DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2013.3091

دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۲۱، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ٤٤-۳۳ (۱۳۹۲)

مقایسه برخی از شاخص‌های مقاومت به خشکی دو گونه اسکنبیل (*Calligonum persicum* و *C. stenopterum*) در شرایط طبیعی

اصغر مصلح‌آرانی*[۱]، رویا احقاقی[۲]، حمیدرضا عظیم‌زاده[۳] و محمد زرگران[٤]

۱*- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
پست‌الکترونیک: amosleh@yazduni.ac.ir
۲- کارشناس‌ارشد، جنگلداری دانشگاه یزد
۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
٤- کارشناس‌ارشد، جنگلداری اداره منابع طبیعی شهرستان طبس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰٦/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰٦

چکیده

خشکی به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل بر رشد و پراکنش گیاهان از جایگاه ویژه‌ای در اکوسیستم‌های بیابانی برخوردار است. در این تحقیق برخی از شاخص‌های مقاومت به خشکی دو گونه اسکنبیل طبسی و اسکنبیل ایرانی در دو مرحله قبل و بعد از آبیاری در شرایط طبیعی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در مرحله قبل از آبیاری پتانسیل آب در اسکنبیل طبسی برابر با ۳٤/۲- بار و در گونه اسکنبیل ایرانی برابر با ۲۷/۸- اندازه‌گیری شد. تفاوت معنی‌داری در مقدار پرولین بین دو گونه مشاهده نشد، اما قندهای محلول به طور معنی‌داری در گونه اسکنبیل ایرانی بیشتر از اسکنبیل طبسی بود. البته مقدار کلروفیل و محتوای نسبی آب در اسکنبیل طبسی به طور معنی‌دار بیشتر از اسکنبیل ایرانی بود. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری در میزان سدیم و پتاسیم بین دو گونه مشاهده نشد. اما بعد از آبیاری قندهای محلول در گونه اسکنبیل طبسی به طور معنی‌داری نسبت به اسکنبیل ایرانی بیشتر بود. آبیاری به طور معنی‌داری باعث کاهش پتانسیل آب در گونه اسکنبیل طبسی شد. پرولین و قندهای محلول نیز با آبیاری در گونه اسکنبیل طبسی به طور معنی‌داری کاهش یافتند ولی این کاهش در اسکنبیل ایرانی معنی‌دار نبود. مقایسه دو مرحله آبیاری و بدون آبیاری به وضوح فعال بودن سازوکار تنظیم اسمزی را در گونه اسکنبیل طبسی نشان می‌دهد. بنابراین بر اساس نتایج این تحقیق نتیجه‌گیری شد که هر دو گونه با حفظ پتانسیل منفی‌تر آب از طریق استفاده از اسمولیت‌های سازگار و همچنین کلروفیل و محتوای نسبی آب بالاتر با شرایط محیط سازگار شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: اسکنبیل، پتانسیل آب، پرولین، خشکی، قندهای محلول، محتوای نسبی آب.

مقدمه

خشکی به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل بر رشد و پراکنش گیاهان از جایگاه ویژه‌ای در میان تنش‌های محیطی برخوردار است. از طرف دیگر ایران سرزمینی خشک و نیمه‌خشک با نزولات جوی بسیار کم است، به‌طوری‌که میانگین بارش سالانه آن در حدود ۲۷٤

میلی‌متر می‌باشد. در مقایسه با میانگین بارش در سطح کره زمین (حدود ۸٦۰ میلی‌متر)، این مقدار بسیار کم است که نشان‌دهنده آن است که خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است (Alizadeh, 1999). با وجود این، گیاهانی وجود دارند که توانسته‌اند در این شرایط نیز به رشد و حیات خود ادامه دهند. گونه‌های اسکنبیل ازجمله مقاومترین گیاهان به خشکی و خشک‌سالی‌های طولانی هستند. گونه‌های این جنس با استفاده از سازوکارهایی مانند افزایش ضخامت کوتیکولی، تراکم و بی‌رنگ شدن کرکها، کاهش سطح برگ، ریزش سریع برگ، روشن‌تر شدن رنگ اندام‌ها، سیستم ریشه‌ای منحصر به فرد و مسیر فتوسنتزی C4، تنش‌های خشکی را به خوبی تحمل نموده و خود را با محیط‌های بسیار خشک سازگار می‌نماید (Moghimi, 2003). در ایران ١٦ گونه اسکنبیل گزارش شده است که از این تعداد ۸ گونه در استان یزد پراکنش دارد (Mozaffarian, 1998). از بین ٦ گونه اسکنبیل انحصاری ایران، ٤ گونه در استان یزد رویش دارند که دو گونه از آنها فقط در این استان پراکنش دارند. گونه‌های انحصاری از مهمترین عناصر تنوع زیستی در هر منطقه به شمار می‌روند. بیشتر گونه‌های رو به اضمحلال کنونی در میان گونه‌های بسیار کمیاب و انحصاری هستند (Mohammadi fazel & Safaei, 2000). به‌رغم اقدامات قابل توجهی مانند ایجاد مناطق حفاظت شده و پارک‌های ملی، تشکیل بانک‌های بذر و کشت آنها در باغ‌های گیاهشناسی، کمتر به نقش مطالعات اکولوژیکی در حفاظت و گسترش این گونه‌ها توجه شده است. یکی از مهمترین راه‌های حفاظت، بقا و توسعه گونه‌های نادر، شناخت صفاتی از این گونه‌هاست که باعث حیات و سازش بهتر آنها به محدوده‌ای خاص شده است. برای شناخت این صفات بهترین راهکار آن است که پاسخ گونه‌های نادر و غیر نادر (از یک جنس) به مهمترین عاملی محیطی که بر رشد آنها تأثیر می‌گذارد، بررسی گردد. به همین دلیل دو گونه اسکنبیل طبسی (*C. stenopterum*) که فقط در محدوده شهرستان طبس گسترش دارد و گونه اسکنبیل ایرانی (*C. persicum*) که علاوه بر پراکنش در منطقه طبس در دو استان دیگر نیز گزارش شده است مورد بررسی قرار گرفت (Jalili & Mozaffarian & Jamzad, 1999، 1998).

