Archive of SID

دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۲۲، شماره ۲، صفحه ۲۱۰-۲۰۱ (۱۳۹۳)

توانمندی مقابله با خشکی در سیاه‌تاغ با بررسی فرم ریشه در شرایط تنش رطوبتی

حسین میرزایی ندوشن*[۱]، حسن روحی‌پور[۲]، فرشته اسدی‌کرم[۳]، زینب زارع[۳] و سلمان زارع[۴]

۱* - نویسنده مسئول مکاتبات، استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

پست الکترونیک: nodoushan2003@yahoo.com.

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

۳- کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

۴- دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۴

چکیده

از آنجا که بخش مهمی از مکانیزم‌های تحمل خشکی تاغ به عمق و فراوانی انشعابات سیستم ریشه‌ای آن بستگی دارد که با این انشعابات آب مورد نیاز خود را از حجم وسیع‌تری از خاک تأمین می‌نماید، این تحقیق عمدتا در پی ارزیابی تنوع ویژگی‌های ریشه‌ای سیاه‌تاغ و واکنش آنها در مقابل تنش رطوبتی بود. نتاج چهار ژنوتیپ مختلف از یک جمعیت سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* Iljin) در این آزمایش در معرض چهار سطح تنش قرار گرفتند. در پایان فصل رویش برخی از ویژگی‌های ریشه ازجمله طول و حجم ریشه و مقدار ریشه‌های موئین ارزیابی گردیدند. ویژگی‌های ریشه هم به میزان زیادی تحت تأثیر تنش قرار گرفته و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز از تنوع زیادی برخوردار بودند. نکته قابل توجه افزایش طول ریشه در اثر همه سطوح تنش بود. به عبارت دیگر، با اعمال تنش رطوبتی، گیاه برای دستیابی به رطوبت اعماق، طول ریشه خود را افزایش داد. اثر تنش بر حجم ریشه نیز قابل توجه بود، به‌نحوی‌که سطح اول تنش بیشترین حجم ریشه را به خود اختصاص داد. این نشان می‌دهد که با مواجه شدن با کمبود آب، حجم ریشه تاغ نیز افزایش می‌یابد و به این طریق حجم وسیع‌تری از خاک را برای کسب آب مورد نیاز دربر می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: تاغ، تنش رطوبتی، تحمل خشکی، ویژگی‌های ریشه.

مقدمه

می‌توان گفت برخی نکات مربوط به اثر ویژگی‌های ریشه بر مقاومت گیاه در برابر خشکی از حالت فرضیه خارج شده و به قانون تبدیل گردیده است. با این حال استفاده از برخی از این قوانین در توسعه و اصلاح گونه‌های گیاهی همیشه می‌تواند موجب ارتقاء کمی و کیفی رشد در گونه‌های مختلف گیاهی گردد. توسعه و تشکیل شبکه ریشه‌ای گسترده یکی از سازوکارهایی است که گیاهان در مقابله با تنش خشکی از آن استفاده می‌کنند (Salih *et al.*, 1999). ریشه‌های بزرگتر و قوی‌تر با اجتناب از خشکی موجب تولید بیوماس بیشتر در گیاهان می‌شوند (Ludlow & Muchow, 1990). ریشه‌ها ازجمله مهمترین و کلیدی‌ترین موقعیت گیاه در مرحله انتقال آب از محیط ریشه به گیاه هستند (Kramer & Boyer, 1995). در نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

کارآیی گیاه در جذب آب از طریق سیستم ریشه یک عامل تعیین‌کننده در مقاومت گیاه به تنش‌های رطوبتی است (Salih *et al.*, 1999).

حرکت شن‌های روان که ظرفیت مدفون کردن شهرها و روستاها را در خود دارند همیشه از دغدغه‌های مدیران عرصه‌های خشک و بیابانی بوده است که امروزه به تهدیدی وسیع‌تر به نام ریزگردها تبدیل شده است. یکی از راه‌های مقابله با این معضل و تثبیت شن‌های روان و مشجرکردن عرصه‌های با بارندگی کم، استفاده از گونه‌های گیاهی نظیر تاغ در تثبیت بیولوژیک این شن‌زارهاست که به خوبی در کشور ما و در بسیاری از کشورهای دیگر که با این معضل دست به گریبانند مورد استفاده قرار گرفته است. در کشور ما استفاده از گونه‌هایی مانند تاغ در مشجر کردن عرصه‌های بیابانی به دلایل گفته شده سابقه‌ای بیش از ۴۰ سال دارد که در شرایط بسیار سخت این گونه مناطق مستقر شده و رشد مناسبی هم دارند و علاوه بر تثبیت شن، علوفه معتنابهی هم تولید نموده و نیاز حیات‌وحش و برخی از دام‌های اهلی را نیز تأمین می‌کنند. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه‌های مختلف ازجمله تنوع ژنتیکی در خصوص ویژگی‌های رویشی تاغ در کشور انجام شده است و بر مبنای این مطالعات تنوع ژنتیکی مناسبی در جمعیت‌هایی از این گونه یافت شده است (Mirzaie-Nodoushan *et al.*, 2001, 2002, 2008, Pourmaidani *et al.*, 2005).

