

اثر رژیم کم آبیاری بر شاخص های زیستی دوتوده بومی گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)

مجید جامی الاحمدی^{۱*}، علی شهیدی^۲، راضیه کلاته بجدی^۳

چکیده

کم آبیاری یکی از شیوه‌های جدید برای کاهش میزان اثرات تنش خشکی است چراکه میزان آب در دسترس را می‌توان به صورت مدیریت شده در طول دوره رشد در اختیار گیاه قرار داد. به منظور بررسی تأثیر کم آبیاری بر دو توده بومی گیاه دارویی زنیان، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل کم آبیاری در سه سطح کمبود رطوبت خاک (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و دو توده زنیان بیرجند و سیستان بود. در این آزمایش صفات رویشی شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، اجزای عملکرد (تعداد چتر در بوته و وزن هزار دانه) و عملکرد کمی و کیفی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بین دو توده مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی‌داری برای صفات مورد بررسی وجود داشته است. همچنین نتایج نشان داد که با تغییر سطوح کم آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد دانه، عملکرد اسانس، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد چتر در بوته با کاهش همراه بوده است. بررسی اثرات متقابل نیز نشان داد که خصوصیات رشدی زنیان توده سیستان و همچنین عملکرد کمی و کیفی آن نسبت به توده بیرجند کمتر تحت تأثیر سطوح پایین کم آبیاری قرار گرفته است. در کل با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت توده سیستان در برابر کم آبیاری وضعیت بهتری دارد، هر چند در نهایت تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه، و نیز عملکرد اسانس، این دو توده مشاهده نشد.

کلمات کلیدی: کم آبیاری، زنیان، ارتفاع، وزن خشک، سطح برگ.

^۱ * نویسنده مسئول: دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران. ایمیل: mjamialahmadi@birjand.ac.ir

^۲ دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

^۳ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

مقدمه

زنیان^۱ (*Trachyspermum ammi* L) گیاهی علفی و یکساله از تیره چتریان^۲ است که بومی مصر بوده و در نواحی مدیترانه و کشورهای جنوب غربی آسیا نظیر ایران، عراق، افغانستان، پاکستان و هند کشت می‌شود (فرهی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). در اسانس روغنی زنیان بیش از ۳۴ ترکیب (۹۹/۹۹ درصد) از جمله تیمول، پاراسیمین، آلفاپینن، گاماترپینن و کارواکرول وجود دارد. این گیاه در طب نوین به‌عنوان ضد عفونی‌کننده قوی، تقویت‌دهنده جهاز هاضمه و در مصارف خارجی برای درمان رماتیسم و برخی بیماری‌های دیگر (مجنون حسینی و دوازده‌امامی، ۱۳۸۸؛ غفاری و همکاران، ۱۳۹۲) به کار می‌رود.

تنوع آب و هوایی و شرایط اکولوژیک مختلف در ایران موجب گردیده است که کشورمان در زمره غنی‌ترین کشورهای دارای منابع ارزشمند گیاهان دارویی و مستعد برای کشت و پرورش این گیاهان قرار گیرد که می‌تواند ارزش افزوده زیادی را در بخش کشاورزی ایجاد کند، به‌ویژه که در حال حاضر کشور ایران به دلیل شرایط اقلیمی حاکم و خشک‌سالی‌های متوالی و بهره‌برداری نامناسب از منابع آبی، با کمبود آب در بخش کشاورزی مواجه است که پیش‌بینی می‌شود تداوم این امر طی چند دهه آینده به دلیل کاهش تولید اگرواکوسیستم‌های کشور، سبب بروز و تشدید معضلاتی همچون فقر، بیکاری، افزایش واردات، بحران امنیت غذایی و اجتماعی در کشور شود (Rhoades et al., 1992).

تنش خشکی مهم‌ترین عاملی است که در بیشتر مراحل رشد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با ایجاد محدودیت در رشد، دستیابی به عملکرد بالا را

دشواری می‌سازد. خشکی تقریباً همه فرایندهای رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هرچند که پاسخ به تنش بستگی به شدت، سرعت و دوره در معرض قرار داشتن مرحله رشدی گیاه دارد (Brar et al., 1990). تنش آبی باعث ایجاد تغییرات زیادی در گیاهان می‌شود که در این بین رشد و توسعه سلولی به دلیل کاهش فشار تورگور در شرایط کم‌آبی یکی از حساس‌ترین فرایندهای فیزیولوژیکی به‌شمار می‌رود. معمولاً اولین اثر ظاهری کم‌آبی بر روی گیاهان، کاهش سطح و تعداد برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی است (Ahmad, 2016; Farooq et al., 2009).

عموماً عقیده بر این است که متابولیت‌های ثانویه می‌توانند به محافظت گیاهان در برابر تنش‌های غیرزنده کمک نموده و مقادیر آنها در شرایط نامساعد محیطی افزایش می‌یابد (Ramakrishna and Ravishankar, 2011)، از این رو شاید کاهش آب مصرفی در زراعت گیاهان دارویی از طریق کم‌آبیاری بتواند به‌عنوان روشی جهت افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه و درصد اسانس گیاهان دارویی و از طرف دیگر کاهش مصرف آب در مصارف کشاورزی بکار گرفته شود؛ گرچه چنین تیمارهایی می‌توانند تأثیرات منفی بر عملکرد نیز بگذارند. به‌طور مثال در گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L. دیده شده است که تنش خشکی گرچه سبب کاهش معنی‌دار میانگین تمام صفات مورفولوژیک به‌جز طول ریشه گیاه گردید، اما باین‌حال عملکرد اسانس در شرایط تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) کاهش معنی‌داری نشان نداد (فائدی جشنی و موسوی نیک، ۱۳۹۴). هرچند در خصوص رازبانه، اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه منجر به کاهش عملکرد دانه و راندمان مصرف آب برای تولید دانه نسبت به تیمار

¹ Ajowan² Apiaceae

تیمول، گاماترپینن و پاراسیمین در هر تیمار تغییر یافته بود (رضوی زاده و همکاران، ۱۳۹۳).

متخصصین به نژادی گیاهی برای دستیابی به نمونه های ژنتیکی متحمل به دنبال تنوع ژنتیکی در منابع ژنی محصولات می باشند. توده ها منابع ژنتیکی مهمی برای بهبود محصولات در مناطق خشک هستند، زیرا مجموعه ای از سازگاری ها به شرایط ناملایم را طی مدت زمان طولانی کسب کرده اند (صادق زاده اهری و همکاران، ۱۳۹۵). صادق زاده اهری و همکاران (۱۳۹۵) در دو شرایط بهینه و تنش آبی، تنوع ژنتیکی و وراثت پذیری چندین صفت زراعی را در ۲۰ توده شنبلیله ایرانی مورد بررسی قرار داده گزارش کردند که تفاوت معنی داری در بین توده ها برای تمامی صفات، به جز شاخص برداشت، در شرایط تنش و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و بیومس خشک در شرایط آبیاری وجود دارد. آن ها همچنین بیان داشتند که بیشترین میزان وراثت پذیری در هر دو شرایط برای صفات وزن هزار دانه، روز تا گلدهی و تیپ گیاهی وجود داشت.

استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی، به عنوان مصرف کننده اصلی آب کشور، می تواند کمک شایان توجهی به صرفه جویی مصرف منابع آب کشور نماید. در این بین تلفیق رهیافت های کم آبیاری، که مبتنی بر مصرف عامدانه و عالمانه کمتر آب به منظور بهینه سازی تولید در سامانه های زراعی است، با گیاهان کم توقع و باارزشی همچون گیاهان دارویی، می تواند کمک مؤثری در رسیدن به پایداری کشاورزی در مناطق گرم و خشک کشور باشد. با توجه به این که زنیان یکی از گیاهان دارویی مهم صادراتی کشور محسوب می شود، انجام پژوهش درباره واکنش این گیاه به سطوح مختلف رطوبتی به جهت دستیابی به حداکثر عملکرد با کمترین میزان آب مصرفی

آبیاری مطلوب شد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۱). در خصوص زنیان نیز گزارش شده است که افزایش فواصل آبیاری از ۷ به ۱۴ روز منجر به کاهش تمامی صفات عملکردی گیاه زنیان، به جز درصد اسانس، در منطقه بیرجند شد، به نحوی که عملکرد دانه ۲۸/۵۹ درصد کاهش نشان داد و بر این اساس توصیه شده است که برای تولید بهینه زنیان بهتر است از آبیاری کامل استفاده گردد (وحیدی پور و برادران، ۱۳۹۱). در تحقیق دیگری در خصوص تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات رشدی، فیزیولوژیکی و متابولیت های ثانویه گیاه زنیان نیز دیده شد که با افزایش سطوح خشکی صفات رشدی و فیزیولوژیکی گیاه زنیان کاهش یافت، اما میزان کلروفیل و اسانس آن رو به افزایش گذاشت (Azhar et al., 2011). قراردهی گیاه دارویی بادر شنبویه در معرض سطوح رطوبتی ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد که بیشترین میزان پرولین و کاهش رشد در تیمار ۴۰٪ ظرفیت زراعی حاصل شد. همچنین در طی بروز تنش از مقدار کلروفیل a کاسته و بر مقدار کلروفیل b افزوده شد (صافی خانی و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج یک آزمایش گلخانه ای در خصوص تأثیر گذاری کمبود آب بر شاخص های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زنیان نیز نشان داد که با افزایش تنش کم آبی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک اندام رویشی و عملکرد بذر کاهش نشان داد، اما عملکرد اسانس، درصد اسانس، میزان پرولین و کربوهیدرات افزایش داشت. بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و بیشترین عملکرد اسانس و درصد اسانس در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) مشاهده شد. همچنین تعداد ۲۱ ترکیب شیمیایی در هر دو اسانس بذر زنیان شناسایی شد که میزان ترکیب های اصلی اسانس

آبی و اعمال ضرایب هر تیمار از رابطه (۱) استفاده شد (Allen et al., 1998):

$$SMD = (W_{fc} - W_i) \cdot A_s \cdot D \cdot C \quad [1]$$

که در آن SMD = کمبود رطوبت خاک (mm)، W_{fc} = درصد وزنی رطوبت در ظرفیت مزرعه، W_i = درصد وزنی رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری، A_s = وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)، D = عمق توسعه ریشه (mm) و C = ضرایب هر تیمار به درصد (۰/۵ و ۰/۷۵ و ۱) هستند. برای کنترل رطوبت خاک به صورت روزانه از منطقه ریشه به وسیله نمونه‌گیر خاک (اوگر) نمونه‌برداری انجام شد. همچنین عمق توسعه ریشه ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این آزمایش برای آبیاری واحدهای آزمایشی در سه هفته ابتدایی برای حصول اطمینان از سبز شدن و تراکم مورد نیاز گیاهان، تیمارهای رطوبتی همه به صورت ۱۰۰ درصد ظرفیت زارعی اعمال گردید. در طول فصل رشد نیز آبیاری بر اساس تیمارهای مورد نظر با استفاده از سیستم پمپ و کنترل صورت گرفت.

کود مصرفی معادل ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در نظر گرفته شد که تمامی کودهای پتاس و فسفات و یک سوم کود نیتروژن قبل از کاشت به خاک اضافه شد و مابقی کود نیتروژن در دو مرحله به نسبت مساوی در طی فصل رشد در اختیار گیاه قرار داده شد. کاشت به صورت دستی در نیمه اسفندماه سال ۱۳۹۶ و در عمق ۰/۵ سانتی‌متری انجام گرفت. تراکم نهایی ۵۰ بوته در مترمربع با فاصله هردو گیاه روی ردیف ۴ سانتی‌متر بود. وجین علف‌های هرز نیز به صورت دستی صورت گرفت. در نهایت برداشت نیز در ۲۰ مرداد و ۱۰ شهریورماه ۱۳۹۶ صورت گرفت.

حائز اهمیت است و بر همین اساس هدف اصلی پژوهش حاضر مطالعه پاسخ کمی و کیفی دو توده گیاه دارویی زنیان به سطوح رطوبتی بر عملکرد در شرایط بیرجند است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند که در فاصله ۵ کیلومتری غرب شهر بیرجند در مسیر جاده بیرجند- طبس، مجاور روستای امیرآباد با عرض جغرافیایی $32^{\circ}53'$ شمالی و طول جغرافیایی $13^{\circ}55'$ شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا واقع شده، اجرا گردید. خاک مزرعه دارای بافتی لومی با pH برابر ۷/۶ و هدایت الکتریکی (EC) معادل ۱/۸ دسی زیمنس بر متر بود. آب مورد استفاده برای آبیاری نیز دارای pH برابر ۸، با هدایت الکتریکی معادل ۱/۷ دسی زیمنس بر متر و SAR برابر ۴/۶۸ بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک (در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زارعی) و توده بومی گیاه زنیان در دو سطح (شامل توده بیرجند و سیستان) بود. هر کرت آزمایش شامل ۶ ردیف کشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فواصل بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد.

برای محاسبه حجم آب آبیاری هر کرت ابتدا نیاز خالص آبیاری به دست آمد و سپس برای توزیع حجم آب آبیاری بین کرت‌ها و تنظیم دقیق توزیع آب از پمپ و کنترلر آب برای اندازه‌گیری حجم دقیق آبیاری استفاده شد. برای اعمال سطوح مختلف آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک و با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش

ارتفاع بوته

روند کلی تغییرات ارتفاع بوته زنیان در طی فصل رشد به صورت افزایشی بود اما میزان این افزایش در بین توده‌ها و سطوح مختلف رطوبتی متفاوت بود (شکل ۱) که نشان می‌دهد خصوصیات توده و نیز عوامل محیطی همچون خشکی تأثیر زیادی در ارتفاع نهایی بوته این گیاه دارد. به‌طور کلی در اوایل دوره رشدی گیاه دارویی زنیان این تغییرات ارتفاع با شیب نسبتاً کندی صورت گرفت، اما بعد از آن (از ۵۴ روز پس از کاشت) رشد طولی ساقه گیاه نیز شدت گرفته و به سرعت افزایش پیدا کرد.

ارتفاع بوته در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی خاک در تمام مراحل نمونه برداری نسبت به سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک بیشتر بود (شکل ۱الف). آب نقش اساسی در بیشتر واکنش‌های گیاهی دارد و در نتیجه کمبود آب، اکثر فرآیندهای گیاه، دچار نقصان می‌شوند. با افزایش میزان کم آبیاری، رشد اندام هوایی نیز کاهش می‌یابد که منجر به کاهش فاصله بین میانگره‌ها و کاهش ارتفاع بوته می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج دیگر تحقیقات نیز نشان‌گر کاهش ارتفاع دیگر گیاهان دارویی از جمله بابونه (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲) و شنبلیله (صادق‌زاده اهری و همکاران، ۱۳۹۵) با افزایش تنش خشکی است. چنین کاهشی می‌تواند حاصل کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی در شرایط تنش خشکی باشد (امید بیگی و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیق دیگری روی گیاه زنیان نیز گزارش شد بیشترین ارتفاع بوته در سطح آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۵۳/۶۶ سانتی‌متر و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۳۱/۶۶ سانتی‌متر بوده است (رضوی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. هرچند ارتفاع گیاه در

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، سه بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شده و ارتفاع آن‌ها طی ۵ مرحله در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص سطح برگ از دو هفته پس از کاشت به فاصله هر ۱۵ روز یک‌بار ۳ بوته از هر کرت انتخاب و از سطح زمین قطع شدند. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های برگ در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس توزین شدند و آنگاه سطح ویژه برگ به صورت نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ تعیین شد.

