуларном и физиолошком нивоу, представљају основу приликом препорука за трансфер репродуктивног материјала смрче. Експерименти са смрчом нису раније постављани у Босни и Херцеговини у облику погодном за истраживање варијабилности и трансфера репродуктивног материјала али су постављени у сусједним земљама. Тако су експерименти са смрчом постављени на територији Србије (*Исајев и Туцовић, 1992*) и представљају прве огледе којима је циљ био изучавање варијабилности смрче и оптимизација трансфера репродуктивног материјала.

Огледи у окружењу већ су дали прве резултате тако да се за подручје Србије, на основу анализе добијених података за четрнаестогодишње тестове смрче у околини Ивањице, могу препоручити одговарајуће популације као погодне или непогодне за трансфер садног материјала (*Ивешић и сар., 2005*). Истраживањима спроведеним на четворогодишњим, петогодишњим и шестогодишњим садницама у провенијенцијским тестовима у околини Ивањице, утврђена је значајна варијабилност особина смрче из Србије и Словеније (*Шијачић-Николић и сар., 2000*).

У истраживањима у тестовима потомства у БиХ спроведеним 2010. године (*Маџарић и сар., 2010*) добијени су први резултати који се односе на висински прираст садница. Међутим, према истраживањима Шијачић-Николић и сар. (2000), саднице послје пресадање у почетку обично расту споро да би убрзо достигле максималан прираст, али се утицај микростанишних услова на саднице у погледу морфометријских параметара значајније почиње испољавати тек друге године након пресадање садница. Такође, сам технолошки процес у производњи садног материјала узрокује разлике у морфологији садног материјала (*Свијојичић и сар., 2012*) које ће се касније, на терену, вјероватно другачије манифестовати. Зато је потребно константно праћење стања раста и развоја биљака у каснијим годинама живота теста потомства.

У тесту потомства у Сребреници, за разлику од мјерења у 2010. години, када су саднице из популације Фоча постизале највеће вриједности висинског прираста, у наредним годинама саднице из популација Потоци су преузеле примат.

На основу анализа прираста спровођених од 2010. године у тестовима потомства у Сребреници и Дринићу, може се закључити да се висински прираст константно сукцесивно повећавао током година. Изузетак је 2013. година, кад је у тесту потомства у Сребреници прираст садница био мањи од прираста у 2012. години. Вјероватно је да су високе температуре у Босни и Херцеговини и недостатак падавина (NOAA, 2016) редуковале раст садница. Појава редукације смрче раста уочена је на вишим надморским висинама, на типичним стаништима смрче, гдје су количине падавина релативно високе а температуре ниске (Spiecker, 1995). Преживљавање линија различитих популација полусродника је око 50%. Саднице поријеклом из популације Потоци имају највеће висине и пречник коријеновог врата што их, према спроведеним мјерењима, сврстава међу најпогодније популације за трансфер репродуктивног материјала на нова станишта. Врло слична ситуација је и са садницама из популације Олово и Кнежево. Популације Дринић и Олово се одликују нешто ранијим отварањем пупољака у односу на остале тестиране популације (Cvjetkovic at al., 2015a) што треба имати у виду при уношењу на станишта на којима се могу очекивати касни прољећни мразеви.

Саднице из популације Фоча постигле су најмање вриједности мјерених морфометријских параметара те са трансфером репродуктивног материјала ове популације не треба рачунати на стаништима која су слична онима на којем је постављен тест помоста у Сребреници.

Смрча у тесту потомства у Дринићу показује стабилан тренд прираста што је условљено уједначенијим условима станишта у односу на оне који владају у тесту потомства у Сребреници. Током првих мјерења (Mađaruša u cap., 2010), тест потомства у Дринићу имао је за око 2 cm већи висински прираст него сви остали тестови потомства у којима су прикупљани подаци о посматраном обиљежју. Такође, утицај суше која се јавила у 2013. години (NOAA, 2016) није имала значајан утицај на прираст као што је то био случај у Сребреници. Тенденција равномјерног висинског раста доводи се у везу са повољним условима станишта: 690 m надморска висина и сјеверна експозиција, гдје је смрча имала све услове да се на одговарајући

начин развија. Разлика у висинском прирасту је била мала на нивоу тестираних популација, а узрок се може тражити у мање израженом утицају животне средине прве године након пресадње (Шијачић-Николић u cap., 2000). Утицај спољашње средине довео је до диференцијације популација по висинском прирасту при чему је локална популација Потоци постигла најбоље резултате.

Иако је популација постигла значајне резултате у висини и висинском прирасту, низак ниво преживљавања, мање од 50% (Cvjetkovic at al., 2015b), може да утиче на избор популације Потоци као једне од најпогоднијих за трансфер на локалитет Дринић при чему треба имати у виду нешто брже отварање терминалних пупољака садница из ове популације (Cvjetkovic at al., 2015a) те могуће штете од касних прољећних мразева.

Саднице из популације Кнежево постигле су најниже резултате по свим морфометријским параметрима те би се, већ сада, с резервом могло приступити трансферу садног материјала ове популације на друга станишта сличних еколошких карактеристика као што су у Дринићу. Резултати добијени за пречник коријеновог врата указују да популација Олово у тесту потомства има највећи пречник коријеновог врата. Пречник коријеновог врата садница дрвенастих врста посредно указује на резистентност према неповољним условима животне средине као што је недостатак воде, високе температуре, суша, итд. (Wilkinson, 1969; Johnson u cap., 1985; Johnson u Cline, 1991). Додатни развој коријена представља једну од адаптацијских карактеристика дрвенастих врста у циљу снабдијевања водом у дефицитарним условима суше (Van Hess, 1997; Reader, 1993; Hinckley u cap. 1983) те се садни материјал поријеклом из ове популације може сматрати, с обзиром на остале морфометријске карактеристике, погодном за подизање нових шума у свјетлу климатских промјена. Такође, треба имати у виду и супротна мишљења да се величина пречника коријеновог врата не може користити као генерални показатељ квалитета садног материјала, нити је успостављена веза са преживљавањем, али се сматра да утиче на бржи раст неких врста (Tomphson, 1985), што указује на потребу даљих истраживања.