از آنجا که خشکی تأثیرگذارترین عامل بر رشد و پراکنش گیاهان به‌ویژه در اکوسیستم‌های بیابانی محسوب می‌شود، در این تحقیق شاخص‌های مرتبط به خشکی در گونه‌های اسکنبیل مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. در شرایط تنش خشکی، گیاه به منظور حفظ و ادامه جذب آب می‌تواند به تنظیم اسمزی اقدام کند. تنظیم اسمزی یکی از مهمترین مکانیزم‌های تحمل به خشکی در گیاهان است (Bajji *et al.*, 2001) که به واسطه کاهش پتانسیل اسمزی از طریق تجمع املاح در سلول‌های گیاه حاصل شده و با حفظ فشار آماس سلولها به توسعه سلولی و رشد گیاه در شرایط تنش کمک می‌کند (Rascio *et al.*, 1994). تنش خشکی منجر به کاهش محتوای نسبی آب (RWC)، پتانسیل آب و کاهش رشد گیاهان می‌شود، اما وجود سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به خشکی باعث حفظ و بالا نگه داشتن رطوبت نسبی آب در گیاه می‌گردد (Teulat *et al.*, 1997). اسمولیت‌های سازگار (مانند اسید آمینه‌های پرولین و گلیسین بتایین و یا قندهای محلول) اعمالی مانند تنظیم اسمزی، حفاظت از ساختار درون سلولی، کاهش خسارت اکسیداتیو با واسطه‌ی تولید رادیکال‌های آزاد در پاسخ به تنش خشکی

و شوری را میانجی‌گری می‌کنند (De Lacerda *et al.*, 2005). در بین مواد محلول سازگار شناخته شده احتمالا پرولین گسترده‌ترین نوع آنهاست و به نظر می‌رسد تجمع آن در فرایند سازگاری به تنش خشکی در بسیاری از گلیکوفیت‌ها دخالت دارد (Sudhakar, *et al.*, 1993). در گلرنگ ثابت شده است که با افزایش سن گیاه تجمع پرولین بیشتر شده و این افزایش با کاهش محتوای رطوبت نسبی گیاه و رطوبت خاک همبستگی دارد، به‌طوری‌که خشکی موجب افزایش معنی‌داری در میزان پرولین برگها می‌شود. در تنش خشکی، گیاه مولکول‌های درشت نظیر نشاسته را به ساکارز و بعد مولکول‌های کوچکتری مانند گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند که این موضوع موجب منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلولها و تنظیم اسمزی می‌شود (Irigoyen *et al.*, 1992).

افزایش غلظت یون‌ها نیز پدیده‌ای است که در شرایط خشکی اتفاق می‌افتد. سدیم کاتیون قابل حل در بسیاری از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. اغلب گیاهان به خصوص شیرین‌پسندها به غلظت بالای سدیم حساسند، زیرا پایداری یون‌های داخل سلول را بر هم می‌زند و منجر به عملکرد بد غشاء و تضعیف واکنش‌های متابولیکی می‌شود. همچنین باعث بازدارندگی رشد و سرانجام مرگ سلول می‌شود (Wang *et al.*, 2004). همچنین Bohnert و همکاران (۱۹۹۹) معتقدند که در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم افزایش می‌یابد و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا به واکوئل فرستادن آن می‌نماید. از طرفی دیگر در بسیاری از گیاهان خشکی‌پسند سدیم با ورود به داخل واکوئل‌ها نقش عمده‌ای در تنظیم تعادل اسمزی بر عهده دارد. البته بیشتر گیاهان خشکی‌زی یا غیر خشکی‌زی مقاوم به خشکی، افزایش موقتی سدیم را در آپوپلاست از طریق افزایش مقدار آب سلولهای مزوفیل (مثل مقدار آب واکویل) تحمل می‌کنند، بنابراین نمک‌ها رقیق‌تر شده و ظرفیت خود را برای جذب نمک از محلول آپوپلاست بالاتر می‌برند (Heidari Sharifabad, 2001).

