

(*Haloxylon* spp.)

محمد هادی راد^{۱*}، سیدرضا میرحسینی^۲، محمدعلی مشکوه^۳ و مهدی سلطانی^۴

*۱- نویسنده مسئول، مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، پست الکترونیک: mohammadhadirad@gmail.com

۲- استادیار، مؤسسه ثبت و گواهی بذر و نهال.

۳- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری کشور.

۴- کارشناس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد.

تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۴

تاریخ دریافت: ۸۶/۱/۲۰

چکیده

واکنش ریشه گیاه تاغ (*Haloxylon* spp.) به میزان رطوبت موجود در خاک در قالب طرح مطالعه فیزیولوژیکی روابط آبی گیاه تاغ در ایستگاه تحقیقات بیابانزدایی شهید صدوقی یزد و در مجاور تاغزارهای دست‌کاشت مورد بررسی قرار گرفت. طرح با ساخت و استقرار لایسیمترهای وزنی به تعداد ۹ عدد با قطر ۱۲۰ سانتیمتر و عمق ۱۷۰ سانتیمتر و نصب چهار دریچه در اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتیمتری برای دسترسی به ریشه آغاز گردید. پس از آماده شدن لایسیمترها، نسبت به کاشت نهال تاغ در آنها اقدام و با مراقبت یکساله از آنها، شرایط برای اعمال تیمارهای رطوبتی مهیا گردید. تیمارهای رطوبتی شامل ظرفیت گلدانی (شاهد)، یک سوم ظرفیت گلدانی و تنش خشکی بوده که در قالب آزمایش فاکتوریل و طرح پایه کاملاً تصادفی و با سه تکرار اعمال گردید. آب مورد نیاز برای رسیدن به رطوبت مورد نظر به صورت هفتگی و از طریق توزین لایسیمترها در اختیار گیاهان قرار می‌گرفت، ضمن این که در تیمار تنش خشکی، پس از استقرار کامل نهالها، آبیاری قطع گردید. تیمارهای رطوبتی طی دو فصل رویش اعمال و در طول این مدت تأثیر آن بر توسعه ریشه از نظر طولی مورد بررسی قرار گرفت. در پایان با خارج کردن ریشه از خاک تأثیر تیمارهای رطوبتی بر چگونگی توسعه ریشه از نظر وزنی و طولی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان داد که وزن ریشه تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی بوده و اختلاف معنی‌داری ($\alpha = 0/001$) میان آنها وجود دارد. میزان ریشه در اعماق مختلف نیز دارای اختلاف معنی‌داری است ($\alpha = 0/001$). اگرچه تأثیر تیمارهای مختلف رطوبتی بر طول ریشه اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد، ولی مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که اثر تنش رطوبتی بر افزایش طول ریشه‌های گیاه درخور توجه است.

واژه‌های کلیدی: تاغ، لایسیمتر، تنش رطوبتی، توسعه طولی ریشه، توسعه وزنی ریشه.

مقدمه

مدونی در مورد رفتارهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آن در مواجهه با تنشهای محیطی، به‌ویژه تنش رطوبتی انجام نشده‌است. ریشه به‌عنوان جزء اصلی گیاه در استقرار و پایداری آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و می‌بایست در انجام مطالعات مورد توجه خاص قرار گیرد.

کاشت تاغ در عرصه‌های بیابانی و با هدف تثبیت شن‌های روان از حدود ۴۰ سال پیش یعنی از سال ۱۳۴۴ آغاز گردید (اختصاصی، ۱۳۸۲؛ رهبر، ۱۳۸۲؛ امانی و پرویزی، ۱۳۷۵). با وجود استفاده طولانی مدت از این گیاه در برنامه‌های تثبیت شن و بیابان‌زدایی، تحقیقات

آب بیشتری دارند (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹ به نقل از Turner, 1972).

نقش ریشه در جذب آب و مواد غذایی بستگی به انتشار سیستم ریشه‌ای و کارایی هر یک از ریشه‌ها دارد. ریشه‌ها به هنگام رشد، تغییرات آناتومیکی زیادی می‌نمایند که به مقدار زیادی در نفوذپذیری آنها نسبت به آب و املاح مؤثر است (علیزاده، ۱۳۸۳). رشد ریشه در بسیاری از گیاهان، حالت مرستمی و پایین‌رو دارد و همین حرکات مرستمی است که باعث نفوذ ریشه در خاک می‌شود، به‌ویژه این که رشد ریشه در شب بیش از روز است (Caldwell & Dawson, 1998; میکولوس، ۱۹۹۷ به نقل از Hed, 1986; علیزاده، ۱۳۸۳).

به دلیل اهمیتی که اپیدرم و ریشه‌های مویین به‌عنوان سطوح جذب کننده آب و مواد غذایی دارند، در روابط آب و گیاه توجه زیادی به آنها می‌شود. هر سلول اپیدرمی توانایی ایجاد ریشه مویی را دارد. با این وجود تعداد ریشه‌های مویی در انواع گیاهان متفاوت بوده و در حدود ۲۵۰-۲۵۰۰ ریشه مویی در هر سانتیمتر مربع متغیر است. تعداد ریشه‌های مویین از این نظر که سطح تماس ریشه با خاک را افزایش می‌دهند از اهمیت زیادی برخوردارند (علیزاده، ۱۳۸۳).

