تاثیر تنش خشکی و برگزدایی بر برخی خصوصیات کمی آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کلپوره

علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، گلثومه عزیزی[1]

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی و برگزدایی بر برخی خصوصیات کمی ۴ گونه دارویی آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کلپوره، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل تنش خشکی در ۴ سطح (۰/۳-، ۵-، ۱۰- و ۱۵- بار) و تنش برگزدایی در ۳ سطح (۰، ۲۵ و ۵۰ درصد برگزدایی) بود. برای اعمال سطوح خشکی ابتدا با استفاده از صفحات فشاری، درصد رطوبت خاک در پتانسیل‌های مختلف آب تعیین شد و سپس گلدانها روزانه توزین و میزان آب از دست رفته به آن اضافه گردید. صفات مورد مطالعه در این آزمایش عبارت بودند از: عدد کلروفیل متر، مقاومت روزنه ای، درجه حرارت کانوپی، نسبت برگ به ساقه، وزن مخصوص برگ، درصد برگهای خشک (در دو گیاه آویشن شیرازی و کلپوره) و روند تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی. نتایج نشان داد که تنش خشکی، عدد کلروفیل متر را در گونه کاکوتی، وزن ویژه برگ را در دو گونه آویشن باغی و کاکوتی، درجه حرارت کانوپی را در آویشن باغی و کلپوره و درصد برگهای خشک را در آویشن شیرازی و کلپوره به طور معنی داری افزایش داد. تنش برگزدایی نیز عدد کلروفیل متر را در سه گونه آویشن شیرازی، کاکوتی و کلپوره، وزن ویژه برگ را در سه گونه آویشن شیرازی، آویشن باغی و کاکوتی و نسبت وزن خشک برگ به ساقه را در آویشن شیرازی کاهش داد. همبستگی معنی دار و منفی بین نسبت وزن خشک برگ به ساقه و سطوح مختلف خشکی در هر ۴ گونه مشاهده شد. با افزایش سطوح برگزدایی روند تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی در آویشن شیرازی و باغی نزولی و در کلپوره و کاکوتی صعودی بود. همچنین نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی همبستگی معنی دار و مثبتی با سطوح مختلف خشکی نشان داد. به طور کلی در مقایسه ۴ گونه گیاه دارویی مورد بررسی، کاکوتی مقاوم ترین و کلپوره حساسترین گونه به تنش‌ها بود.

واژه‌های کلیدی : کاکوتی، آویشن شیرازی، کلپوره، آویشن باغی، برگزدایی، تنش خشکی.

مقدمه

یکی از عوامل اقلیمی که بر توزیع و پراکنش گیاهان در سرتاسر جهان موثر است و ممکن است باعث تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاه شود(۳، ۲۹) کمبود آب در دسترس است. برخی مطالعات نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمتهای مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی (۱۸، ۴، ۱۶، ۲۵، ۱۳)، کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک (۳)، بسته شدن روزنه ها (۳، ۳۱)، کاهش فتوسنتز (۱۰، ۱۸، ۳)، تعرق (۱۸، ۳۱) تخریب آنزیم ها (۳)، پروتئینها

۱- به ترتیب اعضاء هیات علمی و دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (قطب علمی گیاهان زراعی ویژه).

و تغییر در سنتز پروتئینها (۱۹)، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل می‌شود (۳). علیرغم مطالعات گسترده ای که در مورد تاثیر تنش‌های محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده، اطلاعات در مورد واکنش گیاهان دارویی به این تنش ها، بسیار اندک می‌باشد.

حسنی و همکاران (۳) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی داری بر رشد، عملکرد، مقدار کلروفیل و اسانس ریحان داشت. با کاهش مقدار آب خاک، شاخصهایی چون ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگها، وزن تر و خشک برگها، ساقه و ریشه ها، شاخص سطح برگ (LAI)، سطح ویژه برگ (SLA)، مقدار کلروفیل a و b، کلروفیل کل و عملکرد اسانس کاهش و در مقابل، نسبت وزن خشک ریشه به شاخه و درصد اسانس افزایش یافت. لباسچی و همکاران (۹) طی تحقیقی به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی ملایم (۳- بار) و تنش خشکی شدید (۱۵- بار) باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی گل راعی شد. میسرا و همکاران (۲۱) مشاهده کردند که در گیاه نعناع، تنش آبی باعث کاهش معنی داری در سطح برگ، ماده تر و خشک، مقدار کلروفیل و عملکرد اسانس شد. بر اساس گزارش چارلز و همکاران (۴) کمبود آب در مرحله قبل از برداشت موجب کاهش میزان آرتمیزنین در گیاه درمنه خزری شد. گانپات و همکاران (۱۷) نیز واکنش اسفرزه به تعداد دفعات آبیاری را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش تعداد دفعات آبیاری تا ۵ نوبت، عملکرد کاه و کلش و تا ۴ نوبت آبیاری، عملکرد بذر افزایش یافت.

سلیم (۲۸) اظهار داشت که گیاهانی که در شرایط تنش‌های محیطی پرورش می‌یابند غالبا به خسارت حشرات برگخوار حساستر می‌شوند. تنشها سیستم دفاعی گیاهی را تضعیف کرده و به تبع آن آسیب پذیری گیاه نسبت به آفات بیشتر می‌شود. اما سادراس و همکاران (۲۷) طی تحقیقی روی پنبه به این نتیجه رسیدند که صدمه آفات به گیاهان، تحت شرایط مطلوب بیشتر از گیاهان تحت تنش خشکی می‌باشد، به عبارتی می‌توان گفت که مکانیسم‌های تنظیم برای کمبود آب ممکن است مقاومت به آفات را بهبود بخشد. شواهد آزمایشی نشان داده است که تنش برگزدایی (علفخواری) با کاهش تولید و افزایش تغییر پذیری آن، اثرات خشکی و شوری را تشدید می کند و این خسارت به آسانی قابل برگشت نیست (۳۰). در این ارتباط سادراس (۲۷) گزارش کرد که حشرات، مقاومت روزنه ای، سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق گیاه را کاهش می‌دهند.

هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثر تنش خشکی و برگزدایی بر برخی خصوصیات کمی و عملکرد ۴ گونه گیاه دارویی آویشن شیرازی، کاکوتی کوهی، آویشن باغی و کلپوره بوده است.

مواد وروشها

این تحقیق در سال ۱۳۸۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد آزمایش عبارت بودند از : تنش خشکی در ۴ سطح (پتانسیل آب خاک ۰/۳- بار یا ظرفیت زراعی، ۵-، ۱۰- و ۱۵- بار) و تنش برگزدایی در سه سطح (عدم برگزدایی، ۲۵ درصد و ۵۰ درصد برگزدایی).

ابتدا بذور در گلدانهای پلاستیکی با قطر دهانه ۱۹ سانتی متر، ارتفاع ۲۰ سانتی متر و گنجایش ۴ کیلوگرم خاک کاشته شدند به طوریکه مجموع وزن گلدان، زیر گلدانی و خاک آن به ۴/۳ کیلوگرم رسید. بعد از رشد گیاهچه‌ها فقط یک بوته در هر گلدان نگهداری شد. برای تعیین میزان آب مورد نیاز برای هر یک از تیمارهای تنش خشکی، قبل از اجرای آزمایش، درصد رطوبت وزنی خاک در فشارهای ۰/۳-، ۵-، ۱۰- و ۱۵- بار توسط صفحات فشاری[1] تعیین و منحنی رطوبتی آن ترسیم گردید. بر این اساس رطوبت وزنی خاک در فشار ۰/۳- بار، ۱۳ و در فشار ۱۵- بار ۵/۵ درصد بود.

