

تعیین نیاز آبی تاغ (*Haloxylon aphyllum*) به روش آزمایش‌های لایسیمتری

- ۱- محمدهادی راد، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد
mohammadhadirad@gmail.com
- ۲- محمدعلی مشکوه، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد
- ۳- مهدی سلطانی، کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد
- ۴- محمدرضا میر جلیلی، کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد

دریافت: ۱۳۸۹/۹/۱۶

پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۱

چکیده

گیاه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) به‌عنوان یکی از مهمترین گونه‌های مورد استفاده در تثبیت ماسه‌های روان و بیابان‌زدایی، در سطح وسیعی از اراضی بیابانی ایران کاشت شده است. توجه به نیازهای این گیاه، از جمله نیاز آبی آن، برای استقرار و پایداری بلندمدت، امری ضروری است. در این تحقیق عکس‌العمل اجزاء زیست توده، نسبت شاخه به ریشه (S/R)، حجم تاج پوشش گیاه و در نهایت نیاز آبی آن، در شرایط طبیعی با استفاده از لایسیمترهای وزنی و زهکش دار و در سه تیمار رطوبتی شامل ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (بدون تنش)، ۳۵٪ ظرفیت زراعی (تنش نسبتاً شدید) و ۱۵٪ ظرفیت زراعی (تنش بسیار شدید) در طول مدت سه سال و در شرایط اقلیمی فراه خشک سرد در محدوده‌ی شهر یزد، مورد بررسی قرار گرفت. پس از استقرار درختان در لایسیمترها، نسبت به اعمال تیمارهای رطوبتی در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی با سه تکرار اقدام گردید. آب مورد نیاز برای رسیدن به رطوبت مورد نظر، به‌روش توزین لایسیمترها و استفاده از TDR به صورت هفتگی در اختیار گیاهان قرار گرفت. برای تعیین میزان تبخیر و نقش آن در تبخیر و تعرق گیاه، از لایسیمتر بدون پوشش گیاهی استفاده گردید. نتایج به‌دست آمده نشان‌داد که وزن خشک زیست‌توده تولیدی و نسبت شاخه به ریشه با کاهش میزان رطوبت خاک، کاهش یافت ($P < 0.001$). اختلاف معنی‌داری میان حجم تاج‌پوشش تیمارهای مختلف مشاهده نگردید. محاسبه‌ی مقدار تولید به ازای مصرف هر واحد آب نشان‌داد که هر اصله درخت بالغ سیاه‌تاغ برای رشد مطلوب، به‌طور میانگین سالانه نیاز به ۲/۴ متر مکعب آب دارد.

واژگان کلیدی: تاغ، نیاز آبی، تنش خشکی، زیست‌توده، نسبت شاخه به ریشه

مقدمه

گوناگون با آن مقابله می‌نمایند (Xu & Li, 2006). در این ارتباط مطالعه‌ی نیاز آبی و همچنین مکانیسم مقاومت به خشکی در گیاهان دارای اهمیت و ضروری است. آب به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و استقرار گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است. نتیجه‌ی تنش بیش از اندازه آب در گیاه، کاهش تعرق خواهد بود که به دنبال آن در جذب CO₂ و ساخت مواد غذایی محدودیت ایجاد شده و منجر به کاهش رشد و افزایش مرگ و میر گیاه خواهد شد (Xu & Li, 2006). گونه‌های چوبی می‌توانند در شرایط کمبود آب، بقای خود را با به‌دست آوردن توان استفاده‌ی حداکثری آب

تغییرات بسیار زیادی که در دو دهه‌ی گذشته در میزان بارش‌های جوی و همچنین برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران صورت گرفته است، بیانگر تحت تأثیر قرارگرفتن و افت شدید منابع آب زیرزمینی است. با توجه به این‌که در این مناطق، زندگی بسیاری از گیاهان به رطوبت ناشی از منابع آب‌های زیرزمینی وابسته است، این افت شدید سطح آب زیرزمینی تأثیر ناخوشایندی بر بقای گیاهان داشته به-گونه‌ای که تعدادی از گیاهان از بین رفته و تعدادی نیز خود را با شرایط موجود تطبیق داده و با سازگاری‌های

محاسبه نمود. هرچند WUE را می‌توان بر اساس سایر عامل‌های تأثیرگذار مانند: (الف) مجموع دی اکسیدکربن جذب شده به میزان آب مصرف شده در یک توده‌ی گیاهی و (ب) عملکرد دانه‌ی محصول به مقدار آب مصرف شده، تعریف نمود.

از موضوع‌هایی که در سال‌های کنونی مورد توجه بسیاری از دانشمندان قرار گرفته است، کارایی مصرف آب است (Wu et al., 2008; Collion et al., 2008; Yin et al., 2005; Ma et al., 2004 Clifton-Brown & Lewandowski, 2000).

مصرف آب ممکن است به وسیله مقدار تعرق (T)، میزان تبخیر و تعرق (Et) و یا مجموع آب خارج شده از سیستم مورد ارزیابی قرار گیرد (Howell, 2001).

