



## بررسی الگوی پراکنش ریشه‌گونه‌های بلوط ایرانی و زالزالک به منظور استفاده در مدل‌های زیست مهندسی (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه بلوران کوهدهشت)

### فرهاد قاسمی آقباش<sup>۱</sup>, احسان عبدی<sup>۲</sup> و مهدی ضروری<sup>۳</sup>

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، (نویسنده مسوول: ghasemifarhad@yahoo.com)

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۸

#### چکیده

پوشش گیاهی به واسطه سیستم ریشه‌ای خود با ایجاد چسبندگی اضافی ذرات خاک، تأثیر معنی‌داری در مسلح سازی دامنه‌ها دارد. در این خصوص ویژگی‌های زیست فنی ریشه‌گونه‌های مختلف اهمیت بسزایی دارد. این پژوهش با هدف بررسی الگوی پراکنش ریشه دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک در جنگل‌های بلوط غرب انجام گرفت. به‌این منظور پنج پایه درختی از دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک به صورت تصادفی جهت بررسی پراکنش ریشه‌آنها انتخاب شدند. نمونه‌برداری با استفاده از رینگ نمونه‌برداری هسته خاک و از سه فاصله افقی و سه عمق انجام شد. برای بررسی پراکنش ریشه از شاخص نسبت سطح ریشه به سطح خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که نسبت سطح ریشه به سطح خاک و همچنین تراکم طولی ریشه‌ها با افزایش عمق خاک و افزایش فاصله از تنۀ کاهش می‌یابند. بیشترین میزان تراکم طولی ریشه‌ها در افق‌های بالای خاک و نزدیک‌ترین فاصله به تنۀ درختان مشاهده شد. بیشترین میزان تراکم حجمی ریشه‌ها نیز در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. براساس نتایج تحقیق مشخص شد که بین میزان تراکم حجمی ریشه دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک اختلاف معنی‌داری وجود داشت و تراکم حجمی و طولی ریشه در گونه بلوط ایرانی بیشتر بود. به طور کلی، نتایج این تحقیق اهمیت بلوط ایرانی را نسبت به زالزالک در مسلح سازی خاک دامنه‌ها نشان داد.

واژه‌های کلیدی: زیست مهندسی، نسبت سطح ریشه به سطح خاک، بلوط ایرانی، زالزالک

#### مقدمه

درختان به همراه سایر گیاهان، جانوران، اقلیم و خاک یکی از یک بوم‌سازه جنگلی را تشکیل می‌دهند (۱۰). خاک یکی از منابع مهم اکوسیستم است که رشد گیاهان را تضمین می‌کند. در دهه‌های اخیر رشد جمعیت، مهاجرت، سطح پایین فن‌اوری تولید محصولات کشاورزی و جنگلی زمینه‌های فراسایش و تخریب منابع خاک را فراهم آورده است. از طرفی شمار بالایی طبیعی مرتبط با ناپایداری دامنه‌ها در سال‌های اخیر در کل جهان افزایش یافته است (۲۳). یکی از راه‌های جلوگیری از این پدیده‌ها بهره‌گیری از پوشش گیاهی است. گیاهان به عنوان مصالح زیست مهندسی علاوه بر داشتن قابلیت خود تجدیدی و خود ترمیمی، برخلاف مصالح مصنوعی قادر اثرات منفی بر محیط زیست نیز هستند (۱). لازم است که طراحان جاده در هنگام ساخت و طراحی به این مساله دقت بیشتری کنند تا با توجه به مسائل فنی و محیط‌زیستی در اثر احداث جاده خسارت کمتری به جنگل‌های اطراف وارد شود (۱۳).

روش‌های زیست مهندسی امروزه به‌دلایلی همچون هزینه پایین نسبت به سایر روش‌ها، توجه به مسائل محیط زیستی بسیار متداول شده است. بنابراین استفاده از گیاهان به عنوان ابزار زیست مهندسی، در پایداری دامنه‌های جنگلی روشی مناسب مخصوصاً با در نظر گرفتن مسائل محیط زیستی است. در شرایط کنونی، با توجه به افزایش نگرانی‌ها و ملاحظات محیط زیستی استفاده از روش‌های زیست مهندسی، به عنوان شیوه‌های غالب و مطلوب‌تری مورد توجه قرار گرفته است (۲). بحث استفاده از پوشش گیاهی و درختان و درختچه‌ها برای پایداری خاک، برای اولین بار در

ایران در سال ۱۳۷۰ توسط شاد مطرح گردید و پس از آن در سال ۱۳۷۳ توسط مجتبیان و ساریخانی در نشریه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی مطرح و مورد بحث قرار گرفت. مرور مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در این ارتباط مطالعات کمی در بوم‌سازه‌های جنگلی ایران انجام گرفته است. بررسی تأثیر ریشه درخت گز در افزایش مقاومت برشی خاک و پایداری شبیه ساحل رودخانه سیمره ایلام توسط حسینی و شفاعی (۸) انجام گرفت ایشان گزارش دادند که با افزایش عمق خاک تعداد و مجموع سطح مقطع ریشه‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد و بیشینه آن در عمق ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر وجود دارد. کاظمی و همکاران (۹) تأثیر فصل بر مقاومت ریشه درخت بلوط ایرانی را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که تفاوت مقاومت کششی در دو فصل معنی‌دار و مقاومت در فصل زمستان نسبت به تابستان بیشتر بود. قطر ریشه نیز به عنوان عامل کوواریت تأثیر معنی‌داری بر مقاومت کششی ریشه داشت. بررسی تغییرات درون گونه‌ای مقاومت کششی سه گونه راش، ممزوج و انجیلی توسط عبدی و همکاران (۱۰) انجام گرفت. نتایج این تحقیق به‌جز در مورد پروفیل‌های بالای انجیلی در بقیه نمونه‌ها معنی‌دار بود اثر پایه‌های مختلف درختی بر میزان مقاومت کششی و معنی‌دار بودن تفاوت‌های درون گونه‌ای را نشان داد. در این پژوهش همچنین نشان داده شد که ریشه‌های سمت پایین شبیه مقاومت کششی بیشتری دارند. سرفراز (۱۸) اثر سیستم ریشه‌ای دو گونه جنگلی زالزالک و سماق در حفاظت و افزایش مقاومت خاک در منطقه الموت را بررسی کرده و گزارش داد که با افزایش مقدار ریشه میزان مقاومت برشی