پتاسیم عنصر غذایی پرمصرف و اصلی دیگری است که نقش عمده آن در گیاهان تنظیم کننده اسمزی است. این عنصر، در فعالیت آنزیم و کوآنزیم‌ها، خنثی‌سازی یون‌های باردار شده غیر قابل انتشار و پلاریزاسیون غشا نقش مهمی ایفا می‌کند (Barker *et al.*, 1993). در تحقیقی Bouteau و همکاران (۲۰۰۱) با مطالعه اثر تنش خشکی بر جریانات پتاسیم و آنیونها در تارهای کشنده باقلا نتیجه گرفتند که در شرایط کم آبی، ورود یون‌های پتاسیم سبب حفظ فشار تورژسانس و گسترش و رشد سلول می‌شود. علاوه بر این، Akhondi و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مطالعه تغییرات عناصر در سه نوع یونجه یزدی، نیکشهری و رنجر نشان دادند که غلظت پتاسیم، سدیم و کلسیم در اثر تنش خشکی در اندام‌های گیاه افزایش می‌یابد. این محققان همچنین نشان دادند که نسبت پتاسیم به سدیم در اندام‌های هوایی و ریشه، با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد.

کلروپلاست نیز در تنش خشکی تأثیر می‌پذیرد. تنش خشکی باعث هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوییدی و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد. تجزیه پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی برای اشکال قابل تحرک نیتروژن به محض ورود به شرایط تنش می‌باشد. تجزیه کلروفیل را می‌توان به‌عنوان یک مرحله مقدماتی در تخریب پروتئین‌ها در نظر گرفت (Martin & Torres, 1992).

بسیاری از مطالعات اثر تنش خشکی بر گیاهان در محیط آزمایشگاه و با تیمارهای مقطعی انجام می‌گیرد، در صورتی که در شرایط طبیعی، گیاهان در معرض اثرات تدریجی خشکی هستند. به‌طوری‌که Leone و همکاران (۱۹۹٤) نشان دادند که پاسخ گیاهان به استرس مقطعی و تدریجی متفاوت می‌باشد. بنابراین ممکن است نتایج اثر خشکی در شرایط طبیعی با آزمایشگاه متفاوت باشد. در این تحقیق میزان پرولین و قندهای محلول، پتانسیل آب گیاه، محتوی نسبی آب، کلروفیل، سدیم و پتاسیم در دو گونه اسکنبیل در شرایط طبیعی مقایسه شدند. بنابراین نتایج این تحقیق می‌تواند در شناسایی بعضی از سازوکارهایی که باعث سازش گونه‌های انحصاری شده است، مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

گونه‌ها و مناطق مورد مطالعه

در این تحقیق دو گونه اسکنبیل طبسی *Calligonum stenopterum*) و اسکنبیل ایرانی (*C. persicum* مورد مطالعه قرار گرفت. این دو گونه با هم به صورت مخلوط در روستای کریت از توابع شهرستان طبس پراکنش دارند. اسکنبیل طبسی درختچه‌ای است به ارتفاع تا ۱/۵ متر، با شاخه‌های زیکزاکی مایل به سفید و دارای فندقه‌هایی به طول ۱۰ و به عرض ٦-۵ میلی‌متر که بالهای غشایی تخت (پهن) آن خیلی باریکتر از دانه بوده و لبه‌های آن دارای خارکهای تقریبا دو ردیفی ساده می‌باشد. در مقابل گونه اسکنبیل ایرانی دارای فندقه‌هایی با بال غشایی تخت (پهن) با رگه‌های برجسته که در حالت نارس کمی بالاتر از نیمه دارای چروکهای تاج خروسی دولایه با دندانک‌های نوک‌تیز می‌باشد (Jalili & Jamzad, 1999; Mozaffarian, 1998).

آزمایش بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گونه‌های اسکنبیل مورد مطالعه در شرایط طبیعی انجام شد. بدین منظور سه پایه از هر کدام از گونه‌های اسکنبیل در رویشگاههای مورد مطالعه انتخاب شد. به‌طوری‌که دو گونه اسکنبیل ایرانی و اسکنبیل طبسی در یک رویشگاه به صورت مخلوط نامفهوم است؟. اندازه‌گیری شاخص‌های خشکی گیاهان یادشده که همه در فرم‌های رویشی مشابه بودند در دو مرحله قبل و بعد از آبیاری انجام شد. در مرحله آبیاری همه پایه‌های اسکنبیل به مدت ۵ بار و هر بار ۵ لیتر آب در سطح ۹۰۰ سانتی‌مترمربع (معادل ۲۷ سانتی‌متر عمق آب) یقه گیاه جهت ایجاد شرایط اشباع تا عمق ۷۰ سانتی‌متر عمق ریشه در طول روز آبیاری شدند. در مرحله قبل از آبیاری میزان پرولین و قندهای محلول، پتانسیل آب گیاه، محتوای نسبی آب، کلروفیل، سدیم و پتاسیم ساقه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان پرولین ۰/۵ گرم از ساقه اسکنبیل در ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالیسیلیک اسید ریخته شد و به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از معرف ناین هیدرین اندازه‌گیری شد. میزان قند ساقه‌های اسکنبیل توسط روش Kochert (۱۹۷۸) اندازه‌گیری شد. میزان جذب نوری پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر و قندهای محلول در طول موج ٤۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب از ساقه گیاه اسکنبیل استفاده شد. پتانسیل آب نمونه‌ها با استفاده از اتاقک فشار (بمب فشار) با روش توصیف شده Turner و Jones (۱۹۸۰) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان آب برگ از هر پایه اسکنبیل سه نمونه از نقاط مختلف گیاه انتخاب شد. ابتدا وزن تر برگها اندازه‌گیری و به منظور تعیین وزن آماس به مدت ۲٤