در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی، مقدار کلروفیل a ، کلروفیل b و کاروتنوئیدها در برگ‌های شماره ۴ و ۵ به روش آرنون (Arnon, 1967) اندازه‌گیری شد در زمان رسیدگی کامل در هر کرت تعداد ۱۰ بوته زنیان به طور تصادفی برداشت شده و اجزای عملکرد در آن‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در زمان رسیدگی کامل برداشت از سطحی معادل ۲ مترمربع در هر کرت صورت گرفت و عملکرد دانه و کاه و کلش آن جداگانه برداشت و وزن شد. استخراج اسانس نیز با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت.

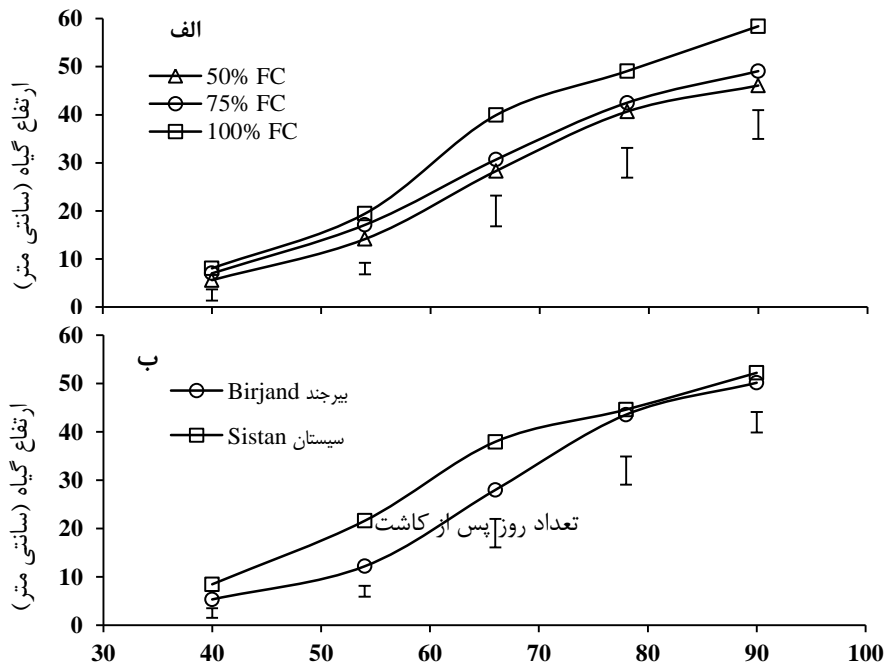
داده‌ها با استفاده از ماکرو DSSASTAT در محیط نرم افزار اکسل مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ صورت گرفت. برای دیگر محاسبات و رسم اشکال نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ترتیب به میزان ۵۱۸، ۸۶۵ درصد افزایش داشته است. بنابراین اگرچه رشد طولی بوته توده بیرجند در مراحل ابتدایی بسیار کم بوده اما با گذشت زمان توانسته رشد طولی را جبران نماید. در این راستا صادق زاده اهری و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند بین ۲۰ توده مختلف شبلیله تفاوت معنی داری برای صفت ارتفاع بوته وجود داشته است. گرچه اختلاف ارتفاع در اغلب گیاهان ناشی از ویژگی‌های ژنتیکی است، ولی تغییر شرایط محیطی به ویژه میزان رطوبت در دسترس می‌تواند با تأثیرگذاری بر تقسیم و رشد سلولی از طریق تغییر در تورژسانس سلولی، رشد طولی ساقه را تحت تأثیر قرار دهد (Patel et al., 1996).

تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، با گذشت ۹۰ روز پس از کاشت نسبت به اولین مرحله نمونه برداری (۴۰ روز پس از کاشت) به ترتیب ۷۲۵، ۶۰۱ و ۶۲۶ درصد افزایش داشته است که نشان دهنده خوپذیری و تلاش برای جبران در گیاهان مواجه با کمبود رطوبت (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) است.

نتایج همچنین نشان داد که تفاوت بین توده‌های مورد ارزیابی در این تحقیق در مورد ارتفاع بوته مربوط به سه مرحله اول نمونه برداری (۴۰، ۵۴ و ۶۶ روز پس از کاشت) بوده است. توده سیستان در اوایل دوره رشدی توانایی بیشتری برای افزایش رشد طولی خود داشته و دارای ارتفاع بوته بیشتری بود (شکل ۱ ب)، ولی با گذشت ۹۰ روز پس از کاشت ارتفاع دو توده سیستان و بیرجند نسبت به اولین مرحله نمونه برداری (۴۰ روز پس از کاشت) به



شکل ۱. تغییرات ارتفاع بوته زنیان در طی فصل رشد در (الف) سطوح رطوبتی مختلف (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و برای (ب) دو توده بومی مختلف (بیرجند و سیستان). خطوط عمودی زیر هر مرحله نمونه برداری مقدار LSD را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات ارتفاع، سطح برگ و سطح ویژه برگ بوته زنیان در پنج مرحله نمونه برداری

ارتفاع گیاه							
منابع تغییر	درجه آزادی	روزهای مختلف پس از کاشت				درجه آزادی	منابع تغییر
		۹۰	۷۸	۶۶	۵۴		
بلوک	۲	۶/۰۱۳	۵۳/۲۹۱	۳۶/۳۸۵	۱۴/۳۸۵	۵/۱۹۷	۲
توده	۱	۱۹/۰۱۴	۵/۰۱۴	۴۴۷/۵۰۳**	۳۹۹/۰۳۱**	۴۴/۳۳۶**	۱
سطوح کم آبیاری	۲	۲۴۸/۲۲۲**	۱۱۷/۵۴۱*	۲۲۶/۳۴۳**	۴۲/۱۹۷**	۹/۱۳۵	۲
توده * آبیاری	۲	۵۱/۷۲۲	۴/۸۴۷	۳/۰۶۵	۱/۳۲۲	۱/۰۶۵	۲
خطا	۱۰	۱۸/۴۱۳	۲۷/۱۷	۲۸/۲۹۳	۴/۵۴۳	۳/۷۳۹	۱۰
سطح برگ							
منابع تغییر	درجه آزادی	روز پس از کاشت				درجه آزادی	منابع تغییر
		۹۰	۷۸	۶۶	۵۴		
بلوک	۲	۸۱۰۷/۳۳	۶۴۵۷/۳۰۴	۱۰۱۶۸/۱۴۸	۲۱۵۲/۲۲۷	۲۴/۹۵۶	۲
توده	۱	۲۷۰۱/۱۲	۱۳۳۶۳/۲۶	۲۰۷۴۶/۶۷۵	۶۱/۷۹۰۱	۳۷۵/۲۲۰	۱
سطوح کم آبیاری	۲	۱۵۰۱۶۶۶/۷۲**	۸۱۹۶۲/۵۲۶**	۳۲۶۳۱/۴۷۲*	۱۷۴۳۶/۵۶۳**	۳۴۳۵/۳۱۲**	۲
توده * آبیاری	۲	۲۸۴/۷۲۷	۷۰۲۵/۱۶۹	۳۰۷۱/۴۹۵**	۶۲۵۶/۵۲۲۱**	۳۲۷/۷۹۶	۲
خطا	۱۰	۱۳۹۳۴/۹۱	۴۳۳۸/۹۴۹	۳۹۳۴/۴۲۷	۶۶۶/۶۷۵	۱۹۲/۱۵۹	۱۰
سطح ویژه برگ							
منابع تغییر	درجه آزادی	روز پس از کاشت				درجه آزادی	منابع تغییر
		۹۰	۷۸	۶۶	۵۴		
بلوک	۲	۲۱/۵۶۹	۳۴۹۴/۴۲۸	۱۰۱/۴۶	۱۳۴۶۰/۳۹	۸۳۸۳/۱۰	۲
توده	۱	۱۱۶۴۶/۰۹*	۱۶۲۷۲/۱۳*	۲۱۱۸۱/۷۰**	۲۳۳۶۷/۸۹	۱۸۴۹۳/۳۶	۱
سطوح کم آبیاری	۲	۸۸۹۰/۸۴**	۸۹۱۹/۱۵۹**	۲۲۶۶۰/۱۶۲**	۸۰۲۸۴/۹۳**	۷۵۹۹۹/۴۳	۲
توده * آبیاری	۲	۱۱۳۵/۵۹	۵۱۹۸/۹۹	۹۰۶۰/۷۲**	۳۴۸۱۶/۶۲*	۱۲۳۳۹/۲۴	۲
خطا	۱۰	۵۲۵/۰۸۶	۱۵۸۶/۱۱۱	۸۱۲/۵۹	۶۷۵۵/۸۴	۲۵۰۴۶۰/۷	۱۰