به علت رشد کند و ضعیف بودن گیاهچه‌های گونه‌های مورد بررسی، اعمال تنش خشکی و برگزدایی تا زمان

1- Pressure plate

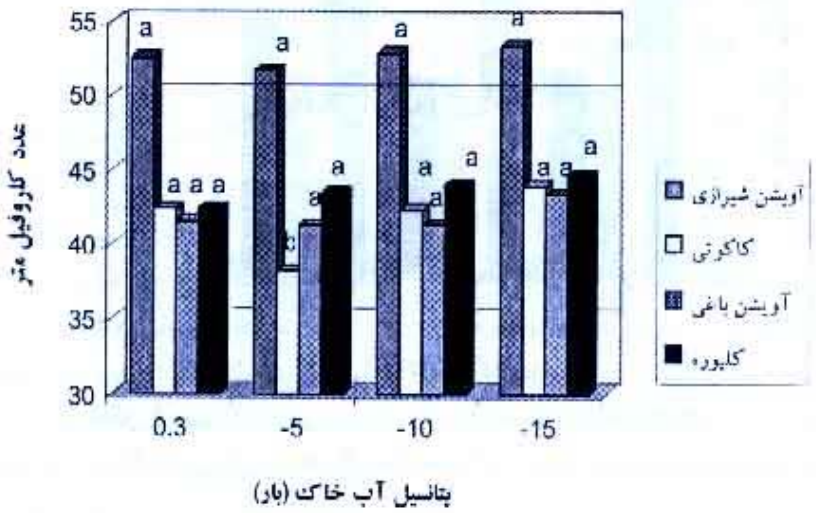
استقرار کامل گیاه به تعویق افتاد. در زمان اعمال تنش خشکی، گلدانها هر روز توزین و با در دست داشتن وزن هر گلدان در پتانسیل‌های آب خاک مورد نظر، میزان آب از دست رفته به آن اضافه شد. برای اعمال تنش برگزدایی نیز در مرحله گلدهی، بر اساس برآورد وزن هر گیاه، به جزء تیمار شاهد، ۲۵ و ۵۰ درصد از اندامهای هوایی قطع گردید.

بعد از اعمال تنش‌ها و به فاصله هر دو هفته، میزان کلروفیل برگ در۴ برگ بالای کانوپی، با دستگاه SPAD-502، درجه حرارت کانوپی توسط دستگاه ترمومتر مادون قرمز و مقاومت روزنه ای به وسیله دستگاه پرومتر اندازه گیری شد. همچنین وزن مخصوص برگ با اندازه گیری مساحت و وزن خشک برگها تعیین شد. در پایان آزمایش، گیاهان جمع آوری شده و نسبت وزن خشک برگ به ساقه در کلیه گونه‌ها و درصد برگهای خشک در دو گونه آویشن شیرازی و کلپوره تعیین گردید. همچنین در هر یک از تیمارها روند تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی اندازه گیری شد. برای انجام تجزیه آماری از نرم افزارهای MSTATC و EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

عدد کلروفیل متر

خشکی، عدد کلروفیل متر را در کاکوتی، به طور معنی داری تحت تاثیر قرار داد اما در گونه‌های آویشن شیرازی، آویشن باغی و کلپوره با افزایش سطوح خشکی، تغییر قابل ملاحظه ای در عدد کلروفیل متر ملاحظه نشد (شکل ۱). در کاکوتی در پتانسیل ۵- بار، عدد کلروفیل متر ۹/۹ درصد نسبت به شاهد (ظرفیت زراعی) کاهش یافت. این شاخص در تیمار ۱۰- بار، با شاهد تفاوتی نداشت و در سطح خشکی ۱۵ - بار نسبت به شاهد، ۳/۶ درصد افزایش یافت.



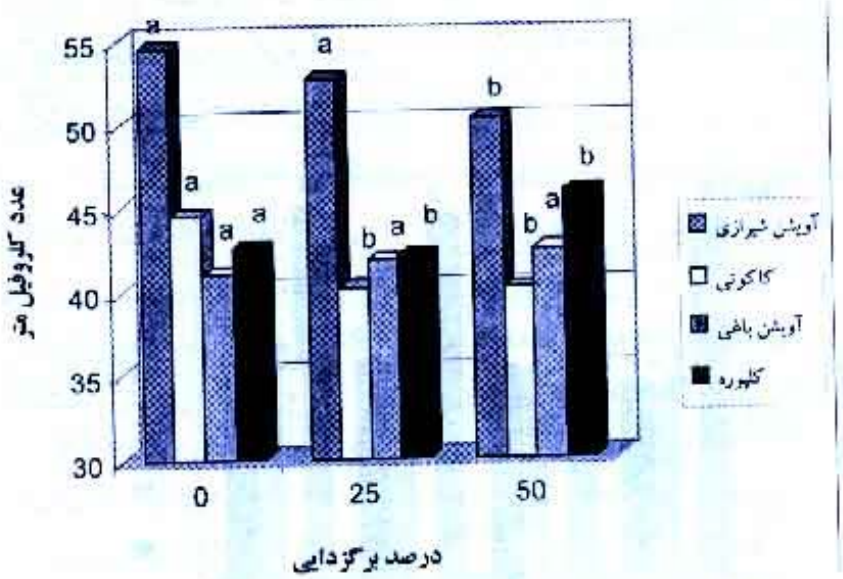
شکل۱: تغییرات میانگین عدد کلروفیل متر با سطوح مختلف خشکی.
برای هر گونه ، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند

افزایش عدد کلروفیل متر در اثر اعمال خشکی در آزمایشهای مختلفی گزارش شده است. حسنی و همکاران (۳) نشان دادند که در گیاه ریحان مقادیر کلروفیل a و b و مقدار کلروفیل کل در اثر تنش کم آبی کاهش یافت. صالحی (۵) نیز اثر خشکی را روی گندم بررسی کرد و بیان داشت که با افزایش تنش خشکی عدد کلروفیل متر افزایش یافت. میسرا و همکاران (۱۹) نشان دادند که تنش کم آبی باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل

می‌شود. در اثر خشکی تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیلa و کلروفیل b کاهش یافته و نسبت کلروفیل a به b نیز تغییر می‌کند. عباسی (۶) اظهار داشت که درگیاه آلروپوس (*Aeluropus spp.*) اثر خشکی بر عدد کلروفیل متر روند کاهشی داشت. آنتولین و همکاران (۱۱) نیز دریافتند که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش ولی نسبت کلروفیل a به b افزایش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش نسبت کلروفیل a به b موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل متر خواهد شد.

پنگ و همکاران (۲۳) همبستگی معنی داری را بین میزان کلروفیل و مقدار نیتروژن برگ به دست آوردند. آنها دریافتند که اختلاف در ضخامت برگ که در وزن مخصوص برگ منعکس می‌شود مسئول تفاوت رابطه بین نیتروژن و مقادیر عدد کلروفیل متر می‌باشد. مونژه و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند که شرایط محیطی، مورفولوژی برگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به نوبه خود روابط کلروفیل را متاثر می‌سازد. این محققین بیان کردند که مقدار کلروفیل برگ معمولاً با وضعیت نیتروژن برگ، فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز و توانایی فتوسنتزی مرتبط می‌باشد.

اثر برگزدایی بر عدد کلروفیل متر، در ۳ گونه آویشن شیرازی، کاکوتی و کلپوره از نظر آماری معنی دار بود. با افزایش درصد برگزدایی عدد کلروفیل متر، در کلیه گونه‌ها کاهش یافت (شکل ۲).



شکل ۲: تغییرات میانگین عدد کلروفیل متر با سطوح مختلف برگزدایی.
برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

اثرات متقابل تنش خشکی و برگزدایی برعدد کلروفیل متر در گونه‌های آویشن شیرازی، کاکوتی و کلپوره از نظر آماری معنی دار بود (جدول۱). از نتایج چنین بر می‌آید که اعمال تنش خشکی و برگزدایی شدید به طور همزمان سبزینگی برگ راکاهش می‌دهد. در گونه کاکوتی، واکنش عدد کلروفیل متر به برگزدایی بسیار شدیدتر از تنش خشکی بود. ممکن است دلیل مقاومت بیشتر کاکوتی به تنش خشکی، سطح کم هر برگ باشد، از طرفی این گونه دارای نسبت برگ به ساقه نسبتاً کمی بوده و با حذف بخشی از سطح فتوسنتز کننده، اختصاص مواد غذایی به اندامهای تنفس کننده نظیر ریشه و ساقه بیشتر شده و در نهایت برگهای باقیمانده زرد می‌شوند.