کلی، تراکم ریشه با عمق با توجه به تابع گاما برای همه گونه‌های مورد مطالعه کاهش می‌یابد. به طور کلی نسبت سطح ریشه به سطح خاک با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد دلیل این مساله فشردگی خاک، کاهش عناصر غذایی و نفوذپذیری کم خاک در اعمق خاک ذکر شده است. همچنین میزان سبیت RAR تحت تاثیر برنامه‌های مدیریتی تغییر می‌کند به طوری که در دو جنگل با سن و عمق خاک یکسان مقدار آن متفاوت است. به منظور استفاده از مناسب‌ترین گونه‌ها در دامنه‌ها به منظور پایدارسازی آن‌ها، لازم است اطلاعاتی از ویژگی‌های مهندسی سبیت RAR ریشه وجود داشته باشد. دو ویژگی مهم ریشه‌ها که بیشتر در مدل‌های زیست مهندسی کاربرد دارند پراکنش و مقاومت ریشه‌ها هستند. ازین این دو پراکنش سبیت RAR ریشه نقش مهم‌تری داشته و تعیین آن پیچیده‌تر و همراه با صرف هزینه بیشتری است.

با توجه به اینکه بلوط ایرانی و زالزالک از جمله مهم‌ترین گونه‌های درختی و درختچه‌ای جنگل‌های زاگرس هستند و نقش بسزایی در ثبت دامنه‌های طبیعی و همچنین تراشه‌های خاکبرداری و خاکریزی جاده‌ها دارند بنابراین این پژوهش با هدف بررسی نحوه پراکنش ریشه این گونه‌ها انجام شده است. فرضیه تحقیق به این صورت که تراکم طولی و حجمی ریشه دو گونه مورد مطالعه در فواصل و اعمق مختلف اختلاف معنی‌داری با هم دارند، تعریف گردید.

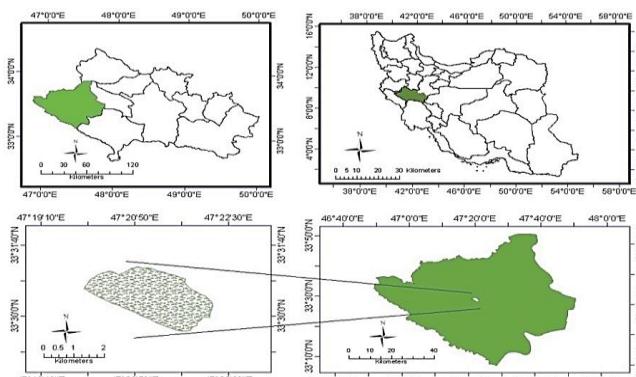
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

به منظور انجام این تحقیق جنگل‌های منطقه بلوران واقع در ۲۵ کیلومتری شهرستان کوهدهشت استان لرستان انتخاب شدند. این جنگل‌ها در محدوده طول جغرافیایی "۴۳°۱۸'۴۷" تا "۳۲'۴۷" و عرض "۳۶°۰۳'" تا "۳۳'۳۶" شمالی قرار گرفته و ارتفاع از سطح دریای آن‌ها ۱۴۳۰ متر است. گونه غالب منطقه بلوط ایرانی (Quercus brantii) و ارزن (Cartages sp.) و ارزن (Amygdales router Boss.) تشکیل می‌دهند. درختان منطقه اغلب دارای فرم رویشی شاخه زاد و تک اشکوبه هستند.

خاک افزایش می‌یابد. همچنین میزان مقاومت کششی ریشه نیز با قطر ریشه نسبت عکس داشته و با افزایش قطر ریشه مقاومت کششی آن کاهش می‌یابد. در اروپا بیشترین موارد استفاده از زیست مهندسی بعد از انقلاب صنعتی و بیشتر در مناطق کوهستانی صورت پذیرفت (۱۱). اولین مطالعات در زمینه زیست مهندسی در اروپا در اوایل سال ۱۹۶۰ تحت عنوان نقش پوشش گیاهی در پایداری دامنه‌ها انجام گرفت (۲۲).

پوشش گیاهی از طریق تبخیر و تعرق آب موجود در خاک، باعث پایین آمدن سطح ایستایی شده و همچنین از طریق ریشه‌های خود درجه چسبندگی خاک را افزایش داده و مقاومت برشی خاک را افزایش می‌دهند (۲۵، ۱۹۶). ریشه‌ها با فرو رفتن در خاک مانند ستون‌های عمل کرده و موجب استحکام و پایداری خاک دامنه‌ها می‌شوند (۱۷، ۱۴). اشوارتز و همکاران (۲۰) نیز با بررسی نقش ریشه درختان در یک منطقه جنگلی در ایتالیا گزارش دادند در دامنه‌های با پوشش درختی ضربی پایداری خاک به مراتب بیشتر از این ضربی در دامنه‌های بدون درخت است. نیامیان و وآ (۱۵) مقاومت کششی ریشه سه گونه بومی و تاثیر آن در مقاومت برشی خاک را در کنیا بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که به طور کلی ریشه‌های با قطر کوچک‌تر دارای مقاومت کششی بالاتر هستند و با افزایش قطر نیروی کششی ریشه نیز افزایش می‌یابد. همچنین رابطه بین قطر ریشه و مقاومت کششی به گونه گیاهی بستگی دارد و در نهایت رفتار کلی ریشه این گونه است که با افزایش عمق تراکم آن کم می‌شود. نسبت سطح ریشه به سطح خاک (RAR) معمولاً به عنوان شاخص تراکم ریشه در مدل‌های پایداری به کار می‌رود (۵۴). تراکم ریشه‌ها با افزایش عمق و فاصله از تنۀ کاهش می‌یابد (۱۶، ۱۲، ۵، ۴). الگوی کاهش در رابطه با عمق می‌تواند لگاریتمی (۱۲)، نمایی و یا تابع گاما باشد (۴). کاهش تراکم ریشه در رابطه با عمق خاک به دلیل کاهش عناصر غذایی و اکسیژن و نیز حضور لایه‌های متراکم‌تر نسبت به سطح عنوان شده است (۱۴). با توجه به ارزیابی توزیع ریشه در خاک که در جنگل‌های شمال ایتالیا توسط بیستکتی و همکاران (۴) انجام گردید نتایج نشان شد که تنواع زیادی از تراکم ریشه برای گونه‌ها در نقاط مختلف وجود دارد. به طور