** و * به ترتیب نشان از معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری.

شاخص سطح برگ

تغییرات سطح برگ بوته زنیان در طی فصل رشد به صورت افزایشی بود هرچند روند آن در دو توده متفاوت بود. درحالی که سطح برگ توده بیرجند از همان ابتدا به طور خطی افزایش پیدا کرد، ولی افزایش سطح برگ توده سیستان در ابتدا بطئی تر بوده و در دو مرحله انتهایی افزایش نمائی را نشان داد. با این وجود در نهایت دو توده سطح برگ نسبتاً یکسانی داشتند (شکل ۲). در ابتدای رشد، در توده سیستان، تفاوت کمتری در سطح برگ

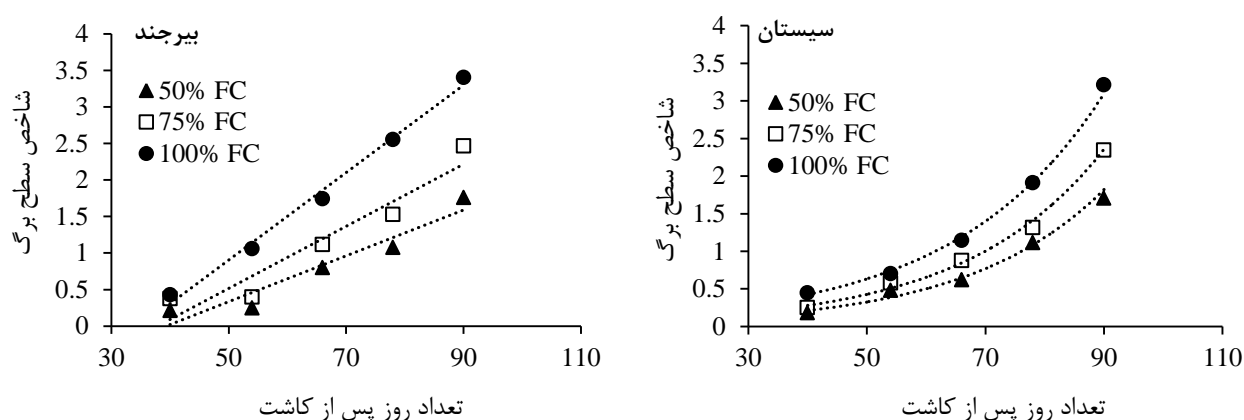
گیاهان قرار گرفته در معرض سطوح مختلف رطوبتی مشاهده شد. هرچند با پیشرفت فصل این اختلافها به تدریج بیشتر نمایان شد. برای مثال با کاهش سطح رطوبتی از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، سطح برگ توده سیستان در ۵۴ روز پس از کاشت به ترتیب ۱۷/۹ و ۳۱/۹ درصد کاهش نشان داد که مقدار این کاهش در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب به ۲۷/۰۹ و ۴۶/۸۶ درصد رسید. این در حالی است که در توده بیرجند واکنش مخالفی دیده شد. در این توده میزان کاهش سطح

سطح برگ در واکنش به محدودیت رطوبتی یک واکنش عمومی است که در اغلب گیاهان از جمله گیاهان دارویی همچون ریحان (جهان و همکاران، ۱۳۹۴)، آویشن (بحرینی‌نژاد و رزمجو، ۱۳۹۳) و بومادران (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۸) گزارش شده است. رشد سلولی در گیاه فعالیتی است که نسبت به کمبود آب بسیار حساس است. کاهش پتانسیل آب بافت‌های مرستمی در طول روز غالباً موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلولی می‌گردد. این امر به نوبه خود موجب کاهش سنتز پروتئین یا سنتز دیواره سلولی و بزرگ شدن سلول می‌شود. اثر کمبود آب در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها می‌گردد، شاخص سطح برگ (LAI) را در دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه را نیز کاهش می‌دهد. کلروفیل سازی در کمبودهای شدیدتر آب متوقف می‌گردد (عمادی، ۱۳۸۸). کاهش سطح برگ در اثر کمبود آب به علت انتقال مواد از ساقه و برگ است که بخشی از نیتروژن برگ نیز انتقال می‌یابد و کاهش سطح برگ زودتر رخ می‌دهد. سرعت پیری هر یک از برگ‌ها در اثر تنش خشکی و نبود آب کافی افزایش می‌یابد و نتیجه آن کاهش سطح برگ است (Passarkli, 2010).

برگ گیاهان با کاهش رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد زراعی در ۵۴ روز پس از کاشت به ترتیب ۶۲/۳۴ و ۷۶/۱۷ درصد بود که در ۹۰ روز پس از کاشت به ۲۷/۵۳ و ۴۸/۲۹ درصد رسید.

به طور میانگین در بین دو توده، میزان شاخص سطح برگ گیاهان در سطوح رطوبتی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در اولین مرحله نمونه برداری (۴۰ روز پس از کاشت) به ترتیب برابر با ۰/۲، ۰/۳۱ و ۰/۴۴ بود که این شاخص در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب به ۱/۷۴، ۲/۴۱ و ۳/۳۱ رسید که به ترتیب نشان دهنده ۷۷۱، ۶۶۴ و ۶۵۵ درصد افزایش در سطح برگ در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به اولین مرحله نمونه برداری است. افزایش نسبی بیشتر سطح برگ در سطح ۵۰٪ ظرفیت زراعی می‌تواند نشانگر یک تلاش جبرانی در راستای خوپذیری در گیاهان مواجه با سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی باشد. این امر احتمالاً ناشی از افت کمتر سطح برگ‌ویژه در سطح رطوبتی ۵۰ درصد نسبت به سایر سطوح رطوبتی بوده است (شکل ۳ الف).

به طور کلی با کاهش آب از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، سطح برگ در آخرین نمونه برداری به ترتیب ۲۷/۳ و ۴۷/۵ درصد کاهش یافته است. کاهش



شکل ۲. روند تغییرات شاخص سطح برگ دو توده زنیان (سیستان و بیرجند) در طی فصل رشد تأثیر سطوح مختلف آبیاری. معادلات مربوط به خصوص رگرسیونی در جدول زیر آورده شده‌اند.

سیستان		بیرجند		سطوح آبیاری
ضریب تبیین	معادله	ضریب تبیین	معادله	(درصد ظرفیت زراعی)
0.9744	$y = 0.0378e^{0.043x}$	0.9213	$y = 0.0314x - 1.2345$	۵۰
0.9881	$y = 0.0504e^{0.0427x}$	0.9127	$y = 0.0425x - 1.6076$	۷۵
0.9965	$y = 0.0867e^{0.0397x}$	0.9913	$y = 0.0599x - 2.0936$	۱۰۰

معنی‌داری به ترتیب معادل ۶۱/۸ و ۴۶/۸ درصد نشان داد (شکل ۳). بیان شده که اعمال تدریجی تنش خشکی با کاهش ارتفاع گیاه، کاهش وزن خشک ساقه، کاهش سطح برگ و نیز کاهش سطح ویژه برگ همراه است. این کاهش اندازه سایه‌انداز گیاهی، با کوچک کردن سطح تعریق کننده، توانایی گیاه را جهت حفظ بقاء در شرایط تنش آب افزایش می‌دهد اما از طرف دیگر سبب کاهش عملکرد از طریق کاهش سطح فتوسنتز کننده می‌شود (Coleman, 2008).