Иако је прираст у тесту потомства у Дринићу, према истраживањима спроведеним 2010, био већи него у тесту потомства у Сребреници (*Mađarović i sar., 2010*), ситуација се у 2013. и 2014. мијења у корист теста потомства у Сребреници. У тесту потомства у Сребреници смрча постиже већи прираст него у Дринићу, што говори у прилог тврдњи до које је дошла Шијачић-Николић (1995) и Шијачић-Николић и сар. (2000) у истраживањима у Србији да смрчи треба одређен период (1–2 године) прилагођавања новонасталим условима средине да би дошла до изражаја варијабилност условљена интеракцијом ГхЕ, а умањио утицај гајења садница у расадницима.

ЗАКЉУЧЦИ

Тестови потомства у Дринићу и Сребреници представљају први корак у циљу јаснијег дефинисања трансфера репродуктивног материјала смрче на подручју Босне и Херцеговине. Ови тестови репрезентују услове станишта на које се смрча најчешће уноси. То су станишта у висинском распону од 600 до 1000 *m* на различитим типовима земљишта. Резултати истраживања наводе на закључак да постоји значајна потреба за детаљнијим истраживањем у сегменту трансфера репродуктивног материјала како би се повећала продуктивност новооснованих за сада смрче на оваквим и сличним површинама. Утврђено је да саднице из популације Олово, која се налази на прилично великој дистанци од оба теста потомства, у висини садница, пречника коријеновог врата и прираста постижу боље резултате од географски ближних популација. Такође, генетички материјал популације Потоци погодан је за трансфер на друга, удаљена станишта што доказују резултати у тесту потомства у Сребреници која је више од 200 *km* удаљена од изворне популације.

Иако је ранијим истраживањима утврђено да је проценат преживљавања за популације Потоци и Олово мали, што представља проблем у ефикасном трансферу репродуктивног материјала, рјешење треба тражити у производњи квалитетнијег садног материјала смрче. То може повећати степен преживљавања

уз одговарајуће мјере њега младих култура, а уједно на оптималан начин искористити потенцијал станишта кроз максимализацију производње дрвне залихе и испуњавање осталих економских, еколошких и социјалних функција новооснованих култура.

Као финални резултат, у комбинацији са резултатима генетичких анализа, може се добити употпуњена слика региона провенијенција и правци оптималног трансфера репродуктивног материјала.

VARIABILITY OF NORWAY SPRUCE MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS IN PROGENY TESTS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Master of forestry Branislav Cvjetković, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, R. Srpska, BiH
Dr. Milan Mataruga, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, R. Srpska, BiH
Dr. Mirjana Šijačić-Nikolić, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Serbia
Dr. Vojislav Dukić, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, R. Srpska, BiH
Dr. Vladan Popović, Institut of Forestry, Belgrade, Serbia

Abstract: The paper presents the results of an analysis of morphometric characteristics of Norway spruce seedlings in the progeny tests in Bosnia and Herzegovina, localities: Drinić and Srebrenica. Progeny tests were established by using seedlings originating from six natural populations from Bosnia and Herzegovina. Seedling height, root collar and whorl distance from the ground, which represents seedling heights in 2011, 2012 and 2013 were measured.

The results indicate statistically significant differences between the analyzed characteristics of the observed population. Especially interesting are the populations Potoci and Olovo, which showed the highest growth during the observed period in both progeny tests. The impact of the drought in 2013 can be seen in the progeny test in Srebrenica where height growth in 2013 was lower by more than 50% in comparison to 2012. The impact of drought in the progeny test in Drinić was not observed.

The research provides the baseline when selecting the starting population, where the rapid growth of seedlings is set as the main goal.

INTRODUCTION

Spruce is one of the economically most important tree species in the forestry of the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina. It is characterized by good wood quality and it has a very wide use in industry. It is among the most important species that have found their place in the first European field experiments. Through IUFRO research program, in the period 1964-1968, 20 progeny tests were established in 13 countries (Kruttsch, 1974). Many field experiments with Norway spruce have been placed in Europe (Klappster et al., 2007; Lindgren and Werner, 1989).

Spruce is the backbone of the production of many industrial areas in Bosnia and Herzegovina, and is considered to be, the most important tree species to be managed, in addition to beech and fir. According to the data obtained from the national forest inventory, Norway spruce in Bosnia and Herzegovina has a share of about 21% (Matić et al., 1971), located in mixed and pure stands.

When it comes to the production of seedlings and planting new forests, according to the analysis of the production of planting material, more than 60% of seedlings produced in nurseries in the Republic of Srpska are Norway spruce seedlings (Mataruga et al., 2012). In Bosnia and Herzegovina Federation the percentage is slightly above 80% (Ballian, 2000). Spruce is introduced in different habitats, and often the ones that do not match its natural range (Ballian et al., 2006). At the juvenile stage it grows slowly, but then it accelerates its growth. In provenance tests that were established in Serbia, in which the researches were carried out, the existence of significant variability of morphometric parameters of spruce was observed (Isajev and Tucovic, 1992; Šijačić-Nikolić et al., 2000; Ivetić 2004; Isajev et al., 2009; and others) Initial recommendations for the transfer of reproductive material, in order to achieve greater production of timber, have been given.

Seed sources of Norway spruce were delineated in Bosnia and Herzegovina, (Mataruga *et al.*, 2005), but the authors did not provide any specific recommendations for the transfer of reproductive material based on the research done in provenance tests and progeny tests. According to the reforestation plans that were made during the 80s, whose validity lasted till the beginning of the 21st century, Norway spruce transfer was based on environmental grounds, within the same eco-vegetation units defined in the Ecological-vegetation regionalization of Bosnia and Herzegovina (Stefanović *et al.*, 1983). It was considered that the proportion of Norway spruce in the total production of seedlings and afforestation should not be above 50% (Dizdarević *et al.*, 1987). Widespread use of spruce in the current reforestation plans requires a different approach to the transfer of reproductive material, especially in the new circumstances of climate change and modern principles of the transfer of forest reproductive material.

Variability of morphometric parameters of Norway spruce is one of the most frequently studied parameters in provenance tests in neighboring countries. Research done in Romania indicates significant variation in Norway spruce provenance tests (Budenaus *et al.*, 2012). Kapeller *et al.* (2012) write about the variability of spruce in the Alpine region, while Pearson and Pearson (1997) provide a broad overview of the growth of Norway spruce in the Swedish tests, confirming the existence of variability caused by latitude. Modrzyński and Eriksson (2002) identify the variability of spruce in the Sudetenland and the Carpathian Mountains. In the territory of Serbia Isajev and Tucović (1992), Šijačić-Nikolić (1995), Šijačić-Nikolić *et al.* (2000) and Ivetić (2004), Ivetić *et al.* (2005) investigated the variability of mor-

phometric parameters of Norway spruce in provenance tests in Serbia. The research conducted in progeny tests in spruce forests in Bosnia and Herzegovina during 2010, pointed to the considerable variability among the studied populations of in B&H (Mataruga *et al.*, 2012).