تاغ گیاهیست که از ویژگی‌های ریشه خود در مقاومت به خشکی بهره می‌گیرد. به عبارت دیگر، تعدد ریشه‌های موئین و عمق ریشه، این گونه را قادر می‌سازد که به حجم بیشتری از خاک برای جذب رطوبت موجود در آن دسترسی داشته باشد. مقاومت تاغ به تنش‌های محیطی به سن گیاه نیز بستگی زیادی دارد. به‌طوری‌که گفته شده نهال‌های جوان سفیدتاغ تا شوری اطراف یک‌درصد را تحمل می‌کنند. در حالی‌که درختچه‌های تاغ که به سنین بلوغ رسیده‌اند قادرند ۵ تا ۶ درصد نمک را در آبهای زیرزمینی تحمل نمایند (Sabeti, 1976).

اینکه تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی تاغ اثر می‌گذارد یا نه گزارش‌های متعددی در دست است (Liu *at al.*, 2003, Song *et al.*, 2006). در کشور ما نیز به وسیله لایسیمتر وزنی چندین تحقیق انجام شده و ثابت شده که تنش خشکی بر برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی، فرم ریشه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی تاغ اثر معنی‌داری می‌گذارد (Rad *et al.*, 2008a, 2008b, 2009). واکنش فیزیولوژیک سیاه‌تاغ نسبت به تنش‌های رطوبتی نیز در کشور با لایسیمتر وزنی انجام شد (Rad *et al.*, 2008b). در این تحقیق تیمارهای شاهد، یک سوم ظرفیت گلدانی و تنش خشکی اعمال گردید. پس از دو سال اعمال تیمارهای رطوبتی، پتانسیل آب گیاه، پتانسیل اسمزی برگ و پتانسیل اسمزی ریشه طی ماه‌های خرداد تا شهریور به فاصله ۱۵ روز اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌های حاصل نشان داد که پتانسیل اسمزی برگ و ریشه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی بودند. نتایج تحقیق نامبردگان نشان داد که یکی از دلایل مقاومت گیاه به شرایط خشک رویشگاهی خود پائین بودن پتانسیل آب در گیاه بود که ناشی از پائین بودن پتانسیل اسمزی برگ می‌باشد. همینطور مشخص شد که این گیاه تطابق اسمزی بالایی دارد.

در ضمن در گزارش دیگری با استفاده از لایسیمتری وزنی محققان با آزمایشی بر روی گونه‌ای از تاغ اثر سه سطح رطوبتی بر روی ویژگی‌های ریشه را مورد مطالعه قرار دادند (Rad *et al.*, 2008a). نتایج این تحقیق نشان داد که وزن ریشه تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی بوده و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از این نظر در سطح یک درصد وجود داشت. البته تیمارهای رطوبتی مورد اشاره در این تحقیق تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه از خود نشان ندادند. به عبارت دیگر، اگرچه طول ریشه‌ها در بین تیمارها تفاوت داشت که نشان می‌داد تحت تأثیر تیمارها قرار گرفته‌اند ولی این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود.

توانمندی ژنتیکی تاغ از نظر ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی نیز در کشورمان مورد مطالعات متعددی قرار

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته است کـه همگـی حکایـت از وجـود تنـوع ژنتیکـی گسترده در درون و بین جمعیت‌های گیاهی گونه‌های مختلف تاغ دارد (Pourmaidani & Mirzaie-Nodoushan, 2004, Mirhosseini *et al.*, 2007, Safarnejad & Kashki, 2004, Salar *et al.*, 2005, 2011).

مواد و روش‌ها

ابتدا بذر لازم از چند تک‌پایه جمعیتی از سیاه‌تاغ در استان یزد جمع‌آوری گردید. از آنجا کـه تـاغ دارای تنـوع ژنتیکـی وسیعی در درون و بین جمعیت‌های مختلف خـود مـی‌باشـد و اجرای تحقیقاتی به‌منظور بررسی اثر تنش‌هـای محیطـی نظیـر خشکی مستلزم حذف اثرات متنوع ژنتیکی، محیطـی و اثـرات متقابل است تا بتوان اثر تنش را به تنهایی و بدون ادغام شدن با سایر اثرات بررسی نمود، بذر هر تک‌پایه به‌عنوان یک ژنوتیپ محسوب شد تا از تنوع بین جمعیتی در درون هر تیمار اجتناب گردد. از این رو اگرچه بین نتاج یک پایه نیز تنوع وجـود دارد که ممکن است به‌عنوان واریانس درون پلات قلمداد شوند ولی مقدار آن به حداقل ممکن خواهد رسید. محـل اجـرای طـرح، گلخانه‌های تحقیقاتی گروه زیست‌فنـاوری مؤسسـه تحقیقـات جنگل‌ها و مراتع کشور واقع در تهران بود.

آزمایش در قالب مدل آماری فاکتوریل با عوامل ژنوتیپ با چهار سطح و تنش رطوبتی نیز با چهار سـطح و بـر پایـه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردیـد. در هر واحد آزمایشی سه گلدان از هر ژنوتیـپ مـورد مطالعـه قرار گرفت. به عبارت دیگر، نمونـه‌گیـری درون پـلات نیـز انجام شد که روش تجزیه آماری خاص خود را طلبیـد. بـه عبارت دیگر، برای مطالعه اثر چهار سطح تنش بر سه بوتـه از هر یک از چهـار ژنوتیـپ سـیاه‌تـاغ در سـه تکـرار، در مجموع ۱۴۴ بوته مورد اندازه‌گیری صفات قرار گرفت.