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان لرستان  
Figure 1. Location of the study area in Lorestan province and country

عمق‌های مختلف، قطر وسط هر ریشه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از رابطه (۱) حجم ریشه‌ها محاسبه شد. با جمع کردن حجم تک‌تک ریشه‌های داخل هر سیلندر و تقسیم آن‌ها بر حجم سیلندر ( $\text{cm}^3$ ) (RAR)، نسبت ریشه به خاک (RAR) محاسبه شد (۴).

$$\text{رابطه (۱)} \quad V = d^2 \times \pi/4 \times h \\ V = \text{حجم ریشه}, \quad d = \text{قطر ریشه}, \quad h = \text{طول ریشه}$$

بافت خاک به روش هیدرومتری، وزن مخصوص ظاهری تراکم خاک با بکارگیری سیلندرهای کوچک نمونه‌برداری و استفاده از روش توزین خاک تر و خشک انجام گرفت. آزمایش حدود آتربیگ درجهت تعیین حد روانی و حد خمیری خاک انجام گرفت. حد روانی با استفاده از دستگاه کاساگرانده و مطابق با استاندارد (ASTM D 4318-87) تعیین شد. حد خمیری نیز بر اساس استاندارد (ASTM D 4318-87) (ASTM D 4318-87) محاسبه گردید. حد روانی در یک منحنی نیمه لگاریتمی (درصد رطوبت بر اساس تعداد ضربه) ترسیم شده سپس دامنه خمیری از کسر کردن حد خمیری از حد روانی به دست آمد. دانه‌بندی خاک با استفاده از روش الک انجام گرفت. شماره الک‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل:  $1/2$ ,  $3/8$ ,  $4$ ,  $10$ ,  $40$ ,  $100$ ,  $200$  بود. نتایج حاصل از این آزمایش به صورت منحنی در دستگاه نیمه‌لگاریتمی ترسیم گردید که نشان دهنده منحنی دانه‌بندی خاک است.

#### تجزیه و تحلیل اطلاعات

ابتدا نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف تایید شد. سپس با استفاده از آزمون لون همگنی واریانس‌ها بررسی شد. از تجزیه واریانس یک طرفه برای مقایسه‌های کلی و از آزمون دانکن نیز برای مقایسه‌های بین گروه‌های مختلف، پراکنش RAR درجهت‌ها، فاصله‌ها و عمق‌های مختلف استفاده شد.

#### نتایج و بحث

#### تراکم طولی ریشه بلوط ایرانی در فواصل و اعماق مختلف

نتایج آزمون دانکن نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تراکم طولی ریشه در فواصل و اعماق مختلف وجود دارد. به طوری که میزان تراکم طولی ریشه در فاصله  $0/5$  متری و عمق  $0-15$  سانتی‌متری بیشترین میزان را داراست و این میزان به ترتیب با افزایش فاصله از درخت در عمق‌های مختلف کاهش می‌یابد (کمترین میزان تراکم طولی در فاصله  $1/5$  متری و عمق  $30-45$  سانتی‌متری) (شکل ۲).

براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کوهدهشت که نزدیکترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه است، میانگین متوسط درجه حرارت روزانه  $16$  درجه‌سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه  $365/8$  میلی‌متر است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن از نوع نیمه خشک است. بر اساس خصوصیات کلی خاکشناسی منطقه مورد بررسی، دو تیپ خاک آبرفتی و خاک‌های مناطق کوهستانی در منطقه مورد مطالعه قابل ملاحظه است. خاک‌های آبرفتی که عمیق و بافت خاک سنگین بوده و روی سنگریزه و مواد آلی و مارنی با خاک کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا سبک بوده و روی سنگریزه قرار گرفته و از دسته خاک‌های Regosols و Lithosols هستند.