MATERIAL AND METHODS

In 2009 in Bosnia and Herzegovina, four progeny tests of Norway spruce were established at the following locations: Drinić, Derventa, Srebrenica and Nevesinje. Each of the sites represents one of the eco-vegetation regions in Bosnia and Herzegovina, according to the delineation into the areas given in the Ecological-vegetation regionalization of B&H (Stefanović *et al.*, 1983). Progeny tests consist of 6 populations of spruce from Bosnia and Herzegovina (initial populations – seed stands) (Table 1). The tests were established by using 3-year-old seedlings, seedlings type 2 + 1.

The investigations of growth dynamics were carried out in two progeny tests of Norway spruce in Drinić and Srebrenica. The other two tests were not taken into account due to a small percentage of seedling survival. The measurements were taken at the end of the vegetation period in 2014. Measuring seedling height in the 2011-2014 period with the accuracy of 1 cm and root collar with the accuracy of 1 mm were carried out in 2014. Height increments for 2012, 2013 and 2014 were calculated based on the difference between the height of the whorls. The data related to the height increment of seedlings in 2012 and 2013 were obtained by measuring the distance between the seedling whorls and ground level, while in 2014 the distance from the last whorl to the top of seedlings was measured. Software packages EXCEL and STATISTICA 12 were used

Table 1. Populations from which the reproductive material originates

Population	Latitude	Longitude	Altitude [m]	Eco-vegetation district	Plant community
Han Pijesak 1	44° 08' 13,3"	18°50'01,0"	1000-1100	Inner Dinarides	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>
Han Pijesak 2	44° 02' 08,8"	19°00'11,4"	960-1040	Inner Dinarides	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>
Foča	43° 24' 58,4"	18°52'38,7"	1000 - 1126	Transitional Iliric-Moesiac	<i>Abieti-Piceetum</i>
Olovo	44° 07' 43"	18° 34' 54"	900-1000	Inner Dinarides	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>
Potoci	44°23' 12,4"	16°39'39,5"	850-950	Inner Dinarides	<i>Piceo Abieti Fagetum</i>
Kneževo	44° 28' 59,6"	17°24'45,9"	1010-1030	Inner Dinarides	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>

Table 2. Locations of progeny tests

Progeny tests	Latitude	Longitude	Altitude [m]	Plant community	Soil
Drinić	44° 31' 10"	16° 36' 04"	690	<i>Piceo-Abieti Fagetum</i>	calcomelanosol, luvisol, kalkokambisol
Srebrenica	44° 01' 34"	19° 25' 22"	1000	<i>Piceo-Abieti-Fagetum</i>	distric cambisol

for the purpose of data analysis, where seedling height in the processing of data is marked with "H", root collar with "D" and height increment with "I_h". The maximum values of obtained results for observed parameters are bolded in tables, whereas minimums are in italics.

Progeny tests are located in two different ecological-vegetation regions: Inner Dinarides (Drinić) and Transitional Illyrian-Moesian area. Basic information about the offspring tests are given in Table 2.

RESULTS

The progeny test Srebrenica

In the progeny test in Srebrenica seedlings from the population Potoci reached the maximum height value for all monitored 4 years, with the

average height of 45.9 cm in 2011, 59.1 cm in 2012, 68.9 cm in 2013 and 90.5 cm in 2014.

The lowest seedlings originated from the population of Foča, with an average height of 37.5 cm in 2011, 49.8 cm in 2012, 58 cm in 2013 and 74.1 cm in 2014.

Other populations showed approximately the same results during those four years (Table 3).

The largest root collar (D) was recorded in the population Potoci – 25.3 mm, and the populations Olovo (24,9 mm) and Kneževo (25 mm) attained approximately the same size in diameter (Table 4). The correlation which is $r = 0.75$ was established between the root collar and seedling height for 2014. The correlation between the two observed variables is strong and can be used in subsequent studies to determine the degree of tree slenderness.

Table 3. Seedling height in progeny test Srebrenica

Population	N	H 2011 [cm]	Min. [cm]	Max. [cm]	Cv [%]	H 2012 [cm]	Min. [cm]	Max. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	171	37.9	10.0	79.0	33.4	51.9	13.0	112.0	29.1
Han Pijesak 2	109	40.2	11.0	70.0	32.0	54.7	24.0	96.0	28.9
Foča	387	37.5	11.0	78.0	31.7	49.8	21.0	100.0	26.2
Potoci	310	45.9	15.0	94.0	29.9	59.1	22.0	124.0	28.6
Olovo	269	38.9	10.0	92.0	34.9	53.3	18.0	102.0	28.6
Kneževo	371	43.9	17.0	76.0	27.1	56.3	25.0	97.0	26.6
TOTAL	1617	41.0	10.0	94.0	32.0	54.2	13.0	124.0	28.4
Population	N	H 2013 [cm]	Min. [cm]	Max. [cm]	Cv [%]	H 2014 [cm]	Min. [cm]	Max. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	171	61.1	16.0	121.0	25.5	77.8	28.0	156.0	27.1
Han Pijesak 2	109	63.5	30.0	108.0	26.7	79.9	38.0	142.0	26.4
Foča	387	58.0	26.0	111.0	24.1	74.1	35.0	152.0	24.8
Potoci	310	68.9	27.0	130.0	27.6	90.5	39.0	172.0	29.4
Olovo	269	63.6	26.0	135.0	26.6	82.6	35.0	180.0	27.1
Kneževo	371	64.5	31.0	118.0	25.1	83.3	39.0	160.0	26.3
TOTAL	1617	63.2	16.0	135.0	26.6	81.5	28.0	180.0	27.8

Table 4. Root collar diameter of seedlings - progeny test Srebrenica

Population	N	Root collar (D) [mm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	171	24.4	6.4	48.8	24.5
Han Pijesak 2	109	23.9	10.7	41.2	26.3
Foča	387	23.6	9.4	57.6	26.9
Potoci	310	25.3	11.0	46.0	25.8
Olovo	269	24.9	8.6	45.0	25.6
Kneževo	371	25.0	10.0	54.0	28.3
TOTAL	1617	24.6	6.4	57.6	26.6