به طور معمول، ضریب تعرق یا نسبت بین مقدار آب مصرف شده و ماده‌ی خشک ساخته شده برای گیاهان گوناگون، متفاوت است. Davidson (1989) مقدار آب مصرف شده برای تولید یک کیلوگرم ماده‌ی خشک (بیوماس) تعدادی از گیاهان را به این شرح گزارش کرده است: گونه‌هایی از اکالیپتوس (۷۸۵ لیتر)، کتان، قهوه و موز (۳۲۰۰ لیتر)، آفتابگردان (۲۴۰۰ لیتر)، نخود فرنگی (۲۰۰۰ لیتر)، سویا (۱۴۳۰ لیتر)، سیب زمینی و ذرت (۱۰۰۰ لیتر) (Clifton-Brown (2000) & Lewandowski کارایی مصرف آب را برای ژنوتیپ‌های مختلف *Miscanthus* که همگی از گیاهان C4 است از ۲۴۴ تا ۴۷۶ لیتر به ازای یک کیلوگرم ماده خشک تولیدی گزارش نموده‌است.

گیاهان روش‌های متفاوتی برای بهبود WUE خود دارند که روش تشبیت کردن یکی از مهمترین آنها است. گیاهان C4 نسبت به گیاهان C3 دارای برتری‌های فیزیولوژی در دمای بالا و شدت نور زیاد هستند. از عوامل دیگر مؤثر بر WUE، می‌توان به وضعیت شاخص سطح برگ گیاه (LAI)، نسبت سطح جذب داخلی تشعشع به سطح تعرق برگ و چگونگی جهت‌گیری روزانه‌ی شاخ و برگ گیاه اشاره کرد (Bolger & Matches, 1990; Sinclair et al., 1984). Bielorlia (1992) به این موضوع اشاره دارد که در گیاهان اقلیم خنک یا گیاهان C3، با افزایش دمای محیط، مقدار WUE کاهش می‌یابد

مانند بهره‌برداری مستمر از منابع آب با توسعه‌ی ریشه) و یا به حداقل رساندن اتلاف آب بافت‌ها از طریق تغییر در ساختار مورفولوژیکی خود (شامل بستن روزنه‌ها، تغییر در ساختار ظاهری برگ، ریزش برگ‌ها) حفظ نمایند. برخی دیگر از گیاهان چندساله سازگاری‌های دیگری را برای بقای در خشکی به کار می‌گیرند که مبنای آنها بر اساس داشتن سلول‌های کوچکتر، سخت و یا قابل انعطاف بودن دیواره‌ی سلولی و یا تطابق اسمزی سلول است. بهبود راندمان تعرق از راهکارهای دیگر تحمل و سازگاری به خشکی است که گیاه را قادر می‌سازد تا با وجود کمبود آب، پتانسیل آبی خود را بالا نگه داشته و آن را قادر سازد تا با حفظ تورژسانس سلولی از تأثیر ثانویه خشکی دوری گزینند (Morgan, 1984; Levit, 1972). برای کمبودهای کوتاه مدت آب (برای مثال در نیم‌روز) تعادل بین جذب آب و کمبود آن از طریق بستن روزنه‌ها به وجود می‌آید. برای کمبودهای طولانی مدت، سازش با افزایش نسبت میان سطح ریشه و برگ به دست می‌آید (Lomiss, 1983). نسبت بالای ریشه به شاخه می‌تواند در سازگاری به شرایط خشک بسیار مؤثر باشد (Schwinning & Ehleringer, 2001).

در گیاهان یکساله مناطق خشک ساوانا ریشه ممکن است ۳۰ تا ۴۰٪ از کل مواد خشک را شامل شود، هرچند این نسبت ممکن است در گیاهان چندساله بیابانی با ریشه‌هایی که تا عمق‌های زیاد رشد کرده‌اند به ۹۰٪ هم برسد (Fitter & Hay, 1987). Susiluoto & Berninger (2007) گزارش کرده‌اند که تنش خشکی باعث افزایش نسبت ریشه به شاخه در نهال‌های *Eucalyptus microtheca* شده است، هرچند میزان رشد و وزن زیست توده‌ی کل در اثر تنش خشکی کاهش یافته است.

استفاده‌ی مناسب از آب موضوع مبهمی است، چرا که دارای معنی و مفهوم بسیاری است. با این وجود، تعریف آن را می‌توان به مجموع ماده‌ی خشکی که توسط هر واحد آب مورد استفاده به وجود می‌آید، بیان نمود (Howell, 2001). به عبارتی، کارایی مصرف آب (WUE) را می‌توان بر مبنای مقدار ماده‌ی خشک تولیدی (اندام هوایی + ریشه) به ازای مقدار آب تعریق شده از گیاه

و این درحالی است که در بعضی از گیاهان C4 با افزایش دما WUE نیز افزایش می‌یابد.

هدف از اجرای تحقیق حاضر، بررسی نیاز آبی و برخی از مکانیسم‌های مقاومت به خشکی در گونه‌ی سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*) به عنوان یکی از مهمترین گیاهان کاشت شده در عرصه‌های بیابانی است. کاشت این گیاه به همراه گونه‌ی سفید تاغ (*H. persicum*) با هدف تثبیت شن‌های روان و بیابان‌زدایی در ایران سابقه ای بیش از ۴۰ سال داشته و همچنان از آن استفاده می‌شود و بیش از ۱/۹ میلیون هکتار از مناطق بیابانی کشور با آن جنگل‌کاری شده است (Ekhtesasi, 2004). این گیاه اگرچه نیاز آبی خود را در سال‌های نخستین کاشت از آبیاری‌های انجام شده تأمین می‌نماید، ولی پس از آن وابسته به منابع آبی گوناگون شامل آب ذخیره شده در خاک (حاصل از بارندگی یا صعود مویینگی از منابع زیرزمینی) بوده و در صورت نقصان هر یک از منابع دچار پژمردگی خواهد شد (Rad et al., 2006).