ساعت در داخل آب مقطر در تاریکی و ٤ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و پس از خشک کردن آب روی برگها، مجددا وزن شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت در آون ۷۰ درجه قرار داده شدند و وزن نمونه‌های خشک شده اندازه‌گیری شد. RWC (محتوای نسبی آب) از فرمول $\%RWC = [(W_f - W_d)/ (W_t - W_d)] \times 100$ محاسبه شد که در آن W_f وزن تازه برگ، W_t وزن آماس برگ و W_d وزن خشک برگ می‌باشد (Sanchez-Diaz *et al.*, 2008). برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) استفاده شد. به این منظور سنجش از شش نقطه مختلف هر پایه اسکنبیل انجام شد. میزان پتاسیم و سدیم نمونه‌های ساقه اسکنبیل به روش فلیم‌فتومتری اندازه‌گیری شدند. در مرحله آبیاری فقط میزان پرولین، قندهای محلول و پتانسیل آب گیاهان مشابه روش‌های فوق اندازه‌گیری شد. طرح آزمایشها به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار برای هر گونه انجام شد.

نمونه‌های خاک نزدیک ریشه‌های سطحی (۱۰ سانتی‌متری) و هم ریشه‌های عمقی (۷۰ سانتی‌متری) جهت تعیین رطوبت خاک قبل از آبیاری در ظروف مخصوص با درب محکم ریخته شد. ۱۰ گرم از هر نمونه خاک در آزمایشگاه توزین شد. بعد از توزین در درون آون در درجه حرارت ۱۰۵°c به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شد. سپس میزان رطوبت به صورت درصد وزنی نسبت آب به جرم خاک خشک بدست آمد. برای تهیه منحنی رطوبتی خاک، از روش Campbell (۱۹۷٤) در برآورد پتانسیل آب خاک استفاده شد. البته برای تعیین پتانسیل آب خاک، بافت و هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک محدوده ریشه تعیین شد.

بدین منظور در ابتدا از روابط Shirazi و Boersma (۱۹۸٤) عوامل میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات تعیین شد. این کار با میانگین درصد ذرات ۵ نمونه خاک از محدوده ریشه برای هر رویشگاه انجام شد. حد اشباع با تهیه گل اشباع تعیین شد. سپس با استفاده از ضرایب یاد شده و مدل Campbell (۱۹۷٤) برای تعیین منحنی رطوبتی مورد استفاده قرار گرفت. قابلیت هواکشی خاک (Bubbling Pressure) از روش Campbell (۱۹۸۵) و با استفاده از میانگین هندسی قطر ذرات خاک تعیین شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از صفات مختلف اندازه‌گیری شده از نرم‌افزار SPSS۱۳ استفاده شد. داده‌ها توسط روش تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن با احتمال ۵ درصد بدست آمد.

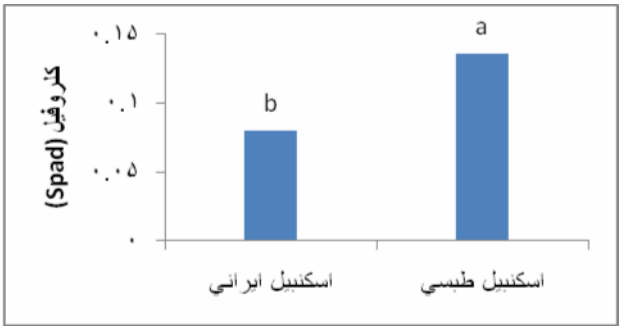
نتایج

مرحله قبل از آبیاری

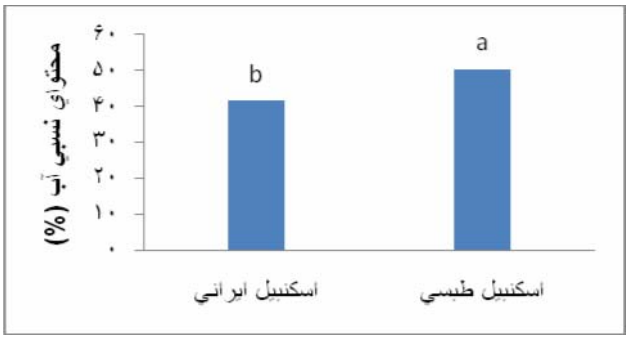
بافت خاک در رویشگاه این گونه‌ها شنی لومی بود. وزن مخصوص ظاهری خاک با توجه به بافت ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد. رطوبت اشباع ٢٦ درصد وزنی معادل ۳۹ درصد حجمی بدست آمد. میزان رطوبت خاک در منطقه ریشه در گیاهان مطالعه شده بین ١٤ – ۳/۵ درصد وزنی اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب در رطوبت‌های ۳/۵ و ١٤ درصد وزنی که معادل ۵ و ۲۰ درصد حجمی است به‌ترتیب مقدار پتانسیل ماتریک خاک محدوده ریشه ۳۲- بار در رطوبت ۵ درصد حجمی و ۱/۳- بار در رطوبت ۲۰ درصد حجمی محاسبه گردید.

بدین ترتیب با احتساب مقادیر شوری ۲۰ dS/m پتانسیل اسمزی نیز ۷/۲- بار به دست آمد. قابلیت آب خاک ۳۹/۲- بار در رطوبت ۵ درصد حجمی و ۸/۵- در رطوبت ۲۰ درصد محاسبه گردید.