Table 5. Height increment of seedlings - progeny test Srebrenica

Population	N	I_h 2012 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]	I_h 2013 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]	I_h 2014 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	171	14.0	2.0	36.0	47.2	9.2	2.0	31.0	50.2	16.7	0.0	47.0	50.7
Han Pijesak 2	109	14.5	4.0	31.0	43.5	8.8	2.0	35.0	55.0	16.4	4.0	39.0	48.7
Foča	387	12.3	0.0	30.0	42.6	8.1	2.0	30.0	49.7	16.2	2.0	59.0	51.3
Potoci	310	13.1	2.0	39.0	53.1	9.8	1.0	44.0	55.8	21.6	2.0	62.0	49.1
Olovo	269	14.5	2.0	69.0	56.3	10.2	1.0	46.0	58.6	19.0	3.0	48.0	47.6
Kneževo	371	12.4	2.0	35.0	47.5	8.3	0.0	35.0	54.1	18.8	3.0	50.0	48.6
TOTAL	1617	13.2	0.0	69.0	49.7	9.0	0.0	46.0	55.2	18.3	0.0	62.0	50.6

The populations Potoci and Olovo show the highest increment, which was higher than the growth of other populations during the observation period, except in 2013, when 3 populations achieved a slightly higher increment compared to the population Potoci. What is important is the fact that the impact of a prolonged dry period which was recorded in 2013 reflected on the growth of seedlings in all populations. In 2012 the growth of seedlings was higher than in 2013 (Table 5).

The analysis of variance which was performed for the "height" variable during the period from 2011 to 2014 and "root collar" variable indicates the existence of considerable differences for the significance level of 0.05% (Table 6). When it comes to weight gain over the observed period, significant differences were found at the level of populations for the characteristic "height increment of seedlings" with the materiality threshold of 0.05% (Table 6).

Duncan tests' results indicate the existence of significant variation at the population level for different seedling heights. Minimum variation was recorded in 2011, when the results were put in 3 homogeneous groups (Table 7). For further work on Norway spruce breeding, it is important to note that the seedlings from the populations Potoci, Olovo and Kneževo are in the homogenous group with the highest seedlings.

Duncan test results indicate the existence of a significant level of heterogeneity, which increases from year to year (in 2012 two homogeneous groups, in 2013 and in 2014 four homogeneous groups). It is interesting to note that Olovo population is in homogeneous groups that consist of the populations with the highest values of height growth (Table 8), and the fact that every year seedlings from Potoci population are transferred into homogenous groups that contain populations with higher altitudes.

Table 6. Analysis of variance for the height of seedlings, root collar diameter and height increment – progeny test Srebrenica

Variables	Year	Source	Deg. of freedom	SS	MS	F	P
Height (H)	2011	Intercept	1	2190384	2190384	13593,76	0,00
		Population	5	18322	3664	22,74	0,00
	2012	Intercept	1	3878794	3878794	17142,64	0,00
		Population	5	17451	3490	15,43	0,00
	2013	Intercept	1	5285912	5285912	19644,56	0,00
		Population	5	22007	4401	16,36	0,00
2014	Intercept	1	8743884	8743884	17996,00	0,00	
	Population	5	50046	10009	20,60	0,00	
Root collar (D)	2014	Intercept	1	793686,6	793686,6	18694,27	0,00
		Population	5	702,4	140,5	3,31	0,00
Height increment (I_h)	2012	Intercept	1	239581,9	239581,9	5684,529	0,00
		Population	5	1243,8	248,8	5,902	0,00
	2013	Intercept	1	108666,2	108666,2	4518,234	0,00
		Population	5	1104,4	220,9	9,184	0,00
	2014	Intercept	1	432825,6	432825,6	5240,977	0,00
		Population	5	6182,2	1236,4	14,972	0,00

Table 7. Duncan test results for seedling height and the diameter of the root collar – progeny test Srebrenica

Population	H 2011 [cm]	Population	H 2012 [cm]	Population	H 2013 [cm]	Population	H 2014 [cm]	Population	D [mm]
Foča ^a	37.5	Foča ^a	49.9	Foča ^a	58.1	Foča ^b	74.1	Foča ^a	23.6
H. Pijes. 1 ^{a,b}	38.2	H. Pijes. 1 ^{a,b}	52.2	H. Pijes. 1 ^b	61.5	H. Pijes. 1 ^{b,c}	77.8	H. Pijes. 2 ^{a,b}	24.0
Olovo ^{a,b}	38.9	Olovo ^{b,c}	53.3	H. Pijes. 2 ^{b,c}	62.8	H. Pijes. 2 ^{a,c}	79.9	H. Pijes. 1 ^{b,c}	24.4
H. Pijes. 2 ^{a,b}	40.2	H. Pijes. 2 ^{b,c}	54.1	Olovo ^{b,c}	63.5	Olovo ^a	82.6	Olovo ^c	24.9
Kneževo ^c	43.8	Kneževo ^{c,d}	56.2	Kneževo ^c	64.5	Kneževo ^a	83.3	Kneževo ^c	25.1
Potoci ^c	45.7	Potoci ^d	58.9	Potoci ^d	68.7	Potoci ^d	90.5	Potoci ^d	25.3

Table 8. Results of Duncan test for height increment of seedlings – progeny test Srebrenica

Population	I _h 2012 [cm]	Population	I _h 2013 [cm]	Population	I _h 2014 [cm]
Foča ^a	12.3	Foča ^a	8.1	Foča ^a	16.2
Kneževo ^a	12.4	Kneževo ^{a,b}	8.3	H. Pijes. 2 ^a	16.4
Potoci ^{a,c}	13.1	H. Pijes. 2 ^{a,b}	8.8	H. Pijes. 1 ^a	16.7
H. Pijes. 1 ^{b,c}	14.0	H. Pijes. 1, ^{b,c}	9.2	Kneževo ^b	18.8
H. Pijes. 2 ^b	14.5	Potoci ^{c,d}	9.8	Olovo ^b	19.0
Olovo ^b	14.5	Olovo ^d	10.2	Potoci ^c	21.6

The progeny test Drinić

The progeny test Drinić was characterized by a more consistent height growth during the 2011-2014 period. The difference between the height of the seedlings from two populations that achieved the best results, Olovo and Potoci, are small and range for all of the observed years under 1 cm (Table 9). During 2014, the height of seedlings from these two populations is about the same and amounts to 78.3 and 78.5 cm for the

populations Potoci and Olovo, respectively. They are followed by the seedlings from the Foča population with the average height of 73.6 cm and then the other three populations: Han Pijesak 1, Han Pijesak 2 and Kneževo, with the average heights of 67.4 cm, 69.3 cm and 66.2 cm. The differences in height between the seedling populations in recent years are smaller and amount to a maximum of 6-7 cm for 2013, 5 cm for 2012 and 4 cm for 2011.

