

تأثیر برخی عوامل فیزیوگرافی و مشخصه‌های درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) بر زی
توده ریشه‌های موپین (بررسی موردی: جنگل هشتادپهلوی-لرستان)

کامبیز ابراری واجاری^{۱*}، فرهاد جهانپور^۲ و علیرضا آملی کندوری^۳

۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (abrari.k@lu.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
(fjahan4949@gmail.com)

۳- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
(amolikondori@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۰۶

چکیده

هدف این پژوهش تعیین ارتباط برخی عوامل فیزیوگرافی (جهت، شیب و ارتفاع) و مشخصه‌های درختان دانه‌زاد بلوط ایرانی شامل ارتفاع، قطر برابر سینه و قطر تاج با مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین در جنگل هشتادپهلوی-لرستان است. بدین منظور در امتداد دامنه‌های جنگل، درختان سالم بلوط به روش تصادفی انتخاب و در زیر تاج و در جهت شمالی و جنوبی آنها نمونه‌برداری از عمق صفر-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام و سپس زی‌توده و کربن ریشه‌های موپین اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس و آزمون t مستقل به ترتیب برای عامل جهت و ارتفاع نشان داد که این عوامل بر مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین درختان بلوط مؤثر بوده و بیشترین مقدار زی‌توده در جهت غربی و ارتفاع ۱۶۷۰-۱۸۷۰ متر از سطح دریا مشاهده شد ($P < 0/01$). در رویشگاه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عامل شیب بر مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین درختان بلوط تأثیرگذار نیست و ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد با افزایش ارتفاع و قطر برابر سینه درختان بلوط مقدار زی‌توده و کربن موجود ریشه‌های موپین آنها کاهش می‌یابد ($P < 0/05$).

واژه‌های کلیدی: بلوط غرب، جنگل‌های زاگرس، ریشه موپین، زی‌توده.

مقدمه

زی توده ریشه‌های موپین و پراکنش، مورفولوژی و فیزیولوژی آنها عامل کلیدی تعیین‌کننده راهبرد استفاده خاک توسط یک گونه درختی هستند (Xiang et al., 2013). پژوهش‌های زیادی در رابطه با نقش و اهمیت ریشه‌های موپین درختان در جنگل انجام شده است که به مواردی اشاره می‌شود. پژوهش LÓPEZ و همکاران (2001) در مورد گونه *Quercus ilex* نشان داد که در اقلیم مدیترانه‌ای عامل کمبود منابع آبی در افق‌های فوقانی خاک نسبت به لایه‌های تحتانی، رشد ریشه‌های موپین را در افق‌های فوقانی خاک محدود می‌سازد. Godbald و همکاران (2003) در پژوهشی در جنگل *Picea abies* در آلمان نتیجه گرفتند که مقدار زی توده ریشه‌های موپین در رویشگاه‌های مختلف، متغیر است. Davis و همکاران (2004) در پژوهشی در جنگل‌های کوهستانی آپالچیان آمریکا نتیجه گرفتند که مقدار زی توده بیشتری از ریشه‌های موپین گونه‌ای بلوط (*Quercus robur*) در ارتفاع پایین رویشگاه آمیخته بلوط وجود دارد. Luo و همکاران (2005) در تحقیقی در جنگل‌های نیمه گرمسیری تبت نشان دادند با افزایش ارتفاع از سطح دریا مقدار زی توده ریشه‌ها کاهش می‌یابد. Helmsaari و همکاران (2007) در پژوهشی در جنگل‌های فنلاند با گونه‌های *Pinu sylvestris* و *Picea abies* نشان دادند که در رویشگاه‌های شمالی و جنوبی بین سطح مقطع درختان و زی توده ریشه‌های موپین همبستگی معنی‌دار وجود دارد. در پژوهشی در جنگل راش ترکیه نشان داده شد که عوامل توپوگرافی، به‌ویژه جهت جغرافیایی می‌تواند تا حد زیادی سبب تغییرات مقدار زی توده ریشه‌های درختان راش شود به طوری که مقدار زی توده ریشه‌ها در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود (Sariyildiz, 2015). تعیین و پژوهش ویژگی‌های ریشه‌های موپین و چگونگی چرخه بیولوژیکی عناصر غذایی برای آگاهی از نحوه