نتایج این تحقیق نشان داد که پتانسیل آب در اسکنبیل طبسی در مرحله قبل از آبیاری برابر با ۳٤/۲- بار و در گونه اسکنبیل ایرانی برابر با ۲۷/۸- اندازه‌گیری شد (جدول ۱). تفاوت معنی‌داری در مقدار پرولین بین دو گونه اسکنبیل طبسی و ایرانی مشاهده نشد. اما قندهای محلول به طور معنی‌داری در گونه اسکنبیل ایرانی بیشتر از اسکنبیل طبسی بود. مقدار کلروفیل و محتوای نسبی آب در اسکنبیل طبسی به طور معنی‌دار بیشتر از اسکنبیل ایرانی بود (شکل ۲ و ۱). تفاوت معنی‌داری در میزان سدیم و پتاسیم بین گونه‌های اسکنبیل مشاهده نشد.



شکل ۱- مقایسه میزان کلروفیل در دو گونه اسکنبیل در شرایط طبیعی (قبل از آبیاری)



شکل ۲- مقایسه محتوای نسبی آب در دو گونه اسکنبیل در شرایط طبیعی (قبل از آبیاری)

مرحله بعد از آبیاری

در این مرحله که رطوبت خاک در محدوده اشباع تا حد ظرفیت مزرعه تغییر می‌نماید، تفاوت معنی‌داری در پتانسیل آب بین دو گونه اسکنبیل مشاهده نشد. تفاوت معنی‌داری همچنین در مقدار پرولین بین دو گونه اسکنبیل طبسی و ایرانی در مرحله بعد از آبیاری مشاهده نشد. اما قندهای محلول با مقدار ۹۷/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در گونه اسکنبیل طبسی به طور معنی‌داری بیشتر از اسکنبیل ایرانی (با مقدار ۵۷/٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد (جدول ۱).

مقایسه دو مرحله بعد و قبل از آبیاری

آبیاری به طور معنی‌داری باعث کاهش پتانسیل آب در گونه اسکنبیل طبسی شد. این کاهش در گونه اسکنبیل ایرانی معنی‌دار نبود. اما میزان پرولین و قندهای محلول نیز با آبیاری در گونه اسکنبیل طبسی به طور معنی‌داری کاهش یافت ولی این کاهش در اسکنبیل ایرانی معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین پتانسیل آب، پرولین و قند در دو مرحله قبل و بعد از آبیاری در دو گونه اسکنبیل

گونه		اسکنبیل ایرانی	اسکنبیل طبسی
پتانسیل آب (بار)	قبل از آبیاری	- ۲۸/۸ ± ۲/ ۵^{ab}	- ۳٤/۲ ± ۰/۸۷^{a}
	بعد از آبیاری	- ۲۳/۳ ± ۲/٤^{bc}	- ۲۲/۱ ± ۰/۱۷^{C}
پرولین (mg/gfw)	قبل از آبیاری	۲/۹۳ ± ۰/۱۳^{ab}	۳/۹ ± ۰/٦٥^{b}
	بعد از آبیاری	۲/٤ ± ۰/۳٤^{a}	۲/۲ ± ۰/۳^{a}
قند (mg/gdw)	قبل از آبیاری	٦٦/۹ ± ٦/۷^{b}	۳۷ ± ٦/۱^{C}
	بعد از آبیاری	۵۷/٦ ± ۲۲/۲^{bc}	۹۷/۳ ± ۰/۳۱^{a}

*حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های مورد مطالعه و دو مرحله آبیاری و بدون آبیاری می‌باشد (میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند).

بحث

رشد و نمو گیاهان بستگی به سرعت تولید سلولهای جدید و سرعت بزرگ شدن آنها دارد. برای انجام این دو فرایند سلولها باید در شرایط آماس مناسبی قرار داشته باشند. گیاهانی که قادرند در شرایط تنش خشکی فشار آماس سلولهای خود را حفظ نمایند، می‌توانند به رشد طبیعی خود ادامه دهند. از طرفی دیگر پتانسیل فشار (آماس) توسط میزان آب نسبی و تنظیم اسمزی سلولها مشخص می‌شود. به عبارت دیگر گیاهانی که پتانسیل اسمزی خود را منفی نگه داشته و همزمان بتوانند آب بیشتری (RWC) را در بافت‌های خود حفظ کنند قادر به حفظ فشار آماس خواهند بود. در تحقیق حاضر این مهم برای گونه اسکنبیل طبسی بهتر از گونه اسکنبیل ایرانی حاصل شد. گونه اسکنبیل طبسی محتوای نسبی آب بالاتری در شرایط خشکی نشان داد. دلیل بالا بودن RWC در اسکنبیل طبسی می‌تواند به پتانسیل منفی‌تر این گونه (جدول ۱) نسبت به گونه دیگر مربوط باشد که باعث جذب بیشتر آب از طریق ریشه‌ها گردیده است. بخشی از RWC بالاتر در اسکنبیل طبسی نیز می‌تواند به علت وجود سازوکارهای حفظ آب از طریق روزنه‌ها (بسته شدن روزنه‌ها) و یا فلسی بودن برگها و یا عوامل دیگر باشد. مطالعه Kaiser (۱۹۸۹) در بررسی محتوای نسبی آب در گیاه توتون نشان داد که کاهش بیشتر از ۳۰ درصدی RWC کاهش غیر قابل برگشتی در ظرفیت فتوسنتزی به وجود می‌آورد که ناشی از صدمه وارده به غشای کلروپلاست بوده و نهایتا منجر به مرگ می‌گردد. آستانه RWC بر کاهش فتوسنتز و اثرات سوء بر رشد آنها برای گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد. اگرچه این آستانه

برای گونه‌های اسکنبیل مشخص نیست، اما RWC بالاتر در اسکنبیل طبسی می‌تواند نقش مهمی در ایجاد پتانسیل آماس در این گونه ایفا نماید.