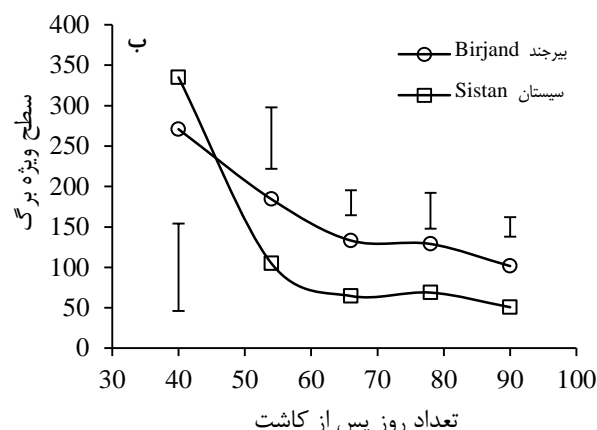
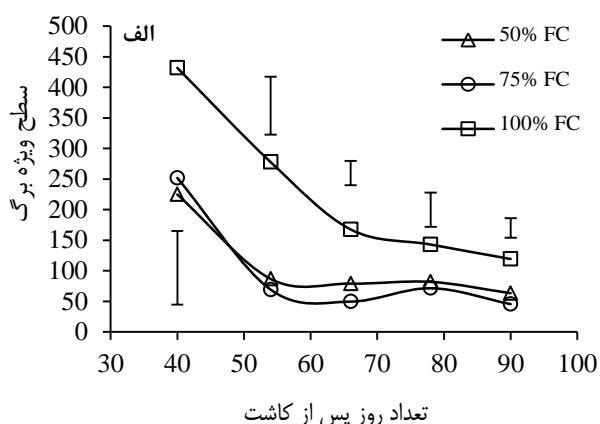
در دو توده بیرجند و سیستان، با گذشت ۹۰ روز پس از کاشت نسبت به اولین مرحله نمونه‌برداری (۴۰ روز پس از کاشت) سطح ویژه برگ بوته زنیان به ترتیب ۱۸/۴ و ۱۰۷ درصد کاهش یافت. به‌جز مرحله اول، توده سیستان

تغییرات سطح ویژه برگ بوته زنیان طی فصل رشد

تغییرات سطح ویژه برگ بوته زنیان در طی فصل رشد به‌صورت کاهشی بود. گرچه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی خاک در تمام مراحل نمونه‌برداری سطح ویژه برگ بوته زنیان نسبت به دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک بیشتر بود، اما با گذشت ۹۰ روز پس از کاشت سطح ویژه برگ بوته زنیان در تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۳۶/۷، ۵۱/۹ و ۱۳۲/۷ درصد نسبت به اولین مرحله نمونه‌برداری (۴۰ روز پس از کاشت) کاهش نشان داد (شکل ۳). در ۹۰ روز پس از کاشت، بیشترین سطح ویژه برگ زنیان در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد و با کاهش آب به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، سطح ویژه برگ کاهش

همچنین به دلیل غلظت بالاتر کلروپلاست در واحد سطح، عبور نور از آن‌ها کمتر بوده و در نتیجه دارای فتوسنتز بیشتری در واحد سطح خواهند بود. همچنین کاهش سطح ویژه برگ خود یک استراتژی برای کاهش سطح تعرق کننده گیاه است (Lambers et al., 2008)

در سایر مراحل دارای سطح ویژه برگ کمتری بود (شکل ۴-۷). کمتر بودن سطح ویژه برگ به معنی ضخیم‌تر بودن برگ بوده و عموماً ژنوتیپ‌های با برگ‌های ضخیم‌تر برای شرایط تنش مناسب‌ترند، زیرا برگ‌های ضخیم دارای تعداد لایه‌های مزوفیلی بیشتری در واحد وزن برگ بوده و



شکل ۳- تغییرات سطح ویژه برگ زنیان در طی فصل رشد در (الف) سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و برای (ب) دو توده بومی مختلف (سیستان و بیرجند). خطوط عمودی در هر مرحله نمونه‌برداری مقدار LSD را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد

($P > 0.01$). اثر متقابل توده زنیان و سطوح مختلف رطوبتی نیز روی میزان کلروفیل a ($P > 0.01$) و کارتنوئید ($P > 0.05$) برگ زنیان معنی‌دار بود. نسبت کلروفیل a به b نیز فقط تحت تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری قرار گرفت (جدول ۲).

کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلروفیل a ($P > 0.05$) و میزان کارتنوئید ($P > 0.01$) برگ زنیان تحت تأثیر نوع توده قرار گرفته است. اثر سطوح مختلف رطوبتی نیز روی کلروفیل a و b اثرگذار بوده است

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس محتوی کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و نسبت کلروفیل a به b دو توده زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید
بلوک	۲	۱۴۱/۴۹۲	۹۲/۹۸۶	۱۴۲۶۴۶۵/۱۷
توده	۱	۴۲۵/۴۳۵*	۳۰/۲۶۲	۲۷۴۷۲۵۹۰/۴۸*
سطوح کم‌آبیاری	۲	۶۴۴/۷۱۶**	۲۲۸۵/۰۹۲**	۸۵۹۲۴۸/۱۰
توده * آبیاری	۲	۷۹۰/۶۴۶**	۱۹۶۰/۲۷۳**	۶۶۷۶۰۰۸۲/۰۴۳*
خطا	۱۰	۵۶/۳۳۸	۷۷/۱۴۰	۱۳۳۲۳۵۱/۰۷

** و * به ترتیب نشان از معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

حفظ کلروفیل در شرایط تنش خشکی یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی مقاومت به تنش خشکی محسوب می‌شود (Passarkli, 2010). اصولاً بیان شده است که کمبود ملایم آب باعث افزایش و کمبود شدید آب سبب کم شدن میزان کارتنوئیدها می‌شود (Jeyaramraja et al., 2005). در این آزمایش نیز دیده شد که با کاهش میزان رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، میزان کارتنوئیدها افزایش و با کاهش بیشتر محتوی رطوبتی، میزان آن کاهش یافت (جدول ۳). کارتنوئیدها انرژی زیادی را از فتوسیستم I و II به صورت گرما یا واکنش‌های شیمیایی بی‌ضرر دفع می‌کنند و می‌توانند غشاهای کلروپلاستی را حفظ کنند در شرایط تنش، میزان کارتنوئیدها که به‌عنوان حمایت‌کننده کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری به شمار می‌روند افزایش می‌یابد تا مانع تخریب بیشتر کلروفیل‌ها گردد (Hopkins and Huner, 2004). به‌طور خاص در توده سیستان به‌وضوح مشاهده می‌شود که در سطح پایین رطوبتی توانایی افزایش میزان کارتنوئید، و به دنبال آن حفظ بالای میزان کلروفیل، را دارد (جدول ۳). بررسی دلایل تفاوت واکنش این دو توده نیاز به تحقیقات بیشتری دارد، و ممکن است توانایی بالاتر توده سیستان برای تولید بیشتر کارتنوئید و حفظ سطوح بالاتر کلروفیل حاصل نوعی سازگاری اقلیمی این توده باشد.

بیشترین میزان کلروفیل‌های a و b برای توده بیرجند در سطح ۷۵ و برای توده سیستان در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. میزان کلروفیل a تنها در توده سیستان در سطح ۵۰٪ ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری با دیگر ترکیبات تیماری نشان داد. توده سیستان در کل دارای میزان کلروفیل a و b و میزان کارتنوئید بیشتری نسبت به توده بیرجند بود و با کاهش سطح رطوبتی میزان کارتنوئید در توده بیرجند روند افزایشی و در توده سیستان روند کاهش‌ی نشان داد (جدول ۳). در بین این رنگیزه‌ها، بیشترین تفاوت بین دو توده در میزان کارتنوئید بود. در کل با کاهش محتوای آب خاک از ۱۰۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان کلروفیل افزایش نشان داد، هرچند بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که باعث کاهش معنی‌دار نسبت کلروفیل a/b در این سطح شد. بیان شده است که افزایش غلظت کلروفیل تحت تأثیر تنش می‌تواند ناشی از کاهش محتوای آب برگ باشد، نه لزوماً به دلیل افزایش محتوای کلروفیل (Schlemmer et al., 2005)، به ویژه اینکه در این آزمایش میزان کلروفیل بر مبنای وزن تر برگ اندازه‌گیری شده است و احتمالاً تحت تأثیر محتوی رطوبت برگ نیز بوده است. کاهش بیشتر سطح ویژه برگ (افزایش ضخامت، شکل ۳) نیز می‌تواند سبب تمرکز سلول‌های کلروفیل در واحد سطح کمتر شده و احتمالاً گیاه در این شرایط سبزتر نیز دیده می‌شود.