Table 9. Seedling height in progeny test Drinić

Population	N	h 2011 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]	h 2012 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	216	35.6	7.0	65.0	30.8	44.5	14.0	78.0	28.0
Han Pijesak 2	159	35.9	13.0	73.0	30.2	45.0	16.0	80.0	27.3
Foča	341	36.6	10.0	70.0	29.6	45.2	16.0	87.0	27.6
Potoci	305	39.5	14.0	83.0	30.8	48.6	18.0	98.0	28.3
Olovo	276	39.2	12.0	76.0	31.1	48.9	18.0	103.0	29.1
Kneževo	282	35.5	9.0	80.0	29.9	43.7	14.0	85.0	27.5
TOTAL	1579	37.2	7.0	83.0	30.7	46.1	14.0	103.0	28.4
Population	N	h 2013 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]	h 2014 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	216	54.4	19.0	114.0	27.9	67.4	27.0	160.0	31.3
Han Pijesak 2	159	55.6	24.0	107.0	27.3	69.3	29.0	144.0	31.0
Foča	341	56.4	22.0	114.0	26.6	73.6	32.0	153.0	29.0
Potoci	305	60.2	21.0	130.0	28.1	78.3	28.0	197.0	31.0
Olovo	276	60.9	27.0	125.0	27.7	78.5	34.0	156.0	29.9
Kneževo	282	53.7	21.0	105.0	26.4	66.2	29.0	144.0	29.7
TOTAL	1579	57.1	19.0	130.0	27.8	72.7	27.0	197.0	31.0

The largest average root collar was recorded in the Olovo population (20.8 mm) and the Foča population (20.2 mm), the populations Han Pijesak 1 (19.8 mm), Han Pijesak 2 (19.8 mm) and Potoci (19.5 mm) attained approximately the same root collar and the Kneževo population had the

smallest root collar diameter 18.3 mm (Table 10). There was a correlation between the root collar diameter and the height of seedlings for 2014, which amounts to $r = 0.80$. The correlation between the two observed sizes is almost the same as in the progeny test in Srebrenica.

Table 10. Root collar diameter of seedlings - progeny test Drinić

Population	N	Root collar (D) [mm]	Min.	Max.	Cv [%]
Han Pijesak 1	216	19.8	7.9	48.0	36.4
Han Pijesak 2	159	19.5	5.0	41.0	31.4
Foča	341	20.2	6.0	52.0	33.0
Potoci	305	19.8	6.0	43.0	28.6
Olovo	276	20.8	8.0	41.0	29.6
Kneževo	282	18.3	8.0	40.2	30.3
TOTAL	1579	19.7	5.0	52.0	31.7

Table 11. Height increment of seedlings - progeny test Drinić

Population	N	I _h 2012 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]	I _h 2013 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]	I _h 2014 [cm]	Min. [cm]	Maks. [cm]	Cv [%]
Han Pijesak 1	216	8.9	1.0	27.0	48.5	9.9	2.0	37.0	45.1	13.1	1.0	51.0	63.6
Han Pijesak 2	159	9.1	2.0	30.0	50.8	10.6	2.0	31.0	45.1	13.6	2.0	45.0	63.3
Foča	341	8.6	3.0	35.0	46.0	11.2	2.0	37.0	42.9	17.2	2.0	52.0	54.6
Potoci	305	9.1	1.0	31.0	55.7	11.5	1.0	38.0	46.8	18.1	2.0	67.0	59.8
Olovo	276	9.6	2.0	43.0	54.6	12.0	3.0	34.0	40.6	17.6	2.0	58.0	57.1
Kneževo	282	8.2	2.0	36.0	52.1	10.0	2.0	24.0	41.0	12.5	2.0	44.0	67.0
TOTAL	1579	8.9	1.0	43.0	51.9	11.0	1.0	38.0	44.1	15.7	1.0	67.0	61.8

When it comes to seedling height increments, the largest increments were recorded during 2014. In that way, height increment increased each year, which is not the case with plants from the progeny test in Srebrenica, where the stagnation of height growth during 2012 was recorded. Seedlings from 3 populations achieved the highest height increment: Olovo, Potoci and Foča. When it comes to growth in 2014, the populations can be divided into 2 groups, as it was the year with higher rainfall and no dry periods. The first group

of seedlings are the seedlings from populations which reached the growth of 17-18 cm in 2014 and in the other group are the seedlings from the population which achieved the growth of about 13 cm.

The analysis of variance showed that there were statistically significant differences among the populations in terms of height and diameter of root collar of the seedling in the populations tested in the spruce progeny test in Drinić (Table 12).

Table 12. The analysis of variance for seedling height, root collar diameter and height increment - progeny test Drinić

Variables	Year	Source	Deg. of freedom	SS	MS	F	P
Height (H)	2011	Intercept	1	2033981	2033981	15847.66	0.00
		Population	5	4563	913	7.11	0.00
	2012	Intercept	1	3129503	3129503	18670.28	0.00
		Population	5	6790	1358	8.10	0.00
	2013	Intercept	1	4787397	4787397	19595.92	0.00
		Population	5	12138	2428	9.94	0.00
	2014	Intercept	1	7723675	7723675	15951.12	0.00
		Population	5	38520	7704	15.91	0.00
Root collar (D)	2014	Intercept	1	576382.5	576382.5	14527.20	0.00
		Population	5	1017.0	203.4	5.13	0.00
Height increment (I_h)	2012	Intercept	1	117554.9	117554.9	5574.401	0.00
		Population	5	339.8	68.0	3.223	0.00
	2013	Intercept	1	175537.7	175537.7	7685.234	0.00
		Population	5	915.1	183.0	8.013	0.00
	2014	Intercept	1	349444.0	349444.0	3929.828	0.00
		Population	5	8554.1	1710.8	19.240	0.00

Table 13. Results of Duncan test for seedling height and root collar diameter - progeny test Drinić