درختان در بوم‌سازگان جنگل به‌علت توانایی که در تغییر ویژگی‌های خاک و چرخه عناصر دارند نقش کلیدی و مهم را در تعیین ارتباط بین خاک و گیاه اعمال می‌کنند (Aponte et al., 2011) و در این میان ریشه‌های درختان ۱۸ تا ۴۵ درصد زی توده کل درختان را با توجه به گونه، سن و شرایط رویشگاه تشکیل می‌دهند (Makkonen and Hemisaari, 2001). ریشه‌های درختان نسبت زیادی از تولید خالص اولیه سالانه را تشکیل داده و موجب انتقال کربن و عناصر غذایی به سیستم زیرزمینی شده و در چرخه‌های بیوشیمیایی بوم-سازگان جنگل (Addo-Danso et al., 2016; Makita et al., 2012; Kochsiek et al., 2013) همچنین در عملکرد زیستی آنها نقش مؤثری دارند (Hertel et al., 2013). ریشه‌های موپین به‌عنوان مؤلفه مهم سیستم ریشه‌ای درختان عامل ارتباطی مهمی بین درختان و خاک بوده (Konopka, 2009) و از نظر فیزیولوژیکی فعال‌ترین بخش سیستم ریشه‌ای محسوب می‌شوند (Børja et al., 2008). ریشه‌های موپین (کمتر از ۲ میلی‌متر) در جذب آب، مواد غذایی و چرخه کربن بوم‌سازگان نقش اساسی داشته و زنده‌مانی و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Xiang et al., 2015) و نقش مهمی در فرآیندهای بیوشیمیایی در جنگل دارند (Ohashi et al., 2016) و با توجه به اینکه ریشه‌های موپین اغلب کمتر از یک درصد زی توده کل جنگل را تشکیل می‌دهند، تولید سالانه ریشه‌های موپین ممکن است بیش از ۵۰ درصد تولید خالص اولیه جنگل را شامل شود (Davis et al., 2004). زی توده ریشه‌های موپین با توجه به ویژگی‌های ساختاری توده جنگلی یعنی گونه درختی، سن توده، تراکم، ویژگی‌های خاک، عوامل محیطی (درجه حرارت، بارندگی و موقعیت جغرافیایی) متفاوت است (Finer et al., 2011).

روش تحقیق

با جنگل‌گردشی در منطقه مورد پژوهش، در امتداد دامنه‌های مختلف درختان سالم بلوط دانه‌زاد (درختان فاقد شکستگی تنه یا شاخه‌ها، تاج سالم و شاداب، فاقد بیماری) به روش تصادفی انتخاب شدند (حداقل فاصله درختان ۵۰ متر) و در زیر تاج آنها در دو جهت (شمالی- جنوبی) به فاصله یک متر از تنه درختان (Xiang et al., 2013) نمونه‌برداری از ریشه‌های موپین (تعداد ۳۰ درخت) در اردیبهشت ۱۳۹۵ انجام شد. بدین منظور نمونه‌های خاک (۶۰ نمونه) تا عمق ۳۰ سانتی-متری (صفر-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) به کمک اوگر با قطر ۸ سانتی‌متر برداشت شدند (Chenlemuge et al., 2013). نمونه‌ها در بسته‌های پلاستیکی در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به‌منظور اندازه‌گیری‌های بعدی نگهداری شدند. کلیه نمونه‌ها با آب شسته و از الک (یک میلی‌متر) عبور داده شدند و سپس ریشه‌های موپین (Xiang et al., Hertel et al., 2013) ($d \leq 2\text{mm}$) (Ohashi et al., 2016, 2015) جدا و در هوای آزاد خشک شد و زی‌توده آنها با خشک کردن در آن در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت (Hertel et al., 2009, 2009) (Chenlemuge et al., Leuschner et al., 2009, 2013) (Loiola et al., 2015) تعیین شد. برای محاسبه مقدار کربن موجود در ریشه‌های موپین از روش احتراق خشک با جریان هوا در کوره الکتریکی (دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت) استفاده (Panahi et al., 2014) و از تفاوت مقدار زی‌توده و خاکستر به‌دست‌آمده برآورد مقدار کربن انجام شد. به‌منظور تعیین همبستگی مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین با برخی ویژگی‌های درختان بلوط غرب، اندازه‌گیری متغیرهای ارتفاع و قطر برابر سینه درختان به‌ترتیب با دستگاه سونتو و نوار قطرسنج و نیز قطر تاج درختان در جهت شمالی-جنوبی آنها به کمک متر نواری انجام شد