رهبر (۱۳۶۶) گزارش کرده‌است، در مواردی که سراسر نیمرخ خاک تا عمق دو متر از شن نرم و به‌ویژه یکنواخت، تشکیل یافته باشد، شبکه ریشه درختان تاغ عبارت است از یک ریشه اصلی معمولاً راست که تا عمق نزدیک به دو متر در خاک نفوذ کرده، و از محل یقه تا عمق حدود ۰/۵ متر دارای تعداد به نسبت زیاد ریشه‌های جانبی، به قطر حدود ۲ تا ۳ میلیمتر، به صورت کاملاً افقی می‌باشد. وی اشاره دارد که گسترش این چنینی ریشه‌های تاغ در تاغزارهای مطالعه شده حکایت از وابستگی رویش این گونه به رطوبتی دارد که از طریق نزولات تأمین می‌گردد و ارتباطی به سفره‌های آب زیرزمینی ندارد. در خاکهایی که سراسر نیمرخ آنها سنگین و غالباً مرطوب

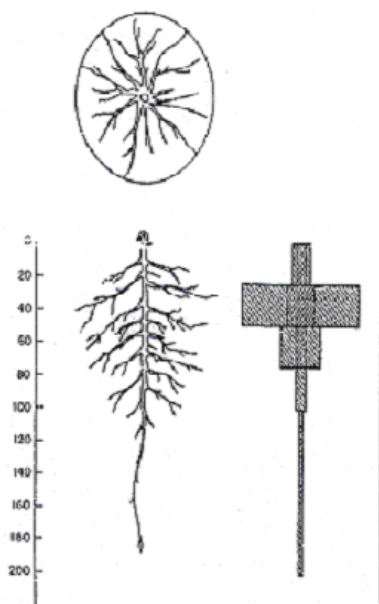
اثرات نامطلوب خشکی بر رشد گیاهان می‌تواند با توسعه ریشه جبران شده و باعث افزایش جذب آب توسط گیاه شود. این فرایند با عمیق‌تر شدن ریشه‌ها، تغییر توزیع سیستم ریشه و یا تغییر اندازه آوندهای ریشه صورت می‌گیرد (Turner, 1986).

رشد ریشه توسط عوامل محیطی و ژنتیکی کنترل می‌شود. بعضی گونه‌ها دارای سیستم ریشه عمودی و عمقی و برخی دیگر، ریشه‌های سطحی دارند. بعضی از گونه‌ها در خاکهای مختلف ریشه‌های متنوعی تولید می‌کنند. نوع سیستم‌های ریشه‌ای در گیاهان کوچک به مقدار زیادی بر رشد و حیات آنها مؤثر است. مقاومت بعضی گیاهان در برابر خشکی وابسته به عمق و فراوانی انشعابات سیستم ریشه‌ای است تا بتوانند آب مورد نیاز گیاه را از توده بزرگتر خاک جذب کنند (علیزاده، ۱۳۸۳).

عواملی که بر مقاومت مکانیکی خاک در مقابل انتشار ریشه‌ها، ذخیره رطوبت، تهویه و ترکیبهای شیمیایی محلول خاک موثرند، می‌توانند رشد ریشه‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. تنش زیاد رطوبت موجب می‌گردد ریشه‌ها کم و بیش به خواب رفته و رشد دوباره آنها پس از آبیاری مجدد کند شود. کمبود آب نه تنها مانع افزایش رشد ریشه شده بلکه باعث چوب پنبه‌ای شدن و کاهش توانایی آن در جذب مواد نیز می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸۳). تنش آبی می‌تواند سبب پژمردگی اساسی ریشه شود و به میزان زیادی تماس ریشه با خاک را کاهش دهد (میکولوس، ۱۹۹۷ به نقل از Raberts, 1968). کاهش قطر ریشه می‌تواند تا ۵۰ درصد اتفاق بیفتد، به طوری که ریشه به حالت معلق در حفره ریشه باقی بماند. در مقابل، چنانچه ریشه رشد قطری ثانویه داشته باشد تماس ریشه و خاک بهبود خواهد یافت (میکولوس، ۱۹۹۷ به نقل از Hed, 1986). مشخص گردیده‌است ریشه‌هایی که در شرایط خشکی رشد می‌کنند، در قیاس با ریشه‌هایی که در شرایط رطوبتی مطلوب رشد می‌کنند، قابلیت جذب

کمبود اکسیژن در خاک موجب عدم جذب آب و بروز خشکی فیزیولوژیک می‌گردد، درحالی‌که در شرایط خوب تهویه و فراوانی اکسیژن بازده گیاهان در استفاده از آب و مواد غذایی موجود در خاک افزایش یافته و به عبارت دیگر نیاز آبی به‌طور نسبی کاهش می‌یابد (رهبر، ۱۳۶۶ به نقل از Kohnek, 1968). سختی خاکهای سنگین در شرایط مناطق خشک، از طریق ممانعت مکانیکی، رشد ریشه را مختل می‌نماید. سیل‌گیر بودن زمین در پاره‌ای از تاغزارها سبب شده‌است که مقدار قابل توجهی رس و لای آبرفتی در بین ذرات شن باد آورده رسوب نموده و منجر به تغییر بافت لایه سطحی خاک و عوارض ناشی از آن گردد (رهبر، ۱۳۶۶).

Zhang (1989) توزیع افقی و عمودی ریشه درختان تاغ چهار ساله را در تپه‌های شنی تثبیت شده مطالعه و به شرح شکل ۱ ارائه نموده‌است.