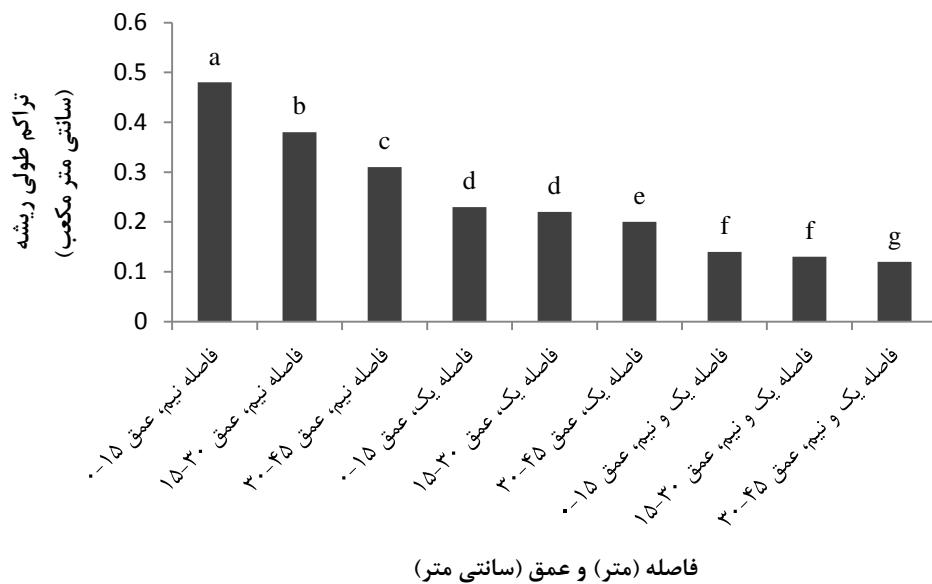
#### روش تحقیق

از هر دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک پنج پایه تیپیک به صورت تصادفی انتخاب شد. سپس در سه فاصله افقی از هر پایه (بلوط در فواصل  $0-5$ ،  $1-5$  و  $2-5$  متر و زالزالک در فواصل  $30-45$ ،  $15-30$  و  $75$  سانتی‌متر) و سه عمق ( $0-15$ ،  $15-30$  و  $30-45$  سانتی‌متر) (بر مبنای عمق خاک، سنگ مادر و عمق ریشه-دونانی گونه‌ها) پراکنش ریشه‌ها با استفاده از سیلندر حدود  $1/3$  لیتری بررسی شد. در گونه زالزالک به دلیل درختچه‌ای بودن و کم قطر و کم حجم تر بودن ریشه‌ها نسبت به بلوط ایرانی و اینکه پراکنش کمتری را نسبت به بلوط ایرانی داشتند، پراکنش ریشه‌ها در سه فاصله  $25$  و  $50$  و  $75$  سانتی‌متری از تنہ درختچه بررسی شد تا امکان بروز مشکل در تعیین الگوی پراکنش ریشه به حداقل بررسد. سیلندر در هر عمق و فاصله و جهت خاص کوبیده شده و بعد از خارج کردن هسته خاک داخل سیلندر و جدا کردن ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها بعد از شستشو، کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. تیماری که به عنوان آماده-سازی و نگهداری ریشه نمونه‌ها و برای جلوگیری از آسودگی قارچی ریشه‌ها استفاده شد شامل شستشو و قرار دادن آن‌ها در کیسه‌های پلاستیکی و تثبیت با الکل  $15\%$  بود (۱۲،۴).

#### محاسبات مربوط به ریشه‌ها

**تراکم طولی ریشه‌ها**  
بعد از انتقال ریشه‌های نمونه‌برداری شده به آزمایشگاه، طول تمامی ریشه‌ها در فواصل و عمق‌های مختلف، با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. در نهایت طول تمامی ریشه‌های داخل هر سیلندر در هر عمق و فاصله مشخص شد.

**تراکم ریشه‌ها (RAR)**  
به منظور تعیین تراکم ریشه‌ها، بعد از مشخص شدن طول تمامی ریشه‌های داخل هر سیلندر در فواصل و



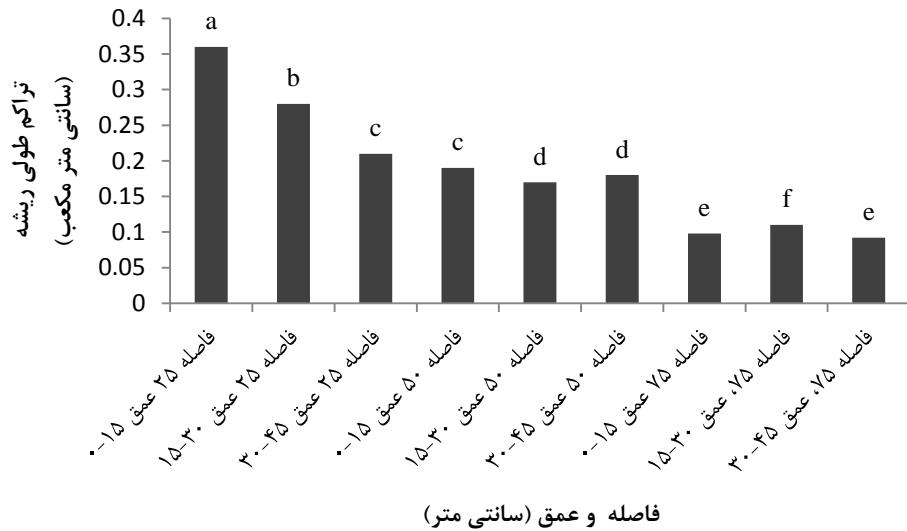
شکل ۲- تراکم طولی ریشه بلوط ایرانی در فواصل و اعمق مختلف  
Figure 2. Longitudinal density of Iranian oak root at different distances and depths

تر، کم قطرتر و کوتاهتری دارد. در مقابل بلوط ایرانی که گونه‌ای درختی بوده، دارای ریشه‌های قطوفتی است. بهمین دلیل تغییرات قطر و تراکم طولی و حجمی ریشه‌ها در اعمق‌های مختلف در زالزالک را به وضوح می‌توان مشاهده کرد و تغییرات آن‌ها از الگوی منظمی پیروی می‌کند. آبرنسی و بوترفورد (۳) نیز بیان کردند که در گیاهان درختچه‌ای، بوته‌ای و علفی تقریباً کلیه ریشه‌ها نازک بوده و واریانس‌ها کمتر است ولی در مورد درختان، حضور ریشه‌های قطور باعث ایجاد تغییرات شدیدی در وضعیت پراکنش طولی و حجمی ریشه‌ها در رابطه با عمق می‌شود و تغییرات را در گونه‌های درختچه‌ای و گیاهی به وضوح می‌توان مشاهد کرد. در بسیاری از مطالعات برای بررسی پراکنش ریشه‌ها از شاخص نسبت سطح ریشه به خاک استفاده شده است (۳).

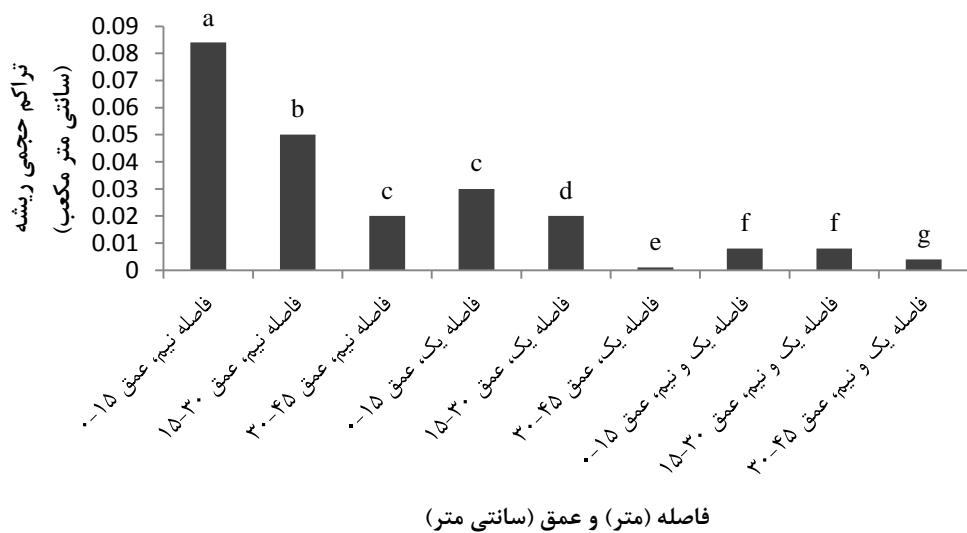
#### تراکم حجمی ریشه بلوط ایرانی در فواصل و اعمق‌های مختلف

نتایج آزمون دانکن نشان داد که در فاصله نیم متری و عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری با سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این فاصله و عمق بیشترین میزان تراکم حجمی ریشه را داراست و کمترین میزان تراکم حجمی ریشه متعلق به فاصله ۱/۵ متری و عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری است که نشان دهنده این موضوع است که با افزایش فاصله از درخت و همچنین افزایش عمق از میزان تراکم حجمی ریشه بلوط ایرانی کاسته می‌شود (شکل ۳).

