

Екол. Зашт. Живот. Сред.	Том 11	Број 1/2	стр. 11-18	Скопје 2008
Ekol. Zašt. Život. Sred.	Vol.	No	pp.	Skopje

ПОДЗЕМНА ФИТОМАСА И ПРОДУКЦИЈА ВО БУКОВИОТ ЕКОСИСТЕМ *Calamintho grandiflorae-Fagetum* ВО НАЦИОНАЛНИОТ ПАРК „МАВРОВО“. III. ФИТОМАСА НА СИТНИТЕ КОРЕЊА НА ДРВЈАТА И ГРМУШКИТЕ

Славчо ХРИСТОВСКИ^{1,*}, Љупчо МЕЛОВСКИ¹, Марјана ШУШЛЕВСКА² и Љупчо ГРУПЧЕ³

¹*Институт за биологија, Природно-математички факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“,
Гази Баба бб., Скопје*

²*Фармакем, ул. Манчу Матак бр. 23, Скопје*

³*Македонско еколошко друштво, Скопје*

*slavco_h@pmf.ukim.mk

ИЗВОД

Христовски, С., Меловски, Љ., Шушлевска, М., Групче, Љ. (2008). Подземна фитомаса и продукција во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“. III. Фитомаса на ситните корења на дрвјата и грмушките. Екол. Зашт. Живот. Сред., Том 11, Бр. 1/2, 11-18.

Во овој труд е прикажана масата на ситните корења (<2 mm) во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“. Притоа, беше определена масата на живите (10,16 t·ha⁻¹) и мртвите корења (6,33 t·ha⁻¹). Живите корења беа поделени во четири фракции (<0,2; 0,2-0,5; 0,5-1,0 и 1,0-2,0 mm) од кои најзастапена беше фракцијата на ситни корења со дијаметар помал од 0,2 mm. Со зголемување на дијаметарот, масата на ситните корења опаѓа. Мртвите корења беа поделени на две фракции (<1,0 и 1,0-2,0 mm).

Масата на ситните корења беше анализирана во почвен профил од 150 cm. Најголема маса беше регистрирана во почвениот слој до 10 cm длабочина (35,8%). Со зголемување на длабочината, масата на ситните корења се намалува.

На крај, извршена е споредба со податоци од литературата за букови и други шумски екосистеми во Светот од каде може да се заклучи дека масата на ситните корења во буковиот екосистем во Маврово е најчесто слична или повисока.

Клучни зборови: бука (*Fagus sylvatica*), шумски екосистем, подземна фитомаса, ситни корења.

ABSTRACT

Hristovski, S. Melovski, Lj., Šušlevska, M., Grupče, Lj. (2008). Belowground phytomass and production in the beech ecosystem *Calamintho grandiflorae-Fagetum* in Mavrovo National Park. III. Fine root phytomass of trees and shrubs. Ekol. Zašt. Život. Sred., Vol. 11, No 1/2, 11-18.

The fine root biomass (d < 2 mm) in the beech ecosystem *Calamintho grandiflorae-Fagetum* in Mavrovo National Park is presented. Fine roots were separated into live (10.16 t·ha⁻¹) and dead (6.33 t·ha⁻¹) roots. Live roots were divided into four fractions (<0.2; 0.2-0.5; 0.5-1.0 and 1.0-2.0 mm) which from the smallest roots (d < 0.2 mm) were dominant. The mass of the fractions decreased with the increase of the fine root diameter. Dead roots were divided into two fractions (<1.0 and 1.0-2.0 mm).

Fine root mass was investigation up to 150 cm depth. The largest biomass was recorded in the first 10 cm of the soil (35.8%). The mass of fine roots decreased with the depth according to a linear model.

Comparison of the results with literature data for other forest ecosystems revealed that the fine root biomass in the investigated beech ecosystem in Mavrovo National Park is similar or higher.

Key words: beech (*Fagus sylvatica*); forest ecosystem, belowground phytomass, fine root biomass.

Вовед

Ситните корења (<2 mm) претставуваат голема и динамична компонента на подземната фитомаса, голем резервоар на минерални материи и зафаќаат значителен процент од вкупната примарна продукција во шумските екосистеми (McClaugherty et al. 1982). Тие го претставуваат примарниот пат на усвојување на вода и минерални материи, што кореспондира на физиолошката улогата која ја имаат листовите во врзување на јаглерод и енергија. Се смета дека јаглеродот во ситните корења изнесува 5 % од вкупниот јаглерод што се наоѓа во атмосферата, а количеството азот во ситните корења е $\frac{1}{7}$ од вкупниот азот во вегетацијата на копното (Jackson et al. 1997).