Population	H 2011 [cm]	Population	H 2012 [cm]	Population	H 2013 [cm]	Population	H 2014 [cm]	Population	D [mm]
Kneževo ^a	35.5	Kneževo ^a	43.7	Kneževo ^a	53.7	Kneževo ^a	66.2	Kneževo ^a	18.3
Han Pijes. 1 ^a	35.6	Han Pijes. 1 ^a	44.5	Han Pijes. 1 ^a	54.4	Han Pijes. 1 ^a	67.4	Han Pijes. 2 ^b	19.5
Han Pijes. 2 ^a	35.9	Han Pijes. 2 ^a	45.0	Han Pijes. 2 ^a	55.6	Han Pijes. 2 ^a	69.3	Han Pijes. 1 ^{b,c}	19.8
Foča ^a	36.6	Foča ^a	45.2	Foča ^a	56.4	Foča ^b	73.6	Potoci ^{b,c}	19.8
Olovo ^b	39.2	Potoci ^b	48.6	Potoci ^b	60.2	Potoci ^c	78.3	Foča ^{b,c}	20.2
Potoci ^b	39.5	Olovo ^b	48.8	Olovo ^b	60.8	Olovo ^c	78.5	Olovo ^c	20.8

Duncan tests have shown that there is heterogeneity in the results which is not so significant. The results obtained for two successive years: 2011 and 2012 are grouped in 2 homogeneous groups. Somewhat higher heterogeneity was observed in 2013 and 2014, when 3 homogeneous groups were registered (Table 13). Two populations, Potoci and Olovo were located in homogeneous groups with the greatest height increment of seedlings, indicating their superiority in terms of height growth in relation to other populations.

The analysis of variance for the variable "height increment of seedlings" indicates the presence of significant differences ($p < 0.05$) at the population level for height increments for the 2012-2014 period (Table 12).

The results of Duncan test (table 14) indicated that there is a significant variability among the observed populations, where the number of homogeneous groups, contrary to what happens to the height of seedlings (Table 8), decreases during the observed period. Thus, three populations that make up one homogeneous group were clearly singled out in 2014. These are: Foča, Olovo and Potoci.

DISCUSSION

Afforestation by Norway spruce in Bosnia and Herzegovina is intense whereby the use of this species in afforestation goes beyond the borders of its natural area. Spruce is typical for the whole of Europe, is considered a highly polymorphic species (*Sperlich, 1973*), and the range of this species is divided into three domains: the Baltic-Nordic, Alpine and Hieraci-Carpathian (*Schmidt-Vogt, 1986*), whereby spruce from Bosnia and Herzegovina is a part of the Alpine domain. Studies in Europe show that the greatest spruce growth is often achieved in sites that are not within its natural range (*Schmidt-Vogt, 1978*). At the same time, spruce showed increased sensitivity to climate changes in the habitats of Central Europe (*Kahle, 1994*).

Based on the analysis of provenance/population adaptability by an indirect method – morphometric measurements of the most important parameters, it is possible to get to the initial data, together with the data on the variability of molecular markers and physiological level, which

Table 14. Results of Duncan test for height increment of seedlings - progeny test Drinić

Population	I _h 2012	Population	I _h 2013	Population	I _h 2014
Kneževo ^a	8.2	Han Pijes. 1 ^a	9.9	Kneževo ^a	12.5
Foča ^{a,c}	8.6	Kneževo ^a	10.0	Han Pijes. 1 ^a	13.1
Han Pijes. 1 ^{a,b,c}	8.9	Han Pijes. 2 ^{a,c}	10.6	Han Pijes. 2 ^a	13.6
Han Pijes. 2 ^{b,c}	9.1	Foča ^{b,c}	11.2	Foča ^b	17.2
Potoci ^{b,c}	9.1	Potoci ^b	11.5	Olovo ^b	17.6
Olovo ^b	9.6	Olovo ^b	12.0	Potoci ^b	18.1

are the basis for the recommendations related to the transfer of reproductive material. The experiments with Norway spruce were not previously conducted in Bosnia and Herzegovina in the form suitable for a variability study and the transfer of reproductive material. Some of them were set up in neighboring countries. Thus experiments with Norway spruce were established in the territory of Serbia (*Isajev and Tucović, 1992*) and represent the first experiments where the objective was to study the variability of spruce and the optimization of the transfer of reproductive material.

Experiments in neighbouring countries have already produced the first results. In the territory of Serbia, based on the analysis of data collected for fourteen tests of Norway spruce in Ivanjica, some populations can be recommended as suitable or unsuitable for the transfer of reproductive material (*Ivetić et al., 2005*). The research conducted on four-year, five-year and six-year old seedlings in provenance tests around Ivanjica showed that there was significant variability of Norway spruce both from Serbia and Slovenia (*Šijačić-Nikolić et al., 2000*).

In the studies of progeny tests in B&H conducted in 2010 (*Mataruga et al., 2010*) the first results related to the height increment of seedlings were obtained. However, according to the research done by Šijačić-Nikolić et al. (2000), after being transplanted, seedlings usually grow slowly. The impact of the micro site conditions on seedlings, in terms of morphometric parameters, significantly begins to manifest itself in the second year after transplanting the seedlings. In addition, technological process in the production of planting material causes differences in the morphology of the seedlings (*Stojčić et al., 2012*) that will be manifested in the field. This points to the need for a constant monitoring of plant growth and development conditions in the later life of the provenance test.

In progeny test in Srebrenica, the 2010 measurement results showed that the seedlings from Foča population reached the maximum value of height growth. In the following years, seedlings from the population Potoci took precedence.

Based on the height increment analysis implemented starting from 2010 in the progeny tests in Srebrenica and Drinić, it can be concluded

that height increment increased constantly and steadily over the years. The exception is 2013, when in the progeny test in Srebrenica seedling growth was lower than the growth in 2012. It was probably the high air temperature during 2013 in Bosnia and Herzegovina and low rainfall (NOAA, 2016) that reduced the growth of Norway spruce seedlings. The incidence of spruce growth reduction was observed at higher altitudes, at typical spruce habitats, where rainfall is relatively high and temperatures are low (*Spiecker, 1995*). The survival rate of different half-sib populations is around 50%. Seedlings originating from Potoci populations had a maximum height and diameter of root collar which puts them, according to the conducted measurements, among the most suitable populations for the transfer of reproductive material to new habitats. A very similar situation is with the plants from the populations Olovo and Kneževo. Populations Potoci and Olovo are characterized by slightly earlier bud opening, compared to other tested populations (*Cvjetković et al., 2015a*), which should be kept in mind when introducing them into the habitats where late spring frosts can be expected.