**تراکم طولی ریشه زالزالک در فواصل و اعمق مختلف**  
نتایج آزمون دانکن نشان داد که رابطه معنی‌داری بین تراکم طولی ریشه در فواصل مختلف و در اعمق‌های ثابت وجود دارد به‌طوری که میزان تراکم طولی ریشه در فاصله ۲۵ سانتی‌متری و عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری بیشترین میزان را داراست و این میزان به ترتیب با افزایش فاصله از درختچه در اعمق‌های مختلف کاهش می‌یابد (کمترین میزان تراکم طولی در فاصله ۷۵ سانتی‌متری و عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری) (شکل ۳). بر اساس نتایج به دست آمده تراکم طولی و تراکم حجمی ریشه در دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک با افزایش عمق خاک، در فاصله ثابت از درختان کاهش پیدا می‌کند و بیشترین تراکم طولی و حجمی ریشه در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری خاک به دست آمد. همچنین طبق نتایج به دست آمده تراکم طولی و حجمی ریشه در دو گونه مورد مطالعه با افزایش عمق کاهش می‌یابد. بر اساس گزارش بیستکتی همکاران (۴) این کاهش به دلیل کاهش قابلیت دسترسی عناصر معدنی خاک، کاهش نفوذپذیری و هوای خاک، کاهش عمق خاک حاصلخیز و نزدیک شدن به سرگ مادری و همچنین افزایش تراکم خاک صورت می‌گیرد. البته این روند کاهشی تراکم حجمی و طولی ریشه در زالزالک نسبت به بلوط ایرانی منظم‌تر بوده و دلیل این اختلاف در نوع گونه مورد بررسی و متفاوت بودن خصوصیات ژنتیکی آنهاست. به‌طوری که زالزالک گونه‌ای درختچه‌ای بوده و در مقایسه با بلوط ایرانی ریشه‌های نازک-



شکل ۳- تراکم طولی ریشه زالزالک در فواصل و اعماق مختلف  
Figure 3. Longitudinal density of hawthorn roots at different intervals and depths



شکل ۴- تراکم حجمی ریشه بلوط ایرانی در فواصل و اعماق مختلف  
Figure 4. Volume density of Iranian oak root at different distances and depths

تراکم حجمی ریشه کاسته می‌شود (شکل ۵). تراکم حجمی ریشه و همچنین تراکم طولی ریشه بهشدت تحت تاثیر ساختار ژئوگونه، محیط و گیاه قرار دارد. یافته‌های تحقیق در خصوص نسبت سطح ریشه به خاک با نتایج عبدالی و همکاران (۱) و بیسکتی و همکاران (۴) مطابقت داشت. عبدالی و همکاران (۲) در مطالعات خود در خصوص گونه انجیلی نسبت سطح ریشه به خاک را به صورت کاهشی بدست آوردند و کمترین و بیشترین این نسبت به گونه انجیلی را به ترتیب ۰/۰۰۲ و ۳/۵۴ درصد محاسبه کردند. همچنین

#### تراکم حجمی ریشه زالزالک در فواصل و عمق‌های مختلف

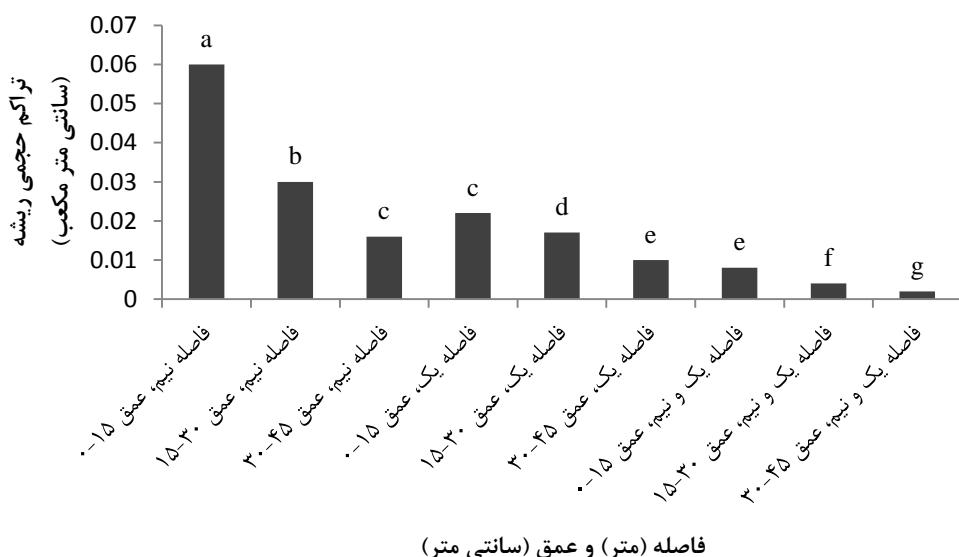
نتایج آزمون دانکن نشان داد که در فاصله ۲۵ سانتی‌متری و عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر با سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این فاصله و عمق بیشترین میزان تراکم حجمی ریشه را داراست و کمترین میزان تراکم حجمی ریشه متعلق به فاصله ۷۵ سانتی‌متری و عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری است که نشان دهنده این موضوع می‌باشد که با افزایش فاصله از درختچه و همچنین افزایش عمق از میزان

بودن گونه و همچنین قطر بودن و نیز تعداد بیشتر ریشه‌ها و حجم بیشتر آن‌ها نسبت به گونه زالزالک، پراکنش ریشه‌ها در سه فاصله نیم، یک و نیم متری از تنه درخت مشاهده شد و نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از تنه درخت، میزان تراکم طولی ریشه‌ها و همچنین مقدار تراکم حجمی ریشه‌ها یک روند کاهشی را دارد و هر چه از تنه فاصله گرفته شود از میزان این دو شاخص در گونه بلوط ایرانی کاسته می‌شود. مانند بلوط ایرانی میزان تراکم طولی و تراکم حجمی ریشه از زالزالک نیز با افزایش فاصله از تنه درختچه روند کاهشی داشته و با افزایش فاصله از تنه درختچه میزان تراکم طولی و حجمی ریشه کاهش پیدا می‌کند. موافق با این نتایج، بسیاری از پژوهشگران نیز در نتایج پژوهش‌های خود به این مساله اشاره داشته‌اند (۲۴، ۱۶، ۷، ۵، ۴).