Познавањето на односите помеѓу динамиката на корењата и достапноста на минералните материи во почвата е многу важно за голем број фундаментални прашања на терестричната екологија (West et al. 2004). Се смета дека продукцијата на ситните корења ќе биде чувствителна на некои изменети фактори кои влијаат на глобално ниво (Aber et al. 1985), особено зголемувањето на концентрацијата на CO₂ во атмосферата и зголемената температура (Dilustro et al. 2002). Од друга страна, зголеменото количество на азотот (особено нитратите) може да доведе до пониски вредности за продукцијата (Aber et al. 1985). Заради чувствителноста на ситните корења кон надворешните фактори, нивната продукција може да се користи како мониторинг-индикатор на промените во животната средина (Hertel & Leuschner 2002).

Во шумските екосистеми, продукцијата на ситните корења зависи од температурата, влажноста и достапноста на минералните материи (Vogt et al. 1986). Вредностите за продукцијата на ситните корења во северните области изнесуваат околу 13 % од вкупната маса, 40 % во шумите од умерениот појас до 73 % во тропските зони (Gill & Jackson 2000).

Главна цел на овој труд е определување на масата на ситните корења (<2 mm) во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“. Притоа, беше определена масата на живите и мртвите корења, одделно. Живите корења беа поделени во четири фракции (<0,2; 0,2-0,5; 0,5-1,0 и 1,0-2,0 mm), а мртвите корења беа поделени на две фракции (<1,0 и 1,0-2,0 mm). Една од задачите беше и анализа на длабинскиот распоред на масата на ситните корења. Определувањето на фитомасата на ситните корења е дел на повеќегодишниот проект Комплексни екосистемски истражувања во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“.

Методи на работа

Методите на работа се детално опишани кај Христовски и др. (2008a). Фитомасата на ситните корења ($d < 2$ mm) беше определена со земање почвени проби со волумен од 100 cm³ на различна длабочина (до 150 cm); одделување и фракционирање на живите и мртвите коренчиња со помош на микроскоп; нивно сушење и мерења на аналитичка вага.

Употребени кратенки:

ДВН	-	дијаметар на градна височина
d	-	дијаметар на корењата во основа
Фп	-	вкупна подземна фитомаса
Фп_д	-	подземна фитомаса во катот на дрвјата
Фп_г	-	подземна фитомаса во катот на грмушките
Фп_{кк-д}	-	фитомаса на корењата со дијаметар > 1 mm во катот на дрвјата
Фп_{кк-г}	-	фитомаса на корењата со дијаметар > 1 mm во катот на грмушките
Фск	-	фитомаса на ситни корењата (=FRB - fine root biomass)
R/S	-	однос помеѓу подземната и надземната фитомаса (root/shoot ratio)

Резултати

Ситните корења имаат клучна улога во усвојувањето на вода и хранливи материи. И покрај нивното значење во кружењето на материи, тие се слабо обработувани во екосистемските истражувања во Светот.

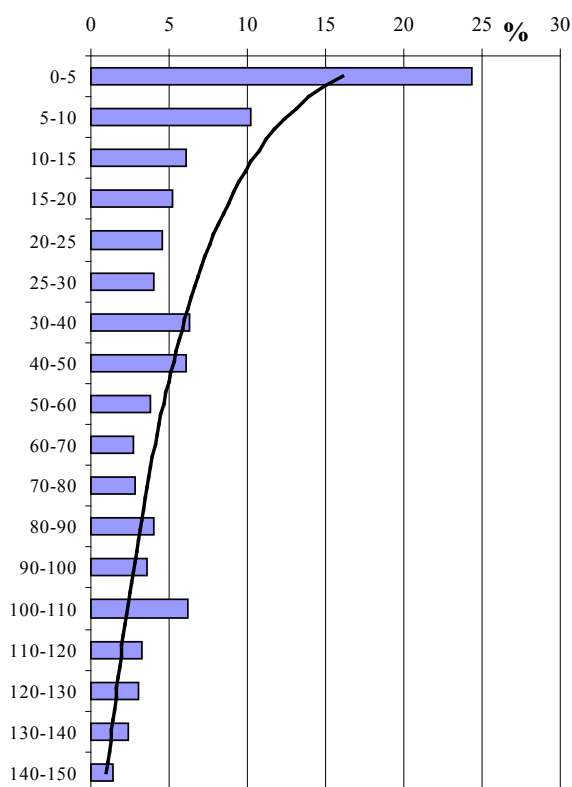
Фск во истражуваниот буков екосистем во Маврово изнесува 10,16 t·ha⁻¹ (Таб. 1). Ако се земаат предвид само вредностите за фитомаса до 30 cm длабочина, тогаш фитомасата на живите коренчиња во буковиот екосистем изнесува 5,41 t·ha⁻¹, а на мртвите 2,29 t·ha⁻¹. Во слојот 0-5 cm беше добиена вредност од 2,365 t·ha⁻¹ за ситните живи коренчиња (Таб. 1).