مواد و روش‌ها

اجرای طرح: این تحقیق در ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد واقع در دشت یزد - اردکان با طول جغرافیایی $29^{\circ} 11' 54''$ و عرض جغرافیایی $30^{\circ} 4' 0''$ به اجرا در آمد. میانگین بارندگی سالانه ۷۰ میلی‌متر، بیشینه‌ی سرعت وزش باد ۱۲۰ کیلومتر در ساعت، میانگین سالانه‌ی ساعات آفتابی ۳۰۵۲ ساعت، میانگین سالانه‌ی تعداد روزهای یخبندان ۷۳ روز، میانگین سالانه‌ی تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A $3207/4$ میلی‌متر بیشترین مقدار آن مربوط به تیرماه با ۵۱۴ میلی‌متر و ماه‌های دی و بهمن بدون تبخیر، میانگین سالانه‌ی رطوبت نسبی در صبحگاه ۵۷٪، میانگین سالانه‌ی رطوبت نسبی در عصر ۳۸/۵٪، میانگین دمای سالانه ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد، کمینه‌ی مطلق دمای سالانه ۱۳/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد، بیشینه‌ی مطلق دمای سالانه ۴۵/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و اقلیم منطقه براساس روش دومارتن اصلاح شده فراخشک سرد است.

اندازه‌گیری آب مصرفی با استفاده از لایسیمترهای وزنی و زهکش‌دار: با هدف کنترل رطوبت خاک، از ۱۰

عدد لایسیمتر وزنی زهکش دار با ارتفاع ۱۷۰ و قطر ۱۲۱ سانتی‌متر استفاده گردد. لایسیمترهای یاد شده به‌وسیله یک لایه‌ی پشم شیشه با هدف کاهش تبادل حرارتی عایق گردیدند. زهکش لایسیمترها به ظروف مدرج، برای جمع-آوری هرز آب و استفاده از آن در محاسبه‌ی میزان تبخیر و تعرق متصل گردیدند. سطح لایسیمترها نیز با یک لایه-ی ورق فایبرگلاس برای کاهش میزان تبخیر از سطح خاک پوشانده شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک برای اعمال تیمارهای آبیاری به‌وسیله توزین لایسیمترها و همچنین کنترل آن با دستگاه TDR انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان تبخیر از سطح خاک و همچنین سایر تلفات آب، یک دستگاه لایسیمتر بدون گیاه منظور و رطوبت آن همواره در حد ظرفیت زراعی حفظ گردید. در پایان آزمایش، میزان آب مصرف شده توسط هریک از تیمارها با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (Aizadeh, 2004).

$$\Delta s = Drz(\theta_f - \theta_i) = \text{جرمان خروجی} - \text{جرمان ورودی} \quad (1)$$

که در آن جریان ورودی و خروجی: مقدار کل آبی که طی دو فصل رشد به حجم معین خاک داخل لایسیمترها وارد و یا از آن خارج می‌شود که بر حسب لیتر؛

Δs : تغییر رطوبت در حجم کنترل شده خاک در طی دوره زمانی ذکر شده

Drz : عمق توسعه‌ی ریشه (cm) که برای شرایط آزمایش، عمق مفید لایسیمترها (۱۳۰cm) در نظر گرفته شد؛

θ_f : رطوبت حجمی خاک در پایان دوره‌ی مورد نظر؛ و

θ_i : رطوبت حجمی خاک در ابتدای دوره‌ی مورد نظر.

مراقبت و نگهداری از نهال‌های کاشت شده و اعمال تیمارها: با استقرار کامل نهال‌ها در لایسیمترها و گذشت یکسال از عمر آن‌ها، تیمارهای مورد نظر شامل ۱۰۰٪ (بدون تنش)، ۳۵٪ (تنش نسبتاً شدید) و ۱۵٪ (تنش بسیار شدید) ظرفیت زراعی اعمال شد. آبیاری به‌صورت هفتگی انجام و میزان آب مصرف شده توسط گیاه در پایان هفته جبران شد. مدت زمان اعمال تیمارها دو فصل رشد

در نظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد.

نمودارها و بررسی رابطه‌ی عوامل با یکدیگر در محیط نرم افزار اکسل انجام شد.

ویژگی‌های مورد ارزیابی

وزن خشک اندام هوایی: در پایان فصل دوم رشد، نسبت به قطع قسمت هوایی درختان اقدام و با قرار دادن آن‌ها در کوره و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید.

وزن خشک ریشه: پس از حذف قسمت هوایی، با الک نمودن و سپس شستشوی خاک، ریشه‌های ضخیم و موئین از اعماق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰، ۸۰-۱۰۰، ۱۰۰-۱۲۰ سانتی‌متری استخراج و با قراردادن در دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت وزن خشک آن‌ها محاسبه شد.

نسبت اندام هوایی به ریشه: با توجه به اهمیت نسبت اندام هوایی به ریشه در ارزیابی میزان کارایی مصرف آب و میزان مقاومت به خشکی، این نسبت نیز محاسبه گردید.