جدول ۱: تغییرات میانگین عدد کلروفیل متر با سطوح مختلف خشکی و برگزدایی

سطح خشکی		آویشن شیرازی	آویشن باغی	کاکوتی	کلپوره
عدم برگزدایی	۰/۳- بار	۵۲/۵ a*	۴۵/۴ bcd	۴۴/۴ ab	۴۲/۳ bcd
	۵- بار	۵۳/۳ a	۴۱/۸ bcd	۴۳/۴ abc	۵۱/۱ a
	۱۰- بار	۵۵/۳ a	۴۰/۳ ab	۴۵/۷ a	۳۸/۹ c
	۱۵- بار	۵۷/۳ a	۴۲/۴ a	۴۴/۸ a	۵۱/۲ a
۲۵ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۵۲/۷ a	۳۹/۳ bcd	۳۸/۳ c	۴۲/۶ bcd
	۵- بار	۵۰/۵ a	۴۲ de	۳۸/۱ cd	۴۲/۳ bcd
	۱۰- بار	۵۳/۳ a	۴۰/۳ bcd	۴۱/۱ abc	۴۸/۲ ab
	۱۵- بار	۵۴/۵ a	۴۶ abc	۴۳/۴ abc	۳۵/۵ d
۵۰ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۵۲/۱ a	۳۹/۸ bcd	۴۴/۳ a	۴۲ bcd
	۵- بار	۵۰/۹ a	۳۹/۸ cde	۳۲/۹ d	۲۶/۹ d
	۱۰- بار	۴۹/۸ a	۴۳/۱ de	۳۹/۴ bc	۴۴/۷ abc
	۱۵- بار	۴۸/۱ a	۴۱/۵ e	۴۲/۷ ab	۴۶/۹ ab

* برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

مقاومت روزنه ای

با افزایش سطوح خشکی، مقاومت روزنه ای افزایش یافت. البته این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود. همبستگی مثبت و معنی داری (r^2= ۰/۷۶) بین سطح مختلف پتانسیل آب خاک و میانگین مقاومت روزنه ای در گونه‌های مورد بررسی مشاهده شد (شکل ۳).

دمیتل و همکاران (۱۵) نیز گزارش کرده اند که تنش خشکی باعث تغییراتی در پتانسیل اسمزی سلولهای محافظ روزنه، پتانسیل اسمزی سلولهای اپیدرمی، ضخامت دیواره و اندازه سلولهای محافظ می‌شود. وانگ و همکاران (۳۲) بیان کردند که در شرایط کمبود آب، کاهش فشار آماس همراه با افزایش اسید آبسیک برگ باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که در پی آن ورود دی اکسید کربن، تعرق و فتوسنتز کاهش می‌یابد. کینگسبوری و همکاران (۲۰) نیز واکنش متفاوت گونه‌ها را به تنش‌های محیطی نشان دادند. این موضوع می‌تواند به دلیل تفاوت ژنتیکی گونه‌ها در واکنش به تنشهای محیطی باشد. صالحی (۵) نیز اظهار داشت که در گندم با افزایش تنش خشکی مقاومت روزنه ای افزایش یافت. عباسی (۶) نیز در گیاه آلروپوس به نتایج مشابهی دست یافت.

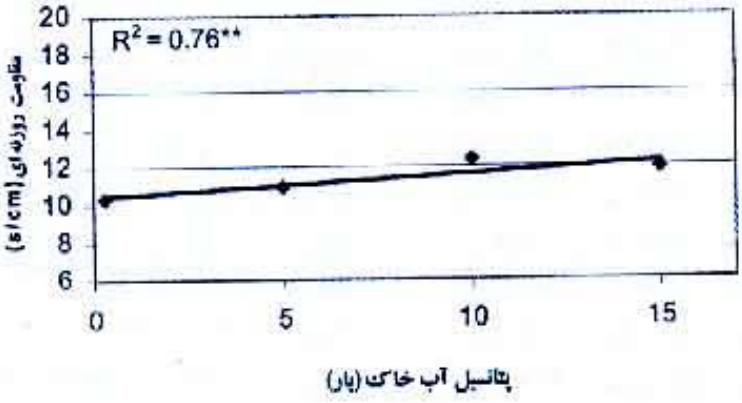
با افزایش درصد برگزدایی، تنها در گونه آویشن شیرازی، مقاومت روزنه ای کاهش یافت (شکل ۴) که این کاهش از نظر آماری معنی دار بود. در تیمار ۲۵ درصد برگزدایی، مقاومت روزنه ای ۲۶/۷ درصد و در ۵۰ درصد برگزدایی ۳۹/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت.

سادراس و همکاران (۲۷) اظهار داشتند که در پنبه، خسارت لارو کنه عنکبوتی کارکرد روزنه‌ها را دچار اختلال کرد و هدایت روزنه ای، فتوسنتز و تعرق را کاهش داد.

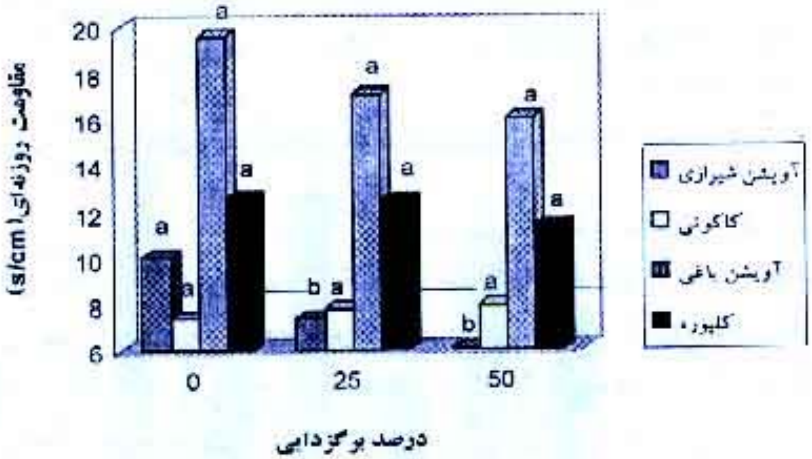
اثرات متقابل تنش خشکی و برگزدایی تنها در گونه آویشن باغی ازنظر آماری معنی دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که در شرایط عدم تنش خشکی و با افزایش درصد برگزدایی، مقاومت روزنه ای تا حدود نصف مقاومت روزنه ای در شرایط مطلوب (شاهد) کاهش یافت و این حاکی از حساسیت بیشتر این گیاه به برگزدایی است.

درجه حرارت کانوپی

در دو گونه آویشن باغی و کلپوره، تغییرات درجه حرارت کانوپی با افزایش سطح خشکی، از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۵). در آویشن باغی با افزایش سطوح خشکی، درجه حرارت کانوپی افزایش یافت اما در کلپوره روند باثباتی مشاهده نشد.



شکل ۳: تغییرات میانگین مقاومت روزنه ای چهار گونه تحت بررسی با سطوح مختلف خشکی.



شکل۴: تغییرات میانگین مقاومت روزنه ای با سطوح مختلف برگزدایی.

برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

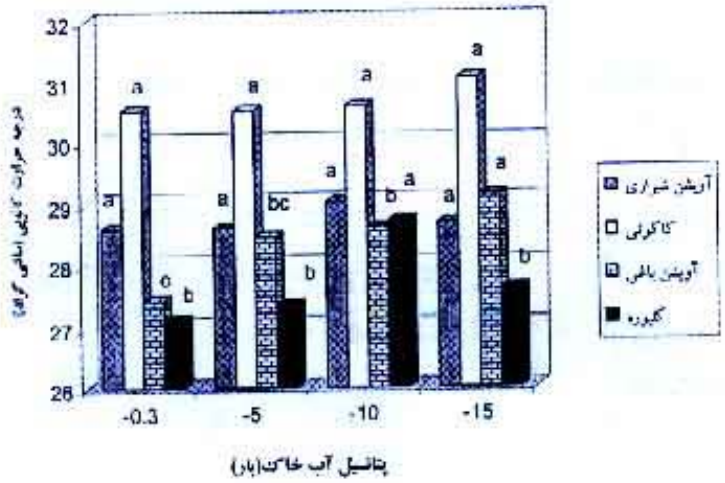
جدول۲: تغییرات میانگین مقاومت روزنه ای (ثانیه بر سانتی متر) با سطوح مختلف خشکی و برگزدایی

سطح خشکی		آویشن شیرازی	آویشن باغی	کاکوتی	کلپوره
عدم برگزدایی	۰/۳- بار	۹/۴ a*	۲۳/۴ a	*۷/۹ a	*۱۱/۴ a
	۵- بار	۹/۹ a	۲۳/۱ a	۷ a	۱۱/۵ a
	۱۰- بار	۱۱/۱a	۱۷/۴ abc	۷/۲ a	۱۲/۹ a
	۱۵- بار	۹/۹ a	۱۴/۳ bc	۷/۶ a	۱۴/۵ a
۲۵ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۶/۷ a	۱۱/۷ cd	۸/۲ a	۸/۸ a
	۵- بار	۸/۲ a	۱۵/۴ abcd	۶/۷ a	۱۲/۶ a
	۱۰- بار	۷/۲ a	۲۲/۸ a	۷/۳ a	۱۴/۱ a
	۱۵- بار	۷/۶ a	۱۸/۳ abcd	۸/۸ a	۱۴/۴ a
۵۰ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۵/۳ a	۱۳/۵ bc	۵/۹ a	۱۱/۵ a
	۵- بار	۶/۴ a	۱۰/۸ d	۸/۲ a	۱۱/۴ a
	۱۰- بار	۶/۵ a	۲۰/۴ ab	۹ a	۱۱/۲ a
	۱۵- بار	۷/۵ a	۱۹/۸ abc	۸/۷ a	۱۱/۴ a

* برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

عباسی (۶) نیز گزارش کرد که با افزایش سطوح مختلف خشکی در گیاه آلروپوس از شاهد تا ۱۵- بار، دمای سطح برگ افزایش یافت. وی این روند را چنین توجیه کرد که مواجه شدن گیاه با تنش خشکی باعث مسدود شدن روزنه‌ها و افزایش تنفس و به تبع آن افزایش دما در سطح برگ می‌شود. کاهش سطح برگ نیز که موجب انتقال سریعتر دمای برگ به سطح آن می‌شود، یکی از دلایل افزایش دمای سطح برگ می‌باشد.

اثرات متقابل پتانسیل آب خاک و درصد برگزدایی، روی درجه حرارت کانوپی تنها در گونه کلپوره و با اطمینان ۹۰ درصد از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی و برگزدایی درجه حرارت کانوپی افزایش یافت.



شکل۵ :تغییرات میانگین درجه حرارت کانوپی با سطوح مختلف خشکی.
برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳: تغییرات میانگین درجه حرارت کانوپی(درجه سانتی گراد) با سطوح مختلف خشکی و برگزدایی

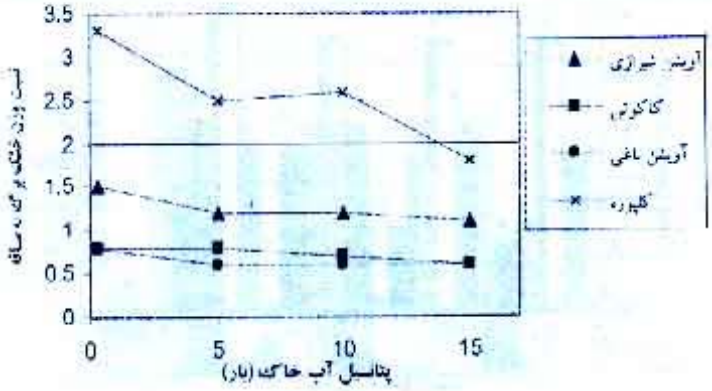
سطح خشکی		آویشن شیرازی	آویشن باغی	کاکوتی	کلپوره
عدم برگزدایی	۰/۳- بار	۲۸/۸ a*	۲۷/۶ a	۳۱/۳ a	۲۶/۴ de
	۵- بار	۲۸/۵ a	۲۸/۸ a	۳۰ a	۲۸/۳ ab
	۱۰- بار	۲۹/۲ a	۲۸/۱ a	۲۹/۷ a	۲۸/۳ ab
	۱۵- بار	۲۸/۸ a	۲۹/۲ a	۳۱/۲ a	۲۸ abc
۲۵ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۲۸/۴ a	۲۷/۳ a	۲۹/۶ a	۲۷/۳ bcdc
	۵- بار	۲۸/۵ a	۲۷/۵ a	۳۰ a	۲۷/۸ bcd
	۱۰- بار	۲۹/۸ a	۲۹ a	۳۰/۷ a	۲۸/۶ ab
	۱۵- بار	۲۸/۶ a	۲۹/۷ a	۳۱/۷ a	۲۸/۱ abc
۵۰ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۲۸/۵ a	۲۷/۶ a	۳۰/۶ a	۲۷/۵ bcd
	۵- بار	۲۸/۸ a	۲۹ a	۳۱ a	۲۶ e
	۱۰- بار	۲۸/۱ a	۲۸/۷ a	۳۱/۳ a	۲۹/۳ a
	۱۵- بار	۲۸/۸ a	۲۹/۲ a	۳۰/۲ a	۲۶/۷ cde

* برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

لازم به ذکر است که در اندازه گیری‌های مختلف دمای کانوپی، میانگین درجه حرارت محیط حدود ۲۴ درجه سانتی گراد بود.

نسبت وزن خشک برگ به ساقه

در کلیه گونه‌ها با افزایش سطوح تنش خشکی، نسبت وزن خشک برگ به ساقه روند کاهشی نشان داد. همچنین همبستگی منفی معنی داری بین سطوح مختلف تنش خشکی و نسبت برگ به ساقه وجود داشت (شکل ۶). ضریب همبستگی در آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کلپوره به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۹۰، ۰/۵۹ و ۰/۸۵ بود. در شرایط تنش تلفات برگ و طبیعتاً درصد برگ‌های خشک افزایش و درصد برگهای باقیمانده روی گیاه نسبت به حالت شاهد کاهش یافت، در نتیجه با کاهش تعداد برگ، نسبت وزن برگ به ساقه کاهش یافت.



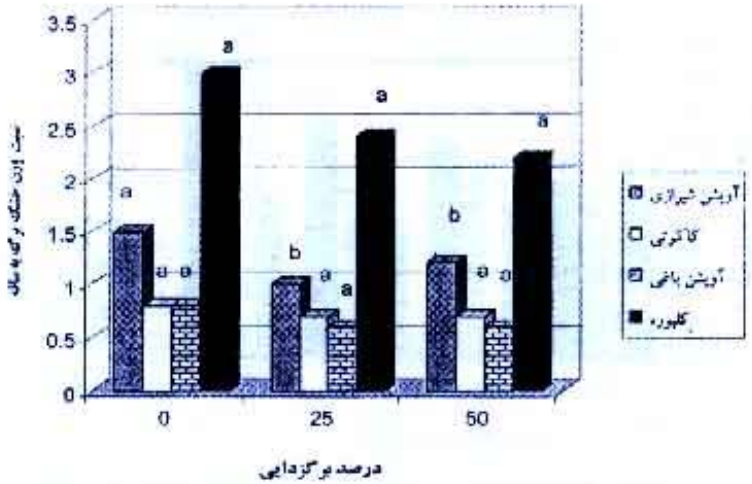
شکل۶: رابطه بین تغییرات نسبت وزن خشک برگ به ساقه با سطوح مختلف خشکی

در مقایسه گونه‌های مورد آزمایش در شرایط بدون تنش، نسبت وزن خشک برگ به ساقه در کلپوره بیش از دو برابر آویشن شیرازی و چهار برابر آویشن باغی و کاکوتی بود. همچنین با افزایش سطوح تنش خشکی، کاهش بیشتری در نسبت وزن خشک برگ به ساقه در کلپوره نسبت به سایرین حادث شد.