انتخاب سطوح تنش: به‌منظور تعیین سـطوح تـنش و تیمارهای رطوبتی، ابتدا میزان آب قابـل دسـترس از طریـق محاسبه رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبـت نقطـه پژمردگـی محاسبه گردید. تیمارهای مورد نظر عبارت بودند از:

۱ – شاهد (رطوبت در حد ظرفیت مزرعه، FC)

۲ – بیست درصد آب قابل دسترس برای گیاه

۳ – پنجاه درصد آب قابل دسترس برای گیاه

۴ – هشتاد درصد آب قابل دسترس برای گیاه

برای کالیبره کردن دستگاه TDR اقدام به نمونه‌برداری و انجام آزمایش رطوبتی گردید. کالیبره کردن دستگاه مـذکور به‌منظور کنترل رطوبت گلدان‌ها انجام گردید. کنترل رطوبت گلدان‌ها و آبیاری آنها به‌صورت روزانه انجام شـد. از بسـتر ماسه‌ای به‌منظور حذف اثرات محیطـی در فضـای ریشـه و یکنواخت کردن آن استفاده شد. به‌نحوی که بهتر بتوان میزان رطوبت خاک را مدیریت نمود. از محلول هوگلند نیـز بـرای تغذیه نهال‌ها استفاده شد.

صفات مورد مطالعه عبارت بودند از:

طول ریشه، در انتهای فصل رویش و آزمایش، تک تک بوته‌ها از خاک خارج شده و طول ریشه اصلی به سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. حجم ریشـه، در انتهـای آزمـایش، پـس از خارج کردن ریشه‌ها از خاک، حجـم ریشـه‌هـا رتبـه‌بنـدی شدند. به‌نحوی کـه بزرگتـرین ریشـه‌هـا رتبـه شـماره ۵ و کم‌حجم‌ترین ریشه‌ها رتبه شماره ۱ داده شدند. ریشـه‌هـایی که حجم بینابینی داشتند نیز رتبه‌های بینابینی به خود گرفتند. ریشه‌های موئین، تنوع زیادی از نظر میزان ریشه‌های موئین بین بوته‌ها مشاهده گردید که این تنوع بـین شـماره ۱ تـا ۵ رتبه‌بندی گردید. به‌نحوی که به بوته‌هایی که کمتـرین مقـدار ریشه موئین را داشتند رتبه یک داده شد و به ریشه‌هایی کـه بیشترین ریشه‌های موئین را داشتند رتبه ۵ داده شـد و بقیـه ریشه‌ها از نظر ریشه موئین رتبه‌های بینابینی به خود گرفتند.

طرح آماری مورد استفاده: مدل آماری فاکتوریـل اجـرا شده در طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی بـا نمونـه درون پلات در تجزیه داده‌ها استفاده شد. به‌نحوی که از اثر متقابل درجه سوم (ژنوتیپ*تنش*تکرار) به‌عنوان خطای آزمایشی برای سنجش اثرات ژنوتیپ، تنش، تکرار و اثر متقابل درجه دوم (ژنوتیـپ*تـنش) اسـتفاده گردیـد و از اثـر خطـای نمونه‌گیری درون پلات به‌عنوان معیار سـنجش اثـر متقابـل درجه سوم یعنی اثر متقابل ژنوتیپ*تنش*تکـرار اسـتفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

طول ریشه: اثرات ژنوتیپ و تنش در سطح یک درصد در این صفت معنی‌دار گردید (جدول۱) که حکایت از تنوع کافی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این صفت و نیز اثر معنی‌دار تنش‌ها بر ژنوتیپ‌ها داشت. اثرات متقابل درجه یک و دو در این صفت معنی‌دار نشدند. میانگین طول ریشه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بین ۲۶/۱ تا ۴۱/۳ سانتی‌متر متغیر بود و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو دسته متمایز قرار گرفتند. ژنوتیپ شماره ۴ با طول ۲۶/۱ سانتی‌متر در دسته b و بقیه ژنوتیپ‌ها در یک دسته مجزا قرار گرفتند (جدول۲). اثر تنش‌های اعمال شده بر طول ریشه نیز معنی‌دار گردید که حکایت از ضرورت دسته‌بندی این میانگین‌ها داشت. از این رو دسته‌بندی اثرات تنش‌ها، میانگین‌ها را به سه دسته هم‌پوشان تقسیم نمود. دامنه میانگین اثرات تنش‌ها بر این صفت بین ۲۸/۶ (که متعلق به شاهد بود) تا ۴۵ سانتی‌متر (که متعلق به تنش سطح اول بود) بود که متغیر نشان داد (جدول۲). البته تنوع زیادی از نظر این ویژگی مشاهده شد که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ مشاهده می‌گردد.