حجم تاج پوشش: با اندازه‌گیری ارتفاع و قطر نهال‌ها در دو جهت شمال - جنوب و شرق - غرب مقدار افزایش حجم گیاه محاسبه و به‌عنوان معیاری برای میزان رشد نهال‌ها در پایان فصل رشد قرار گرفت. محاسبه‌ی مقدار حجم نهال با استفاده از رابطه‌های زیر انجام گردید (West- Wood, 1987)

$$v = \frac{4}{3} \pi a^2 b \quad \text{زمانی که ارتفاع کمتر از قطر است}$$

$$v = \frac{4}{3} \pi a b^2 \quad \text{زمانی که قطر کمتر از ارتفاع است}$$

$$a = 1:2 \quad \text{ارتفاع درخت} \quad b = 1:2 \quad \text{قطر متوسط درخت}$$

محاسبه‌ی نیاز آبی: پس از محاسبه‌ی ماده‌ی خشک تولید شده به ازای هر لیتر آب مصرف شده (تعرق) و همچنین مقدار ماده‌ی خشک تولید شده (اندام هوایی + ریشه) و تعیین نسبت اندام هوایی به ریشه، نیاز آبی گیاه در شرایط آزمایش محاسبه گردید.

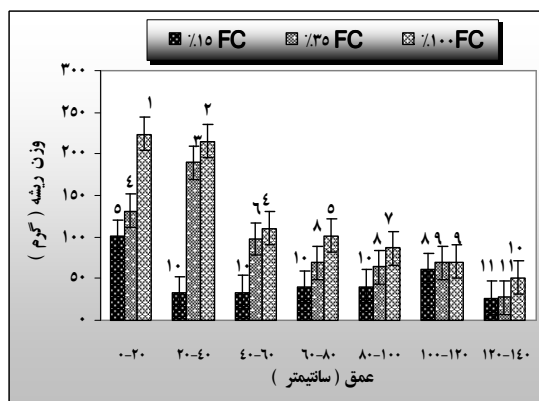
تجزیه‌ی داده‌ها: داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT C مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد. ترسیم

نتایج

میزان مصرف آب: با محاسبه‌ی میزان آب مصرف شده در هریک از تیمارهای رطوبتی طی دو فصل رشد مشخص گردید که تیمارهای ۱۰۰، ۳۵ و ۱۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب ۹۶۷، ۳۴۲ و ۱۰۴/۳ لیتر آب مصرف نموده‌اند.

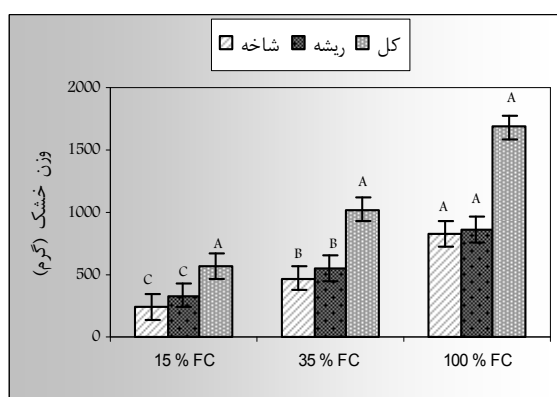
وزن خشک زیست توده: تأثیر مقدار مختلف آب بر وزن خشک اندام هوایی در سطح آماری ۱٪ ($P < 0.001$) اختلاف معنی‌دار داشت. مقایسه‌ی میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه مربوط به تیمار ظرفیت زراعی به ترتیب با ۸۲۵/۱ گرم و ۸۵۸/۸۳ گرم در هر درخت بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. این در حالی است که کمترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه مربوط به تیمار ۱۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب با مقدار ۲۳۶/۲ و ۳۳۵/۵۹ گرم در هر درخت بود. میزان ماده‌ی خشک تولید شده مربوط به تیمار ۳۵٪ ظرفیت زراعی، ۱۶۸۳/۹۸ گرم بود که سهم اندام هوایی، ۴۷۱/۴۵ و سهم ریشه ۵۵۳/۳۹ گرم اندازه‌گیری شد (شکل ۱).

پراکنش ریشه در خاک: وزن ریشه در عمق‌های مختلف نیز در سطح آماری ۱٪ ($P < 0.001$) دارای اختلاف معنی‌داری بود. بیشترین وزن ریشه مربوط به عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری سطح خاک (۱۵۲ گرم وزن خشک) و کمترین آن مربوط به عمق ۱۴۰-۱۲۰ سانتی‌متری بود. اثر متقابل تیمارهای رطوبتی با عمق توسعه‌ی ریشه نیز دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ($P < 0.05$) بود (جدول ۱). بیشترین مقدار ریشه مربوط به تیمار رطوبتی ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر (۲۲۳/۶ گرم وزن خشک) و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۵٪ ظرفیت زراعی و عمق ۱۴۰-۱۲۰ سانتی‌متری (۲۶/۶۶ گرم وزن خشک) بود. شکل ۲ وضعیت توسعه‌ی ریشه را در عمق‌های مختلف خاک نشان می‌دهد.