Површинските почвени слоеви се најбогати со ситни корења. Во слојот 0-5 cm се наоѓаат 23,3 % од вкупната маса на ситни корења во почвата. Слојот 5-10 cm содржи уште 12,5 % што значи дека во првите 10 cm од почвата се наоѓаат 35,8 % (Сл. 1). Останатите почвени слоеви поединечно учествуваат со помалку од 5 % од вкупната маса на ситни корења (со исклучок на слоевите 30-40 cm и 100-110 cm). Забележливо е дека најдлабоките почвени слоеви имаат најмал процент ситни корења (под 3 %). Намалувањето на Фск со зголемување на длабочината беше статистички значајно. Слични резултатите се добија и за зависноста на масата на коренчињата од масата на одделните фракции: <0,2 mm, 0,2-0,5 mm и 0,5-1,0 mm. За фракцијата 1-2 mm, статистичка-

Таб. 1. Фитомаса на ситните корења (живи и мртви) во истражуваниот буков екосистем во Маврово во 2004 година по почвени слоеви ($t \cdot ha^{-1}$).

Tab. 1. Fine root biomass (live and dead) in the investigated beech ecosystem in Mavrovo in 2004 by soil layers ($t \cdot ha^{-1}$).

Длабочина (Depth)	ЖИВИ (LIVE)					МРТВИ (DEAD)		
	<0,2 mm	0,2-0,5 mm	0,5-1,0 mm	1-2 mm	Вкупно (total)	<1 mm	1-2 mm	Вкупно (total)
0-5	1,307	0,598	0,322	0,137	2,365	0,407	0,005	0,412
5-10	0,548	0,156	0,257	0,310	1,270	0,306	0,012	0,318
10-15	0,329	0,078	0,059	0,050	0,515	0,249	0,021	0,270
15-20	0,283	0,108	0,060	0,040	0,491	0,264	0,034	0,298
20-25	0,246	0,067	0,067	0,110	0,489	0,208	0,039	0,247
25-30	0,214	0,034	0,032	0,001	0,280	0,734	0,010	0,744
30-35	0,339	0,072	0,082	0,049	0,542	0,525	0,354	0,879
40-45	0,325	0,069	0,081	0,007	0,482	0,579	0,098	0,676
50-55	0,202	0,086	0,038	0,095	0,421	0,318	0,061	0,379
60-65	0,146	0,035	0,030	0,023	0,233	0,338	0,001	0,338
70-75	0,152	0,090	0,089	0,064	0,395	0,355	0,032	0,388
80-85	0,214	0,085	0,106	0,069	0,475	0,282	0,001	0,283
90-95	0,192	0,039	0,062	0,023	0,316	0,343	0,006	0,348
100-105	0,332	0,151	0,158	0,143	0,785	0,237	0,026	0,263
110-115	0,176	0,030	0,019	0,072	0,296	0,196	0,001	0,197
120-125	0,161	0,045	0,057	0,069	0,332	0,015	0,001	0,016
130-135	0,128	0,036	0,026	0,085	0,275	0,133	0,001	0,133
140-145	0,075	0,035	0,070	0,023	0,203	0,143	0,001	0,144
ВКУПНО (TOTAL)	5,37	1,81	1,61	1,37	10,16	5,63	0,70	6,33



Сл. 1. Процентуално учество на анализираниите почвени слоеви во формирањето на вкупната маса на ситни корења во истражуваниот буков екосистем во Маврово за 2004 година (зависноста на Фск од длабочината е: $F_{sk} = 2,87695 + 50,2104/sd$; $R^2=91,98 \%$, $p=0,0000$, $F=183,56$, каде sd е длабочина на почвениот слој во cm).