حسنی و همکاران (۳) اظهار داشتند که در گیاه ریحان شاخص سطح برگ و نسبت سطح برگ در سطوح مختلف تنش آبی اختلاف معنی داری نشان داد. کاهش شاخص سطح برگ و نسبت سطح برگ تحت شرایط کم آبی در گیاه نعناع، توسط رام و همکاران (۲۶) نیز گزارش شده است. سایمون و همکاران (۲۹) نشان دادند که در گیاه ریحان با کاهش پتانسیل آب برگ از ۰/۳- مگاپاسکال (تنش آبی متوسط) وزن خشک برگ و ساقه با تشدید کمبود آب کاهش نشان داد. کاهش وزن برگ مرده در اثر تنش آبی نیز گزارش شده است (۸).

با افزایش درصد برگزدایی، نسبت وزن خشک برگ به ساقه، در کلیه گونه‌ها روند نزولی نشان داد که تنها در گونه آویشن شیرازی از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۷). در تیمار ۲۵ درصد برگزدایی این نسبت ۰/۵ و در ۵۰ درصد برگزدایی ۰/۳ واحد نسبت به شاهد کاهش یافت.

در گونه آویشن شیرازی اثرات متقابل تنش خشکی و برگزدایی بر نسبت وزن خشک برگ به ساقه معنی دار بود (جدول ۴). به طور کلی نتایج نشان داد که تنش خشکی و برگزدایی، نسبت برگ به ساقه را هر چند به میزان جزئی کاهش می‌دهد.



شکل ۷ :تغییرات نسبت وزن خشک برگ به ساقه با سطوح مختلف برگزدایی.
برای هر گونه ، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴:تغییرات نسبت وزن خشک برگ به ساقه با سطوح مختلف خشکی و برگزدایی در آویشن شیرازی

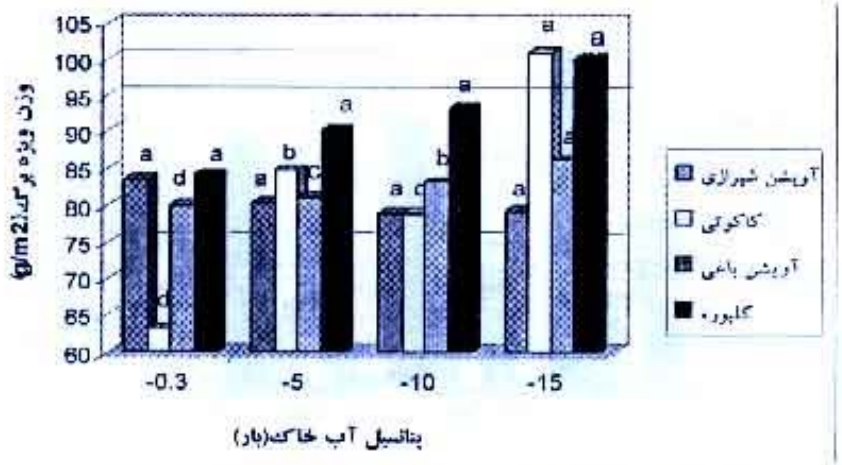
سطح خشکی		آویشن شیرازی	آویشن باغی	کاکوتی	کلپوره
عدم برگزدایی	۰/۳- بار	۱/۷ ab*	۱ u	۰/۷ a	۳/۵ de
	۵- بار	۱/۸ a	۰/۶ a	۰/۸ a	۲/۹ ab
	۱۰- بار	۱/۷ bcde	۰/۹ a	۰/۷ u	۲/۸ ab
	۱۵- بار	۱/۹ abc	۰/۹ a	۰/۸ a	۲/۶ abc
۲۵ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۱/۵ abcd	۰/۵ a	۱ a	۴/۲ bcde
	۵- بار	۰/۸ e	۰/۹ u	۰/۷ a	۱/۹ bcd
	۱۰- بار	۰/۸ e	۰/۵ a	۰/۶ a	۲/۶ ab
	۱۵- بار	۰/۹ e	۰/۴ a	۰/۶ u	۰/۹ abc
۵۰ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۱/۲ abcd	۰/۷ a	۰/۹ a	۲/۲ bcd
	۵- بار	۱ cde	۰/۵ a	۰/۹ u	۲/۷ e
	۱۰- بار	۱/۱ ab	۰/۴ a	۰/۸ a	۲/۲ a
	۱۵- بار	۰/۹ de	۰/۶ a	۰/۵ u	۱/۹ cde

* برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

وزن ویژه برگ

تنش خشکی، وزن ویژه برگ را در دو گونه کاکوتی و آویشن باغی به طور معنی داری تحت تاثیر قرار داد (شکل ۸). به نظر می‌رسد که با افزایش تنش خشکی، برگها ضخیم تر شدند. با این وجود، در کاکوتی، تغییرات وزن ویژه برگ، در پاسخ به تنش خشکی، روند مشخصی را دنبال نکرد. اما در آویشن باغی با افزایش سطح خشکی، وزن ویژه برگ روند افزایشی نشان داد.

افزایش وزن ویژه برگ موجب افزایش تعداد کلروپلاست در واحد سطح و افزایش کارایی مصرف آب می گردد که به دلیل سطح برگ کمتر همراه با کلروپلاست بیشتر می‌باشد.

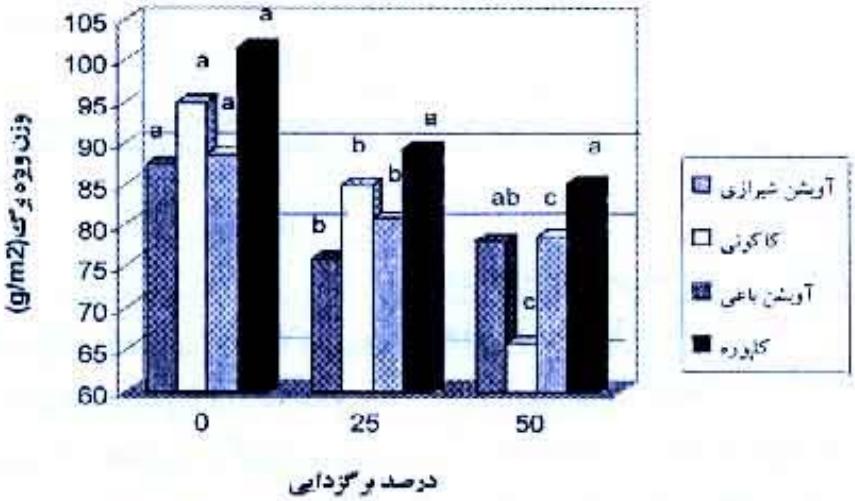


شکل۸: میانگین تغییرات وزن ویژه برگ با سطوح مختلف خشکی.

برای هر گونه ، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

عباسی (۶) اظهار داشت که در گیاه آلروپوس، افزایش شدت تنش خشکی از شاهد تا ۵- بار وزن ویژه برگ را به مقدار اندکی افزایش داد ولی پس از آن روند خاصی ملاحظه نشد. صالحی (۵) نیزاظهار داشت که در گندم با افزایش تنش خشکی وزن ویژه برگ در تیمار ۱- بار ۳۶/۵ بود و در تیمار ۳- بار ۸۰/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در شرایط کمبود آب، به منظور کاهش تعرق و حفظ رطوبت گیاه، سطح برگ کاهش می‌یابد که این موضوع با افزایش ضخامت برگ همراه است (۶). حسنی و همکاران (۳) نیز گزارش کرده اند که در گیاه ریحان، مقادیرشاخص سطح ویژه برگ در سطوح مختلف تنش آبی اختلاف معنی داری نشان دادند. چون این شاخص‌ها ارتباط مستقیمی باسطح برگ دارند، بنابراین تغییرات آنها نیز تابع تغییرات سطح برگ است. نتایج مشابهی نیز توسط رام و همکاران (۲۶) در گیاه نعناع گزارش شد. سادراس و همکاران (۲۷) نیز بیان کردند که وزن مخصوص برگ پنبه در تیمارهای تحت تنش آبی بیشتر بود و دلیل آن را حساسیت بیشتر گسترش برگ به تنش آب ذکر کردند. همچنین همبستگی شدیدی بین وزن مخصوص برگ و شدت خسارت حشرات به برگ (تنش علفخواری) وجود داشت (۲۷).