پراکنش ریشه در خاک، برآورد زی‌توده ریشه، پویایی، غلظت مواد موجود در آنها و رویش درختان بسیار مهم و ضروری است (Drexhage and Colin, 2001, Zewdie et al., 2008). جنگل‌های غرب از تنوع گونه-ای بالای برخوردار بوده (Shokri et al., 2017) و یکی از بوم‌سازگان‌های جنگلی مهم در ایران به‌شمار می‌رود و در این میان گونه‌های مختلف درختان بلوط جایگاه ویژه‌ای را به‌خود اختصاص داده‌اند. پژوهش‌های متعددی در مورد ارتباط عوامل مختلف محیطی با برخی ویژگی‌های این گونه مهم درختی انجام شده و در این پژوهش، تأثیر و ارتباط برخی عوامل فیزیوگرافی و ویژگی‌های درختان دانه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) واقع در منطقه کوهستانی هشتادپهلوی- لرستان بر زی‌توده و کربن آلی ریشه‌های موپین آنها مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه جنگلی مورد بررسی هشتادپهلوی واقع در خرم‌آباد (لرستان) با مختصات جغرافیایی $14^{\circ}17'$ ، 33° تا $18^{\circ}17'$ ، 33° عرض شمالی و $13^{\circ}48'26''$ تا $30''$ ، $27^{\circ}48'$ طول شرقی قرار داشته و مساحت آن 250 هکتار است. اقلیم منطقه از نوع نیمه‌مرطوب سرد با میانگین بارندگی $896/2$ میلی‌متر، حداقل دمای منطقه $20-$ و حداکثر آن 32 درجه سانتی‌گراد است و نوع خاک منطقه در رده‌های انتی‌سول و انسپتی‌سول طبقه‌بندی شده است (Mehrnia and Ramak, 2014). درختان دانه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) تیپ غالب توده جنگلی را در دامنه‌های مختلف تشکیل داده که به‌همراه آن از گونه‌های درختی کیکم، گلابی‌وحشی، زالزالک و زبان‌گنجشک که با تراکم کمتری حضور دارند، می‌توان نام برد.

(تعداد ۳۰ درخت). با انجام نمونه برداری ریشه‌های موین و با بررسی داده‌های به دست آمده از توده جنگلی مورد نظر، سه جهت جغرافیایی شرق، غرب و شمال، دو طبقه ارتفاع از سطح دریا (۱۶۷۰-۱۸۷۰، ۲۰۲۰-۱۸۷۰ متر) و نیز دو طبقه شیب (۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ درصد) در رویشگاه بلوط غرب مشخص شدند. با توجه به اندازه گیری مشخصه‌های درختان، دو طبقه ارتفاعی (کمتر از ۱۰ و ۱۰-۱۵ متر) و قطری (۳۵-۱۰ و ۶۰-۳۵ سانتی متر) تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) برای بررسی اثر عوامل جهت جغرافیایی با زی توده ریشه‌های موین درختان بلوط استفاده شد. از آزمون t مستقل برای تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر زی توده و نیز مقایسه مقدار زی توده و کربن در دو طبقه عمق خاک استفاده شد. برای تعیین همبستگی بین برخی ویژگی‌های درختان بلوط و شیب منطقه با زی توده ریشه‌های موین و نیز مقدار کربن آن از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون SNK در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. محاسبه آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت.

نتایج

در این پژوهش، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عامل جهت جغرافیایی بر مقدار زی توده ریشه‌های موین درختان بلوط مؤثر بوده به طوری که بیشترین مقدار زی توده در جهت غربی رویشگاه مشاهده می‌شود

(جدول‌های ۱ و ۲). ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد با افزایش ارتفاع و قطر برابر سینه درختان بلوط مقدار زی توده و کربن موجود ریشه‌های موین آنها کاهش می‌یابد و همبستگی منفی معنی دار بین آنها مشاهده شد (جدول ۳)، اما همبستگی معنی داری بین قطر تاج و زی توده و کربن ریشه‌های موین مشاهده نشد. همچنین در جدول ۳ ملاحظه می‌شود که مقدار زی توده ریشه‌های موین با عامل ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی معنی دار داشته، ولی با عامل شیب همبستگی معنی دار نشان نداد. نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که بین مقدار زی توده ریشه‌های موین و مقدار کربن همبستگی مثبت معنی دار ($P=0/000, r=0/995$) وجود دارد. در رویشگاه مورد نظر نتایج آزمون t مستقل نشان داد که عامل درصد شیب بر مقدار زی توده ریشه‌های موین درختان بلوط تأثیرگذار نیست (جدول ۴). نتایج آزمون t مستقل (جدول ۴) نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا بر مقدار زی توده ریشه‌های موین درختان تأثیرگذار بوده به طوری که میانگین زی توده در طبقه اول ارتفاعی از سطح دریا بیشتر از مقدار طبقه دوم بود (جدول ۵). همچنین مقدار کربن ریشه‌های موین در عمق ۱۵-صفر سانتی متر کمتر از عمق ۳۰-۱۵ سانتی متر بود و نیز مقدار زی توده در عمق ۱۵-صفر سانتی متر کمتر از عمق ۳۰-۱۵ سانتی متر است (جدول ۵). نتایج آزمون t مستقل (جدول ۶) نشان داد که طبقات ارتفاعی و قطر برابر سینه درختان بلوط غرب بر مقدار زی توده ریشه‌های موین آن تأثیرگذار بوده، به طوری که مقدار آن در طبقه ارتفاعی کمتر از ۱۰ متر و نیز در طبقه قطری ۳۵-۱۰ سانتی متری بیشتر است (جدول ۷).