Fig. 1. Fine root biomass in the soil layers in the investigated beech ecosystem in Mavrovo in 2004 ($FRB=2.87695+50.2104/sd$; $R^2=91.98 \%$, $p=0.0000$, $F=183.56$, where FRB is fine root biomass, sd is soil depth).

та анализа покажа сигнификантност на 90% ниво ($p=0,0654$).

Процентуалното учество на четирите фракции ситни корења во почвените слоеви покажа дека процентот на најситните коренчиња ($<0,2$ mm и $0,2-0,5$ mm) опаѓа со зголемување на длабочината ($p<0,05$). За разлика од тоа, останатите две фракции ситни коренчиња учествуваа со варијабилен процент во формирањето на масата на ситни корења во почвените слоеви кој не зависеше од длабочината.

Со цел да се прикажат одделно $\Phi_{пд}$ и $\Phi_{пг}$, беше пресметана масата на ситни корења кои припаѓаат на катот на дрвјата и катот на грмушките. Пресметувањето на фитомасата на ситните корења во катот на дрвјата ($\Phi_{скд}$) беше извршено според следната формула:

$$\Phi_{скд} = \frac{\Phi_{пд}}{\Phi} \cdot \Phi_{ск}$$

Разликата помеѓу $\Phi_{ск}$ и $\Phi_{скд}$ ја дава $\Phi_{скг}$. $\Phi_{скд}$ изнесува $10,15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, а $\Phi_{скг}$ $11,49 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Фитомасата на ситните корења со $\phi < 1$ mm во катот на дрвјата изнесува $8,78 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, а ова фракција кај грмушките изнесува $9,94 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Овие вредности треба да се додадат на вредностите за подземната фитомаса на дрвјата и грмушките (Таб. 1 и 3 кај Христовски и др. 2009 - II) со што ќе се добијат вредности од $57,65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ за $\Phi_{пд}$ и $83,14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ за $\Phi_{пг}$.

Дискусија

Според Jackson et al. (1997) во Светот постојат околу 250 студии што се однесуваат на ситните коренчиња во најразлични екосистеми, но мора да се има предвид дека бројот на студии е рапидно зголемен во последните десетина години. Треба да се наспомене и дека најголем дел од истражувањата се вршени во површинските слоеви (0-30 cm), а далеку помалку се опфатени подлабоките почвени слоеви. Тоа е значаен проблем кога ќе се земе предвид дека буковите корења продираат подлабоко во почвените слоеви што е потврдено со нашите истражувања, како и истражувањата на Schmid & Kazda (2002).

Фитомасата на ситни живи и мртви корења во истражуваниот буков екосистем во Маврово изнесува $16,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Таб. 1). Тоа е повисока вредност од онаа што ја наведуваат Jackson et al. (1997) за фитомасата на живите коренчиња во листопадни шуми од умерениот појас - $4,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ и за вкупната фитомаса (живи+мртви) - $7,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ако се земат предвид само вредностите за фитомаса до 30 cm длабочина, тогаш фитомасата на живите коренчиња во буковиот екосистем во Маврово е блиска со овие податоци.

Leuschner et al. (2001) за фитомаса на сит-

ни коренчиња во дабово-букова состоина (90 % букови стебла) во северозападна Германија наведуваат вредности од $0,2-2,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ во хумусниот хоризонт. Оваа вредност може да се спореди со $1,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, добиени за ситните коренчиња во слојот 0-5 cm (Таб. 1).

Во почвениот слој 0-30 cm беа застапени $5,15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (46,1 %) живи и $1,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (23,2 %) мртви ситни корења што значи дека најголемата маса на ситните корења се наоѓа во површинските слоеви. Тоа се вклопува со мислењето на Hendrick & Pregitzer (1996) дека околу 50 % од $\Phi_{ск}$ во шумите од умерениот појас се наоѓа во почвените слоеви до околу 40 cm длабочина. Ваквиот распоред е потврден и за буковите шуми (Curt et al. 2001; Curt & Prévosto 2003). Тоа е уште поизразено за некои медитерански екосистеми во кои 50 % од ситните корења се наоѓаат во најгорните 25 cm почва (López et al. 2001; Silva & Rego 2003). Но, ситните корења во подлабоките почвени слоеви, и покрај релативно помалата маса, имаат значајна улога во усвојувањето на водата.