جدول ۳. تغییرات محتوی کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و نسبت کلروفیل a به b برگ دو توده زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

توده	کمبرد رطوبت خاک (درصد از ظرفیت زراعی)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	نسبت کلروفیل a به b	کارتنوئیدها (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)
بیرجند	۵۰	۴۳/۴۰ b	۳۸/۶۶ c	-	۲۴۳۸/۵۷ c
	۷۵	۵۲/۷۱ b	۸۴/۱۴ a	-	۴۰۳۸/۱۷ bc
	۱۰۰	۴۰/۷۷ b	۴۳/۲۹ c	-	۴۱۰۱/۱۲ bc
	۵۰	۷۹/۳۵ a	۸۲/۸۹ a	-	۷۱۵۱/۹۳ a
سیستان	۷۵	۴۵/۹۹ b	۶۳/۴۳ b	-	۶۲۰۵/۲۷ ab
	۱۰۰	۴۰/۷۱ b	۲۷/۵۴ c	-	۴۶۳۳/۱۶ b
	۴۵/۶۲ b	۵۵/۳۶ a	۰/۹۰ a	۳۵۲۵/۹۵ b	بیرجند
	۵۵/۳۵ a	۵۷/۹۵ a	۱/۰۸ a	۵۹۹۶/۷۸ a	سیستان
بیرجند	۵۰	۶۱/۳۷ a	۶۰/۷۷ b	۱/۰۵ a	۴۷۹۵/۳۴ a
	۷۵	۴۹/۳۵ b	۷۳/۷۸ a	۰/۶۷ b	۵۱۲۱/۷۲ a
	۱۰۰	۴۰/۷۳ b	۳۵/۴۱ c	۱/۲۴ a	۴۳۶۷/۱۴ a

در هر ستون و برای هر اثر اصلی و متقابل، حروف نامشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

عملکرد و اجزای عملکرد

درحالی‌که همه شاخص‌های عملکردی تحت تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری قرار گرفتند، تنها تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری را بین دو توده نشان دادند و اثر متقابل توده و سطح آبیاری بر هیچ‌یک از شاخص‌های عملکردی معنی‌دار نشد (جدول ۴).

تعداد چتر در بوته

مقایسه تعداد چتر در بوته دو توده بیرجند و سیستان نشانگر برتری ۲۰ درصدی توده بیرجند است (جدول ۵) که این می‌تواند به دلیل این باشد که توده بیرجند بومی و سازگار به شرایط محل آزمایش بوده و توانایی بهتری برای تولید چتر بیشتر داشته است. همچنین نتایج نشان داد که با کاهش میزان رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد چتر در بوته نیز به ترتیب ۸/۱ و ۱۲ درصد کاهش نشان داد، هرچند این کاهش در بین تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار نبوده است (جدول

۵). کاهش تعداد گل و اندام‌های زایشی می‌تواند یکی از اثرات مستقیم تنش خشکی بر کاهش میزان سطح برگ و میزان فتوسنتز باشد. نتایج همبستگی نیز نشان داد که تعداد چتر در بوته همبستگی مثبتی با سطح برگ در طی دوره رشد داشته است (جدول ۶) که نشان می‌دهد گیاهان در شرایطی که توانایی بیشتری برای تولید و حفظ سطح برگ خود در طول فصل داشته‌اند، دارای توانایی تولید تعداد چتر بیشتری در بوته بوده‌اند. کاهش تعداد چتر در زنیان با کاهش سطح رطوبتی توسط رضوی زاده و همکاران (۱۳۹۳) نیز مشاهده شده است. همچنین کاهش تعداد گل گیاه بابونه (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲) و تعداد نیام در بوته گیاه شنبلیله (صادق‌زاده اهری و همکاران، ۱۳۹۵) در پاسخ به کاهش میزان آبیاری گزارش شده است.

وزن هزار دانه زنیان

اگرچه توده بیرجند در این تحقیق دارای تعداد بیشتری چتر در بوته بود اما توده سیستان دانه‌هایی با حدود ۳۵/۴ درصد وزن بیشتر تولید کرد (جدول ۵). عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه بین دو توده نیز نشان می‌دهد که دو ویژگی تعداد و وزن دانه قابلیت جبران‌کنندگی دارند که در نهایت باعث عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد هر دو توده شده است.

همچنین نتایج نشان داد که با کاهش میزان رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نیز وزن هزار دانه

زنیان به ترتیب با ۱۳/۲ و ۲۲/۱ درصد کاهش به میزان ۱/۰۹، ۰/۸۵ و ۰/۹۵ گرم رسید، به‌گونه‌ای که وزن هزار دانه در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با دیگر سطوح تنش تفاوت معنی‌دار نداشته و فقط بین تیمار ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌دار بوده است (جدول ۵). کاهش وزن هزار دانه تحت تنش خشکی در شبلیله نیز توسط صادق زاده اهری و همکاران (۱۳۹۵) گزارش شده است.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی دو توده زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد چتر در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۳۲/۵۹۷**	۰/۰۴۹۸	۴۳۵۳۸۴/۸	۱۳۱۰/۳۳۹	۲۲/۷۶۶
توده زنیان	۱	۲۸۴/۰۱۳**	۰/۳۷۳**	۱۱۲۳۷۲۵*	۶۲۳۴/۷۲۲	۴۶/۷۸۸
سطوح کم آبیاری	۲	۴۵/۸۴۷**	۰/۰۸۹۷*	۲۳۴۲۹۴۷**	۱۷۸۴۹۹/۱۶**	۷۰/۶۲۷
توده * آبیاری	۲	۲/۶۸۰	۰/۰۲۵۲	۴۵۸۰۷/۶۲	۱۷۰۳۶/۱۵	۱۹/۲۸۶
خطا	۱۰	۳/۶۴۷	۰/۰۱۵۱	۱۹۰۷۲۳/۳	۱۲۵۶۸/۱۵	۲۳/۴۲۱

** و * به ترتیب نشان از معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات اصلی توده و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده زنیان

توده				
بیرجند	سیستان	کمبود رطوبت خاک (درصد از ظرفیت زراعی)	تعداد چتر در بوته	وزن هزار دانه (گرم)
۴۵/۹	۳۸	۱۰۰	۳۹/۵۸ b	۰/۸۶ b
۲۷۸۷/۱۷	۳۲۸۶/۸۸	۷۵	۴۱/۳۳ b	۰/۹۵ ab
۶۶۷/۰۴	۷۳۷/۷	۵۰	۴۵/۰۰ a	۱/۱۰ a
۲۳۶۲/۱۲ b	۳۱۵۳/۷۵ a	۱۲/۰۳ b		
(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)		
۵۸۷/۹۶ b	۶۱۹/۴۴ b	۱۲/۵۵ b		
۹۰/۱/۲۰ a	۹۰/۱/۲۰ a	۱۸/۳۶ a		

عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین نشان داد عملکرد بیولوژیک توده بیرجند زنیان با اختلاف ۱۵ درصدی کمتر از عملکرد بیولوژیک توده سیستان بوده است. توده سیستان نسبت به بیرجند دارای سطح برگ و ارتفاع بیشتری در اوایل دوره رشدی بوده است (شکل‌های ۱ و ۲) و نتایج همبستگی نیز نشان داد که ارتفاع اندازه گیری شده در روز ۴۰ ($P < 0.05$ و $r = 0.687$)، روز ۵۴ ($P < 0.01$ و $r = 0.510$)، روز ۶۶ ($P < 0.01$ و $r = 0.634$)، روز ۷۸ ($r = 0.504$) و روز ۹۰ پس از کاشت و همچنین سطح برگ اندازه گیری شده در ۴۰ ($P < 0.05$ و $r = 0.506$) و ۵۴ ($P < 0.05$ و $r = 0.584$) روز پس از کاشت رابطه مثبت و معنیداری با عملکرد بیولوژیک داشته است. بنابراین وجود عملکرد بیولوژیک بیشتر در توده سیستان امری منطقی به نظر می‌رسد چراکه با افزایش ارتفاع و سطح برگ، بخصوص در مراحل ابتدایی رشد گیاه توانایی بیشتری برای فتوسنتز داشته و تجمع ماده خشک بیشتری در اندام‌های مختلف صورت گرفته است.