تأثیر برخی عوامل فیزیوگرافی و مشخصه‌های درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) بر زی‌توده ریشه‌های موپین ...

جدول ۱- آنالیز واریانس مقدار زی‌توده (گرم بر مترمربع) ریشه‌های موپین درختان بلوط در جهت‌های مختلف

Table 1. Analysis of variance for fine root biomass (gr/m^2) of oak trees in different aspects

معنی داری Sig.	F	میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	منبع تغییرات Sources	متغیر Variable
		109.5	117	219.01	درون گروهی Within groups	
0.000**	7.16	7.16	2	837.8	بین گروهی Between groups	جهت Aspect
			199	1056.8	کل Total	

** , Significant at level 1%.

***, معنی داری در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین زی‌توده ریشه‌های موپین (گرم بر مترمربع) درختان بلوط غرب در جهت‌های جغرافیایی

Table 2. Comparison of means for fine root biomass (gr/m^2) of oak trees in different aspects

اشتباه معیار \pm میانگین Mean \pm SEM	جهت جغرافیایی Aspect
1.66 \pm 0.27 ^b	شمال North
1.37 \pm 0.21 ^b	شرق East
4.37 \pm 0.64 ^a	غرب West

Different letters indicate significant difference at level 1%.

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۳- همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط بین زی‌توده (گرم بر مترمربع) و کربن ریشه‌های موپین با برخی ویژگی‌های

درختان بلوط غرب

Table 3. Pearson's coefficients for correlation between fine root biomass (gr/m^2) and carbon with some oak trees features

شیب (درصد) Slope (%)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)	قطر برابر سینه (سانتی متر) DBH (cm)	قطر تاج (متر) Crown diameter (m)	عامل Factor
0.235 ^{ns}	-0.478*	-0.406*	-0.408*	-0.304	زی‌توده (گرم بر مترمربع) Biomass (gr/m^2)
		-0.399*	-0.421*	-0.302	کربن (گرم بر مترمربع) Carbon (gr/m^2)

*: اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد، ns: اختلاف معنی دار نیست.

*: Significant difference at probability 5%, ns: No significant difference.

جدول ۴- نتایج آزمون t مستقل برای زی توده ریشه‌های موپین (گرم بر مترمربع) درختان بلوط غرب در شرایط مختلف

Table 4. Results of independent T test for fine root biomass (gr/m^2) Oak trees in different conditions

t	درجه آزادی df	معنی داری Sig.	متغیر Variable
3.89	116	0.000**	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)
-3.47	118	0.001	عمق (سانتی متر) Depth (cm)
0.005	28	0.956 ^{ns}	شیب (درصد) Slope (%)

*: اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد، ns: اختلاف معنی دار نیست.

*: Significant difference at probability 5%, ns: No significant difference.

جدول ۵- مقایسه میانگین زی توده ریشه‌های موپین (گرم بر مترمربع) درختان بلوط غرب در شرایط مختلف

Table 5. Comparison of fine root biomass (gr/m^2) for oak trees in different conditions

عمق (سانتی متر) Depth (cm)		شیب (درصد) Slope (%)		ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)		عامل Factor
15 - 30	0 - 15	30 - 60	0 - 30	1870 - 2020	1670 - 1870	
3.37±0.48 ^a	1.56±0.2 ^b	2.42±0.62 ^a	2.38±0.54 ^a	1.44±0.17 ^b	3.64±0.51 ^a	زی توده (گرم بر مترمربع) Biomass (gr/m^2)

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد. Different letters indicate significant difference at level 1%.

جدول ۶- نتایج آزمون t مستقل برای زی توده ریشه‌های موپین (گرم بر مترمربع) درختان بلوط غرب در طبقات ارتفاعی و

قطر برابر سینه

Table 6. Results of Independent T test for fine root biomass (gr/m^2) of oak trees in different height and DBH classes

t	درجه آزادی df	معنی داری Sig.	متغیر Variable
2.58	28	0.015*	ارتفاع (متر) Height (m)
2.37	24	0.026*	قطر برابر سینه (سانتی متر) DBH(cm)

*: معنی داری در سطح احتمال پنج درصد. *, Significant at level 5%.