Генерално $\Phi_{ск}$ во истражуваниот буков екосистем е повисока од вредностите прикажани на Таб. 2 за букови екосистеми и други шумски екосистеми.

$\Phi_{ск}$ варира во тек на годината. Во некои шумски екосистеми се констатирани само по една висока (максимална) вредност (McClougherty et al. 1982) додека во други се забележани криви на годишната динамика со повеќе амплитуди (Vogt et al. 1986). Harris et al. (1980) наведуваат и примери за шумски екосистеми каде не се забележуваат промени во $\Phi_{ск}$. Сепак, во најголем дел од студиите највисоките вредности за $\Phi_{ск}$ се забележани во есенскиот период кога опаѓаат кон зимата и повторно се зголемуваат во тек на пролетта и летото (Hendrick & Pregitzer 1996). Според Burke & Raynal (1994) започнувањето на растот на ситните корења се поклопува со отворањето на пупките, а растот престанува за време на листопадот, односно овие промени настануваат при температури на почвата над и под $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Што се однесува до вертикалната дистрибуција на $\Phi_{ск}$ во буковиот екосистем во Маврово, може да се забележи дека $\Phi_{ск}$, како и масата на четирите фракции ситни корења опаѓа со зголемување на длабочината што беше статистички значајно (Сл. 30). Процентуалното учество на најситните коренчиња ($<0,2$ mm и $0,2-0,5$ mm) во формирањето на масата на ситните корења во одделните почвени слоеви се намалуваа со зголемување на длабочината. Затоа, можеме да кажеме дека физиолошки функционалните корења се наоѓаат во површинските почвени слоеви. Во подлабоките почвени слоеви се среќаваат ситни корења кои се слабо разгранети и веројатно имаат помала улога во апсорбирањето на вода и ми-

Tab. 2. Преглед на податоците од литературата за Фск ($t \cdot ha^{-1}$) во различни шумски екосистеми.

Tab. 2. Overview of the literature data for FRB ($t \cdot ha^{-1}$) in different forest ecosystems.

Тип шумски екосистем (Forest type)	Длабочина на мерење (soil depth) m	Живи (live)	Мртви (dead)	Вкупно (total)	Референца (reference)
Листопадни шуми од умерениот појас (Deciduous temperate forests)	0-30 cm	4,4	3,4	7,8	Jackson et al. (1997) ^a
Иглолисни шуми од умерениот појас (Coniferous temperate forests)	0-30 cm	5,0	3,2	8,2	Jackson et al. (1997) ^a
Бореални шуми (Boreal forests)	0-30 cm	2,3	3,7	6,0	Jackson et al. (1997) ^a
состоина од <i>Fagus sylvatica</i> (<i>Fagus sylvatica</i> stand)	0-150 cm			7,2	Hendriks & Bianchi (1995) ^a
состоина од <i>Fagus sylvatica</i> (<i>Fagus sylvatica</i> stand)	0-80 cm			9,6	Hendriks & Bianchi (1995) ^a
53 состоини од <i>Fagus sylvatica</i> 53 <i>Fagus sylvatica</i> stands	0-75 cm	2,3			Curt & Prévosto (2003) ^a
Шума од <i>Fagus sylvatica</i> (<i>Fagus sylvatica</i> forest)	0-20 cm	1,178	1,937		Van Praag et al. (1988) ^b
мешана состоина од <i>Fagus sylvatica</i> и <i>Picea abies</i> (mixed stand of <i>Fagus sylvatica</i> and <i>Picea abies</i>)	0-130 cm			5,5-8,7	Hendriks & Bianchi (1995) ^a
шума од <i>Picea abies</i> (<i>Picea abies</i> forest)	0-100 cm			7,8-15,0	Hendriks & Bianchi (1995) ^a
шума од <i>Picea abies</i> (<i>Picea abies</i> forest)	0-20 cm	1,335	3,914		Van Praag et al. (1988) ^b
шума од <i>Picea glauca</i> (<i>Picea glauca</i> forest)	0,6-1,2 m*				McClougherty et al. (1982) ^c
дабова шума од <i>Quercus rubra</i> со <i>Betula allegheniensis</i> и <i>Fagus grandifolia</i> (oak forest of <i>Quercus rubra</i> with <i>Betula allegheniensis</i> and <i>Fagus grandifolia</i>)	0,6-1,2 m*	6,1	4,4	10,5	McClougherty et al. (1982) ^c
ниско-продуктивни состоини од <i>Pseudotsuga menziesii</i> (high-productive stands of <i>Pseudotsuga menziesii</i>)	0-15 cm	1,03-2,84			Vogt et al. (1987) ^a
ниско-продуктивни состоини од <i>Pseudotsuga menziesii</i> (high-productive stands of <i>Pseudotsuga menziesii</i>)	0-15 cm	2,94-7,35			Vogt et al. (1987) ^a
Шума од <i>Acer saccharum</i> со <i>Betula allegheniensis</i> и <i>Fagus grandifolia</i> . (Sugar maple (<i>Acer saccharum</i>) forest with <i>Betula allegheniensis</i> and <i>Fagus grandifolia</i>)	0-32 cm	4,32-4,71	1,76-2,69	6,47-7,01	Fahey & Hughes (1994) ^a
плоскачево-церов екосистем (Italian and Turkey oak forest ecosystem)		10,645			Grupče et al. (1995)