شکل ۱- تنوع گسترده ویژگی‌های ظاهری فرم ریشه در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده

جدول ۱- میانگین مربعات تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری طول و حجم ریشه و ریشه‌های موئین موجود روی ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	حجم ریشه	ریشه موئین
ژنوتیپ	۳	۱۵۴۷/۱**	۱/۹۷**	۹/۵۳**
تکرار	۲	۱۴۴/۹ ns	۰/۶۳ ns	۱/۶۱ ns
تنش	۳	۱۷۲۶/۵**	۳/۱۷**	۳//۳۲**
ژنوتیپ * تنش	۹	۲۶۷/۳ ns	۰/۳۲ ns	۳/۱۳**
ژنوتیپ * تنش * تکرار	۳۰	۱۵۷/۱ ns	۰/۳۴*	۰/۷۸ ns
خطای درون پلات	۹۴	۱۴۱/۵	۰/۲۳	۰/۶۴

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۲- دسته‌بندی میانگین صفات مختلف در ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش مورد مطالعه بر اساس دانکن

ژنوتیپ‌ها / تنش‌ها	طول ریشه	حجم ریشه	ریشه موئین
ژنوتیپ شماره ۱	۴۱/۳a	۱/۲b	۱/۳bc
ژنوتیپ شماره ۲	۳۸/۱a	۱/۶a	۱/۷b
ژنوتیپ شماره ۳	۳۶/۱a	۱/۳b	۲/۴a
ژنوتیپ شماره ۴	۲۶/۱b	۱/۰b	۱/۲c
شاهد	۲۸/۶c	۱/۳ab	۱/۹a
سطح اول تنش	۴۵/۰a	۱/۶a	۱/۵bc
سطح دوم تنش	۳۵/۱b	۰/۹c	۱/۳c
سطح سوم تنش	۳۲/۵bc	۱/۱bc	۱/۸ab

میانگین‌های دارای حروف مشترک در یک دسته قرار می‌گیرند و فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ضرایب همبستگی دوگانه بین صفات مورد مطالعه

صفات	طول ریشه	حجم ریشه	ریشه موئین
طول ریشه	۱		
حجم ریشه	۰/۳۳**	۱	
ریشه موئین	۰/۱۳^{ns}	۰/۵۴**	۱

حجم ریشه: در این صفت اثرات ژنوتیپ و تنش در سطح یک درصد معنی‌دار نشان دادند. اثر متقابل درجه سه (ژنوتیپ×تنش×تکرار) نیز در این صفت معنی‌دار ارزیابی گردید (جدول۱). تکرار و اثر متقابل درجه دو در این صفت اثر معنی‌داری را نشان ندادند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر حجم ریشه با هم اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند. از این رو دسته‌بندی میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر حجم ریشه نیز آنها را در دو دسته متفاوت قرار داد. به عبارت دیگر میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه که بین ۱ تا ۱/۶ متغیر بود به دو دسته متفاوت دسته‌بندی شدند که ژنوتیپ شماره ۲ با حجم ۱/۶ از این نظر در دسته اول قرار گرفت و سایر ژنوتیپ‌ها با حجم بین ۱ تا ۱/۳ در دسته بعدی قرار گرفتند (جدول۲). تنوع ظاهری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این صفت نیز در شکل ۱ تا اندازه‌ای نمایان است. اثر تنش‌ها بر حجم ریشه نیز معنی‌دار شد و به همین دلیل میانگین اثرات تنش‌ها بر این صفت نیز بر اساس روش دانکن به سه دسته همپوشان تقسیم شدند. در این خصوص دامنه اثرات تنش‌ها بین ۰/۹ تا ۱/۶ متغیر بود.

ریشه‌های موئین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این صفت نیز با یکدیگر اختلاف بسیار معنی‌داری از خود نشان دادند. تنش‌های اعمال شده نیز اثرات متفاوتی بر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گذاشته بود، به‌نحوی‌که اثر تنش در این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ریشه‌های موئین نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را از خود نشان دادند به روش دانکن دسته‌بندی شدند. از این رو ژنوتیپ‌ها در دو دسته متفاوت قرار گرفتند. به‌نحوی‌که ژنوتیپ شماره سه با رتبه ۲/۴ در یک دسته و سایر ژنوتیپ‌ها با رتبه‌های ۱/۲ تا ۱/۷ در دو دسته دیگر قرار گرفتند. به عبارت دیگر دامنه این صفت نیز بین ۱/۲ تا ۲/۴ متغیر بود (جدول۲). بدیهی است که ریشه‌های موئین نقش تعیین‌کننده‌ای در جذب آب و مواد غذایی دارند. به عبارت دیگر با ریشه‌های موئین بیشتر، قدرت جذب آب و مواد غذایی در گیاهان افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت‌های چشم‌گیری با هم داشتند که نمونه‌ای از این تفاوت نیز در شکل ۱ مشاهد می‌شود. با توجه به تنوع درون جمعیتی بخشی از این تنوع پوشیده شد. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌هایی مشاهده شدند که از نظر ریشه‌های موئین رتبه ۵ را به خود گرفتند و همینطور ژنوتیپ‌هایی مشاهده شدند که کمترین مقدار ریشه موئین را داشتند و پائین‌ترین رتبه یعنی عدد ۱ را به خود گرفتند. با این حال، با توجه به تنوع درون جمعیتی بخشی از این تنوع نیز پوشیده شده و میانگین تنوع بین ژنوتیپ‌ها بین ۱/۲ تا ۲/۴ قرار گرفت.