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک زنیان در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شده و با کاهش میزان رطوبت به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۱۲ و ۳۲ درصد کاهش نشان داد، هرچند میزان عملکرد بیولوژیک بین سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار نبود (جدول ۵). رضوی زاد و همکاران (۱۳۹۳) نیز کاهش معنی‌داری را برای ماده خشک زنیان با افزایش میزان تنش خشکی گزارش دادند. کاهش تجمع ماده خشک طی افزایش میزان کم‌آب‌باری می‌تواند مربوط به افت تورژسانس سلولی در اثر کمبود آب و در نتیجه کاهش رشد و توسعه

سلولی، کاهش رشد اندام هوایی و اختصاص بیشتر مواد پرورده به ریشه، کاهش سطح برگ و محتوی رنگیزه‌ها و به دنبال آن کاهش جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی، و همچنین انحراف مواد پرورده به سمت مکانیسم‌های مقاومت همچون تنظیم اسمزی باشد (۳) Benjamin and Nielsen, 2006). چنین کاهشی در وزن اندام‌های هوایی و نیز ارتفاع بوته در واکنش به افزایش شدت تنش خشکی (کاهش سطح رطوبتی خاک از ۱۰۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در گیاهان دارویی اسفرزه، مریم‌گلی، بومادران، همیشه‌بهار و بابونه نیز گزارش شده است (لباسچی و شریفی عاشورآبادی، ۱۳۸۳)

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه زنیان نیز همانند عملکرد بیولوژیک در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شده است. با کاهش میزان رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد دانه به ترتیب با ۳۱ و ۳۴ درصد کاهش به میزان ۶۱۹/۴۴ و ۵۸۷/۹۶ کیلوگرم در هکتار رسید، همچنین نتایج نشان داد که عملکرد دانه زنیان در بین سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). کاهش عملکرد دانه گیاهان دارویی زنیان (رضوی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) و شنبلیله (صادق‌زاده اهری و همکاران، ۱۳۹۵) نیز با کاهش میزان آب خاک گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. عموماً توان فتوسنتزی گیاه در اثر افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد (Byrd et al., 1992) که نتیجه آن کاهش اجزای عملکرد شامل تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه می‌باشد؛ نتایج همبستگی نیز نشان داد که عملکرد دانه زنیان در این تحقیق همبستگی مثبت معنی

اسانس زنیان در این تحقیق تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفته است وجود تفاوت بین میزان و تولید اسانس مرتبط با میزان عملکرد دانه است که در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی از دیگر تیمارهای رطوبتی بیشتر بوده است. بیشتر تحقیقات به این نکته اشاره داشته‌اند که با افزایش تنش‌های محیطی درصد اسانس افزایش می‌یابد که در این تحقیق تفاوتی بین سطوح رطوبتی مشاهده نشد که این می‌تواند نشان از دخیل بودن عوامل دیگری همچون آب‌وهوا و عوامل خاکی و تغذیه‌ای در میزان اسانس و عملکرد اسانس می‌باشد. در گیاه گل مکزیکی (*Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze) نیز میانگین عملکرد اسانس در تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری نیمه‌کامل نسبت به شاهد که آبیاری نشده بود افزایش نشان داد (امیدبگی و محمودی سورستانی، ۱۳۸۹).

داری با ارتفاع نهایی ($r=0/679$ و $P<0/01$)، سطح برگ نهایی ($r=0/677$ و $P<0/01$)، وزن هزار دانه ($r=0/625$ و $P<0/01$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0/488$ و $P<0/05$) داشته است که در نهایت هرگونه کاهش در این صفات منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد.

عملکرد اسانس زنیان

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس زنیان نیز همانند عملکرد بیولوژیک و دانه زنیان در این تحقیق در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شده است. با کاهش میزان رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد اسانس زنیان به ترتیب با ۳۴/۴ و ۳۱/۶ درصد کاهش به میزان ۱۲/۵۵ و ۱۲/۰۳ کیلوگرم در هکتار رسیده است که میزان عملکرد اسانس در بین سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نداشته است (جدول ۵). از آنجایی درصد

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده زنیان

عملکرد اسانس	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	چتر در بوته	تعداد	
					سطح برگ	ارتفاع
					۱	ارتفاع
					۱	سطح برگ
				۱	۰/۴۷۸*	تعداد چتر در بوته
			۱	-۰/۴۵۸	۰/۲۴۵	وزن هزار دانه
		۱	۰/۵۸۸*	-۰/۰۹۹	۰/۳۵۲	بیولوژیک
	۱	۰/۴۸۸*	۰/۶۲۵**	۰/۲۷۶	۰/۶۷۷**	عملکرد دانه
۱	۰/۹۹۹**	۰/۴۷۷*	۰/۶۲۱**	۰/۲۷۵	۰/۶۶۶**	عملکرد اسانس

** و * به ترتیب نشان از معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

برگ بالاتری بود که نشانگر این است که این توده تخصیص کمتر مواد به برگ را با نازک‌تر کردن برگ‌ها (نسبت به توده سیستان) جبران نموده است. از سوی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که دو توده بیرجند و سیستان تفاوت چندانی از نظر ارتفاع و شاخص سطح برگ نهایی نداشتند، هرچند توده بیرجند دارای سطح ویژه

دیگر محتوی رنگ‌دانه‌های برگ، به‌ویژه کارتنوئیدها در توده سیستان بالاتر بود که می‌تواند بازتابی از سازگاری اقلیمی این توده باشد. افزایش تعداد چتر در بوته توده بیرجند، که می‌تواند به‌منزله تعداد دانه بیشتر تعبیر شود، با وزن بالاتر دانه در توده سیستان جبران شد به‌نحوی که علی‌رغم عملکرد بیولوژیک بالاتر توده سیستان، تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه، و نیز عملکرد اسانس، این توده‌ها مشاهده نشد. با توجه به اینکه هر توده دارای ویژگی‌هایی است که سبب بهترین نمود در شرایط اقلیمی سازگار یافته با آن می‌شود، مقایسه این دو توده در هر دو منطقه بیرجند و سیستان می‌تواند به درک مکانیسم‌های تطابقی این دو گونه بیشتر کمک نماید.

منابع

امیدبگی، ر. و محمودی سورستانی، م. (۱۳۸۹). اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژی، میزان و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی *Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze. نشریه علوم باغبانی ایران، ۴۱(۲)، ۱۶۱-۱۵۳.

بحرینی‌نژاد، ب. و رزمجو، ج. (۱۳۹۳). اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و خصوصیات فنولوژیک گیاه آویشن کوهی. *Thymus kotschyanus* Boiss. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۳(۷)، ۸۰-۶۷.

جهان، م.، قلعه‌نویی، ش.، خاموشی، ا. و امیری، م.ب. (۱۳۹۴). بررسی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر کاربرد سوپرجاذب رطوبت، اسیدهیومیک و دوره‌های آبیاری. نشریه علوم باغبانی، ۲۹(۲)، ۲۴۰-۲۵۴.

رحیمی، ت.، حسن پور دشتی، ح. نورالوندی، ت. و مظفری، ح. (۱۳۹۲). اثر تنش خشکی بر اسانس و خصوصیات مورفولوژیکی توده‌های بومی گیاه بابونه ایران در شرایط آبیاری با زه آب فاضلاب خانگی. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی، ۵(۱)، ۵۵-۴۷.