* - експлицитно е наведено дека мерењето ја опфатило целата коренова зона (explicitly stated that the investigation refers to the whole root zone);

^a - ситните корења се дефинирани како < 2 mm (fine roots are defined as d < 2 mm), ^b ситните корења се дефинирани како < 1 mm (fine roots are defined as d < 1 mm); ^c ситните корења се дефинирани како < 3 mm (fine roots are defined as d < 3 mm).

нерални материи од почвата. Hendrick & Pregitzer (1992) и Fahey & Hughes (1994) стигнале до аналогни резултати кои зборуваат дека просечните дијаметри на ситните корења се зголемуваат со зголемување на длабочината на почвениот слој во кој се наоѓаат. Причините за ваквата појава, според Fahey & Hughes (1994), се поголемата издржливост на покрупните коренчиња на отпорот кој го создаваат почвените слоеви.

Ситните корења во истражуваниот буков екосистем во Маврово не беа регистрирани во шумската простирка, туку само во хумусниот хоризонт и минералниот дел на почвата. До идентичен заклучок стигнале и Hendriks & Bianchi (1995).

Што се однесува до хоризонталната дистрибуција на ситните корења, може да се каже дека во тек на теренските истражувања за определување на Фск не се водеше сметка за оддалеченоста од дрвјата и грмушките под претпоставка дека тие се хомогено распространети низ почвата. Тоа го потврдуваат Richardson et al. (2003) кои сметаат дека ситните корења имаат хомоген распоред во почвата заради компетициските односи и тој не зависи од склопот на крошните на дрвјата.

Според Bolte et al. (2004), а врз база на пет истражувања на букови шуми во Европа (Nihlgård 1972; DeAngelis et al. 1981; Bartelink 1998; Hertel 1999; Le Goff & Ottorini 2001), процентуалното учество на ситните корења во вкупната подземна фитомаса е < 10 %. Оваа ниска вредност веројатно се должи на малата длабочина до која се мерени ситните корења во наведените студии. Во истражуваниот буков екосистем подземната фитомаса на крупните корења во периодот 1997-2005 година се зголемуваше од 44,9 до 53,3 t·ha⁻¹ (Христовски 2008б). Според тоа, процентот на ситните корења во просек изнесуваше 19,34 % кој пак, е многу понизок од вредноста на Curt & Prévosto (2003) - 48 % и има тенденција на понатамошно намалување.

Заклучоци

Масата на ситните корења (<2 mm) во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“ изнесува 16,5 t·ha⁻¹. Притоа, масата на живите изнесува 10,16 t·ha⁻¹, а на мртвите корења - 6,33 t·ha⁻¹. Најзастапена фракцијата на ситни живи корења беа коренчињата со дијаметар помал од 0,2 mm. Со зголемување на дијаметарот, масата на ситните корења опаѓа.

Најголема маса на ситните корења во почвен профил од 150 cm беше регистрирана во почвениот слој до 10 cm длабочина (35,8%). Со зголемување на длабочината, масата на ситните

корења се намалуваше.

Од споредбата со литературни податоци може да се заклучи дека масата на ситните корења во буковиот екосистем во Маврово е најчесто слична или повисока.