جدول ۷- مقایسه میانگین زی توده ریشه‌های موپین (گرم بر مترمربع) درختان بلوط غرب در طبقات ارتفاعی و قطر برابر سینه

Table 7. Comparison of fine root biomass (gr/m^2) for oak trees in different height and DBH classes

قطر برابر سینه (سانتی متر) DBH (cm)		ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)		عامل Factor
36 - 60	10 - 35	11 - 15	≤10	
1.31±0.14 ^b	1.98±0.23 ^a	1.53±0.16 ^b	3.43±0.76 ^a	زی توده (گرم بر مترمربع) Biomass (gr/m^2)

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد. Different letters indicate significant difference at level 5%.

بحث

در رویشگاه جنگلی مورد پژوهش مشخص شد که عامل جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا برخلاف عامل شیب (جدول‌های ۱، ۲، ۴ و ۵) بر مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین درختان دانه‌زاد بلوط غرب مؤثر بوده و منجر به تغییرات مقدار زی‌توده می‌شود. عوامل فیزیوگرافی، به‌ویژه جهت جغرافیایی می‌تواند تا حد زیادی سبب تغییرات مقدار زی‌توده ریشه‌ها شود (Sariyildiz, 2015). Maren و همکاران (2015) اظهار داشتند که در جهت‌های جغرافیایی مختلف مقدار شدت نور، حرارت و رطوبت هوا و خاک، دوره رویشی متفاوت بوده و این تفاوت‌ها موجب تغییر در ساختار و ترکیب رستنی‌ها می‌شود. در جهت غربی رویشگاه مورد پژوهش، درختان بلوط از نظر سنی جوان‌تر و دارای وضعیت رویشی بهتری با توجه به شرایط مناسب خاک نسبت به جهت‌های دیگر بودند.

کاهش مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین درختان بلوط در ارتفاع زیاد در رویشگاه موردنظر، موافق بررسی Luo و همکاران (2005) و نیز Davis و همکاران (2004) است که به‌ترتیب نشان دادند در جنگل‌های نیمه‌گرمسیری تبت و در جنگل‌های کوهستانی آپلاچیان آمریکا با افزایش ارتفاع از سطح دریا (به‌علت اختلاف درجه حرارت) مقدار زی‌توده ریشه‌ها کاهش می‌یابد.

عدم اثرگذاری شیب بر مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین درختان بلوط در منطقه مذکور را می‌توان به تغییرات کم شیب نسبت داد (جدول‌های ۴ و ۵). در راستای توسعه توده‌های جنگلی نه تنها تغییرات ساختاری و ترکیب گونه‌ای وجود دارد بلکه تغییرات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز دیگر عوامل محیطی هم مشاهده می‌شود به‌طوری‌که همه این عوامل ممکن است بر زی‌توده ریشه‌های موپین مؤثر باشند (Sun et al.,

2015) و در رویشگاه مورد پژوهش می‌توان چنین شرایطی را متصور بود که سبب تغییر در مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین درختان بلوط ایرانی شوند. هرچند در پژوهش انجام شده در جنگل‌های طبیعی کاج (*Pinus roxburgii*) در هیمالیای مرکزی مشخص شد که مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین این درختان در شیب‌های میانی و فوقانی بیشتر از شیب‌های کم است و دلیل آن را مقدار بیشتر رطوبت در مناطق کم شیب اظهار کرده‌اند (Pant and Tewari, 2015).

کاهش مقدار زی‌توده و کربن موجود در ریشه‌های موپین با توجه به افزایش ارتفاع و قطر برابر سینه درختان بلوط (جدول ۳) را بنا به نظر Finer و همکاران (2011) می‌توان به سن توده جنگلی نسبت داد که بعد از این مرحله مقدار آنها ثابت یا کاهش می‌یابد. Yuan and Chen (2012) دریافتند که مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین در جنگل پهن‌برگ آمیخته در کانادا ابتدا افزایش و با توسعه و تکامل توده‌های جنگلی (رویش) روند کاهشی را نشان دادند. این وضعیت می‌تواند به‌علت توانایی کمتر گونه‌های گیاهی برای اشغال حجم بیشتری از خاک باشد (Xiang et al., 2013).

در توده جنگلی مورد پژوهش، درختان بلوط از نظر رویشی به مرحله رشد میان‌سالی تا مسن رسیده‌اند و با افزایش قطر برابر سینه و ارتفاع مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین کاهش یافته است (جدول‌های ۷، ۶ و ۳) همبستگی معنی‌دار بین مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین با قطر برابر سینه درختان بلوط در رویشگاه موردنظر با پژوهش Helmsaari و همکاران (2007) هم‌خوانی دارد به‌طوری‌که در جنگل‌های فنلاند با گونه‌های *Pinus sylvestris* و *Picea abies* نشان دادند که در رویشگاه‌های شمالی و جنوبی بین سطح مقطع درختان و زی‌توده ریشه‌های موپین همبستگی معنی‌دار وجود دارد. اختلاف مقدار زی‌توده ریشه‌های موپین در طبقات