۱ (A), ۲ (B), ۳ (BC), ۴ (BCD), ۵ (BCDE), ۶ (BCDEF), ۷ (BCDEFG), ۸ (CDEFG), ۹ (DEFG), ۱۰ (EFG), ۱۱ (FG)

شکل ۲. پراکنش وزنی ریشه در اعماق مختلف

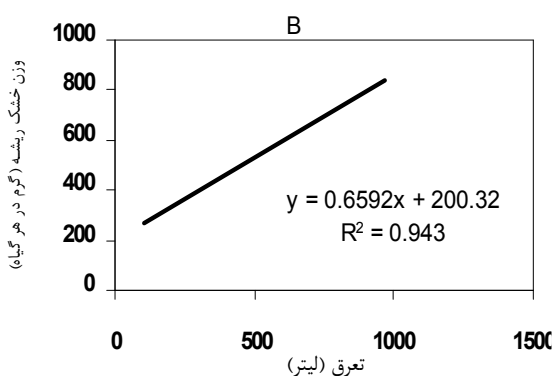
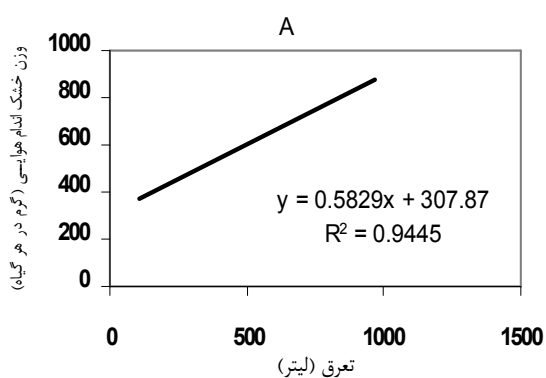


شکل ۱. تأثیر تیمارهای مختلف رطوبتی بر زیست توده تاغ

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

***, **, * به ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی دار بودن در سطح آماری ۰/۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵



شکل ۳. رابطه مقدار تعرق با برخی از ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری، اندام هوایی (A)، ریشه (B)

نسبت اندام هوایی به ریشه (S/R): نتایج بررسی‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۰/۱ ($P < 0.001$) میان تیمارهای رطوبتی مختلف وجود دارد، به عبارتی با کاهش میزان رطوبت خاک این نسبت کاهش یافته است (جدول ۲).

حجم تاج پوشش (m^3): با وجود تفاوت آشکار میان مقدار رطوبت خاک در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری میان حجم تاج پوشش آن‌ها مشاهده نگردید. اختلاف اندک میان تیمارهای رطوبتی ناشی از رشد کند نهال‌های تاغ در سال‌های نخستین رشد است، ضمن اینکه در تیمار ظرفیت زراعی، بالا بودن میزان رطوبت خاک تأثیر منفی بر رشد طولی گیاه داشته و موجب شده است تا نهال‌ها فرم رزت به خود گیرند. در این شرایط، کمترین حجم تاج پوشش مربوط به تیمار ۱۵٪ ظرفیت زراعی با ۰/۲۷ متر مکعب و بیشترین آن مربوط به تیمار ۳۵٪ ظرفیت زراعی با ۰/۴۰ متر مکعب بود. میانگین تیمار ظرفیت زراعی نیز ۰/۳۹ متر مکعب بود.

رابطه‌ی میان متغیرها: بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که بسیاری از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن کل زیست-توده، تحت تأثیر مقدار تعرق هستند (شکل ۳). با افزایش مقدار تعرق، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه در محدوده‌ی مطالعه افزایش یافت. رابطه‌ی میزان تولید ماده‌ی خشک اجزاء گیاه با میزان تعرق خطی و از ضریب همبستگی بالایی برخوردار بود ($r = 0.969$).

محاسبه‌ی نیاز آبی گیاه: با توجه به شباهت بسیار زیاد مؤلفه‌های مورفولوژی و فیزیولوژی اندازه‌گیری شده در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی با شرایط طبیعی، همچنین شباهت قابل توجه مقدار رطوبت خاک این تیمار (۴/۵ درصد حجمی) با میزان رطوبت موجود در تپه‌های شنی (۳-۵ درصد حجمی)، نتایج حاصل از اعمال تیمار رطوبتی ذکر شده برای عرصه‌های طبیعی (تپه‌های شنی) قابل توصیه و بهره‌برداری است. بر اساس نتایج، به ازای هر متر مکعب آب تعرق شده توسط این تیمار، ۳ کیلوگرم ماده‌ی

خشک (اندام هوایی و ریشه) تولید گردید. مقدار تولید ماده‌ی خشک اندام هوایی نیز توسط (Zarezadeh & Rahbar 1995) به ازای هر اصله درخت تاغ با سن ۱۵ سال و در شرایط اقلیمی دشت یزد - اردکان ۵۱/۴۲ کیلوگرم گزارش شده است، برای بررسی نیاز آبی تاغ در شرایط مذکور دارای اهمیت است. با این شرایط، میانگین سالانه‌ی تولید ماده‌ی خشک اندام هوایی ۳/۴۳ کیلوگرم برآورد می‌شود، میزان مصرف سالانه‌ی آب برای تولید ماده‌ی مذکور نیز ۱۱۴۳/۳ لیتر محاسبه شد. نسبت ریشه به اندام هوایی که در شرایط آزمایشی مذکور به دست آمد نیز نشان می‌دهد که مقدار تولید ریشه به ازای هر درخت ۶۰/۱۶ کیلوگرم بوده که برای هر سال ۴/۰۱ کیلوگرم منظور گردید. برای چنین تولیدی نیز ۱۳۳۶/۶ لیتر آب محاسبه شد. به این ترتیب، مجموع آب مورد نیاز برای تولید ریشه و اندام هوایی به ازای هر اصله درخت، سالانه به طور میانگین ۲۴۸۰ لیتر (۲/۴ مترمکعب) گزارش می‌شود.