همانطور که اشاره شد تنظیم اسمزی نیز به‌ویژه از طریق تنظیم فعال که بوسیله تجمع املاح یا اسمولیت‌های سازگار (مانند اسید آمینه‌های پرولین و گلیسین بتایین و یا قندهای محلول) صورت می‌گیرد در حفظ فشار آماس مؤثر می‌باشد (Rascio *et al.*, 1994). مطالعات متعددی در زمینه نقش اسمولیت‌های سازگار در شرایط تنش‌های گوناگون صورت پذیرفته است که همگی بر نقش ترکیبات مذکور در تنظیم اسمزی دلالت دارند (De Lacerda *et al.*, 2005). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقدار پرولین در اسکنبیل طبسی بیشتر از گونه اسکنبیل ایرانی بود، اما مقدار قندهای محلول در گونه اسکنبیل ایرانی بیشتر از اسکنبیل طبسی بود. بعضی از گیاهان ممکن است فقط یکی از مواد پرولین و یا قند را در برابر تنش خشکی در خود تجمع دهد. به‌عنوان‌مثال Alves و Setter (۲۰۰٤) در بررسی مقاومت به خشکی گیاه *Manihot esculenta* نشان دادند که تنش خشکی باعث افزایش پرولین و کاهش قندهای محلول شد. از طرف دیگر موادی که طی تنش، تجمع می‌یابند بلافاصله بعد از بهبود شرایط به طور کامل پراکنده نمی‌شوند، بنابراین به تطبیق اسمزی کمک می‌کنند. مشابه تحقیق حاضر، Xu و همکاران (۲۰۰۲) نیز در بررسی اثرات فصلی (بهار و تابستان) تنش خشکی در گونه *Ammopiptanthus mongolicus* نشان دادند که پرولین و قند در اثر تنش خشکی در مقایسه با گیاه آبیاری شده افزایش می‌یابد. این محققان همچنین نشان دادند که میزان پرولین در فصل تابستان افزایش و مقدار قند کاهش می‌یابد، و بیان داشتند که کاهش مقدار قند ممکن است به مراحل رشد و نمو گیاه مربوط باشد.

کلروپلاست نیز در تنش خشکی تأثیر می‌پذیرد. تنش خشکی باعث هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوییدی و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد (Martin & Torres, 1992). گیاهانی که در شرایط خشکی از میزان کلروفیل بالاتری برخوردار باشند، در شرایط مشابه از محصولات فتوسنتزی بیشتری برای رشد بهره می‌برند. مشابه پرولین، بیشترین میزان کلروفیل نیز در اسکنبیل طبسی مشاهده شد. همچنین Niakan و Ghorbanli (۲۰۰۷) در بررسی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد و فاکتورهای فتوسنتزی در دو رقم سویا نشان دادند که میزان کلروفیل a و b در تنش خشکی شدید و ملایم در هر دو رقم کاهش یافت، ولی مقدار آن در رقم ویلیامز بیشتر بود.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار سدیم و پتاسیم تفاوت معنی‌داری را بین گونه‌های اسکنبیل نشان نداد. ولی میزان تجمع پتاسیم در هر دو گونه چندین برابر سدیم بود. پتاسیم یک عنصر غذایی ماکرو است که برای همه انواع گیاهان ضروریست و نقش مهمی در تنظیم اسمزی دارد. سدیم حتی برای گیاهانی که فوق‌العاده هالوفیت هستند نیز یک عنصر ماکرو نیست. پاسخ رشدی گیاهان به سدیم در بین گونه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بسیاری از هالوفیت‌ها پاسخ رشدی مثبتی به سدیم نشان داده‌اند و این در حالیست که سدیم برای گلیکوفیت‌ها مرگ‌آور است. آزمایشها نشان می‌دهند که سدیم اضافی در بیشتر هالوفیت‌ها در واکوئل‌ها تجمع نموده و بدینوسیله ضمن ممانعت از سمیت اندامک‌های سیتوپلاسمی موجب تنظیم اسمزی نیز می‌گردند (Heidari-Shariabad & Mirzaie-Nodoushan, 2006).

مطالعات Wang و همکاران (۲۰۰٤) در سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) نشان داد که این گیاه مقدار زیادی سدیم (نه پتاسیم) را جذب و در بافت‌های هوایی جمع می‌کند. مشابه این نتایج توسط Heidari-shariabad و Mirzaie-Nodoushan (۲۰۰٦) روی سه گونه سالسولا نشان داده شد. مطالعات نشان می‌دهد که پتاسیم در پاسخ به خشکی و سدیم تحت تنش شوری در گیاهان تجمع پیدا می‌کنند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که گونه‌های اسکنبیل تمایل به تجمع پتاسیم برای تنظیم اسمزی خود دارند.