اثر تنش‌ها بر ریشه‌های موئین نیز متفاوت بود. به‌نحوی‌که بر مبنای دسته‌بندی دانکن، سطوح تنش‌ها و شاهد بین ۱/۳ تا ۱/۹ متغیر بوده و به سه دسته تقسیم گردیدند. به عبارت دیگر، در این صفت تیمار شاهد بیشرین ریشه موئین را تولید کرد (۱/۹) که در دسته اول قرار گرفت و از تنش‌ها نیز سطح دوم تنش کمترین مقدار ریشه موئین را به خود اختصاص داد. لازم به ذکر است که با معنی‌دار شدن اثر متقابل دو عامل با یکدیگر شاید بررسی اثر اصلی عوامل در این صفت چندان ضرورتی نداشته باشد. با این حال سطح معنی‌دار شدن اثر عوامل حکایت از تفاوت‌های بالای آنها بین ژنوتیپ‌ها و تنش‌ها داشت. بنابراین در مطالعه میزان ریشه‌های موئین به‌نظر می‌رسد که تنش‌های رطوبتی نقش زیادی در ایجاد ریشه موئین ندارند. به‌نحوی‌که سطح

www.SID.ir

Archive of SID

سوم تنش با رتبه ۱/۸ با شاهد که هیچگونه تنش رطوبتی بر آن اعمال نشد با رتبه ۱/۹ اختلاف زیادی از خود نشان ندادند و حتی بر اساس دسته‌بندی به روش دانکن در یک دسته نیز قرار گرفتند.

کلیه ترکیب‌های دوگانه همبستگی‌ها بین صفات مورد مطالعه محاسبه شد که در جدول ۳ ارائه گردیدند. ریشه‌های موئین همبستگی مثبت در سطح ۱ درصد با حجم ریشه از خود نشان دادند. طول و حجم ریشه همبستگی بالایی (که در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید) با یکدیگر نشان دادند.

بحث و نتیجه‌گیری

ریشه در این گیاه به‌عنوان یک عامل اساسی و تعیین‌کننده در جذب آب و استقرار گیاه اهمیت زیادی دارد و باید از جهات مختلف مورد بررسی قرار گیرد. این که آیا در گونه‌های مختلف واکنش به تنش خشکی یکسان است یا تفاوت دارد و یا اساسا تنوعی بین افراد مختلف در یک جمعیت گیاهی تاغ وجود دارد یا نه موضوعی است درخور توجه که می‌تواند مورد تحقیق گسترده قرار گرفته و از حاصل آن در ایجاد جمعیت‌های مقاوم‌تر این گونه به شرایط رطوبتی استفاده نمود. سازوکار گیاهان در خاک‌های مختلف ممکن است تفاوت‌های نسبتا مشخصی با هم داشته باشند. به‌عنوان نمونه در خاک‌هایی که نیمرخ آنها کلا از بافت سنگین تشکیل شده است گیاه ممکن است ریشه خود را توسعه داده و به این طریق جذب آب را افزایش داده و اثرات نامطلوب خشکی را بر رشد خود جبران نماید. این شیوه افزایش جذب رطوبت با عمیق‌تر شدن نفوذ ریشه‌ها، تفاوت در توزیع ریشه در پروفیل خاک و حتی تغییر اندازه آوندهای انتقال آب و مواد غذایی در ریشه صورت گیرد (Turner, 1986). به عبارت دیگر می‌توان گفت رشد ریشه در خاک نه تنها تحت تأثیر عواملی ژنتیکی است و شاکله اصلی ویژگی‌های ریشه را در یک گونه مشخص می‌نماید، بلکه عوامل محیطی نیز می‌توانند نقش ویژه‌ای در این خصوص داشته باشند. اگرچه در مجموع می‌توان گفت که برخی از گونه‌های گیاهی بیشتر تمایل به تولید ریشه‌های عمیق و برخی تمایل به تولید ریشه‌های سطحی و پراکنده دارند، ولی گیاهان تا حدودی در خاک‌های مختلف ریشه‌های متنوعی تولید می‌کنند. اما اساسا مقاومت برخی از گونه‌های گیاهی در برابر خشکی به عمق و فراوانی انشعابات سیستم ریشه‌ای بستگی دارد که با این انشعابات آب مورد نیاز خود را از حجم وسیعتری از خاک تأمین می‌نماید (Alizadeh, 2004). البته تأثیرپذیری رفتار ریشه از تنش رطوبتی توسط سایر محققان نیز تأیید شد (Rad *et al.*, 2008a).