Seedlings from the Foča population have reached the lowest value of the measured morphometric parameters, so it should not be counted on the transfer of reproductive material from this population into habitats such as Srebrenica. Norway spruce progeny test in Drinić shows a steady trend of growth which is caused by more consistent habitat conditions compared to those prevailing in the progeny test in Srebrenica. During the first measurements (*Mataruga et al., 2010*), the progeny test in Drinić had about 2 cm greater height increment than all the other offspring tests where the data on the observed characteristics were collected. In addition, the impact of the drought that occurred in 2013 (NOAA, 2016) had no significant impact on growth as it was the case in Srebrenica. The tendency of steady height growth is associated with favorable site conditions: 690 m altitude and Northern exposure, where Norway spruce had all the conditions to be appropriately developed. The difference in height increment was small at the level of tested populations; the cause can be sought in the less pronounced impact of the environment

in the first year after transplanting (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2000). The impact of the external environment led to the differentiation of populations by height increment, where the local population Potoci achieved good results.

Although the population has achieved significant results in height and height increment, a low level of survival, less than 50% (Cvjetković *et al.*, 2015b) can influence the choice of the population Potoci, as one of the most suitable populations for transfer to the Drinić site. In addition, the faster opening of terminal buds of seedlings should be taken into account (Cvjetković *et al.*, 2015a), due to the possible damage from late frosts in spring.

Seedlings from the population Kneževo reached the lowest values in all morphometric parameters, so the transfer of seedlings from this population into other habitats with similar ecological characteristics such as Drinić should be considered with caution. The results for the root collar indicate that in the progeny test the population Olovo has the largest diameter of the root collar. The root collar of seedlings of woody species was the indicator of resistance to adverse environmental conditions such as the lack of water, high temperatures, drought, etc. (Wilkinson, 1969; Johnson *et al.*, 1985; Johnson and Cline, 1991). Additional root development is one of the adaptive characteristics of woody species, which results in the ability to supply water in drought conditions (Van Hess, 1997; Reader, 1993; Hinckley *et al.*, 1983) and planting material originating from this population can be considered, given the other morphometric characteristics, suitable for planting new forests in the light of climate change. In addition, opposing viewpoints should also be borne in mind - according to them, root collar cannot be used as a general indicator of the quality of planting material, nor is the connection with survival established, but it is believed to influence faster growth in some species (Tomphson, 1985), which leads to the need for further research.

Although the growth in progeny test in Drinić from research conducted in 2010 was higher than in the progeny test in Srebrenica (Mataruga *et al.*, 2010), the situation in 2013 and 2014 changed in favor of the progeny test in Srebrenica. Norway spruce achieved higher growth in the progeny test in Srebrenica than in Drinić, confirming the

claims of Šijačić-Nikolić (1995) and Šijačić-Nikolić *et al.* (2000) based on the research done in Serbia according to which Norway spruce needs a certain period (1-2 years) to adapt to new environmental conditions to get to variability caused by G x E, and lessen the impact of growing seedlings in nurseries.

CONCLUSIONS

The progeny tests in Drinić and Srebrenica represent the first step towards a clearer definition of the transfer of Norway spruce reproductive material in Bosnia and Herzegovina. These tests represent the habitat conditions into which Norway spruce is usually introduced. These are habitats within the altitude range of 600-1000 meters on different soils. The research results suggest that there is a significant need for a more detailed research in the area of reproductive material transfer, in order to maximize the productivity of newly established plantations of spruce in this and similar areas. It was found that seedlings from the population Olovo, which is located at a fairly long distance from both progeny tests, achieved better results in terms of plant height, root collar and growth than geographically closer populations. In addition, the genetic material from the population Potoci is suitable for transfer to other distant habitats as confirmed by the results of the progeny test in Srebrenica, which is over 200 km away from the original population.

Although previous research found that survival rates for the populations Olovo and Potoci are small, which is a problem in the efficient transfer of reproductive material, the solution should be sought in the production of quality planting material of spruce. With appropriate tending measures, young planted forests can increase their survival rate, and also it is the optimal way to exploit the potential of habitats through the maximization of tree volume production and fulfillment of other economic, ecological and social functions.