شکل ۱- توزیع افقی و عمودی ریشه تاغ چهار ساله
(به نقل از Zang, 1988)

نوع سیستم‌های ریشه‌ای در گیاهان کوچک به مقدار زیادی بر رشد و حیات آنها مؤثر است. بعضی گیاهان

است، شبکه ریشه درختان تاغ عبارت است از مجموعه‌ای از ریشه‌های هم اندازه که از ناحیه یقه درخت منشعب شده و حداکثر تا عمق یک متری به صورت افشان، در محدوده سایه‌انداز درخت در خاک نفوذ می‌نماید. این ریشه‌ها به‌طور معمول قطور، کج و معوج و پوسیده هستند.

گرما، تهویه، اسیدیته و غلظت یونهای مختلف محلول خاک از عمده عوامل محیطی مؤثر بر تولید ریشه‌های موین هستند (علیزاده، ۱۳۸۳؛ Caldwell & Dawson, 1998). رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی باعث تولید بیشترین مقدار ریشه موین خواهد شد. شوری از عوامل باز دارنده رشد و توسعه ریشه‌های موین است (علیزاده، ۱۳۸۳). کاهش رطوبت نیز رشد ریشه را متوقف ساخته و در حد پژمردگی دائم، میزان رشد ریشه متوقف یا بسیار کند می‌شود. چنین به نظر می‌رسد که رشد ریشه در هر لایه از خاک، مستقل از توان رطوبت در لایه‌های دیگر است، به طوری که مشاهده شده‌است هنگامی که رشد ریشه‌های لایه سطحی خاک تقلیل پیدا کند در رشد ریشه‌های لایه زیرین خاک هیچ‌گونه تغییری به وجود نمی‌آید (علیزاده، ۱۳۸۳). پدیده دوره‌ای بودن رشد ریشه به‌طور فزاینده‌ای بستگی به رشد شاخه و میزان باردهی درخت دارد. معمولاً پایان رشد ریشه مقارن با شروع رشد فعال شاخه‌است، ضمن این که دومین مرحله فعالیت ریشه بعد از توقف رشد شاخه آغاز می‌گردد (میکلوس، ۱۹۹۷ به نقل از Hed, 1967 و Radgers & Hed, 1969). به نظر می‌رسد دوره دوگانه فوق مربوط به رقابت بین شاخه‌ها و ریشه‌ها برای ذخیره کربوهیدراتها است.

رشد ریشه در خاکهای سنگین غالباً به علت بدی شرایط تهویه خاک کاهش می‌یابد. چرا که تبادلات گازی به‌طور گسترده‌ای به بافت و ساختمان خاک وابسته است. در این گونه خاکها غالباً رشد ریشه به علت تراکم مواد زاید و کمبود اکسیژن کاهش یافته و یا مختل می‌گردد (رهبر، ۱۳۶۶ به نقل از Kramer, 1969) افزون بر آن،

(بهجت‌منش و همکاران، ۱۳۸۳ به نقل از صدیقی و همکاران، ۱۳۵۹). ریشه‌های جانبی و سطحی اسکنبیل (*Calligonum sp.*) که یکی از گیاهان مناطق خشک و شنزار است، برای دسترسی به رطوبت سطحی شن تا ۱۰ متر از پایه گیاه دور می‌شود (رهبر، ۱۳۶۶ به نقل از ابراهیم زاده، ۱۳۵۷).

مواد و روشها

طراحی، ساخت و نصب لایسیمترها: تعداد ۱۰ عدد لایسیمتر وزنی با ارتفاع ۱۷۰ سانتیمتر و قطر ۱۲۲ سانتیمتر طراحی و ساخته شد. جنس لایسیمترها از آهن گالوانیزه و با اسکلت مناسب به گونه‌ای طراحی گردید که امکان تحمل وزن حداقل ۵۰۰۰ کیلوگرم خاک را داشته باشد. به منظور مطالعه وضعیت رطوبت خاک در اعماق مختلف و امکان دسترسی به ریشه گیاه در اعماق مختلف خاک، دریچه‌هایی در اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتیمتری بدنه لایسیمترها تعبیه گردید. اگرچه ممکن است توسعه ریشه تاغ به‌ویژه از نظر طولی بیش از اندازه لایسیمترها باشد، ولی به دلیل کم سن بودن درختان مورد استفاده و همچنین بررسی واکنش گیاه به عدم دسترسی به منابع رطوبتی زیرزمینی، اندازه‌های یاد شده مناسب تشخیص داده شد.

شیب کف لایسیمترها دو سانتیمتر و به لوله‌ای که برای خروج آب اضافی یا زهکش در نظر گرفته شد، منتهی گردید. بدنه لایسیمترها با هدف کاهش تبادل حرارتی، به وسیله پشم شیشه به ضخامت حدود ۵ سانتیمتر پوشانده شد. لایسیمترها در زیرزمینی که برای همین منظور و در مجاورت تاغزارهای دست کاشت احداث گردید، بر روی سکویی قرار گرفتند؛ به گونه‌ای که سطح بالایی لایسیمترها با سطح خاک اطراف تراز باشد.

نظر به این که تاغ روی خاکهای شنی به خوبی استقرار می‌یابد و به عنوان یک گیاه شن دوست مطرح است (رهبر،

دارای سیستم‌های ریشه‌ای نامناسب به دلیل عدم توانایی در مقابله با خشکی فقط در خاکهای مرطوب می‌توانند به حیات خود ادامه دهند. برعکس، گونه‌هایی که در اراضی مرتفع می‌رویند دارای ریشه عمودی بوده و با نفوذ عمقی حتی در تابستانهای خشک نیز آب مورد احتیاج خود را تأمین می‌نمایند. گیاهانی که ریشه‌های عمیق دارند نسبت به خشکی مقاوم‌تر از گیاهانی هستند که ریشه‌های آنها سطحی است. این که تراکم زیاد ریشه یک مزیت است همیشه صادق نیست، مثلاً مشاهده شده است که در گندم اگر ۶۰ درصد ریشه‌ها هرس شوند مقدار تعرق تغییر نمی‌کند (علیزاده، ۱۳۸۳).