که با افزایش مقدار زی توده ریشه‌های موپین، میزان کربن نیز افزایش یافت. در بیشتر بوم‌سازگان‌ها، بخش زیادی از کربن ذخیره‌شده از طریق فتوسنتز برای تولید و نگهداری ریشه‌های موپین اختصاص یافته است و بنابراین این ریشه‌ها منبع اصلی کربن تلقی می‌شوند (Al-Afas et al., 2008). پویایی و ویژگی‌های ریشه‌های موپین ممکن است نقش اساسی در چرخه مواد و ترسیب کربن خاک در بوم‌سازگان جنگل ایفا کند به طوری که با افزایش تولید ریشه‌های موپین ورود مقدار کربن به خاک نیز بیشتر می‌شود (Lai et al., 2016). چنین وضعیتی را می‌توان برای گونه بلوط ایرانی که جایگاه بوم‌شناختی بسیار مهمی را در جنگل‌های زاگرس به خود اختصاص داده است، متصور بود. نتایج پژوهش نشان داد که در توده جنگلی موردنظر برخی ویژگی‌های درختان بلوط ایرانی (ارتفاع و قطر برابرسینه) و نیز عوامل محیطی جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و عمق خاک (جدول‌های ۴ و ۵) بر مقدار زی توده ریشه‌های موپین این درختان مؤثر هستند.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، باید اظهار کرد که در پژوهش‌های بوم‌شناسی در مناطق جنگلی زاگرس به نقش ریشه‌های موپین (ویژگی‌های مورفولوژیکی و شیمیایی) همانند دیگر ویژگی‌های درختان توجه شود و از مشخصه‌های مختلف این ریشه‌ها می‌توان به عنوان شاخص مهمی برای ارزیابی رویش، سلامت درختان و مقدار تولید چوب، بذر و وضعیت ذخیره آب در عمق‌های مختلف خاک در رویشگاه موردنظر استفاده کرد.

ارتفاعی و قطر برابرسینه درختان بلوط و نیز همبستگی بین برخی متغیرها را می‌توان با توجه به نظر Yang و همکاران (2010) به سن، گونه و شرایط محیطی رویشگاه نسبت داد.

نتایج این پژوهش مبین نقش مهم سن توده جنگلی در مکانیسم پویایی ریشه‌های موپین درختان بلوط است. افزایش زی توده ریشه‌های موپین در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر را می‌توان به شرایط اقلیمی منطقه رویشی زاگرس نسبت داد (جدول ۴). تحقیق López و همکاران (2001) در مورد گونه *Quercus ilex* نشان داد که در اقلیم مدیترانه‌ای مقدار منابع آبی در افق‌های فوقانی خاک نسبت به لایه‌های تحتانی کمتر بوده و این عامل رشد ریشه‌های موپین را در افق‌های فوقانی خاک محدود می‌سازد. بررسی Imada و همکاران (2013) در مورد گونه *Tamrix ramosissima* نشان داد که بالغ بر ۶۰ درصد زی توده ریشه‌های موپین این گونه در عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متری وجود دارد و مقدار کم زی توده در عمق کمتر از ۲۰ سانتی‌متر به علت کاهش رطوبت است. این تغییرات در توزیع عمودی ریشه‌های موپین درختان بلوط در خاک می‌تواند در رابطه با ساختار ژنتیکی گونه مزبور باشد. Ostonen و همکاران (2005) بر این عقیده‌اند که پتانسیل ژنتیکی یک گونه درختی تأثیر زیادی بر پراکنش عمودی ریشه‌های موپین در خاک اعمال می‌کند.

یکی از عوامل مهم در توسعه سیستم ریشه‌ای می‌تواند ویژگی‌های خاک مانند وزن مخصوص، رطوبت و حاصلخیزی خاک باشد (Burylo et al., 2011). در درختان بلوط منطقه جنگلی مورد پژوهش مشاهده شد