جدول ۲: خصوصیات مورفولوژیکی تاغ تحت تاثیر تیمارهای رطوبتی

تیمار	وزن خشک اندام هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	S/R	حجم تاج پوشش (m^3)
	$p=0.004$	$p=0.004$	$p=0.024$	$p=0.312$
FC	۸۲۵/۱۵±۹۲/۳a	۸۵۸/۸۳±۷۱a	۰/۹۵۸±۰/۳a	۰/۳۹±۰/۱a
FC ۳۵٪	۴۷۱/۴۵±۳۰/۰b	۵۵۳/۳۹±۷/۵b	۰/۸۶۲±۰/۳ b	۰/۴۰±۰/۹a
FC ۱۵٪	۲۳۶/۲۳±۲/۹c	۳۳۵/۵۹±۲۵c	۰/۷۰۷±۰/۶c	۰/۲۷±۰/۳a

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزایش میزان رطوبت خاک و در نتیجه افزایش مقدار تعرق از اندام‌های گیاه، افزایش وزن خشک اندام هوایی و زمینی را به همراه دارد. تأثیر تعرق بر افزایش تولید ماده‌ی خشک در بخش‌های هوایی گیاه با تأثیر آن بر افزایش مقدار تولید ماده‌ی خشک ریشه برابر است. به عبارتی، با افزایش مقدار رطوبت خاک، روند افزایش ماده‌ی خشک در هر یک از بخش‌های هوایی و زمینی گیاه یکسان است (شکل ۳). با افزایش میزان تعرق، میزان ماده‌ی خشک تولیدی به ازای هر واحد آب مصرف شده، کاهش یافت. تفاوت قابل توجه در مقدار کارایی مصرف آب میان تیمار ۱۰۰٪ با تیمارهای ۳۵٪ و

۱۵٪ ظرفیت زراعی (به ترتیب ۱/۷۴، ۲/۹۹، ۵/۴۸ گرم بر لیتر) بیانگر این واقعیت است که تاغ به‌عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی، با بهبود کارایی فتوسنتز به‌عنوان یک گیاه C_4 (Pyankov et al., 1999; Lin Fa-min et al., 2003)، کاهش سطوح تبخیرکننده و کاهش جذب تشعشع خورشید از طریق تغییر شکل رویشی برگ به شاخسارهای میله‌ای شکل (Pyankov et al., 1999)، ذخیره نمودن آب و حفظ تورژسانس سلولی، تطابق اسمزی از طریق افزایش مواد اسمزی در داخل سلول (Rad et al., 2006) و همچنین کاهش نسبت شاخه به ریشه و توسعه‌ی ریشه به اعماق خاک برای برداشت آب بیشتر، می‌تواند موجب افزایش تولید ماده‌ی خشک در هر

(RWC) بالغ بر ۵۰٪ در بیابان‌های منطقه مینجین چین وابسته دانسته است.

نتایج بررسی‌های به عمل آمده از این تحقیق همچنین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، نسبت شاخه به ریشه کاهش یافته است. به عبارتی با فراهم شدن شرایط برای تعرق بیشتر توسط گیاه، رشد اندام‌های هوایی نسبت به ریشه افزایش و منجر به افزایش این نسبت در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی در مقایسه با سایر تیمارها شده است. نسبت شاخه به ریشه پدیده‌ی ژنتیکی است، اما به طور کاملاً معنی‌داری تحت شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد. نسبت پایین شاخه به ریشه می‌تواند در سازگاری گیاه به شرایط خشک بسیار موثر باشد. از عوامل مؤثر دیگر مقاومت گیاه به خشکی، توانایی استفاده از رطوبت موجود در عمق خاک از طریق نفوذ عمقی ریشه‌ها است.

اگر مقدار آب محاسبه شده برای هر اصله درخت (۲/۴ متر مکعب) را معیاری برای ارزیابی وضع موجود و برنامه‌ریزی برای آینده قرار دهیم، اگر شرایط به گونه‌ای فراهم شود که حدود ۴۰٪ از بارندگی سالانه (به‌طور متوسط ۶۹ میلی‌متر برای دشت یزد - اردکان) در اختیار گیاه و انجام فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن قرارگیرد (یعنی ۲۷۶ مترمکعب در هکتار)، امکان کاشت ۱۱۵ اصله درخت سیاه‌تاغ در هکتار وجود خواهد داشت. فراهم شدن شرایط برای مصرف این مقدار آب توسط گیاه به دلیل کمی ریزش‌ها در هر بار بارندگی، تبخیر بسیار زیاد از سطح خاک و سنگینی بافت خاک امری دشوار بوده که جز در شرایط تپه‌های ماسه‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص، تا حدودی امکان پذیر نمی‌باشد. تپه‌های ماسه‌ای به دلیل نفوذ پذیری بسیار زیاد و برگشت‌ناپذیر نبودن آب نفوذ یافته به سطح خاک، مکان بسیار مناسبی برای ذخیره‌ی رطوبت ناشی از بارندگی و همچنین میعان بخار آب زمین است. (Rohipur, & ghoddosii, 1995) به نقل از نانایف گزارش کرده‌اند که مقدار کل رطوبت ذخیره شده در خاک جنگل‌های سیاه‌تاغ، واقع در منطقه رپتک شوروی سابق، سالانه معادل ۱۴۰ میلی‌متر بوده که حدود ۵۰٪ آن تبخیر و ۵۰٪ دیگر صرف تعرق توسط درختان تاغ می‌شود، ضمن این‌که جنگل‌های مذکور سالانه معادل ۱۲۰۰-۱۰۰۰ متر مکعب آب از سفره‌های زیر زمینی برداشت می‌کنند.