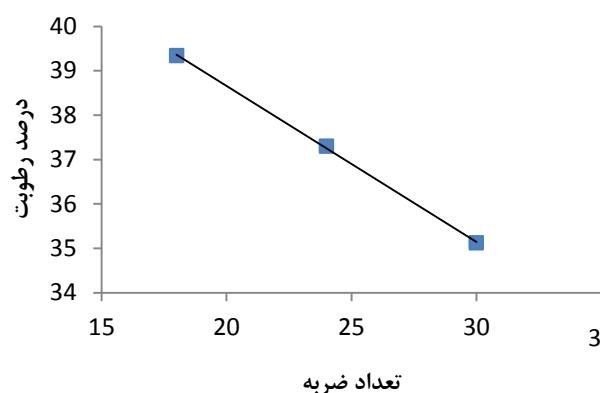
#### بافت و وزن مخصوص ظاهری خاک

بر اساس نتایج آزمون تی مستقل بین نمونه‌ها مشخص شد که درصد رطوبت خاک در مجاورت ریشه بلوط ایرانی بیشتر از ریشه زالزالک است (جدول ۲).

بیسکتی و همکاران (۴) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که در گونه راش با افزایش عمق خاک میزان تراکم حجمی ریشه کاهش پیدا می‌کند. محققین دیگری نیز از جمله ماتیا (۱۲)، نوریس (۱۶)، نیامبان و و آ (۱۵) و کامرات و همکاران (۵) در پژوهش‌های خود گزارش داده‌اند که میزان تراکم ریشه در گونه‌های مورد بررسی آن‌ها با افزایش عمق خاک، کاهش پیدا می‌کند. این موضوع که تراکم طولی ریشه‌ها و نیز تراکم سطحی ریشه با افزایش عمق خاک کاهش پیدا می‌کند توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده و تقریباً یک موضوع ثابت شده در زمینه زیست مهندسی ریشه است. در بررسی حاضر بیشترین تراکم طولی و حجمی ریشه در هر دو گونه مورد بررسی در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری و کمترین آن‌ها در عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری مشاهده شد. بالا بودن سنگ مادری و کم عمق بودن خاک است باعث شده است که بیشترین میزان تراکم طولی و حجمی ریشه در لایه‌های اول خاک مشاهده شوند. پراکنش ریشه دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک در فواصل مختلف از درختان متفاوت بود، برای گونه بلوط ایرانی به دلیل درختی

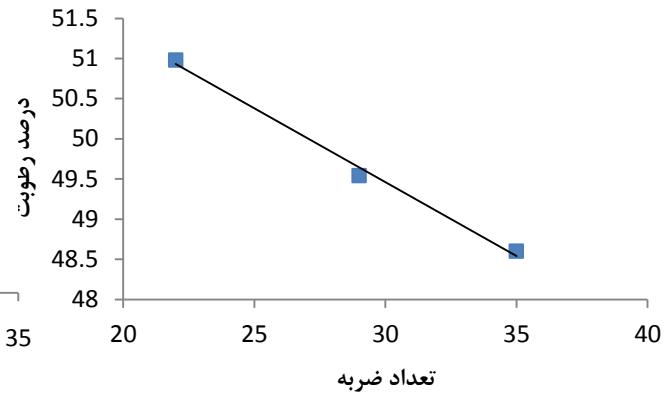


خاک تحت زالزالک از حالت خمیری به حالت مایع درمی‌آید (جدول ۳). تراکم بهمنظور افزایش مقاومت نیروی برشی و کاهش نفوذپذیری است که بهدلیل کوچک شدن منافذ خاک، آب از این منافذ به سختی عبور می‌کند. با توجه بهنتایج حاصل از داده‌های آزمایش وزن مخصوص ظاهری مشخص می‌شود که هرچه میزان رطوبت بالاتر باشد تراکم پذیری آن خاک نیز بالاتر است. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که خاک تحت بلوط ایرانی از این حیث وضعیت بهتری نسبت به زالزالک دارد (جدول ۲).



شکل ۷- منحنی حد روانی نمونه‌های خاک تحت گونه زالزالک  
Figure 7. Limit curve of soil samples under hawthorn species

**حدود اتربرگ**  
حد روانی نمونه‌های خاک طبق آزمایشی که به وسیله دستگاه کاساگرانه انجام شد محاسبه و منحنی‌های آن در اشکال ۶ و ۷ آمده است. تعیین حدود روانی و خمیری پارامترهایی هستند که اطلاعاتی در مورد طبیعت خاک‌ها بدست می‌دهند. بر پایه نتایج بدست آمده، حد روانی در نمودار روانی و حد خمیری با فیتیله کردن نمونه‌ها به دست می‌آید. نتایج مربوط به تعیین حد روانی و خمیری خاک نشان داد که از نظر فنی خاک زالزالک در مقایسه با خاک تحت بلوط ایرانی وضعیت بهتری دارد. به عبارتی در درصد بالای رطوبت، ایرانی وضعیت بهتری دارد.



شکل ۶- منحنی حد روانی نمونه‌های خاک تحت گونه بلوط ایرانی  
Figure 6. Limit curve of soil samples under Iranian oak species

اطلاعات مربوط به آزمایش حدود اتربرگ در جدول ۳ اورده شده است.