References

- Addo-Danso, S. D., C. E. Prescott & A. R. Smith, 2016. Methods for estimating root biomass and production in forest and woodland ecosystem carbon studies: A review, *Forest Ecology and Management*, 359: 332-351.
- Al Afas, N., N. Marron, C. Zavalloni & R. Ceulemans, 2008. Growth and production of a short-rotation coppice culture of poplar—IV: Fine root characteristics of five poplar clones, *Biomass and Bioenergy*, 32(6): 494-502.
- Aponte, C., L. V. García, I. M. Pérez-Ramos, E. Gutiérrez & T. Marañón, 2011. Oak trees and soil interactions in Mediterranean forests: a positive feedback model, *Journal of vegetation science*, 22(5): 856-867.
- Børja, I., H. A. De Wit, A. Steffenrem & H. Majdi, 2008. Stand age and fine root biomass, distribution and morphology in a Norway spruce chronosequence in southeast Norway, *Tree Physiology*, 28(5): 773-784.
- Burylo, M., C. Hudek & F. Rey, 2011. Soil reinforcement by the roots of six dominant species on eroded mountainous marly slopes (Southern Alps, France), *Catena*, 84(1-2): 70-78.
- Chenlemuge, T., D. Hertel, C. Dulamsuren, M. Khishigjargal, C. Leuschner & M. Hauck, 2013. Extremely low fine root biomass in *Larix sibirica* forests at the southern drought limit of the boreal forest, *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 208(8-9): 488-496.
- Davis, J. P., B. Haines, D. Coleman & R. Hendrick, 2004. Fine root dynamics along an elevational gradient in the southern Appalachian Mountains, USA, *Forest Ecology and Management*, 187(1): 19-33.
- Drexhage, M. & F. Colin, 2001. Estimating root system biomass from breast-height diameters, *Forestry*, 74(5): 491-497.
- Finér, L., M. Ohashi, K. Noguchi & Y. Hirano, 2011. Factors causing variation in fine root biomass in forest ecosystems, *Forest Ecology and Management*, 261(2): 265-277.
- Godbold, D. L., H. W. Fritz, G. Jentschke, H. Meessenburg & P. Rademacher, 2003. Root turnover and root necromass accumulation of Norway spruce (*Picea abies*): are affected by soil acidity, *Tree physiology*, 23(13): 915-921.
- Helmsaari, H. S., J. Derome, P. Nojd & M. Kukkola, 2007. Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands, *Tree Physiology*, 27(10): 1493-1504.
- Hertel, D., M. A. Hartevelde & C. Leuschner, 2009. Conversion of a tropical forest into agroforest alters the fine root-related carbon flux to the soil, *Soil Biology and Biochemistry*, 41(3): 481-490.
- Hertel, D., T. Strecker, H. Müller-Haubold & C. Leuschner, 2013. Fine root biomass and dynamics in beech forests across a precipitation gradient—is optimal resource partitioning theory applicable to water-limited mature trees?, *Journal of Ecology*, 101(5): 1183-1200.
- Imada, S., T. Taniguchi, K. Acharya & N. Yamanaka, 2013. Vertical distribution of fine roots of *Tamarix ramosissima* in an arid region of southern Nevada, *Journal of arid environments*, 92: 46-52.
- Kochsiek, A., S. Tan & S. E. Russo, 2013. Fine root dynamics in relation to nutrients in oligotrophic Bornean rain forest soils, *Plant ecology*, 214(6): 869-882.
- Konôpka, B., 2009. Differences in fine root traits between Norway spruce (*Picea abies*) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) - a case study in the Kysucké Beskydy Mts, *Journal of forest Science*, 55(12): 556-566.
- Lai, Z., Y. Zhang, J. Liu, B. Wu, S. Qin & K. Fa, 2016. Fine-root distribution, production, decomposition, and effect on soil organic carbon of three revegetation shrub species in northwest China, *Forest Ecology and Management*, 359: 381-388.
- Leuschner, C., M. Hartevelde & D. Hertel, 2009. Consequences of increasing forest use intensity for biomass, morphology and growth of fine roots in a tropical moist forest on Sulawesi, Indonesia, *Agriculture, ecosystems and environment*, 129(4): 474-481.
- Loiola, P. P., M. Scherer-Lorenzen & M. A. Batalha, 2015. The role of environmental filters and functional traits in predicting the root biomass and productivity in savannas and tropical seasonal forests, *Forest Ecology and Management*, 342: 49-55.
- López, B., S. Sabaté & C. A. Gracia, 2001. Annual and seasonal changes in fine root biomass of a *Quercus ilex* L. forest, *Plant and Soil*, 230(1): 125-134.
- Luo, T., S. Brown, Y. Pan, P. Shi, H. Ouyang, Z. Yu & H. Zhu, 2005. Root biomass along subtropical to alpine gradients: global