با وجود این که گسترش جانبی و عمقی ریشه به شرایط محیطی بستگی دارد، ولی به خصوصیات ژنتیکی گیاه می‌بایست توجه بیشتر نمود. نفوذ عمقی ریشه‌های بادام تا ۶۰ سانتیمتری سطح خاک در سال اول و تحت آبیاری مناسب، بیانگر ویژگیهای ژنتیکی گیاه در توسعه ریشه است (Franco & Abrisqueta, 1997). توسعه فوق‌العاده شبکه ریشه در بلوط گونه *Quercus macrocarpa* که گونه‌ای رطوبت‌پسند است، عامل موفقیت آن در شرایط مناطق خشک محسوب می‌گردد. ریشه اصلی این درخت در نخستین سال رویش تا عمق ۱ تا ۱/۵ متری در خاک نفوذ کرده و گسترش افقی ریشه‌های جانبی آن تا فاصله ۱۷ متری از پایه دیده می‌شود (رهبر، ۱۳۶۶ به نقل از Parker, 1968). در مناطق خشک گونه‌ای از اکالیپتوس تشکیل یک ریشه اصلی عمیق با تعداد اندکی ریشه‌های جانبی می‌دهد، درحالی‌که همین گونه در شرایط مطلوب از نظر رطوبت، دارای ریشه‌های کم عمق است (رهبر، ۱۳۶۶ به نقل از Kozlowsk, 1971).

گیاهان شن‌دوست بیابانی به منظور دسترسی به حداقل رطوبت ذخیره شده در شنزارها و ممانعت از اتلاف آب، اغلب از طریق توسعه و گسترش سیستم ریشه‌ای بسیار وسیع، نیازهای اکولوژیک خود را تأمین می‌کنند

ساعت، میانگین سالانه ساعات آفتابی ۳۰۵۲ ساعت، میانگین سالانه تعداد روزهای یخبندان ۷۳ روز، میانگین سالانه تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A ۴۰۰۰ میلیمتر، میانگین سالانه رطوبت نسبی هوا در صبحگاه ۵۷ درصد، میانگین سالانه رطوبت نسبی هوا در عصر ۳۸/۵ درصد، میانگین سالانه دمای هوا ۱۸ درجه سانتیگراد، کمینه مطلق دمای سالانه هوا ۱۳/۵- درجه سانتیگراد، بیشینه مطلق دمای سالانه هوا ۴۵/۵ درجه سانتیگراد گزارش شده است (عارف، ۱۳۷۰). اقلیم منطقه براساس روش دومارتن گسترش یافته فراخشک سرد می‌باشد.

۱۳۶۶)، سعی گردید از چنین خاکی استفاده شود. به این منظور از خاک تپه‌های شنی مجاور محل اجرای طرح، پس از یکنواخت کردن، استفاده گردید. ابتدا با هدف ایجاد زهکشی مناسب در کف لایسیمترها مقدار ۲۵ سانتیمتر ماسه درشت و روی آن ۵ سانتیمتر ماسه شسته ریخته شد. شکل‌های ۲ و ۳ چگونگی آماده سازی و استقرار لایسیمترها را نشان می‌دهد.

محل اجرای طرح: ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی در فاصله ۲۵ کیلومتری شهر یزد، برای اجرای این طرح انتخاب گردید. میانگین سالانه بارندگی ۷۰ میلیمتر، بیشینه سرعت وزش باد ۱۲۰ کیلومتر در



شکل ۲- آماده سازی لایسیمترها برای نصب در محل اصلی



شکل ۳- استقرار لایسیمترها در محل اصلی

ریشه‌ها با خطوط افقی و عمودی شبکه شطرنجی و با استفاده از رابطه نیومن (علیزاده، ۱۳۸۳) طول ریشه‌ها با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$R = \frac{\pi NA}{2H} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن R ، طول ریشه، N ، تعداد تلاقی ریشه‌ها با خطوط شبکه کاغذ شطرنجی A ، مساحت ظرف که ریشه‌ها به صورت تصادفی در سطح آن پخش شده‌اند و H مجموع طول ضلعهای تشکیل دهنده شبکه‌های کاغذ شطرنجی می‌باشد.

با توجه به این که استوانه مورد استفاده برای نمونه‌برداری دارای حجم مشخص بود، طول ریشه‌ها در واحد حجم استوانه محاسبه و سپس اعداد بدست آمده به متر بر کیلوگرم خاک تغییر واحد داده شد. اعداد بدست آمده وضعیت تراکم طولی ریشه‌ها را در اعماق مختلف خاک و در تیمارهای رطوبتی اعمال شده، مشخص می‌نماید. داده‌های به دست آمده از طریق آزمایش فاکتوریل 4×3 (سه تیمار و چهار عمق) مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین‌های حاصل نیز از طریق آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه شدند.