Референци

- Aber, J. D., Melillo, J. M., Nadelhoffer, K. J., McClaugherty, C. A. and Pastor, J. (1985). Fine root turnover in forest ecosystems in relation to quantity and form of nitrogen availability: a comparison of two methods. *Oecologia* 66: 317-321.
- Bartelink, H. H. (1998) A model of dry matter partitioning in trees. *Tree Physiology* 18: 91-101.
- Bolte, A., Rahmann, T., Kuhr, M., Pogoda, P., Murrach, D. and v. Gadow, K. (2004). Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). *Plant and Soil* 264: 1-11.
- Burke, M. K. and Raynal, D. J. (1994). Fine root growth phenology, production, and turnover in a northern hardwood forest ecosystem. *Plant and Soil* 162: 135-146.
- Curt, T., Lucot, E. and Bouchaud, M. (2001). Douglas-fir root biomass and rooting profile in relation to soils in a mid-elevation area (Beaujolais Mounts, France). *Plant and Soil* 233: 109-125.
- Curt, T. and Prévosto, B. (2003). Rooting strategy of naturally regenerated beech in silver birch and Scots pine woodlands. *Plant and Soil* 255: 256-279.
- DeAngelis, D. L., Gardner, R. H. and Shugart, H. H. (1981). Productivity of forest ecosystems studies during the IBP: The woodland data sets. *In: Dynamic Properties of Forest Ecosystems*. Ed. D E Reichle. 567-672. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dilustro, J. J., Day, F. P., Drake, B. G., Hinkle, C. R. (2002). Abundance, production and mortality of fine roots under elevated atmospheric CO₂ in an oak-scrub ecosystem. *Env. Exp. Bot.* 48: 149-159.
- Fahey, T. J. and Hughes, J. W. (1994). Fine root dynamics in a northern hardwood forest ecosystem, Hubbard Brook Experimental Forest, NH. *Journal of Ecology* 82: 533-548.
- Gill, R. A. and Jackson, R. B. (2000). Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. *New Phytol.* 147: 13-31.
- Grupče, Lj., Melovski, Lj. and Mulev, M. (1995). Plant biomass and primary production of *Quercetum frainetto-cerris macedonicum*

- ecosystem in Galičica National Park. Proceedings of a Jubileum Symposium „100 years from birthday of the Acad. Boris Stephanov (1894-1979), 2-3.06.1994, Sofia. Vol. II, pp. 85-92. PSSA, Sofia.
- Harris, W. F., Santantonio, D. and McGinty, D. (1980). The dynamic belowground ecosystem. In: Waring, R. H., (ed.). Forests: Fresh Perspectives from Ecosystem Analysis. Oregon: Oregon State University Press. 119-129.
- Hendrick, R. L. and Pregitzer, K. S. (1992). The demography of fine roots in a northern hardwood forest. *Ecology* 73(3): 1094-1104.
- Hendrick, R. L. and Pregitzer, K. S. (1996). Temporal and depth-related patterns of fine root dynamics in northern hardwood forests. *J. Ecol.* 84: 167-176.
- Hendriks, C. M. A. and Bianchi, F. J. J. A. (1995). Root density and root biomass in pure and mixed forest stands of Douglas-fir and Beech. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences* 43: 321-331.
- Hertel, D. (1999). Das Feinwurzelsystem von Rein- und Mischbeständen der Rotbuche: Struktur, Dynamik und interspezifische Konkurrenz. *Diss. Bot.* 317(1): 1-90.
- Hertel, D. and Leuschner, C. (2002). A comparison of four different fine root production estimates with ecosystem carbon balance data in a *Fagus-Quercus* mixed forest. *Plant and Soil* 239: 237-251.
- Христовски, С., Меловски, Љ., Шушлевска, М. и Групче, Љ. (2008а). Подземна фитомаса и продукција во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae*-Fagetum во Националниот парк „Маврово“. I. Методолошки аспекти на определувањето на подземната фитомаса на дрвјата и грмушките. Зборник на трудови од III Конгрес на еколозите на Македонија со меѓународно учество. Посебни изданија на Македонското еколошко друштво 8: 77-85.
- Христовски, С., Меловски, Љ., Шушлевска, М. и Групче, Љ. (2008б). Подземна фитомаса и продукција во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae*-Fagetum во Националниот парк „Маврово“. II. Подземна фитомаса на крупните корења на дрвјата и грмушките. *Екол. Зашт. Живот. Сред.* 11(1/2): ??-??.
- Jackson, R. B., Mooney, H. A. and Schulze, E.-D. (1997). A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA(Ecology)*, Vol. 94: 7362-7366
- Le Goff, N. and Ottorini, J.-M. (2001). Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in North-East France. *Ann. For. Sci.* 58: p. 1-13.
- Leuschner, Ch., Backes, K., Hertel, D., Schipka, F., Schmitt, U., Terborg, O. and Runge, M. (2001). Drought response at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. *Forest Ecol. Manag.* 149: 33-46.
- López, B., Sabaté, S. and Gracia, C. A. (2001). Annual and seasonal changes in fine root biomass of a *Quercus ilex* L. forest. *Plant and Soil* 230: 125-134.
- McClougherty, C. A., Aber, J. D. and Melillo, J. M. (1982). The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems. *Ecology* 63(5): 1481-1490.
- Nihlgård, B. (1972). Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted spruce forest in South Sweden. *Oikos* 23: 69-81.
- Richardson, A. D., Bealle Statland, C. and Gregoire, T. G. (2003). Root biomass distribution under three cover types in a patchy *Pseudotsuga menziesii* forest in western Canada. *Ann. For. Sci.* 60: 469-474.
- Schmid, I. and Kazda, M. (2002). Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. *Forest Ecol. Manag.* 159: 37-47.
- Silva, J. S. and Rego, F. (2003). Root distribution of a Mediterranean shrubland in Portugal. *Plant and Soil* 255: 529-540.
- Van Praag, H. J., Sougne-Remy, S., Weissen, F. and Carletti, G. (1988). Root turnover in a beech and a spruce stand of Belgian Ardennes. *Plant and Soil* 105: 87-103.
- Vogt, K. A., Grier, C. C., Gower, S. T., Sprugel, D. G. and Vogt, D. J. (1986). Overestimation of net root production: a real or imaginary problem? *Ecology* 67(2): 577-579.
- Vogt, K. A., Vogt, D. J., Moore, E. E., Fatuga, B. A., Redlin, M. R. and Edmonds, R. L. (1987). Conifer and angiosperm fine-root biomass in relation to stand age and site productivity in Douglas-fir forests. *J. Ecol.* 75: 857-870.
- West, J. B., Espeleta, J. F. and Donovan, L. A. (2004). Fine root production and turnover across a complex edaphic gradient of a *Pinus palustris*-*Aristida stricta* savanna ecosystem. *For. Ecol. Manag.* 189: 397-406.