- implication from Tibetan transect studies, *Forest Ecology and Management*, 206(1-3): 349-363.
- Makita, N., Y. Kosugi, M. Dannoura, S. Takanashi, K. Niiyama, A. R. Kassim & A. R. Nik, 2012. Patterns of root respiration rates and morphological traits in 13 tree species in a tropical forest, *Tree Physiology*, 32(3): 303-312.
 - Makkonen, K. & H. S. Helmmisaari, 2001. Fine root biomass and production in Scots pine stands in relation to stand age, *Tree Physiology*, 21(2-3):193-198.
 - Måren, I. E., S. Karki, C. Prajapati, R. K. Yadav & B. B. Shrestha, 2015. Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and soil properties in a semiarid trans-Himalayan valley? *Journal of Arid Environments*, 121: 112-123.
 - Mehrnia, M. & P. Ramak, 2014. Floristic investigation of Noujian Watershed (Lorestan province), *Iranian Journal of Plant Biology*, 6(20): 113-136. (In Persian)
 - Ohashi, M., A. Nakano, Y. Hirano, K. Noguchi, H. Ikeno, R. Fukae, K. Yamase, N. Makita & L. Finér, 2016. Applicability of the net sheet method for estimating fine root production in forest ecosystems, *Trees*, 30(2): 571-578.
 - Ostonen, I., K. Lõhmus & K. Pajuste, 2005. Fine root biomass, production and its proportion of NPP in a fertile middle-aged Norway spruce forest: comparison of soil core and in growth core methods, *Forest Ecology and Management*, 212(1): 264-277.
 - Panahi, P., M. Pourhashemi & M. Hasaninejad, 2014. Allometric equations of leaf biomass and carbon -stocks of oaks in national botanical garden of Iran, *Journal of Biology*, 1(17): 12-22. (In Persian)
 - Pant, A. & A. Tewari, 2015. Fine Root Biomass, Productivity and Turnover in Two Contrasting Aspects in Natural Chir Pine (*Pinus roxburghii* Sarg.) Forests of Central Himalaya, *Russian Journal of ecology*, 46(6): 511-517.
 - Sariyildiz, T., 2015. Effects of tree species and topography on fine and small root decomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey, *Forest Ecology and Management*, 335: 71-86.
 - Shokri, R. A., R. Basiri & H. Taleshi, 2017. Effect of fire on structure and regeneration of oak coppice trees in Lorestan province. (Case study: Tangeh Ghale are in kuhdasht), *Journal of Forest Research and Development*, 3(2): 163-174. (In Persian)
 - Sun, T., L. Dong, Z. Mao & Y. Li, 2015. Fine root dynamics of trees and understorey vegetation in a chronosequence of *Betula platyphylla* stands, *Forest Ecology and Management*, 346: 1-9.
 - Xiang, W., G. Fan, P. Lei, Y. Zeng, J. Tong, X. Fang & C. Peng, 2015. Fine root interactions in subtropical mixed forests in China depend on tree species composition, *Plant and Soil*, 395(1-2): 335-349.
 - Xiang, W., W. Wu, J. Tong, X. Deng, D. Tian, L. Zhang, C. Liu & C. Peng, 2013. Differences in fine root traits between early and late-successional tree species in a Chinese subtropical forest, *Forestry*, 86(3): 343-351.
 - Yang, L., S. Wu & L. Zhang, 2010. Fine root biomass dynamics and carbon storage along a successional gradient in Changbai Mountains, China, *Forestry*, 83(4): 380-387.
 - Yuan, Z. Y. & H. Y. H. Chen, 2012. Fine root dynamics with stand development in the boreal forest, *Functional Ecology*, 26(4): 991-998.
 - Zewdie, S., M. Fetene & M. Olsson, 2008. Fine root vertical distribution and temporal dynamics in mature stands of two onset (*Ensetventricosum WelwCheesman*) clones, *Plant and soil*, 305(1-2): 227-236.

Influences of some physiographical factors and features of Persian oak (*Quercus brantii* var. *persica*) on fine root biomass (Case study: forest of Hashtad-Pahlu, Lorestan)

K. Abrari Vajari^{*1}, F. Jahanpour² and A. Amolikondori³

1- Associate professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (abrari.k@lu.ac.ir)

2- M.Sc. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (fjahan4949@gmail.com)

3- Ph.D. Candidate of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (amolikondori@gmail.com)

Received: 27.03.2017

Accepted: 16.03.2018

Abstract

The objective of the present research was to study the effect of some physiographical factors (Aspect, slope, elevation) and features of Persian oak (*Quercus brantii* Var. *persica*) including height, DBH and crown diameter on fine root biomass in Hashtad- Pahlu forest, Lorestan. For this purpose, fine roots of oak trees were sampled randomly at soil depths of 0-15 and 15-30cm in north and south positions under canopy of trees, then the amount of biomass and carbon were measured in laboratory. Analysis of variance and independent t test results showed that aspect and altitude had influences on fine root biomass so the highest amount was observed in the west aspect and the altitude of 1670-1870 m a.s.l ($p<0.01$). The slope factor had no effect on the root biomass of trees in the site, as well Pearson's correlation indicated that with increasing height and DBH of trees, biomass and carbon content were decreased ($p<0.05$).

Keywords: Biomass, Fine root, Western oak, Zagros forests.

* Corresponding author

Tel: +989113441571