یک از اندام‌های رویشی شود، هرچند بسیاری از پژوهشگران از جمله (Jiregna et al., 2005) گزارش کرده‌اند که با افزایش تنش خشکی، کارایی مصرف آب (WUE) کاهش می‌یابد. آن‌ها به این نکته اشاره نموده‌اند که با اعمال تنش خشکی، کارایی مصرف آب به میزان ۵-۲ گرم ماده خشک به ازای هر کیلوگرم آب کاهش یافته است و این کاهش بسته به نوع گونه‌ی گیاهی متفاوت بوده به‌طوری‌که در گونه‌های *Cordia africana* و *Croton macrostachyus* مقدار کمتر و در *E.globulus* و *Eucalyptus camaldulensis* مقدار بیشتری بوده است. (Liu Fa-min et al., 2003) به این نکته اشاره دارند که در تاغ (*H. ammodanderson*) اگرچه میان میزان جذب CO₂ خالص با میزان تعرق روزانه یک رابطه‌ی خطی وجود دارد، اما با وجود تنش خشکی مقدار کاهش تعرق به مراتب بیشتر از میزان جذب CO₂ خالص خواهد بود که نتیجه‌ی آن، بهبود میزان کارایی مصرف آب می‌شود. (Jie Song et al., 2005). عامل اصلی در بهبود کارایی مصرف آب را در گیاه تاغ (*H. ammodanderson*) در شرایط تنش خشکی، تطابق اسمزی از طریق تجمع یون‌های غیر آلی در سلول‌ها گزارش کرده‌اند. آن‌ها عامل استقرار موفق این گیاه را در کاهش شدید پتانسیل اسمزی از طریق جذب یون‌های غیر آلی می‌دانند. در این راستا سهم یون سدیم (Na⁺) را بیش از ۵۰٪ گزارش کرده‌اند.

اگر چه میزان ماده‌ی خشک تولیدی به ازای هر واحد آب مصرف شده در تیمار تنش شدید خشکی قابل توجه است، با این وجود خشک شدن تدریجی گیاهان این تیمار دلالت بر وابستگی آن‌ها به رطوبت موجود در خاک دارد. زمانی که مرگ گیاه رخ داد، میزان رطوبت خاک حدود ۳٪ حجمی بود. (Liu Fa-min et al., 2003) ثابت نموده‌اند که رشد مطلوب تاغ (*H. ammodanderson*) زمانی اتفاق می‌افتد که رطوبت خاک بیش از ۶٪ باشد. (Rad et al., 2007) گزارش کرده‌اند که رشد مطلوب تاغ در ماسه‌زارهای دشت یزد - اردکان زمانی حاصل می‌شود که رطوبت خاک بیش از ۵٪ حجمی باشد. (Zhang Kebin, 1989) رشد تاغ (*H. ammodanderson*) را در رطوبت بیش از دو درصد وزنی و یا گنجایش نسبی آب برگ

سطح باید به گونه‌ای صورت گیرد که اهداف تثبیت ماسه-های روان نیز دنبال شود.

مقدار تراکم بیش از حد گیاه موجب افزایش رقابت برای جذب آب (به دلیل بالا رفتن نسبت ریشه به اندام هوایی) و در نتیجه پژمردگی و در نهایت خشک شدن درختان خواهد شد. کاشت این تعداد درخت در واحد