هر دو توده واکنش خوبی به سطح بالای رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) نشان دادند، به‌نحوی که به‌جز محتوی رنگ‌دانه‌ها، سایر صفات اندازه‌گیری شده در این سطح رطوبتی در بالاترین حد خود بودند و درنهایت با کاهش محتوی رطوبتی خاک، عملکرد دانه و اسانس هر دو توده به‌شدت کاهش نشان داد و در این خصوص تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی وجود نداشت. از این جهت، و با در نظر گرفتن شرایط آبی موجود در این مناطق شرقی کشور، می‌توان پیشنهاد داد تا در تحقیقات بعدی شاخص‌های اقتصادی آب به‌عنوان ارزش اقتصادی مرتبط با افت محصول و کاهش مصرف آب نیز مورد بررسی قرار گیرد.

رضوی‌زاده، ر.، شفقت، م. و نجفی، ش. (۱۳۹۳). اثر تنش کمبود آب بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زینان (*Carum copticum*). فصلنامه زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۶(۲۲)، ۳۸-۲۵.

شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م.ح.، متین، ا.، نادری، ب.، رضایی، م.، گلی پور، م.، الهوردی ممقانی، ب. و علیزاده انارکی، ک. (۱۳۸۸). تأثیر آبیاری و کشت دیم بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد بومادران (*Achillea millefolium* L.) در منطقه کرج. مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۵(۳)، ۳۶۳-۳۴۷.

صادق‌زاده اهری، د.، حسندخت، م.ر.، کاشی، ع. و عمری، ا. (۱۳۹۵). اثر تنش خشکی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران. خشک بوم، ۶(۱)، ۱۰۱-۹۵.

صفی‌خانی، ف.، حیدری شریف‌آبادی، ح.، شریفی عاشورآبادی، ا.، سیادت، س.ع.، سیدنژاد، س.م. و عباس‌زاده، ب. (۱۳۸۶). تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum*

- مصرف آب رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تنش های محیطی در علوم زراعی، ۵(۲)، ۱۴۵-۱۳۵.
- وحیدی پور، ط.ج. و برادران ر. (۱۳۹۱). اثر دور آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزاء آن بر گیاه دارویی زنیان. سومین همایش ملی علوم کشاورزی و صنایع غذایی. ۱۵ آذر ۱۳۹۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا.
- Ahmad, P. (2016). Water Stress and Crop plants: a Sustainable approach. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 343-355
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome.
- Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216.
- Azhar, N., Hussain, B., Ashraf, M.Y. and Abbasi, K.Y. (2011). Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of desi ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 43(1), 15-19.
- Benjamin, J.G. and Nielsen, D.C. (2006). Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Research*, 97, 248-253.
- Brar, G.S., Kar, S. and Singh, N.T. (1990). Photosynthetic response of wheat to soil water deficits in the tropics. *Agronomy Journal*, 164, 343-348.
- Byrd, G.T., Sage, R.F. and Brown, R.H. (1992). A comparison of dark respiration between C3 and C4 plants. *Plant Physiology*, 100, 191-198.
- Coleman, W.K. (2008). Evaluation of wild *Solanum* species for drought resistance. 1. *Solanum gandarillasii* Cardenas. *Environmental and Experimental Botany*, 62(3), 221-230.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 185-212.
- Hopkins, W.G. and Huner, N.P. (2004). Introduction to Plant Physiology (3rd ed.). John Wiley & Sons, New York. 560p.
- Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 519-570.
- Jeyaramraja, P.R., Meenakshi, S.N., Kumar, R.S., Joshi S.D. and Ramasubramanian B. (2005). *moldavica* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳(۱)، ۸۶-۹۹.
- عمادی، ع.ر. (۱۳۸۸). آب، گیاه و اثرات کمبود آب بر بعضی صفات و رفتارهای فیزیولوژیک گیاه (مطالعه موردی: گندم). همایش ملی مدیریت بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸. مرودشت، شیراز، ایران.
- غفاری، ز.، علیزاده، ا. و بابادائی سامانی، ر. (۱۳۹۲). بررسی ترکیبات تشکیل دهنده و خاصیت ضد میکروبی اسانس گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum copticum* L.). اولین همایش ملی الکترونیکی کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. ۱۰ بهمن. موسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست، تهران.
- فرهی نیا، پ.، سادات نوری، س.ا. و مرتضویان، س.م.م. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر مؤلفه های جوانه زنی برخی از توده های زنیان (*Carum copticum* L.). اولین کنگره بین المللی و سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران. ۶-۴ شهریور، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران.
- قائدی جشنی، م. و موسوی نیک، س.م. (۱۳۹۴). تأثیر تنش خشکی و کودهای فسفر و روی بر صفات زراعی مورفولوژیکی و میزان اسانس بابونه آلمانی. تنش های محیطی در علوم زراعی. ۸(۱)، ۶۵-۷۲.
- لباسچی، م.ح. و شریفی عاشورآبادی، ا. (۱۳۸۳). شاخص های رشد برخی گونه های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۰(۳)، ۲۴۹-۲۶۱
- مجنون حسینی، ن. و دوازده امامی، س. (۱۳۸۸). زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه ای. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.
- محمدی، ع.، مجیدی، ا.، بی همتا، م. ر. و حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۵). ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۳: ۱۹۲-۱۸۵.
- موسوی، س.غ.، ثقه الاسلامی، م.ج. و موسوی، س.م. (۱۳۹۱). تأثیر تنش خشکی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و راندمان

- Ramakrishna, A. and Ravishankar, G.A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling and Behavior*, 6(11), 1720-1731.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, A.M. (1992). The Use of Saline Waters for Crop Production. *FAO Irrigation and Drainage*, FAO, Rome, 48p.
- Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan J.F. and Schepers, J.S. (2005). Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, 97, 106-112.
- Water deficit induced oxidative damage in tea (*Camelia sinensis*) plants. *Plant Physiology*, 162, 413-419.
- Lambers, H., Stuart Chapin III, F. and Pons, T.L. (2008). *Plant Physiological Ecology* (2nd ed.). Springer-Verlag, New York, 605p.
- Passarkli, M. (2010). *Handbook of Plant and Crop Stress*. (3rd edition). CRC press, Boca Raton, USA. 1245p.
- Patel, B.S., Sadaria, S.G. and Patel, J.C. (1996). Influence of irrigateion, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water use efficiency of blond pysllium (*Plantago ovata*). *Indian Journal of Agronomy*, 41, 136-139.

The effect of low irrigation regime on biomarkers of two local variety of ajwain (*Trachyspermum ammi* L.)

Majid Jami Al-Ahmadi^{*1}, Ali Shahidi², Raziieh Kelatehbojdi³

Abstract

Deficit irrigation is one of the new ways to reduce the effects of drought stress because crops can be supplied with available water in a controlled manner throughout the growing season. In order to investigate the effects of deficit irrigation on two local variety of ajwain, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in 2017 in the Research Farm of University of Birjand, Iran. The factors included three levels of soil moisture deficit (SMD: 50, 75 and 100 percent of field capacity), and two landraces of ajwain (Birjand and Sistan). Vegetative traits including plant height, leaf area and weight, yield components and quantitative and qualitative yield were measured. Results revealed that a reduction in the irrigation level, from 100 to 50% of field capacity, caused the grain yield, essential oil yield, biological yield, seed weight and number of umbels per plant to be reduced significantly. Sistan landrace had a higher chlorophyll a and b and carotenoid contents than Birjand, which may reflect an increase in the special leaf area (increased thickness) of Sistan landrace. Two landraces showed a different response to reduced irrigation. The growth characteristics and quantitative and qualitative yields of Sistan landrace were less affected by low irrigation levels, compared to Birjand landrace. In general, it can be said that the local variety of Sistan has a better compatibility with deficit irrigation; however there was no significant difference between grain yield and essential oil yield of these two landraces.

Keywords: Ajwain, Deficit irrigation, Dry matter, Leaf area, Plant height

¹ * Corresponding Author: Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. E-Mail: mjamialahmadi@birjand.ac.ir

² Associated Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

³ Former MSc. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.