پتانسیل آب در اسکنبیل طبسی ۳٤/۲- بار و در اسکبیل ایرانی برابر با ۲۸/۸ مشاهده شد. سه گونه اسکنبیل مطالعه شده در آزمایش Dhief و همکاران (۲۰۰۹) پتانسیل آبی متفاوتی نشان دادند. گونه *Calligonum comosum* پتانسیل آبی منفی‌تری به‌ویژه در قبل از طلوع نسبت به دو گونه دیگر نشان داد. پتانسیل آبی اندازه‌گیری شده در این تحقیق با پتانسیل آبی گیاهان بیابانی مطالعه شده توسط Evans و همکاران (۱۹۹۲)، Grigg و همکاران (۲۰۰۸)، Sperry و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد.

میزان پتانسیل آب و پرولین بعد از آبیاری در هر دو گونه کاهش یافت ولی این کاهش در گونه اسکنبیل طبسی معنی‌دار بود. این به وضوح فعال بودن سیستم تنظیم اسمزی در این گونه‌ها را نشان می‌دهد. همچنین نشان می‌دهد که پرولین در این سیستم نقش مؤثری دارد. نتایج همچنین نشان داد که قندهای محلول ممکن است نقش کمتری در تنظیم اسمزی ایفا نماید. مشابه تحقیق حاضر، Sanchez-Diaz و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی مقاومت به خشکی در سه گونه درختی *Laurus azorica*, *Persea indica*, *Myrica Faya* دریافتند که میزان پتانسیل آب و پرولین بعد از آبیاری در همه گونه‌ها کاهش یافت. همچنین Xu و همکاران (۲۰۰۲) نیز در بررسی اثرات فصلی (بهار و تابستان) تنش خشکی در گونه *Ammopiptanthus mongolicus* نشان دادند که پرولین و قند در گیاهان آبیاری شده کاهش یافت.

نتیجه‌گیری کلی که از مقایسه این دو گونه اسکنبیل می‌توان کرد آن است که دو گونه اسکنبیل ایرانی و به‌ویژه اسکنبیل طبسی با حفظ پتانسیل منفی‌تر آب از طریق تجمع پرولین (همراه با تجمع قند و پتاسیم) و همچنین کلروفیل و محتوای نسبی آب بالاتر می‌توانند نقش بهتری در برابر تنش خشکی ایفا نمایند. لازم به ذکر است که رطوبت نسبی بالاتر آب در این دو گونه ممکن است به علت وجود سازوکارهای کاهش‌دهنده تلفات آب از طریق روزنه‌ها (بسته شدن روزنه‌ها در اثر ازدیاد اسید آبسیسیک اسید) یا عوامل دیگر باشد. همچنین تنظیم اسمزی ممکن است فقط از طریق افزایش املاح و یا اسمولیت‌های سازگار نباشد، بلکه از طریق کاهش حجم سلول با کم کردن الاستیسیته دیواره سلولی حاصل شود، البته از مواردیست که نیاز به تحقیق بیشتر دارد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری کارکنان اداره منابع طبیعی شهرستان طبس و همچنین دانشگاه یزد که مقدمات این تحقیق را فراهم نمودند تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

– Akhondi, M., Safarnejad, A. and Lahouti, M., 2006. Effect of drought stress on proline accumulation and mineral nutrients changes in alfalfa (*Medicago*

Endangered Plant Species in Iran. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran, Iran 750, p.
– Kaiser, W.M., 1989. Effect of water deficit on photosynthesis capacity. Plant Physiology, 71: 142-149.
– Kochert, G., 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. 56-97. In: Helebust, J.A. and Craig, J.S., (Eds.). Hand Book of Physiological Method. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
– De Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva, M.A. and Ruiz, H.A., 2005. Changes in growth and in solute concentrations in *Sorghum* leaves and roots during salt stress recovery. Environmental and Experimental Botany, 54: 69-76.
– Leone, A., Costa, A., Tucci, M. and Grillo, S., 1994. Comparative analysis of short and long-term changes in gene expression caused by low water potential in potato (*Solanum tuberosum*). Cell-suspension cultures. Plant Physiology, 106: 703-712.
– Irigoyen, J.J., Emerrich, D.W. and Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. Physiological Plant, 84: 55-60.
– Martin, B. and Torres, A.R., 1992. Effects of water deficits stress on photosynthesis, its components, and component limitations and on water use efficiency in wheat. Plant Physiology, 100:733-739.
– Moghimi, J., 2003. Introduction of Some Important Rangeland Species Suitable for Reclamation in Iran. Arvan Publication, Iran, 672 p.
– Mohammadi Fazel, A. and Safaei, M., 2000. Valuing the Global Biodiversity. Dayere Sabz Publication, Iran, 192 p.
– Mozaffarian, V., 1998. Flora of Yazd, Yazd Institute Publication, Iran, 473 P.
– Niakan, M. and Ghorbanli, M., 2007. The effect of drought stress on growth, photosysnthetic factors, content of proline, Na, and K content in two cultivars of soybean. Rostaniha, 8: 17-29.
– Rascio, A., Platani, C., Scalfati, G., Tonti, A. and Fonzo, N.D., 1994. The accumulation of solutes and water binding strength in durum wheat. Physiological Plant, 90: 715–721.
– Sanchez-Diaz, M., Tapia, C. and Antolin, M.C., 2008. Abscisic acid and drought response of Canarian laurel forest tree species growing under controlled conditions. Environmental and Experimental Botany, 64: 155-161.
– Shirazi, M.A., and Boersma, L., 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Science Society of America Journal, 48: 142-147.