اندازه‌گیری وزن ریشه: پس از جدا کردن قسمت هوایی و حذف خاک، ریشه‌های واقع در اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰، ۱۰۰-۸۰، ۱۲۰-۱۰۰ و ۱۵۰-۱۲۰ سانتیمتری استخراج و پس از تفکیک ریشه‌های ضخیم و موین و خشکاندن در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت (علیزاده، ۱۳۸۳) وزن خشک آنها بدست آمد. با اندازه‌گیری وزن ریشه در اعماق مختلف خاک، تأثیر تیمارهای رطوبتی بر توسعه ریشه در اعماق مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های بدست آمده از طریق آزمایش فاکتوریل (3×7) (سه تیمار و هفت عمق) تجزیه آماری و میانگین‌ها به روش دانکن با یکدیگر مقایسه شدند.

کاشت نهال در لایسیمتراها: در پاییز سال ۱۳۸۱ در هر لایسیمتر تعداد ۳ اصله نهال تاغ که دارای ویژگیهای ظاهری یکنواختی بودند کاشته شد. نهالهای کاشته شده از نهالستان اداره کل منابع طبیعی و از میان هزاران نهال بذری به‌گونه‌ای انتخاب گردیدند که دارای ویژگیهای ظاهری یکسانی باشند. بلافاصله پس از کاشت نهالها، آبیاری آنها با مقدار ۲۰۰ لیتر برای هر لایسیمتر انجام شد.

مراقبت و نگهداری از نهالهای کاشته شده: نهالهای

کاشته شده به مدت یکسال با مقدار ۲۵۰ لیتر برای هر لایسیمتر و به فاصله هر ماه یک بار آبیاری شدند. پس از اطمینان از استقرار نهالها نسبت به حذف دو اصله از آنها اقدام و در هر لایسیمتر تنها یک نهال نگهداری گردید. با استقرار کامل نهالها در محل جدید و گذشت یکسال از عمر آنها، تیمارهای مورد نظر شامل ظرفیت گلدانی (شاهد) با رطوبتی معادل ۱۳/۵ درصد، یک سوم ظرفیت گلدانی با رطوبتی معادل ۴/۵ درصد و تیمار تنش خشکی در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و با سه تکرار اعمال شد (شکل ۴). در تیمار تنش خشکی پس از استقرار کامل نهالها آبیاری قطع گردید.

اندازه‌گیری طول ریشه: برای اندازه‌گیری طول ریشه

در تیمارهای رطوبتی مختلف در پایان اولین سال اعمال تیمار، در سه نوبت نسبت به انجام این مهم اقدام گردید. برای این کار از طریق دریچه‌های نصب شده روی بدنه لایسیمتراها، نسبت به برداشت نمونه خاک، همراه با ریشه از اعماق ۱۵، ۴۵، ۷۵ و ۹۵ سانتیمتری خاک اقدام گردید. سپس با شستشوی زیاد و دقیق ریشه‌ها از خاک جدا شدند. ریشه‌های جدا شده را در ظرف شیشه‌ای پهن و کم عمق که محتوی مقدار کمی آب بود ریخته و با یک انبر نوک تیز، ریشه‌هایی که خمیده بودند راست و در صورتی که روی هم قرار گرفته بودند از یکدیگر جدا گردید. سپس در زیر ظرف شیشه‌ای یک کاغذ شطرنجی به ابعاد 4×4 سانتیمتری قرار گرفت. با شمارش محل تلاقی



شکل ۴- نهالهای استقرار یافته پس از اعمال تیمار

نتایج

وضعیت توسعه ریشه

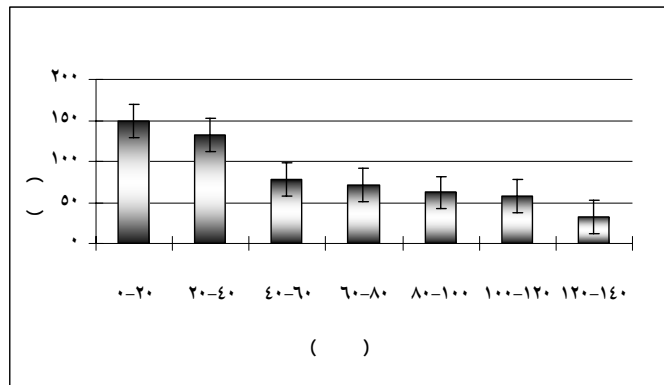
الف) از نظر وزنی: نتایج بررسیها نشان داد که اختلاف معنی داری ($\alpha = 0/001$) میان تیمارهای رطوبتی مختلف از نظر وزن کل ریشه وجود دارد. بیشترین مقدار ریشه مربوط به تیمار رطوبتی ظرفیت گلدانی با $858/83$ گرم وزن خشک و کمترین آن مربوط به تیمار تنش خشکی با $335/59$ گرم وزن خشک بود. مقدار ریشه در تیمار یک سوم ظرفیت گلدانی برابر $555/7$ گرم وزن خشک اندازه گیری گردید. وزن ریشه در اعماق مختلف نیز دارای اختلاف معنی داری است ($\alpha=0/001$). بیشترین

وزن ریشه مربوط به عمق $20-0$ سانتیمتری سطح خاک (152 گرم وزن خشک) و کمترین آن مربوط به عمق $140-120$ سانتیمتری بود. اثر متقابل تیمارهای رطوبتی با عمق توسعه ریشه نیز دارای اختلاف معنی داری در سطح 5% ($\alpha = 0/05$) است (جدول ۱). بیشترین میزان ریشه مربوط به تیمار رطوبتی ظرفیت گلدانی و عمق $20-0$ سانتیمتر ($223/6$ گرم وزن خشک) و کمترین آن مربوط به تیمار خشکی و عمق 120 تا 140 سانتیمتری ($26/66$ گرم وزن خشک) بود. شکل‌های ۵ و ۶ وضعیت توسعه ریشه را در اعماق مختلف خاک نشان می‌دهد.