References

- Alizadeh, A., 2004. Soil, water, plant relationship, 4 th edition, Imam Reza University, pp: 470.
- Bieloria, H., 1992. Plant water relationship. In: Arnonal.1992(Ed.) Agriculture in dry lands, principles and practice, Elsevier Science S.B.V, Netherland pp: 181-223.
- Bolger, T. P., & Matches, A.G., 1990. Water use efficiency and yield of sainfoin and alfa.alfa. Crop Science, 30:143-148.
- Clifton-Brown, J.C. & Lewandowski, I. 2000. Water use efficiency and biomass partitioning of tree different miscanthus genotypes with limited and unlimited water supply. Annals of Botany, 86: 191-200.
- Collino, D.J., Dardanelli, J.L. & Wu, N., 2008. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedling. Environmental and Experimental Botany, 62:248-255.
- Davidson, G., 1989. The Eucalyptus dilemma arguments for and against eucalyptus planting in Ethiopia. The Forestry Research Ceminar, No (1) Addisababa.
- Ekhtesasi, M.R., 2004. Determine the minimum mass of haloxylon trees for wind break designing and wind erosion control in central Iran. Proceedings of the 1st National Conference of Haloxylon and Haloxylon Planting of Iran, Forests and Renglands Organization of Iran, Kerman, Iran.
- Fitter, A. H., & Hay, R. K., 1987. Environmental physiology of plant, Academic Press, New Yourk.
- Howell, T. A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agronomy Journal, 93: 381-289.
- Jie Song, G.F., Chang-Yan, T & Fu-Suo, Z., 2005. Osmotic adjustment traits of Suaeda physophora, Haloxylon ammodendron and Haloxylon persicum in field or controlled conditions. Plant Science, 170(1): 113-119.
- Jiregna, G., Andrey, R & Legesse, N., 2005. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two Eucalyptus and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. Forest Ecology and Management, 205: 127-138.
- Lievitt, J., 1972. Responses of plants to environmental stress, Academic Press, New York, pp: 353-417.
- Liu Fa-min, W., Yan-qing, S., Jian,p & Du-Ming,W., 2003. Effects of water stress on Haloxylon ammodendron seedlings in the desert region of Heihe inland iverwatershed, Gansu Province, China. Journal Of Forestry Research, 14(3): 197-201.
- Lomiss, R. S., 1983. Crop manipulation for efficient use of water, A review. In: Taylor H.M., Jadan W.R. and Sinclair, T. R. (Eds) limitation of efficient water use in crop production, AST.SSSA, Madison, WL, pp: 345-374.
- Ma, C.C., Gao, Y.B., Guo, H.Y. & Wang, J.L., 2004. Photosynthesis, transpiration, and water use efficiency of *Caragana microphylla*, *C. intermedia*, and *C. korshinskii*. Phoyosynthetica, 42 (1): 65-70.
- Morgan, J. M., 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant Physiology, 35: 299-319.
- Pyankov, I, V., Clanton, C. B. lackjr, E. G., Artyusheva, E., Voznesnskaya, V., Maurice, S. B. & Gerald, E., 1999. Features of photosynthesis in Haloxyllon species of chenopodiaceae that are dominant plants in central Asian deserts. Plant Cell Physiology. 40(2): 125-134.
- Rad, M.H., Dashtekian, K., Soltani., M. & Shadan, M., 2006. Evaluation of sand hills surface moisture in Yazd-Ardakan plain and determination of biological fixation its role. Proceedings of the first National Conference of Wind Erosion, Yazd, Iran.
- Rad, M. H., Mirhoseni, S. M. & Meshkat, M. A., 2007. The study of black sexual (*Haloxylon aphyllum*) water relationship in

- Yazd, Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd Province, pp: 99.
- Rohipur, H, & Ghoddosii, J., 1995. Equilibrium moisture content and water status in arid sand dune. Research Institute of Forests and Rangelands of Iran, Tehran, Iran. pp: 35.
- Schwinning, S & Ehleringer, J. R., 2001. Water use trade-offs and optimal adaptations to pulse-driven arid ecosystems. *Journal of Ecology*, 89: 464-480.
- Sinclair, T. R., Tanner, C. B and Bennet, J. M., 1984. Water-use efficiency in crop production. *Biological Science*, 34(1): 36-40.
- Susiluoto, S. & Berninger, F., 2007. Interactions between morphological and physiological drought responses in *Eucalyptus microtheca*. *Silva Fennica*, 41(2): 221-233.
- West-Wood, M. A., 1987. Temperat- zone pomology, translat by Rasulzadegan, Y (1990), Isfahan University of Technology, pp: 759.
- Wu, F., Bao, W., Li, F. & Wu, N., 2008. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 63, 248-255.
- Xu, H. & Li, Y., 2006. Water-use strategy of three central Asian desert shrubs and their responses to rain pulse events., *Plant and Soil*, 285: 5-17.
- Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J. & li, C., 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53: 315- 322.
- Zarezadeh, A. & Rahbar, E., 1995. Annual report of the national research plan of optimal density of plantation saxual in Yazd, Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd province, pp: 111.
- 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.

Determination of saxual (*Haloxylon aphyllum*) water requirements by lysimeter experiments

1- M. H. Rad, Research Instructor of Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd, Yazd, I. R. Iran

mohammadhadirad@gmail.com

2- M. A. Meshkat, Assistant professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd, Yazd, I. R. Iran

3- M. Soltani, Research Expert, Agricultural and Natural Resource Research Center of Yazd, Yazd, Iran I. R. Iran

4- M. R. Mirjalili, Research Expert, Agricultural and Natural Resource Research Center of Yazd, Yazd, I. R. Iran

Received: 7 Dec 2010

Accepted: 11 May 2011

Abstract

Saxual (*Haloxylon aphyllum*) as one of the main species used in the sand fixation and desertification projects can be grown in a wide range of desert soils in Iran. Considering the ecological needs of plants, including water requirements for establishment and long-term stability, is essential. In this research, biomass (shoot and root), shoot to root ratio (S/R) and canopy size were determined under different soil moisture regimes. One year old plants grown in drainage and weighting lysimeters in natural condition were subjected to three soil moisture regimes, viz. well-watered (100%), low- watered (30%) and less- watered (15%) of total field capacity. For determining the evaporation rate and its role in crop evapotranspiration, a lysimeter was used without vegetation. Water requirement content to reach the soil moisture to optimum level, provided by weighting of lysimeters and use of TDR, weekly. Biomass rate and ratio of shoot to root decrease significantly ($P < 0.001$) with a reduction in soil water content. The effects of different treatments on canopy size were not significantly different. Calculating of the amount of the plant production per unit of water consumed showed that black saxual (*Haloxylon aphyllum*) trees, need to 2.4 m³ water for optimal annual growth.

Keywords: *Haloxylon aphyllum*, Water requirements, Drought stress, Biomass, Shoot to Root ratio (S/R).