با افزایش شدت برگزدایی نیز وزن ویژه برگ در ۴ گونه مورد بررسی کاهش یافت (شکل ۹).



شکل۹: تغییرات وزن ویژه برگ با سطوح مختلف برگزدایی.

برای هر گونه ، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

اثرات متقابل بین سطوح مختلف خشکی و برگزدایی بر وزن ویژه برگ در گونه‌های کاکوتی و آویشن باغی معنی دار بود (جداولهای ۵). در هر دو گونه، کمترین عدد وزن ویژه برگ مربوط به تیمار ۵۰ درصد برگزدایی با پتانسیل آب خاک ۰/۳- بار بود.

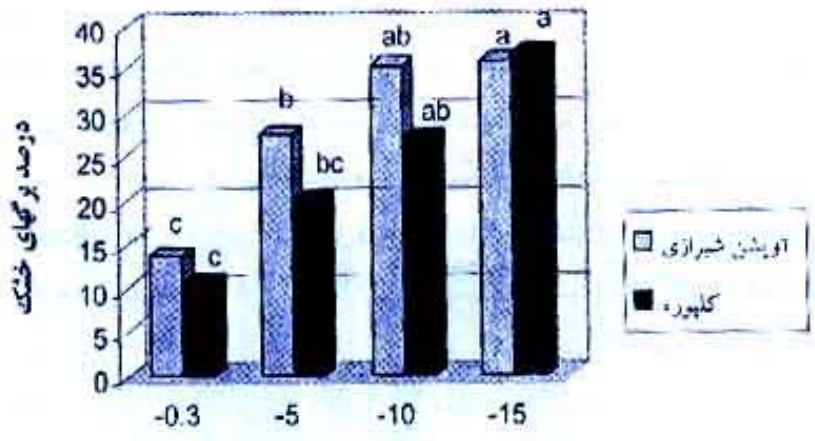
جدول۵ : تغییرات وزن ویژه برگ با سطوح مختلف خشکی و برگزدایی

		آویشن شیرازی	آویشن باغی	کاکوتی	کلپوره
عدم برگزدایی	۰/۳- بار	۹۰/۸ a*	۹۰/۳ b	۶۲ hi	۹۲/۷ a
	۵- بار	۸۳ a	۹۰ b	۱۲۰ B	۱۰۹/۷ a
	۱۰- بار	۸۳/۳ a	۹۰ b	۹۸ d	۹۴ a
	۱۵- بار	۹۳/۵ a	۸۴ c	۱۰۰ C	۱۱۰/۳ a
۲۵ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۷۵/۸ a	۹۰ b	۷۰ f	۸۶/۳ a
	۵- بار	۷۷/۸ a	۸۴ c	۷۰ F	۷۷ a
	۱۰- بار	۷۲ a	۸۰ d	۶۱ i	۱۰۵ a
	۱۵- بار	۷۹ a	۷۰ c	۱۴۰ a	۸۹ a
۵۰ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۸۵ a	۶۰ f	۵۸ J	۷۴/۳ a
	۵- بار	۸۰/۸ a	۷۰ c	۶۵ G	۸۴/۳ a
	۱۰- بار	۸۲ a	۸۰ d	۷۸ E	۸۱ a
	۱۵- بار	۶۵/۵ a	۱۰۵ a	۶۳ H	۱۰۱/۳ a

* برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

درصد برگهای خشک

در گونه‌های آویشن شیرازی و کلپوره با افزایش سطوح خشکی درصد برگهای خشک افزایش یافت که این افزایش از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۱۰)



شکل۱۰: تغییرات درصد برگهای خشک با سطوح مختلف خشکی.

برای هر گونه ، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

طبیعتاً در شرایط تنش خشکی گیاه با کاهش تعداد و یا کوچکتر کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد (۳) و این رویداد باعث تلفات بیشتر برگ و کاهش سطح فتوسنتز کننده می گردد.

در گونه کلپوره اثرات متقابل تنش برگزدایی و خشکی نیز بر درصد برگهای خشک معنی دار بود (جدول ۶). به طور کلی می‌توان چنین استباط کرد که با افزایش تنش خشکی و برگزدایی، درصد برگهای خشک افزایش یافت.

جدول ۶ :تغییرات درصد برگهای خشک با سطوح مختلف خشکی و برگزدایی

سطح خشکی		آویشن شیرازی	کلپوره
عدم برگزدایی	۰/۳- بار	۱۸/۴ a*	۱۲/۶ dc
	۵- بار	۲۱/۸ a	۲۰/۷ bcde
	۱۰- بار	۳۸/۸ a	۲۳/۷ cdc
	۱۵- بار	۳۱/۲ a	۴۳/۴ cde
۲۵ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۱۱/۲ a	۱۲ dc
	۵- بار	۲۷ a	۱۴/۳ cde
	۱۰- بار	۴۵/۲ a	۳۲/۳ bc
	۱۵- بار	۳۳/۱ a	۵۳/۳ a
۵۰ درصد برگزدایی	۰/۳- بار	۱۲/۴ a	۸/۵ e
	۵- بار	۳۵/۱ a	۲۵/۹ cde
	۱۰- بار	۲۲/۸ a	۱۸/۵ bc
	۱۵- بار	۴۴/۳ a	۱۴/۴ ab

* برای هر گونه ، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک ، در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی

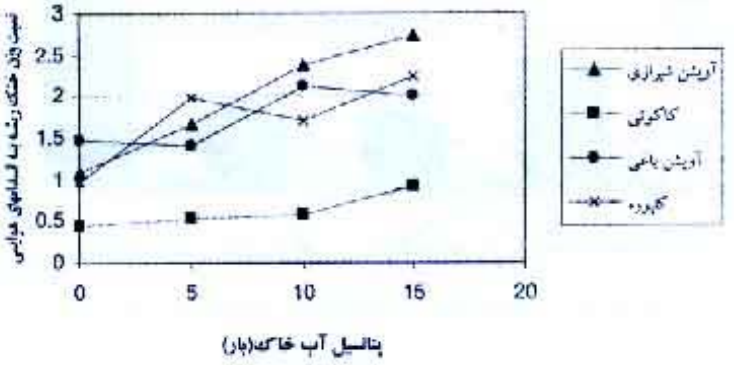
در هر یک از گونه‌های مورد بررسی، نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی با افزایش تنش خشکی روند افزایشی نشان داد. همچنین همبستگی معنی داری بین سطوح مختلف خشکی و نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی مشاهده شد (شکل ۱۱). ضریب همبستگی در آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کلپوره به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۸۵، ۰/۶۷ و ۰/۶۸ بود.

نسبت ریشه به اندامهای هوایی در شرایط ظرفیت زراعی بسته به گونه متفاوت بود، به طوری که گونه آویشن شیرازی بیشترین و کاکوتی کمترین میزان نسبت وزن خشک ریشه به ساقه را به خود اختصاص داد. البته روند افزایش این نسبت نیز با افزایش سطوح خشکی در آویشن شیرازی بیشتر و در کاکوتی کمتر از دیگر گونه‌ها بود.