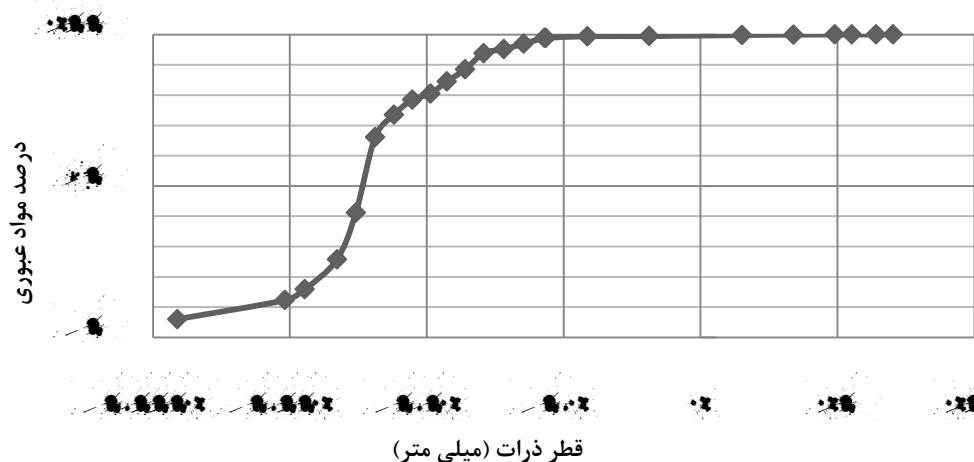
جدول ۳- اطلاعات مربوط به آزمایش حدود اتربرگ

Table 3. Atterberg limit test information

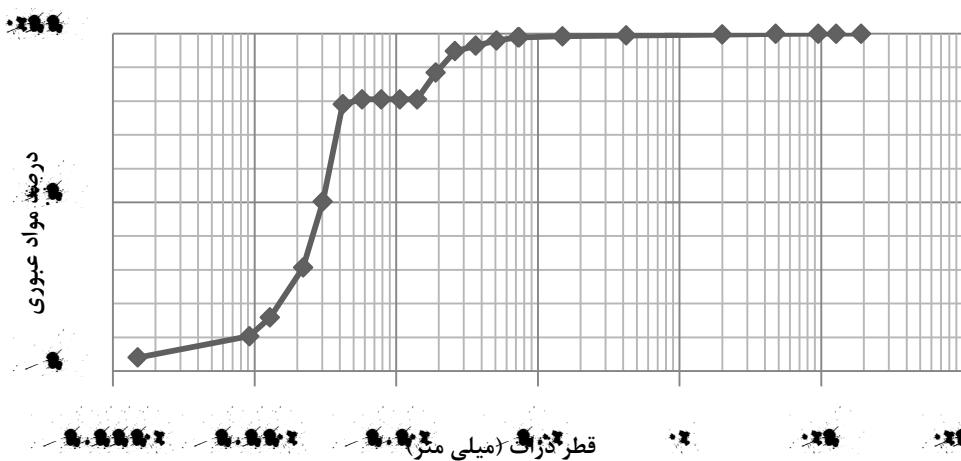
نام گونه	حد رواني (%)	حد خمیری (%)	دامنه خمیری (%)
بلوط ایرانی	۵۰/۱	۳۷/۷۰	۱۲/۴
زالزالک	۳۶/۵	۲۷/۴۶	۹/۴۲

بهطور کلی اطلاعات حاصل از این آزمایش برای پیش‌بینی حرکت آب در خاک، میزان نفوذپذیری خاک، رفتار خاک در آب و غیره مفید است (۲۲). با توجه به‌اینکه درصد عبوری از الک ۲۰۰ برای تمامی نمونه‌ها بیشتر از ۵۰ است کلیه خاک‌ها ریزدانه و با استفاده از اطلاعات مربوط به نمودار دانه‌بندی، مشخص شد که نمونه خاک‌ها لومی رسی و رسی هستند.

**دانه‌بندی خاک تحت بلوط ایرانی و زالزالک**  
منحنی‌های دانه‌بندی هر دو گونه مورد مطالعه در اشکال ۸ و ۹ آورده شده است. دانه‌بندی خاک تعیین دامنه اندازه ذرات موجود در خاک و توزیع وزنی آن هاست که به منظور جداسازی دانه‌های خاک در اندازه‌های مختلف هر بخش آن به صورت درصدی از کل نمونه بیان می‌شود.



شکل ۸- منحنی دانه‌بندی ذرات خاک تحت بلوط ایرانی  
Figure 8. Aggregate curve of soil particles under Iranian oak



شکل ۹- منحنی دانه‌بندی ذرات خاک تحت زالزالک  
Figure 9. Aggregate curve of soil particles under hawthorn

نشان داد که از نظر فنی خاک زالزالک در مقایسه با خاک تحت بلوط ایرانی وضعیت بهتری دارد. در کل، شناخت ویژگی‌های زیست فنی دو گونه مورد مطالعه، که از گونه‌های غالب در جنگل‌های غرب هستند، می‌تواند در موفقیت پژوهش‌های احیایی جنگل موثر باشد.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که اکثر ریشه‌های دو گونه بلوط ایرانی و زالزالک در لایه‌های سطحی وجود داشته و تراکم طولی و حجمی ریشه‌ها با افزایش عمق و نیز فاصله از تنه درخت به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین نتایج مربوط به تعیین حد روانی و خمیری خاک