لازم به ذکر است که در اندازه‌گیری طول ریشه در این تحقیق ژنوتیپ‌هایی با طول بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر نیز مشاهده گردید و میانگین‌های اشاره شده حاصل اندازه‌گیری‌های متعددی است که از روی هر ژنوتیپ در همه تکرارها و تنش‌های مورد مطالعه حاصل شد. این امر حکایت از تنوع درون جمعیتی است که بر مبنای آن می‌توان به ژنوتیپ‌هایی دسترسی پیدا کرد که قابلیت‌های بالایی در دسترسی به آب‌های عمقی‌تر داشته و مقاومت بالاتری به خشکی‌های موسمی داشته باشند. بدیهی است طول ریشه یکی از مؤثرترین عوامل دسترسی به آب‌های عمقی است که ژنوتیپ‌هایی که از این قابلیت برخوردار باشند بهتر می‌توانند به آب‌های عمقی دست یابند. در بررسی اثر تنش بر ویژگی‌های ریشه محققان به این نتیجه رسیدند که بیشترین وزن ریشه به عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک و کمترین آن مربوط به عمق ۱۲۰ تا ۱۴۰ سانتی‌متری بود (Rad *et al.*, 2008a). اگرچه اثر متقابل بین عمق ریشه و تیمارهای رطوبتی نیز در تحقیق مذکور گزارش گردید. با این حال با توجه به مطالعه گلدانی، در این تحقیق وزن ریشه در اعماق مختلف خاک اندازه‌گیری نشد ولی آنچه قابل مشاهده بود این بود که ژنوتیپ‌های مختلف یک رویه ثابت نداشتند. حتی در یک جمعیت از سیاه‌تاغ و در یک تیمار رطوبتی ثابت پایه‌های مختلف دارای ریشه‌هایی با روندهای مختلف بودند (شکل۱). از طرفی اختلاف میانگین تیمارهای تنش رطوبتی که در سطح یک‌درصد هم معنی‌دار شد حکایت از این داشت که رفتار ریشه علاوه بر تأثیرپذیری

www.SID.ir

Archive of SID

زیاد از ژنوتیپ گیاه، متأثر از تنش رطوبتی خاک نیز می‌باشد. به عبارت دیگر ژنوتیپ گیاه و شرایط رطوبتی تعیین‌کننده رفتارهای ریشه می‌باشند. نکته قابل ذکر در این خصوص اینکه این مطالعه در گلدان‌هایی با قطر ۳۰ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر انجام گردید. از این رو محدودیت فضا در رشد ریشه مانع رشد کامل به‌ویژه رشد افقی ریشه گردید. همچنین ریشه‌هایی با طول بیش از ۳۵ سانتی‌متر با چرخش ریشه در اطراف ته گلدان حاصل گردید.

نکته قابل توجه دیگر در اندازه‌گیری طول ریشه‌ها (در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه) اثر تنش بر طول ریشه بود. به این مفهوم که تیمار شاهد که در آن ژنوتیپ‌ها آب کافی دریافت کردند، در مجموع طول ریشه کمتری از ژنوتیپ‌هایی داشت که تحت تأثیر تنش رطوبتی در سطوح مختلف بودند. به عبارت دیگر هر سه سطح تنش اعمال شده موجب افزایش طول ریشه گردید.

بیشترین مقدار به تنش سطح یک تعلق گرفت. البته این می‌تواند از قابلیت‌های گیاه تاغ محسوب گردد که با مواجه شدن با کمبود آب حجم ریشه آن نیز افزایش می‌یابد و به این طریق سطح وسیع‌تری از خاک را برای کسب آب مورد نیاز دربر می‌گیرد. بدیهی است، ژنوتیپ‌هایی که حجم بیشتری از ریشه داشته باشند حجم وسیع‌تری از خاک را دربر می‌گیرند و به این طریق می‌توانند به مقادیر بیشتری آب دسترسی یابند. به عبارت دیگر با توجه به این ویژگی و با معیار قرار دادن این صفت می‌توان به ژنوتیپ‌هایی دست یافت که قابلیت بهتری در جذب آب از خاک دارند و تحمل بهتری به تنش‌های محیطی دارند. به طور کلی می‌توان گفت که تنش خشکی موجب می‌شود که ریشه شرایط جذب آب بهتری را پیدا کند. این موضوع توسط سایر محققان نیز به تأیید رسیده است (Heidari-Sharifabad, 2000). خوشبختانه، این آزمایش نشان داد که در این گونه گیاهی تنوع گسترده‌ای از این نظر وجود دارد که هنوز ناشناخته است و می‌تواند تحول زیادی در قابلیت‌های این گیاه ایجاد نماید. این قابلیت در بیشتر گیاهان مناطق خشک وجود دارد که تاغ ازجمله این گونه‌هاست. با این ویژگی که تاغ هنوز دارای قابلیت‌هایی است که شناسایی نشده است و با شناخت بهتر و ارزیابی این قابلیت‌ها و بکارگیری آنها می‌توان به ژنوتیپ‌ها و جمعیت‌هایی دست یافت که بهتر بتوانند شرایط سخت محیطی را در مناطق خشک تحمل نمایند.