جدول ۱- تجزیه واریانس پراکنش وزنی ریشه در تیمارها و اعماق مختلف

P	F	میانگین مربعات (ms)	مجموع مربعات (ss)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات
***	۱۷/۱۸	۲۹۷۲۴/۰۲	۵۹۴۴۸/۰۳	۲	تیمار رطوبتی
***	۱۰/۱۲	۱۷۵۰۲/۱۹	۱۰۵۰۱۳/۱۸	۶	عمق
*	۲/۱۲	۳۶۶۳/۶۵	۴۳۹۶۳/۸۲	۱۲	تیمار رطوبتی × عمق
		۱۷۲۹/۲۹	۷۲۶۳۰/۰۱	۴۲	خطا
			۲۸۱۰۵۵/۵۵	۶۲	جمع

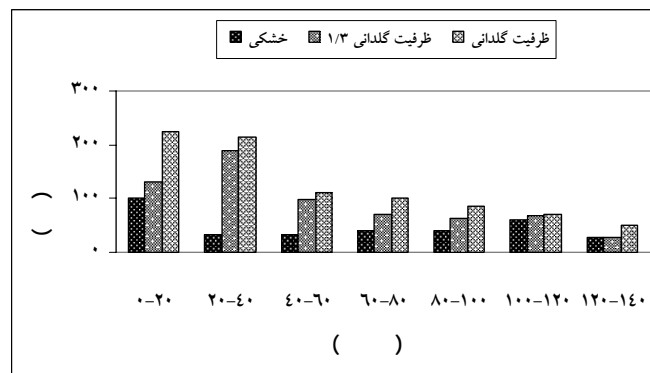
***، ** و * به ترتیب نشانه‌های معنی دار بودن در سطوح آماری $0/1$ ، 1 و 5 درصد؛ $47/38\%$ ضریب تغییرات



شکل ۵- پراکنش وزنی ریشه در اعماق مختلف

اعماق خاک نیز معنی دار نشد (جدول ۲)، هرچند اختلاف محسوسی بین تیمارهای رطوبتی، اعماق مختلف و اثر متقابل آنها مشاهده گردید. شکل ۷، وضعیت توسعه ریشه را از نظر طولی در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد.

(ب) از نظر طولی: با تجزیه آماری میزان طولی ریشه در تیمارهای رطوبتی و اعماق مختلف خاک مشخص گردید که بین تیمارهای مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اثر متقابل تیمارهای رطوبتی با

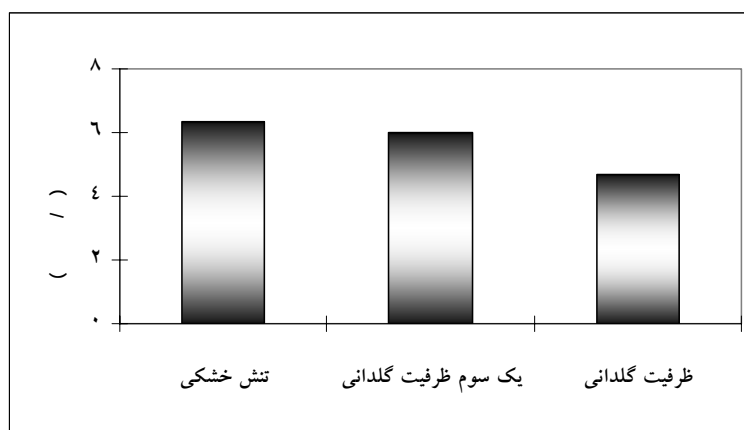


شکل ۶- پراکنش وزنی ریشه در اعماق مختلف تیمارهای رطوبتی

جدول ۲- تجزیه واریانس پراکنش طولی ریشه در تیمارها و اعماق مختلف

P	F	میانگین مربعات (ms)	مجموع مربعات (ss)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات
ns	۳/۶	۸/۹۴۱	۱۷/۸۸۳	۲	تیمار رطوبتی
ns	۱/۹	۴/۷۹۰	۱۴/۳۷۰	۳	عمق
ns	۰/۷	۱/۹۳۴	۱۱/۶۰۶	۶	تیمار رطوبتی × عمق
		۲/۴۶۹	۵۹/۲۶۴	۲۴	خطا
			۱۰۳/۱۲۳	۳۵	جمع

ns = اختلاف معنی داری وجود ندارد ۲۷/۲۷٪ = ضریب تغییرات



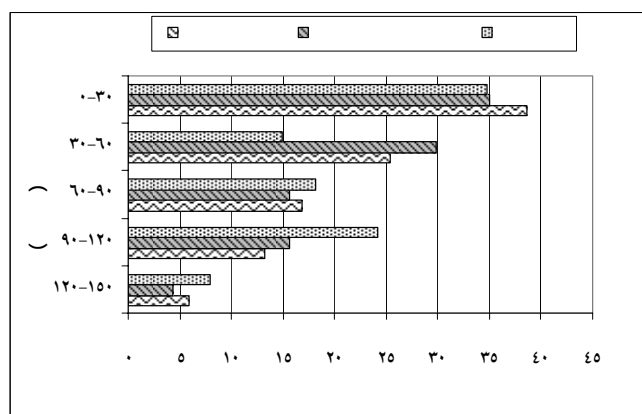
شکل ۷- پراکنش طولی ریشه در تیمارهای مختلف (پایان سال اول)