As the final result, which can be combined with the results of genetic analysis, we can get a complete picture of provenance regions and the directions of the optimal transfer of reproductive material.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Балијан, Д. (2000): *Квалитивна сагној материјала у расадницима у Федерацији Босне и Херцеговине*. Семинар – Сјеменско-расадничка производња у БиХ – Актуелно стање и перспективе, Брчко (76–78)
- Балијан, Д., Богунџић, Ф., Божич, Г. (2006): *Смрека у Босни и Херцеговини*, Радови Шумарског факултета Сарајево бр. 1, Сарајево (77–85)
- Budeanu, M., Sofletea, N., Parnuta, G. (2012): *Testing Romanian seed sources of Norway spruce (Picea abies): results on growth traits and survival at age 30*, Annals of forest research, vol. 55, Issue 1, Bucharest (43–52)
- Cvjetković, B., Mataruga, M., Šijačić-Nikolić, M., Daničić, V., Lučić, A. (2015a): *Bud burst and height increment of Norway spruce (Picea abies Karst.) in progeny tests in Bosnia and Herzegovina*, International Scientific Conference „Reforestation Challenges”, Proceedings, Belgrade (251–259)
- Cvjetković, B., Mataruga, M., Šijačić-Nikolić, M., Ivetić, V., Daničić, V., Stojnić, S., Stojanović, M. (2015b): *Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) seedlings survival in progeny test „Drinić”*, Bulletin of Faculty of Forestry Banja Luka, Banja Luka (5–14)
- Диздаревић, Х., Пролић, Н., Пинтарић, К., Лутершек, Д., Ушчуплић, М., Вукореп, И., Стефановић, В. (1987): *Ревизија њосиојећих и издвајање нових сјеменских сасиојина и њроучавање биолошких карактеристика смрче, јеле, бијелој и црној бора у функцији њроизводње квалитивне сјемена за њојребе шумарска СР БиХ*, Шумарски факултет у Сарајеву, Сарајево, (2–14)
- Hinckley T. M., Duhme, F., Hinckley, A. R., Richter, H. (1983): *Drought relations of shrub species: assessment of the mechanisms of drought resistance*, Oecologia 59 (344–350)
- Isajev, V., Ivetić, V., Lučić, A., Rakonjac, L.J., (2009): *Gene pool conservation and tree improvement in Serbia*, Genetika, Vol. 41, No. 3, Belgrade, (309–327)
- Исајев, В., Туцовић, А., (1992): *Провенијенцини њесј смрче на њри локалитетима код Ивањице*. Извођачки пројекат, Београд (1–52)
- Иветић, В., (2004): *Ујџицај сјанишја и њровенијенција на развој јувенилних култура смрче (Picea abies /L./ Karst.) на Голију*, Магистарски рад, рукопис, Шумарски факултет, Београд.
- Ivetić, V., (2005): *Results of fourteen years old Norway spruce provenance test in Serbia*, Proceedings of the Symposium Forest and Sustainable Development, Transilvania University of Brasov, Proceedings, Brasov (65–71)
- Johnson, J. D. i Cline, M. L. (1991): *Seedling Quality of Southern Pines u Duryea, M. L. and Dougherty P. M.*: Forest Regeneration Manual, New Haven (143–159)
- Johnson, J. D., Zedaker, S. M. and Hairston A. B. (1985): *Foliage, stem, and root interrelations in young loblolly pine*, Forest Science 31, Praha (891–898)
- Kahle, H.-P. (1994): *Modellierung der Zusammenhänge zwischen der Variation von klimatischen Elementen das Sudschwarzwalds*, Diss. Freiburg (184)
- Kapeller, S., Lexer, M. J., Geburek, T., Hiebl, J., Schueler, S. (2012): *Intraspecific variation in climate response of Norway spruce in the eastern Alpine range: Selecting appropriate provenances for future climate*, Forest Ecology and Management 271 (46–57)
- Klapster, J., Lstiburek, M., Kobliha J. (2007): *Initial evaluation of half-sib progenies of Norway spruce using the best linear unbiased prediction*, Journal of Forest Science, 53 (2), Praha, (41–46)
- Krutzsch, P., (1974): *The IUFRO 1964/68 provenance test with Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.)*, Silvae Genetica 23, Frankfurt (58–62)
- Lindgren, D., Werner, M. (1989): *Gain generating efficiency of different Norway spruce seed orchard designs*. Includes an appendix by Danell. In: Stener L.G., Werner M. (eds.), Norway Spruce: Provenances, Breeding and Genetic Conservation. Institutet for skogsförbättring, Rapport 11, Malme (189–206)
- Mataruga, M., Isajev, V., Balotić, P., Burlica, Č., Cvjetković, B. (2010): *Progeny tests of Norway spruce (Picea abies Karst.) in Bosnia*

- and Herzegovina – contribution to the European ex situ conservation, First Serbian Congress – future with forests, Proceedings, Belgrade (378–389)
- Mataruga, M., Isajev, V., Balotić, P., Rose, R., Wu, S. (2012): *Forest seed and seedling production in Republic of Srpska (Bosnia & Herzegovina) – current status and future development*, International scientific conference Forestry science and practice for the purpose of sustainable development of forestry – 20 years of faculty of forestry in Banja Luka, Banja Luka (621–634)
- Матаруга, М., Исајев, В., Лазарев, В., Балотић, П., Даничић, В., (2005): *Рејисџар шумских сјеменских објеката Републике Српске – основа унапређења сјеменске производње*, Шумарски факултет Бања Лука, Бања Лука (1–222)
- Матић, В., Дринић, П., Стефановић, В., Ђирић, М. и сарадници (1971): *Сјање шума у СР Босни и Херцеговини према инвенџури шума на великим њовршинама у 1964–68. години*, Шумарски факултет и институт за шумарство, посебна издања бр. 7, Сарајево (639)
- Modrzyński, J., Eriksson, G. (2002): *Response of Picea abies populations from elevation transects in the Polish Sudety and Carpathian mountains to simulated drought stress*, Forest Ecology and Management, Volume 165, Issues 1–3, Elsevier (105–116)
- NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate (2016): *Global Analysis for Annual 2013*, published online January 2014, retrieved on March 21, 2016. from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201313>.
- Pearson, B., Pearson, A. (1997): *Variation in steams properties in a IUFRO 1964/1968 Picea abies provenance experiment in southern Sweden*, Silvae Genetica 46, Frankfurt (411–419)
- Reader, R. J., Jalili, A., Grime, J. P., Spencer, R. E., Matthews, N. (1993): *A comparative study of plasticity in seedling rooting depth in drying soil*, Journal of Ecology 81, London (543–550)
- Schimdt-Vogth, H. (1978): *Genetics of Picea abies /L./ Karst.*, Annales Forestales 7, Freiburg (145–186)
- Schmidt-Vogt, H. (1986): *Die Fichte, Band II/1, Wachstum-Züchtung-Boden-Umwelt-Holz*. Paul Paray Verlag, Hamburg – Berlin (563)
- Šijačić-Nikolić, M., (1995): **Procena genetskog potencijala osam provenijencija smrčre (Picea abies /L./ Karst.) iz test kultura kod Ivanjice**. Magistarski rad, Beograd (1–129)
- Šijačić-Nikolić, M., Isajev, V., Mataruga, M. (2000): *Evaluation of morphometric properties of several spruce (Picea abies /L./ Karsten) provenances in monocultures in Serbia*, eds. Klimo, E., Hager, H., Kulhavý, J. (2000): *Spruce monocultures in Central Europe – Problems and prospects*, EFI Proceedings no. 33, Joensuu (136–145)
- Стефановић, В., Беус, В., Бурлица, Ч., Диздаревић, Х., Вукореп, И. (1983): *Еколошко-већеџа-цијска рејонизација Босне и Херцеговине*, Шумарски факултет Сарајево, посебна издања бр. 17, Сарајево (7–80)
- Stojičić, D., Mataruga, M., Isajev, V. (2012): *Effects of different mineral fertilizers on the growth and development of one year old seedlings Norway spruce (Picea abies /L./Karst.) with bare root*, First Serbian Congress – future with forests, Proceedings, Belgrade (608–617)
- Thompson, B., (1984): *Seedling morphological evaluation – What you can tell by looking*, Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Workshop held October 16-18, 1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.
- Van Hees, A.F.M. (1997): *Growth and morphology of pedunculate oak (Quercus robur L.) and beech (Fagus sylvatica L.) seedlings in relation to shading and drought*, Annals of Forest Science, 54, INRA, Montpellier (9–18)
- Wilkinson, G.B. (1969): *Some establishment problems on Southland and Otago*. New Zealand Journal of Forestry 14, Wellington (170–177)