نکته قابل توجه در ارزیابی اثر تنش‌ها این است که در این مطالعه و در بسیاری از مطالعات انجام شده در این گونه از جمعیت‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف در ارزیابی سطوح مختلف تنش استفاده شده است و تنوع درون جمعیتی که در این آزمایش نیز به خوبی به آن پی برده شد در این ارزیابی‌ها لحاظ نگردیده است. به عبارت دیگر تفاوت ژنوتیپ‌های مختلف در تولید ریشه عمیق‌تر و گسترده‌تر می‌تواند تا حدودی اثرات تنش‌ها را تحت تأثیر خود قرار دهد. از این رو برای درک بهتر اثر تنش بر این گونه‌ها بهتر است از کلن استفاده شود، به عبارت دیگر ابتدا با تقسیم گیاه از طریق قلمه به ژنوتیپ‌های واحد رسید و بعد ژنوتیپ‌های واحد و ثابت را در ارزیابی سطوح مختلف تنش مورد استفاده قرار داد. معنی‌دار شدن اثر متقابل درجه سه در این آزمایش می‌تواند حکایت از همین امر باشد که ژنوتیپ‌هایی با قابلیت‌های متفاوت در سطوح مختلف تنش موجب افزایش اثرات متقابل گردیده‌اند. با این حال قابلیت گسترده گیاه تاغ در غلبه بر تنش‌ها و گسترش ریشه خود به صورت عمقی و عرضی به قدری است که بر این اثرات فائق آمده و اثرات ژنوتیپ و تیمار در این صفات معنی‌دار گردید. لازم به ذکر است، به دلیل اندازه‌گیری چند بوته در هر واحد آزمایشی نمونه در پلات و به تبع آن اثرات خطای نمونه‌گیری نیز قابل ارزیابی و اندازه‌گیری بود. از این‌رو، از اثر متقابل درجه سه باید به‌عنوان خطای آزمایشی برای سطوح فاکتورهای مورد مطالعه و اثر متقابل درجه دو استفاده می‌شد.

ریشه‌های موئین به‌عنوان سطوح جذب کننده آب و مواد غذایی اهمیت زیادی داشته و در روابط آب و گیاه به آنها توجه زیادی می‌شود. تعداد ریشه‌های موئین در گیاهان مختلف متفاوت است و در حدود ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ عدد در هر

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متر مربع متغیر است (Alizadeh, 2004). این تعداد در ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه نیز ممکن است تفاوت‌های اساسی با یکدیگر داشته باشند. نتایج این تحقیق این موضوع را به وضوح تأیید می‌کند. بدیهی است که هرچه تعداد ریشه‌های موئین بیشتر باشد سطح تماس ریشه با خاک نیز افزایش یافته و امکان جذب آب موجود در خاک را افزایش می‌دهد.

به‌طور کلی می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های طول و حجم ریشه و نیز مقدار ریشه‌های موئین تفاوت زیادی از خود نشان دادند که از نظر آماری نیز در سطح بالایی معنی‌دار گردید. تفاوت‌های گفته‌شده حکایت از این داشت که تنوع ژنتیکی مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با قابلیت‌های بهتر در جذب آب و مقابله با خشکی قابل دسترسی است. تنش رطوبتی موجب افزایش طول ریشه در تاغ می‌گردد. به عبارت دیگر با افزایش تنش رطوبتی بر این گونه طول ریشه افزایش می‌یابد تا گیاه بتواند به حجم بیشتری از خاک و آب‌های مناطق دورتر دسترسی یابد. لازم به ذکر است که در بسیاری از گونه‌های گیاهی تنش رطوبتی موجب افزایش طول ریشه می‌گردد (Alizadeh, 2004). به عبارت دیگر با اعمال تنش رطوبتی، برای دستیابی به رطوبت اعماق، گیاه طول ریشه خود را افزایش می‌دهد. بدیهی است که در تاغ این قابلیت می‌تواند در سطح گسترده‌تری وجود داشته باشد. با این حال تفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نوید این موضوع را می‌دهد که می‌توان به دنبال ژنوتیپ‌هایی بود که در تنش‌های احتمالی در طبیعت قادر به دستیابی به آبهای عمیق‌تر بوده و از این طریق نیاز آبی خود را حتی‌المقدور تأمین می‌نمایند. تفاوت ژنوتیپ‌ها در تولید ریشه موئین حکایت از قابلیت افزایش این جمعیت‌های گیاهی در مقابله با خشکی دارد. لازم به ذکر است، گیاهانی که ریشه موئین بیشتری داشته باشند قابلیت بهتری در جذب آب در شرایط یکسان با سایر گیاهان دارند. از این‌رو، می‌توان ژنوتیپ‌های متعددی در جمعیت مورد مطالعه یافت که از این نظر برتر باشند. از آنجا که تاغ در مناطق خشک و کم آب مورد استفاده است، توصیه می‌شود جمعیت گسترده‌تری را برای یافتن پایه‌هایی با قابلیت‌های بالا در فرم ریشه غربال نموده و پایه‌ها انتخابی در تشکیل باغ بذر این گونه مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همه همکارانی که در این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نماییم. در ضمن از همکاران گروه زیست‌فناوری منابع طبیعی در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور که همیشه همراه و همکار ما هستند، تشکر می‌کنیم.