بحث

به منظور استقرار طولانی مدت گیاه تاغ در عرصه‌های بیابانی می‌بایست به نیازهای اکولوژیکی آن توجه بیشتر نموده و سوالات مطرح شده در زمینه‌های مختلف را پاسخ داد. اگرچه بر همگان روشن است که تاغ گیاهی مقاوم به خشکی است و سایر تنش‌های محیطی از جمله شوری خاک و نوسانهای شدید حرارتی را نیز به خوبی تحمل می‌کند، ولی چگونگی مقاومت در برابر این تنشها، موضوعی است که پرداختن به آن ضروری است.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که رفتار ریشه گیاه متأثر از تنش رطوبتی خاک می‌باشد، هر چند در آزمایشهای لایسیمیتری به دلیل محدودیتهایی که برای توسعه ریشه به ویژه در جهات افقی ایجاد می‌شود، امکان

دسترسی به اطلاعات دقیق برای نفوذ ریشه در جهات مختلف کمتر میسر می‌گردد. هنگامی که گیاه به رطوبت کافی در خاک دسترسی داشته باشد با توزیع متعادل ریشه در اعماق مختلف، آب مورد نیاز خود را جذب می‌نماید. این موضوع در تیمار ظرفیت گلدانی به خوبی مشهود است. به عبارتی، با تأمین رطوبت کافی و مناسب بودن بافت خاک، حدود ۳۹ درصد ریشه‌ها در لایه یک پنجم سطحی، ۲۵ درصد در لایه یک پنجم دومی، ۱۷ درصد در لایه یک پنجم سومی، ۱۳ درصد در لایه یک پنجم چهارمی و ۶ درصد در لایه یک پنجم آخر گسترش یافته‌اند (شکل ۸). چنین وضعیتی در بسیاری از منابع و برای گیاهان مختلف وقتی عامل محدود کننده‌ای وجود نداشته باشد، گزارش شده است (علیزاده، ۱۳۸۳).



شکل ۸- درصد پراکنش ریشه در اعماق مختلف تیمارهای رطوبتی

با افزایش تنش رطوبتی به عنوان یک عامل محدود کننده، مشخص گردید که ریشه‌ها به دنبال رطوبت بوده و در اعماق که رطوبت بیشتری در دسترس بوده است، توسعه بیشتری یافته‌اند. توسعه ریشه درختان تاغ در شرایط طبیعی به دلیل وجود دو عامل محدود کننده رطوبت و بافت خاک، ممکن است وضعیت متفاوتی از آنچه گفته شد داشته باشد. با بررسی‌های انجام شده روی ریشه‌های درختان سه ساله تاغ که در تپه‌های مجاور محل اجرای طرح کاشته شده بودند، مشخص گردید که نتایج به دست آمده با گزارش یاد شده کاملاً همسو می‌باشد. در خصوص نکته حائز اهمیت در این مورد می‌توان به عامل محدود کننده بافت خاک در بخش تحتانی تپه‌های شنی اشاره نمود که ریشه‌ها در برخورد با آن منشعب شده و به صورت افقی در حد فاصل دو بافت کاملاً متفاوت رشد می‌نمایند. همچنین این بررسی‌ها نشان داد که بیشترین مقدار رطوبت خاک در تپه‌های شنی مربوط به همین نقطه‌ای است که ریشه‌ها با رشد افقی و طولانی خود سعی در استفاده از آن دارند. شاید عدم موفقیت در

استقرار درختان تاغ در مناطق مرتفع تپه‌های شنی به همین دلیل باشد. کیفیت ریشه‌ها نیز ممکن است در اثر رطوبت کافی در خاک متفاوت از حالتی باشد که به گیاه تنش رطوبتی وارد شود. در شرایطی که خاک از رطوبت کافی برخوردار و گیاه ضرورتی برای توسعه ریشه خود نداشته باشد، ریشه‌های موئین کم و سطح تماس ریشه با خاک نیز از این طریق کم می‌باشد. بررسی‌های انجام شده بیانگر این موضوع است که بیشترین مقدار ریشه موئین مربوط به تیمار خشکی با ۴۰/۲ درصد بوده که در اعماق خاک مشاهده گردید، این در حالی است که در تیمار ظرفیت گلدانی فقط ۲۷/۴ درصد از ریشه‌ها به صورت ریشه‌های موئین بوده‌اند. با افزایش ریشه‌های موئین و به تبع آن افزایش تماس ریشه‌ها با خاک جذب آب بیشتری از خاک صورت می‌گیرد. با توجه به تأمین رطوبت کافی برای تیمار ظرفیت گلدانی، متعادل‌ترین شکل توسعه ریشه در این تیمار قابل مشاهده است. در سایر تیمارها به دلیل محدودیت رطوبت، ریشه‌ها به عمق خاک برای دریافت رطوبت بیشتر نفوذ نموده‌اند (شکل ۹).



شکل ۹- وضعیت ریشه در هر یک از تیمارهای رطوبتی. از جلو به عقب عکس،

تنش خشکی، یک سوم ظرفیت گلدانی و ظرفیت گلدانی

- بهجت منش، ا. اسدی، م. و زارعی محمدآبادی، غ. م.، ۱۳۸۳. سازوکارهای انطباق گیاهان تپه‌های شنی استان یزد در برابر شرایط اکولوژیک. فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، شماره ۱۴: ۵۳-۶۵.

- حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۷۹. گیاه، خشکی و خشکسالی. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، نشریه شماره ۲۵۰، ۲۰۰ صفحه.