## منابع

1. Abdi, E., B. Majnounian, H. Rahimi, M. Zobeiri and Gh. Habibi Bibalani. 2011. Intraspecies variations of tree root tensile strength as Eco-Engineering materials in local scale (Case study: Kheyrud Forest). *Journal of Natural Environment, Iranian journal of natural resources*, 64(2): 137-144 (In Persian).
2. Abdi, E., B. Majnounian, H. Rahimi, M. Zobeiri and Gh. Habibi Bibalani. 2010. Investigation of Biotechnical Properties of *Parotia persica* in Order to Use in Bioengineering (Case Study: Patom district of Kheyrud Forest). *Journal of natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*, 63(1): 53-62 (In Persian).
3. Abernethy, B. and I.D. Rutherford. 2000. The effect of riparian tree roots on the mass-stability of riverbanks. *Earth Surf. Process. Landforms*, 25: 921- 937.
4. Bischetti, G.B., E.A. Chiaradia, T. Simonato, B. Speziali, B. Vitali, P. Vullo and A. Zocco. 2005. Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy). *Plant and Soil*, 278:11-22.
5. Cammerat, E., R. Van Beek and A. Kooijman. 2005. Vegetation succession and its consequences for slope stability in SE Spain. *Plant and Soil*, 278:135-147.
6. Classens, L., J.M. School and A. Veldkamp. 2007. Modeling the location of shallow landslides and their effects on landscape dynamics in large watersheds: An application for Northern New Zealand. *Geomorphology*, 87(1-2): 16-27.
7. Di Iorio, A., B. Lasserre, G.S Scippa and D. Chiatante. 2005. Root System Architecture of *Quercus pubescens* Trees Growing on Different Sloping Conditions. *Annals of Botany*, 95: 351-361.
8. Hosseini, A. and M. Shafaei. 2016. Investigation of root system of salt cedar forest in the direction of river flow, in order to use applications in steady slopes. *Iranian journal of soil and water research*, 47(1): 35-41 (In Persian).
9. Kazemi, M., E. Abdi, B. Majnounian and H. Yousef Zadeh. 2014. The effect of season on resistance of Persian oak (*Quercus persica*) roots (Case study: Tabarok, Bazaft basin). *Iranian Journal of Forest*, 6(4): 435-444 (In Persian).
10. Kooch, Y., M. Hosseini and J. Mohammadi. 2013. The Effect of Pit and Mound Landscape on Variability of Cation Exchange Capacity and Soil Nutrients. *Iranian Forest Ecology Journal*, 1(1): 46-60 (In Persian).
11. Lewis, L. 2000. Soil Bioengineering: An alternative for roadside management. USDA Forest Service, California.
12. Mattia, C., G.B. Bischetti and F. Gentile. 2005. Biotechnical characteristics of root system of typical Mediterranean species. *Plant and Soil*, 278: 23-32.
13. Mostfa, M., N. Raafatnia, Sh. Shataee and H. Ghazanfari. 2013. Comparison of Technical and Numerical Characteristic of Road Network with a Existente Recipie in a Multiple Use Forest Management Plan, Armardah, Baneh. *Iranian Forest Ecology Journal*, 1(1): 88-99 (In Persian).
14. Norris, J. 2005. Root reinforcement by hawthorn and oak roots on a highway cut-slope in Southern England. *Plant and Soil*, 278:43-53.
15. Nyambane, O.S. and S.K. Mwea. 2011. Root tensile strength of three typical plant species and their contribution to soil shear strength; a case study, Sasumua Backslope, Nayandarua District, Kenya. *Journal of Civil Engineering Research and Practice*, 8(1):57-73.
16. Normaniza, O. and S.S. Barakbah. 2006. Parameters to predict slope stability - Soil water and root profiles. *Ecological Engineering*, 28: 90-95.
17. Roering, J., K.M. Schmidt, J.D. Stock, W.E. Dietrich and D.R. Montgomery. 2003. Shallow landsliding, root reinforcement, and the spatial distribution of trees in the Oregon Coast Range. *Canadian Terotechnology Journal*, 40: 237-253.
18. Sarfaraz, F. 2009. Investigation the role of the root system of forest plants in 2conservation and increasing soil resistance (case study: investigation of the sumac and hawthorn roots effects in increasing of soil resistance, Ghazvin province). *Conferences on water, soil, plant science and agriculture mechanization*, 1-7 pp., Azad university of Dezful (In Persian).
19. Schmidt, K.M., J.J. Roering, J.D. Stock, W.E. Dietrich, D.R. Montgomery and T. Schaub. 2001. The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range. *Canadian Terotechnology Journal*, 38: 995-1024.
20. Schwarza, M., F. Pretic, P. Giadrossiche and D. Orb. 2009. Quantifying the role of vegetation in slope stability: A case study in Tuscany (Italy), *Ecological Engineering*, 36(3): 285-291.
21. Tahooni, Sh. 1997. Principles of geotechnical engineering, 1<sup>st</sup> edn., Pars Ayin Press, Tehran, 683 pp (In Persian).
22. Talebi, A., M.T. Dastorani and M.H. Irannezhad. 2010. The Role of Oak Forest on Landslide Prevention (Case study: Ardal, Chahar Mahal and Bakhtiari Province). *Iran-Watershed Management Science and Engineering*, 4(12): 19-26 (In Persian).
23. Watson, A.J. and M. Marden. 2004. Live root-wood tensile strengths of some common New Zealand indigenous and plantation tree species. *New Zealand journal of Forestry Science*, 34(3): 344-353.
24. Watson, A., C. Phillips and M. Marden. 1999. Root strength, growth, and rates of decay: root reinforcement changes of two tree species and their contribution to slope stability. *Plant and Soil*, 217: 39-47.
25. Wu, T. H. and R.C. Sidle. 1995. A distributed slope stability model for steep forested basins. *Water Resources Research*, 31: 2097-2110.

## **Investigation on Root Distribution Pattern of Persian Oak and Hawthorn Species in Order to use in Bioengineering Models (Case Study: Boloran Forests, Kohdasht)**

**Farhad Ghasemi Aghbash<sup>1</sup>, Ehsan Abdi<sup>2</sup> and Mehdi Zarooni<sup>3</sup>**

1- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University,

(Corresponding author: ghasemifarhad@yahoo.com)

2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran

3- Graduated M.Sc. Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University

Received: July 23, 2017 Accepted: May 8, 2018

### **Abstract**

Vegetation due to its root system by creating cohesion of soil particles, significantly affects hill slope mechanical properties related to shallow landslides and slope stability. In this regard, the root engineering characteristics of forest species are important. The aim of this study was to investigate the distribution pattern of persian oak and hawthorn in Zagross forests. For this purpose, five trees from both species were randomly selected to study their root distribution. Sampling was performed by using a soil core sampling ring from three horizontal distances and three depths. Root distribution was assessed using the concept of the root area ratio. The results showed that the root area ratio as well as the longitudinal densities of the roots decreases with increasing depth of the soil and increasing the distance from the tree. The maximum root length density was observed in the initial layers and close to the trees. The highest volume density of roots was observed at depths of 0-15 cm. Based on the results of the study, it was found that there was a significant difference between the volume density of root of two persian oak and hawthorn species. Longitudinal and volumetric densities of root in persian oak were higher than hawthorn. In general, the results of this study showed the importance of persian oak in comparison with hawthorn in the field of increasing strength of soil.

**Keywords:** Bioengineering, Root area ratio, Persian oak, Hawthorn