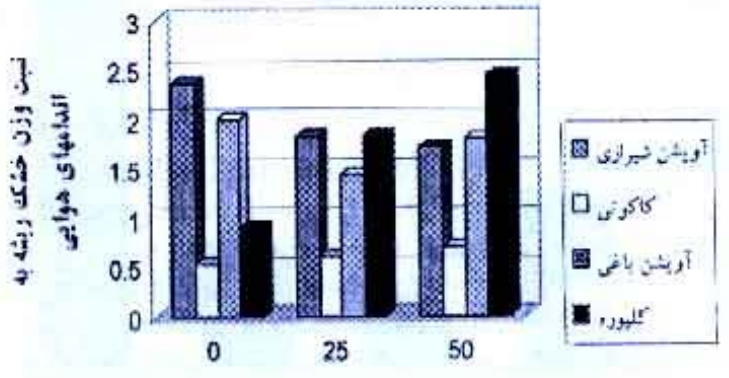
بارسویس و همکاران (۱۲) بیشترین عملکرد ریشه آتروپا را در شرایط مطلوب آب به دست آوردند. کادهاری و همکاران (۱۴) نیز دریافتند که در گندم وزن ریشه گیاهان با آبیاری بیشتر از گیاهان رشد یافته تحت تاثیر تنش خشکی است همچنین پسرکلی و همکاران (۲۵) اظهار داشتند که تنش خشکی به طور معنی داری وزن خشک قسمتهای مختلف گیاهی اعم از ریشه و اندامهای هوایی را کاهش می‌دهد. حسنی و همکاران (۳) نیز گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه افزایش یافت به طوریکه بیشترین و کمترین نسبت وزن

خشک ریشه در تیمارهای ۵۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی دیده شد. عباسی (۶) نشان داد که اثر خشکی بروزن خشک ریشه بسته به گونه گیاهی متفاوت است به نحوی که گونه *Aeluropus logopoides* بیشتر از گونه *A. littoralis* تحت تاثیر خشکی قرار گرفت. در تحقیق دیگری (۳) روی گیاه مرزه نیز نشان داده شد که در شرایط کمبود آب نسبت وزن خشک ریشه به شاخه افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد که تحت چنین شرایطی فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها تخصیص داده می‌شود. بنابراین برخی از گیاهان در پاسخ به خشکی، میزان جذب آب را از طریق حفظ نسبی رشد و افزایش نسبت ریشه به شاخه افزایش داده و لذا آب قابل دسترس خاک در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۷). بهرامی و همکاران (۲) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، پتانسیل آب برگ، سطح برگ هر بوته و وزن ماده خشک ریشه در برخی گندمیان کاهش یافت. این محققین اظهار داشتند که نسبت ریشه به شاخه در علفهای گندمی پابلند و چاودار کوهی به ترتیب افزایش و کاهش معنی داری پیدا کرد. ارجی و همکاران (۱) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی وزن خشک ریشه، شاخه و برگ در ارقام مختلف زیتون بومی ایران به طور معنی داری کاهش یافت. ژیانگ و همکاران (۱۸) نیز دریافتند که خشکی وزن خشک ریشه پوآی کنتاکی (*Kentucky bluegrass*) را به طور معنی داری کاهش داد.

در دو گونه آویشن شیرازی و آویشن باغی با افزایش درصد برگزدایی نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی روند نزولی نشان داد اما در گونه‌های کاکوتی کوهی و کلپوره این نسبت افزایش یافت (شکل ۱۲).



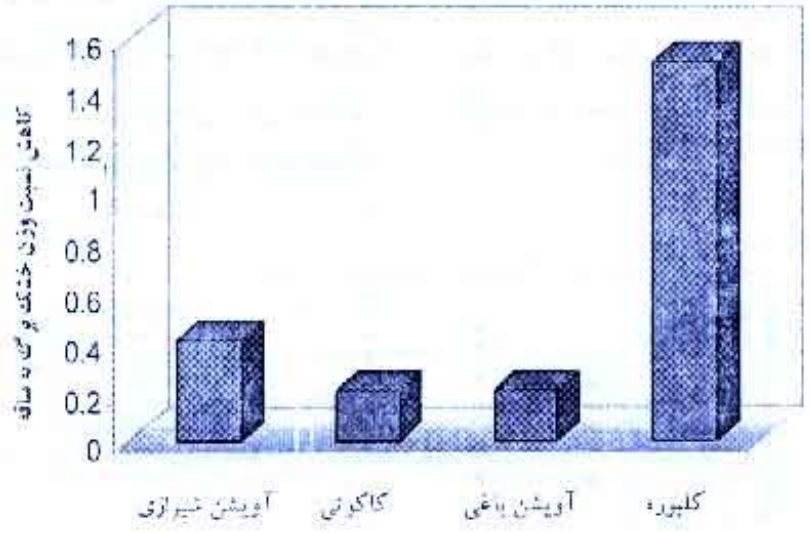
شکل۱۱: رابطه نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی با سطوح مختلف خشکی



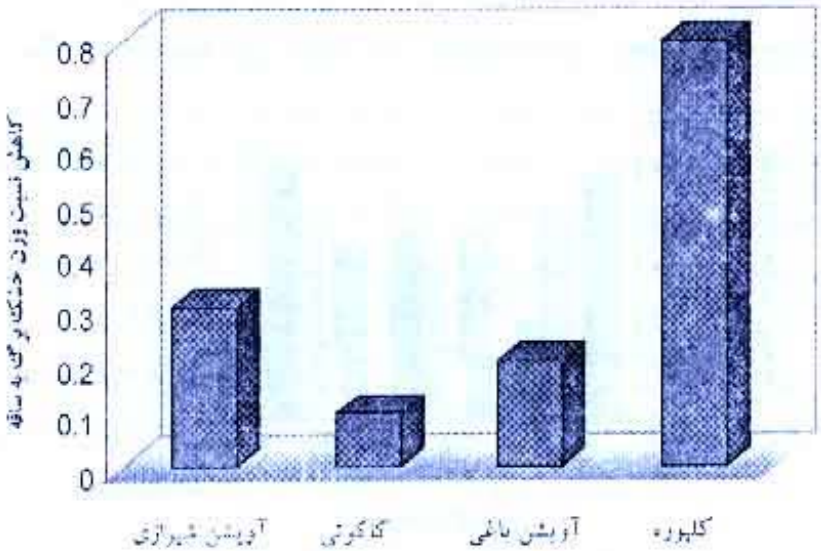
شکل۱۲: تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به اندامهای هوایی با سطوح مختلف برگزدایی (نتایج مربوط به یک تکرار است).

پسرکلی (۲۴)اظهار داشت که قطع قسمتی از گیاه و برداشت آن باعث سریع شدن رشد ریشه نسبت به ساقه می‌شود. از طرف دیگر اگر گیاهان، برگریز شوند، رشد و فتوسنتز در ساقه باقیمانده بهبود می‌یابد که می‌تواند به عنوان نوعی تغییر القایی در تخصیص منابع و مواد تفسیر شود. فقدان قسمتی از کانوپی گیاه یا از دست دادن قسمتی از ریشه، تعادل هورمونی را در گیاه از بین می‌برد. فیض (۷) نیز بیان کرد که چرانیدن بیش از حد، سبب کوچک ماندن سیستم ریشه و کاهش وزن آن می‌شود. درنتیجه چنانچه گیاه در معرض خشکی و یا سرما قرار گیرد از بین می‌رود.

تنش‌های خشکی و برگزدایی به طور کلی باعث کاهش عملکرد در گونه‌های مورد بررسی شد که شدت این کاهش بسته به گونه متفاوت بود (اشکال ۱۳ و ۱۴). این تفاوت، ناشی از واکنش‌های متفاوت این گونه‌ها به تنش است که در بررسی برخی شاخصهای فیزیولوژیکی نیز مشاهده شد. در بین ۴ گونه مورد بررسی، کاکوتی کمتر و کلپوره بیشتر از سایرین تحت تاثیر تنش واقع شد.



شکل ۱۳: کاهش نسبت وزن خشک برگ به ساقه با افزایش سطح خشکی از شاهد به ۱۵- بار در کلیه گونه ها



شکل ۱۴: کاهش نسبت وزن خشک برگ به ساقه با افزایش درصد برگزدایی از شاهد به ۵۰ درصد برگزدایی در کلیه گونه ها

نتایج این آزمایش نشان داد که همه گیاهان مورد بررسی مقاومت خوبی به خشکی و برگزدایی نشان دادند اما مقاومت کاکوتی کوهی و آویشن باغی به خشکی و برگزدایی بیشتر از سایر گونه‌ها بوده و از این گیاهان می‌توان جهت کشت در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده کرد.

سپاسگزاری:

بودجه این طرح از محل قطب علمی گیاهان زراعی ویژه تامین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می شود.