- رهبر، ا.، ۱۳۶۶. اثر توأم پاره‌ای از ویژگیهای فیزیکی خاک، انبوهی و بارندگی روی رشد و سرسبزی جنس تاغ. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ۶۰ صفحه.

- رهبر، ا.، ۱۳۸۲. علل پژمرده شدن تاغکاریها. چکیده مقالات همایش ملی تاغ و تاغکاری در ایران، سازمان جنگلها و مراتع کشور، کرمان: ۱-۲.

- عارف، م. ر.، ۱۳۷۰. آب و هوای کویر سیاه کوه به انضمام آمارنامه. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، ۲۰۲ صفحه.

- علیزاده، ا.، ۱۳۸۳. رابطه آب، خاک و گیاه، چاپ چهارم. دانشگاه امام رضا، مشهد، ۴۷۰ صفحه.

- میکوس، ف.، ۱۹۹۷. فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله. ترجمه علیرضا طلایی (۱۳۷۷). دانشگاه تهران، ۴۲۳ صفحه.

- Caldwell, M. M. and Dawson, T. E., 1998. Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plant. *Oecologia*, 113: 151-161.
- Franco, J. A and Abrisqueta, J. M., 1997. A comparison between minirhizotron and soil coring methods of estimating root distribution in young almond trees under trickle irrigation. *Journal of Horticultural Science*, 72(5): 797-805.
- Turner, N. C., 1986. Adaptation to water deficit: A changing perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 90-175.
- Zhang, K., 1989. The growth of man-made forests of *Haloxylon ammodendron* and their soil water contents in the Minqin desert region. *Journal of Arid Environments*, 17: 109-115.

مشخص گردیده، ریشه‌ای که در شرایط خشکی رشد نموده‌است، قابلیت استخراج میزان آب بیشتری از واحد حجم خاک دارد تا نسبت به ریشه‌ای که در شرایط رطوبتی مطلوب رشد نموده‌است (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹ به نقل از Turner, 1972). از عواملی که می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف آب گردد، افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک برای جذب آب بیشتر است. در شرایط آزمایش، طول ریشه‌ها در تیمارهای رطوبتی ظرفیت گلدانی، یک سوم ظرفیت گلدانی و تنش خشکی یک سال پس از اعمال تیمار به ترتیب به طور متوسط ۴/۶۹، ۶/۰۱، ۶/۳۲ متر بر کیلوگرم خاک بوده‌است که با احتساب وزن خاک موجود در لایسیمترها (۲۰۰۰ کیلوگرم)، مقدار طول ریشه‌ها به ترتیب ذکر شده: ۹۳۸۰ متر، ۱۲۰۲۰ متر و ۱۲۶۴۰ متر، محاسبه شده‌است. اعداد بالا نشان می‌دهند که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه‌ها برای جذب آب بیشتر افزایش یافته‌است که خود عاملی برای بهبود کارایی مصرف آب بوده، به گونه‌ای که در تیمارهای مختلف رطوبتی شامل تنش خشکی، یک سوم ظرفیت گلدانی و ظرفیت گلدانی به ترتیب ۵، ۳ و ۱/۵۶ گرم به ازای هر لیتر آب مصرف شده بوده‌است.

منابع مورد استفاده

- اختصاصی، م. ر.، ۱۳۸۲. تعیین حداقل انبوهی نهال تاغ برای طراحی بادشکن‌های درختی و کنترل فرسایش بادی در شرایط ایران مرکزی. چکیده مقالات همایش ملی تاغ و تاغکاری در ایران، سازمان جنگلها و مراتع کشور، کرمان: ۲-۳.
- امانی، م. و پرویزی، ا.، ۱۳۷۵. تاغ. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، نشریه شماره، ۱۴۹، ۱۱۸ صفحه.

Effect of soil moisture on *Haloxylon's* root development

M.H. Rad^{1*}, S.R. Mirhoseini², M.A. Meshkat³ and M. Soltani⁴

1*- Corresponding author, senior research expert. Member of scientific board. Research Center of Agriculture and Natural Resources (RCANR), Yazd. E-mail: mohammadhadirad@gmail.com

2- Assis. Prof., Seed and Plant Certification and Registration Institute.

3- Assis. Prof., Natural Research Center of Salinity, Iran.

4- Research expert, (RCANR), Yazd.

Abstract

Response of *Haloxylon's* root to soil moisture content was studied at Yazd, Shahid-Sadooghi Control Desert Research Station adjacent to manual *Haloxylon* spp. plantations. Nine lysimeters (120 cm diameter and 170 cm depth) with four hatchways at different depths (30, 60, 90 and 120 cm.) were made to sampling of soil and plant's root. *Haloxylon's* seedlings were planted in lysimeters after preparation of them. Moisture treatments contain: Pot capacity (control), 1/3 pot capacity and dry stress down after a year nursing of the seedlings. All experiments were conducted in a completely randomized design (CRD) with three replications. Water requirement content to reach the soil moisture to optimum level, provided by weighting of lysimeters weekly. Irrigation was avoided at dry stress treatment when plants were established completely. Treatments were continued for two growth seasons and the effects of them on root development (length viewpoint) were evaluated. After removing, washing and drying up the roots from lysimeters, total root weight was measured in each lysimeter separately and then, the effects of different treatments on it were studied. Results showed that moisture treatments have significantly affected the root weight ($p = 0.1\%$). Different soil depths have also significantly affected the dry root weight at the same statistical level, whereas the effect of soil depth was not significant on root length.

Key words: *Haloxylon*, lysimeter, water stress, root length development, root weight development.