sativa L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10: 165-174.
– Alizadeh, A. 1999. Applied Hydrology. Astane Ghods Razavi Publication, Iran, 816 p.
– Alves, A.A. and Setter, T.L., 2004. Abscisic acid accumulation and osmotic adjustment in cassava under water deficit. Environmental and Experimental Botany, 51: 259-271.
– Barker, D.J., Sullivan, C.Y. and Moser, L.E., 1993. Water deficit effect on osmotic potential, cell wall elasticity & proline in five forage grasses. Agronomy Journal, 85: 270-275.
– Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies . Plant soil, 39: 205–207.
– Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science, 160: 669-681.
– Bohnert, H.J., Nelson, D. and Jensen, R.G., 1999. Adaptation to environmental stresses. The Plant Cell, 7: 1099-1111.
– Bouteau, F., Dauphin, H., Maarouf, E. and Rona, J.P., 2001. Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: Implication tip growth. Physiological Plant, 113: 79-84.
– Campbell, G., 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data, Soil Science, 117: 311-314.
– Campbell, G., 1985. Soil Physics with BASIC: Transport Models for Soil-Plant Systems, Elsevier, New York, 150 p.
– Dhief, A., Gorai, M., Aschi-Smiti, S. and Neffati, M., 2009. Comparative phonological and water potential patterns of three *Calligonum* species in the eastern great Erg of Tunisia. Flora, 204: 581-592.
– Evans, R.D., Black, R.A., Loescher, W.H. and Fellows, R.J., 1992. Osmotic relations of the drought tolerant shrub *Artemisia tridentata* in response to water stress. Plant Cell Environment, 15: 49–59.
– Grigg, A.M., Veneklaas, E.J. and Lambers, H., 2008. Water relations and mineral nutrition of six closely related woody plant species on desert dunes and interdunes. Australian Journal of Botany, 56: 27–43.
– Heidari-Sharifabad, H., 2001. Plant Aridity and Drought. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran. 213 P.
– Heidari-Sharifabad, H. and Mirzaie-Nodoushan, H., 2006. Salinity-induced growth and some metabolic changes in three *Salsola* species. Journal of Arid Environments, 67: 715-720.
– Jalili, A. and Jamzad, Z., 2000. Red Data Book of Iran: a Preliminary Survey of Endemic, Rare and

– Sperry, J.S. and Hacke, U.G., 2002. Desert shrub water relations with respect to soil characteristics and plant functional type. Functional Ecology, 16: 367–378.
– Sudhakar, C., Reddy, P.S. and Veeranjaneyulu, K., 1993. Effect of salt stress on enzymes of proline synthesis and oxidation in green gram (*Phseolus aureus*) seedlings. Journal of Plant Physiology, 141: 621-623.
– Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A., 1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. New Phytologist, 137: 99–107.
– Turner, N.C. and Jones, M.M., 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation. 87-103. In: Turner, N.C. and Kramer, P.J., (Eds.). Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. Wiley-Inter-Science, New York, NY. Pp, 87-103
– Wang, S., Wan, Ch., Wang, Ya., Chen, H., Zhou, Z., Fu, H. and Sosebee, R.E., 2004. The characteristics of Na^+, K^+ & free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alexa Desert, China. Journal of Arid Environments, 56: 525-539.
– Xu, Sh., An, L., Feng, H., Wang, X. and Li, X., 2002. The seasonal effects of water stress on *Ammopiptanthus mongolicus* in a desert environment. Journal of Arid Environments, 51: 437-447.

The comparison of some drought resistance parameters in two *Calligonum* species (*Calligonum persicum, C. stenopterum*) in natural conditions

A. Mosleh Arany[*1], R. Ehghaghi[2], H. Azimzadeh[3] and M. Zargran[4]

1*- Corresponding author, Assis. Prof., Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I.R.Iran
E-mail: amosleh@yazduni.ac.ir
2- M.Sc., Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I.R.Iran
3- Assist. Prof., Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I.R.Iran
4- M.Sc., Forestry, Natural Resources office, Tabas, I.R.Iran

Received: 09.14.2011 Accepted: 02.24.2013

Abstract

Drought is one of the most important factors in desert ecosystems that affect plant growth. In this study some of drought parameters were studied on *Calligonum persicum*, and *C. stenopterum*, under control and irrigated conditions in a field experiment. Water potential was estimated -34.2 and -27.8 in *C. stenopterum* and *C. persicum* respectively. Two species showed no significant differences on praline contents but soluble sugar was significantly higher in *C. persicum* compared to *C. stenopterum*. In contrast, relative water content and chlorophyll were significantly higher in *C. stenopterum* compared to *Calligonum persicum*. The amount of Na^+ and K^+ was not significant for the two species. Irrigation significantly decreased water potential in *C. persicum and C. stenopterum*. Irrigation also decreased proline content in two species, but its effects were significant on *C. stenopterum*. Irrigation decreased water potential and soluble sugar in *C. stenopterum*. Comparison of drought effects in control and irrigated conditions showed that osmotic adjustment is active in both species. We concluded that the two species may be able to adapt to their habitats because they are able to adjust their osmotic potential via proline accumulation.

Key words: *Calligonum*, Water potential, Proline, Drought, Soluble sugar, Relative water content.