منابع مورد استفاده

– Alizadeh, A., 2004. Relationship of Soil, Water and Plant, 4th Publication, Imam Reza University, Mashhad, Iran, 470 p.
– Heidari-Sharifabad, H., 2000. Plants, Dryness and Drought. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, 200p.
– Kramer, A.W., and Boyer, J.S., 1995. Water Relations of Plants and Soil. Academic Press Inc. California U.S.A.
– Liu F., Wu Y., Su J., and Mingwu, D., 2003. Effects of water stress on *Haloxylon ammodendron* seedlings in the desert region of Heihe inland river watershed, Gansu Province, China. Journal of Forestry Research.14:197-201.
– Ludlow, M.M., and Muchow, R.C., 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advanced Agronomy, 43: 107-152.
– Mirhosseini, A., Mirzaie-Nodoushan, H., Baghestani-Meibidi, N., and Zarezade, A. 2007. Investigation of morphologic characteristics of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*) genotypes in Yazd ecologic conditions. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15: 21-41.
– Mirzaie-Nodoushan, H., Shariat, A. and Asadi-Corom, F. 2001. Investigation of genetic variation in *Haloxylon* spp. using SDS-PAGE electrophoresis. Iranian Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 7: 99-117.
– Mirzaie-Nodoushan, H., Asadi-Corom, F. and Mirhosseini, A., 2002. Effective factors on seed germination in *Haloxylon* spp. Iranian Rangelands

www.SID.ir

Archive of SID

aphyllum). Iranian Forests and Poplar Research, 16: 112-123.
- Sabeti, H., 1976. Forests, Trees and Shrubs of Iran. Agriculture and Natural Resources Research Organization, Tehran, 810p.
- Safarnejad, A., and Kashki, M.T., 2004. Assessment of various black saxaul (*Haloxylon aphyllum*) genotypes for reclamation of the black saxaul plantations. Iranian Journal of Natural Resources, 57: 169-176.
- Salar, N., Mirzaie-Nodoushan, H., Jafari, A.A. 2005. Investigation of morphologic characteristics of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 13: 271-283.
- Salar, N., Mirzaie-Nodoushan, H., and Jafari, A.A., 2011. Selection of superior genotypes of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*) in Semnan climatic conditions. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 19: 359-368.
- Salih, A.A. Ali, I.A. Lux, A., Luxova, M., Cohen,Y., Sugimoto,Y., and Inanaga, S. 1999. Rooting, water uptake, and xylem structure adaptation to drought of two sorghum cultivars. Crop Science, 39: 168-173.
- Song, J., Feng, G., Tian C.Y., and Zhang, F.S., 2006. Osmotic adjustment traits of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in field or controlled conditions, Plant Science, 170:113-119.
- Turner, N. C., 1986. Adaptation to water deficit: A changing perspective. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 90-175.

and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 4: 1-24.
- Mirzaie-Nodoushan, H., Mirhosseini, A., Maddah-Arefi, H., and Asadi-Corom, F., 2008. Heritability estimation of several vegetative traits of black saxaul in Yazd province. Pajoohesh and Sazandegi (In Natural Resources), 80: 130-135.
- Pourmaidani, A., and Mirzaie-Nodoushan, H., 2004. Investigation of genetic variation and cluster analysis of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 12: 1-15.
- Pourmaidani, A., Adnani, S.M., and Ostovari, A., 2005. Assessment of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*) genotypes for reclamation of desert areas of Ghom province. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 13: 329-344.
- Rad, M.H., Meshkat, M.A., and Soltani, M., 2009. Drought stress effects on some morphologic characteristics of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*) plants. Iranian Pasture and Desert Research, 16: 16-43.
- Rad, M.H., Mirhosseini, S.R., and Meshkat, M.A., 2008a. Water stress effects on some physiologic characteristics of black saxaul (*Haloxylon aphyllum*). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16: 75-93.
- Rad, M.H., Mirhosseini, S.R., Meshkat, M.A., and Soltani, M., 2008b. Investigation of soil moisture on root development of black saxaul (*Haloxylon*

www.SID.ir

Archive of SID

Drought tolerance evaluation of *Haloxylon aphyllum* by studying root morphology under water stress

H. Mirzaie-Nodoushan[*1] H. Roohipour[2], F. Asadi-Corom[3], Z. Zare[3] and S. Zare[4]

1*- Corresponding author, Prof., Forests and Rangelands Research Institute, Tehran, I.R. Iran.
Email: nodoushan2003@yahoo.com
2– Assoc. Prof., Forests and Rangelands Research Institute, Tehran, I.R. Iran.
3– M.Sc., Forests and Rangelands Research Institute, Tehran, I.R. Iran.
4- PhD student, Agricultural Pardis, Tehran University, Karaj, I.R.Iran.

Received:22.06.2013 Accepted: 24.02.2014

Abstract

A major part of drought tolerance mechanisms of *Haloxylon aphyllum* depends on the depth and number of lateral roots by which the required water is absorbed from more soil volume. Therefore, this research was conducted to evaluate *H. aphyllum* root morphologic variation and its response to water stress. Progenies of four genotypes taken from a plant population of the species were used in the experiment. Seedlings were exposed to four levels of water stress. At the end of growing period, several root characteristics, such as hairy root density, root length, and root volume were recorded. Genotypes were significantly different for the studied characteristics. The characteristics were highly affected by the water stress treatments. The root characters also varied in responding to the water stress treatments. Root increment at all levels of water stress was also noticeable. In other words, facing water stress, the plant species increased its roots to reach more water. Effects of water deficit on root volume were also noticeable, in such a way that the first level of water stress showed the most recorded root volume. This implies, facing water deficit, *Haloxylon* roots are increased to cover more soil volume to intake more water.

Keywords. Drought resistance, *haloxylon aphyllum*, root characters, water stress.

www.SID.ir