منابع

۱. ارجی، ع. و ک. ارزانی. ۱۳۸۲. بررسی پاسخهای رشدی و تجمع پرولین در سه رقم زیتون بومی ایران به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج. ۱۰. ش. ۲. ص. ۱۰۰ -۹۱.

۲. بهرامی، ح. و م. ج. بحرانی. ۱۳۸۰. واکنش برخی گندمیان علوفه‌ای به تنش خشکی. چکیده مقالات دومین همایش ملی مرتع و مرتع داری ایران. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. ۱۸-۱۶ بهمن.

۳. حسنی، ع و ر. امیدبیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۲. شماره ۳. ص. ۵۹-۴۷.

۴. زهتاب سلماسی، س.، ع. جوانشیر، ر. امید بیگی، ه. آلیاری، ک. قاسمی گلعذانی و ج. افشار. ۱۳۸۲. اثر تاریخ کاشت و حذف آبیاری بر روی میزان اسانس و آنتول در گیاه دارویی آنیسون (*Pimpinella anisum* L.). مجله دانش کشاورزی. ج. ۱۳. ش. ۲. ص. ۵۶ ۴۷.

۵. صالحی، م. ۱۳۸۱. اثر افزایش CO_2 و تنش‌های شوری، خشکی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گندم بهاره. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۶. عباسی، ف. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات سطوح مختلف شوری و خشکی بر خصوصیات رشد و جنبه‌های فیزیولوژیکی گیاه *Aeluropus spp.* رساله دکتری زیست شناسی گیاهی (فیزیولوژی گیاهی)، دانشگاه آزاد اسلامی تهران.

۷. فیض، ع.م. ۱۳۳۶. زراعت گیاهان علوفه ای و احداث چراگاه. انتشارات فاروس ایران.

۸. کرم زاده، س. ۱۳۸۲. خشکی و تولید مواد موثره در گیاهان دارویی و معطر. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی. ش. ۷. ص. ۹۵-۹۰.

۹. لباسچی، م.ح.، ا. شریفی عاشور آبادی و د. مظاهری. ۱۳۸۲. اثرات تنش خشکی بر تغییرات هیپریسین گل راعی (*Hypericum perforatum*). مجله پژوهش و سازندگی. ش. ۵۸. ص. ۵۱-۴۴.

۱۰. مدیر شانه چی، م. ۱۳۶۹. تولید و مدیریت گیاهان علوفه ای (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

11. Antolin, M. C., J. Yoller and M. Sanchez- Diaz. 1995. Effect of temporary drought on nitrate – fed and nitrogen – fixing alfalfa plants. *Plant Science*. 107:159-165.

12. Baricevic, D. A. Umek, S. Kreft, B. Maticic and A. Zupancic. 1999. Effect of water stress and nitrogen fertilization on the content of hyoscyamin and scopolamine in the roots of deadly nightshade (*Atropa bllandonna*). *Environmental and Exprimental Botany*. 42: 17-24.

13. Carrubba, A. and R. L. Torre. 2002. Cultivation trials of some arromatic and medicinal plants in a semi-arid mediterranean environment. *Acta Horticulture* . 576: 207-213.

14. Chaudhuri,U. N., M. B. Kirkham and E. T. Kanemasu. 1990. Root growth of winter wheat under elevated carbon dioxide and drought. *Crop Science*. 30: 853-857.

15. Demichele, D. W. and P. J. H. Sharpe. 1974. A parametric analysis of the anatomy and physiology of stomata. *Agricultural Meteorology*. 14: 229-241.

16. Flexas J., J. Escalona , S. Evain , J. Gulias , I. Moya , C. Osmand and H. Medrano. 2002. Steady-state chlorophyll florescence (Fs) measurments as a tool to follow variations of net Co_2 assimilation and stomatal conductance during water-stress in c_3 plants. *Physiologia Plantarum*. 114:231-240.

17. Ganpat, S., S. Ishwar and D. S. Bahati. 1992. Response of blond psyllium (*Plantago ovata*) to irrigation and split application of nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*. 37: 880-881.

18. Jiang , Y., and B. Huang. 2000. Effect of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky Bluegrass. *Crop Science*. 40: 1358-1362.

19. Jiang , Y. and B. Huang. 2002. Protein alterations in tall fescue in responses to drought stress and abscisic acid. *Crop Science*.42: 202-207.

20 . Kingsbury , R. W. and E. Epstein. 1986. Salt sensitivity in wheat , a case for specific ion toxicity. *Plant Physiology*. 80: 561-564.

21. Misra , A. and N. K. Sricastatva. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. 7:51-58.

22. Monje, A. O. and B. Bugbee. 1992. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. HortScience. 27:69-71.

23. Peng, S., F. V. Garcia , R. C. Laza, A. L. Sanico, R. M. Visperas and K. G. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high - yielding irrigated rice. *Field Crops Research*. 47: 243:252.

24. Pessarakli , M. 1994. Handbook of Plant Stress. Marcel Dekker, Inc.

25. Pessarakli, M. and J. T. Huber and T. C. Tucker. 1989. Protein synthesis in green beans under salt stress with two nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*. 12: 1361-1377.

26. Ram, M., D. Ram and S. Singh. 1995. Irrigation and nitrogen requirement of Bergamot mint on a sandy soil under sub-tropical conditions. *Journal of Horticultural Science*. 27: 45-54.

27. Sadras, V. O. , L. J. Wilson and D. A. Lally. 1998. Water deficit enhanced cotton resistance to spider mite herbivory. *Annals of Botany*. 81: 273-286.

28. Salim, M. R. C. Saxena and M. Akbar. 1990. Salinity stress and varietal resistance in rice : effects on whitebacked planthopper. *Crop Science*. 30: 654-659.

29. Simon, J. E., R. D. Bubenheim , R. J. Joly and D. J. Charles. 1992. Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *Journal of Essential Oil Research*. 4: 71-75.

30. Tegue, W. R., S. L. Dowhower and J. A. Waggoner. 2004. Drought and grazing patch dynamics under different grazing management. *Journal of Arid Environments*. 58: 97-117.

31. Wang, W. X., B. Vinocur, O. Shoseyov and A. Altman. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Horticulture*. 560: 285-293.

The effects of water stress and defoliation on some of quantitative traits of *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*

A. Koocheki, M. Nassiri-Mahallati, G. Azizi[1]

Abstract

In order to investigate the effect of water stress and defoliation on *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*, an experiment was conducted under greenhouse conditions. Treatments were combination of four water stress levels (-0.3, -5, -10, -15 bar) and three defoliation levels (0, 25, 50 percent of foliage removal) arranged in a completely randomized desing with 4 replications. For imposing drought levels, percentage of soil moisture was determined in different water potentials by pressure plate method , and pots were weighted daily and the amount of water lost was added to each pot. Criteria such as SPAD readings, stomatal resistance, canopy temperature, leaf/stem ratio, specific leaf weight, percentage of dry leaves and root/shoot ratio were measured. Water stress increased SPAD readings in *Ziziphora clinopodioides*, specific leaf weight in *Thymus vulgaris* and *Ziziphora clinopodioides*, canopy temperature in *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium* and percentage of dry leafs in *Zataria multiflora* and *Teucrium polium* significantly. Defoliation reduced SPAD readings in *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides* and *Teucrium polium*, specific leaf weight in *Zataria multiflora*, *Thymus vulgaris* and *Ziziphora clinopodioides* and leaf/stem ratio in *Zataria multiflora* significantly. A negative correlation was observed between leaf/stem ratio and different levels of water stress for all species. With increasing defoliation levels, root/shoot ratio was reduced in *Zataria multiflora* and *Thymus vulgaris* and increased in *Teucrium polium* and *Ziziphora clinopodioides*. Also, root/shoot ratio showed a positive correlation with different levels of water stress. Generally, *Ziziphora clinopodioides* was most resistant species and *Teucrium polium* most sensitive species to stress.

Key word: *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris*, *Teucrium polium*, defoliation, drought stress.

1- Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Center of Excellence for Special Crops. (CESC).