**BELOWGROUND PHYTOMASS AND PRODUCTION IN THE BEECH ECOSYSTEM
Calamintho grandiflorae-Fagetum IN MAVROVO NATIONAL PARK.
III. FINE ROOT PHYTOMASS OF TREES AND SHRUBS**

Slavčo HRISTOVSKI^{1,*}, Ljupčo MELOVSKI¹, Marjana ŠUŠLEVSKA² and Ljupčo GRUPČE³

¹*Institute of Biology, Faculty of Natural Science and Mathematics, University "St. Cyril and Methodius",
Gazi Baba bb., 1000 Skopje, Republic of Macedonia*

²*Farmahem, Manču Matak st. 23, 1000 Skopje, Republic of Macedonia*

³*Macedonian Ecological Society, 1000 Skopje, Republic of Macedonia*

*slavco_h@pmf.ukim.mk

Summary

Fine roots ($d < 2$ mm) represent large and dynamic component of belowground phytomass, huge reservoir of nutrients and they have significant participation in the primary production of the forest ecosystems (McClaugherty et al. 1982).

This paper deals with the fine root biomass ($d < 2$ mm) in the beech ecosystem *Calamintho grandiflorae-Fagetum* in Mavrovo National Park. Fine roots were separated into live ($10.16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) and dead ($6.33 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) roots (Tab. 1). Live roots were divided into four fractions (<0.2 ; $0.2-0.5$; $0.5-1.0$ and $1.0-2.0$ mm) which from the smallest roots ($d < 0.2$ mm) were dominant. The mass of the fractions decreased with the increase of the fine root diameter. Dead roots were divided into two fractions (<1.0 and $1.0-2.0$ mm).

Fine root mass was investigated up to 150 cm depth. The largest biomass was recorded in the first 10 cm of the soil (35.8%). The mass of fine roots decreased with the depth according to a linear model (Fig. 1)

Comparison of the results with literature data for other forest ecosystems revealed that the fine root biomass in the investigated beech ecosystem in Mavrovo National Park is similar or higher (Tab. 2). Fine root biomass of temperate forest ecosystems is 4.4 for live roots and 7.8 for dead roots Jackson et al. (1997). However, one should keep in mind that most of the literature data concern only the top soil (30-50 cm).