نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۵۱۵-۵۰۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 502-515

تاثیر الگوی کم آبیاری بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دو گونه بالنگو (*Lallemantia royleana & iberica*) از منطقه مشهد و ارومیه

سعیده ملکی فراهانی*[۱] - مینا عبدالهی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۸

چکیده

مطالعه عوامل تنش‌زا و تأثیر آنها بر گیاهان دارویی به ویژه در شرایط کشور ما بسیار حیاتی به نظر می رسد. بالنگو گیاهی است که علاوه بر مصارف دارویی، در صنعت کاربرد فراوان دارد. با توجه به احتمال وقوع تنش خشکی در طول دوره رشد این گیاه، لازم است که بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات عملکرد و اجزاء عملکرد و برخی پارامترهای رشدی این گیاه پرداخته شود تا پاسخ‌های گیاه در مقابله با تنش خشکی ارزیابی شود. لذا آزمایشی با سه عامل الگوی آبیاری، گونه گیاهی و مبدا جمع آوری بذر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. در طول فصل رشد دو سطح آبیاری بر اساس تخلیه ۴۰ (شاهد) و ۶۰ درصد آب قابل استفاده خاک (تنش) بر دو گونه‌ی بالنگو شامل *Lallemantia royleana* و *L. iberica* که بذر آنها از منطقه ارومیه و مشهد جمع آوری شده بود، اعمال شد. با افزایش تخلیه آب قابل استفاده خاک، شاخص سطح برگ و مقدار رنگیزه های فتوسنتزی کاهش معنی دار نیافت. گونه *L. iberica* بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۲/۹۹) را داشت. گونه *L. royleana* مقدار کلروفیل a بیشتری (۰/۰۰۰۸ میلی گرم بر گرم وزن تر) نسبت به گونه *L. iberica* داشت. کاهش رطوبت قابل استفاده خاک تا حد ۶۰ درصد بر بسیاری از صفات مربوط به اجزاء عملکرد، اثر معنی‌دار نداشت، اما با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک، تعداد فندقه در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد چرخه گل در بوته، طول گل‌آذین، ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی کاهش یافت، اما وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه روند افزایشی نشان دادند. عملکرد دانه از سطح ۴۰ درصد (۲۰۸/۴ کیلوگرم در هکتار) به سطح ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک، (۱۰۷/۳ کیلوگرم در هکتار) ۴۳/۸۴ درصد کاهش یافت. گونه *L. royleana* در برابر افزایش تخلیه رطوبت خاک کاهش عملکرد دانه کمتری (۴۰) نسبت به گونه *L. iberica* (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) نشان داد. اکوتیپ مشهد بیشترین عملکرد دانه را نشان داد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ، غلظت کلروفیل a و وزن هزار دانه مشاهده شد. به طور کلی گونه *L. royleana* از منطقه مشهد بیشترین علمکرد دانه را در شرایط کمبود رطوبتی خاک تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، اکوتیپ، بالنگو، رنگیزه های فتوسنتزی، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد خود در معرض تنش‌های گوناگونی قرار دارند و در این میان کمبود آب بزرگترین چالش در تولید محصول خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران می‌باشد (۳۶). اثر تنش آبی به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن بستگی دارد (۳۸). شناسایی زمان بحرانی و زمان‌بندی آبیاری بر مبنای یک برنامه دقیق و اساسی برای گیاه، کلیدی برای نگهداری آب و بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است (۳). علت اصلی تنش آب در گیاه افزایش میزان تلفات آب، یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است که بر اثر آن میزان تلفات آب ناشی از تعرق بر میزان جذب آن توسط ریشه‌ها پیشی گرفته و میزان تنش افزایش می‌یابد (۴). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم (که به نحوی کارایی فتوسنتز را کاهش می‌دهد)، کاهش ساخت پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرایند فتوسنتز می‌گردد (۵). در راستای مطالعه اثرات کمبود آب بر رشد گیاهان، مطالعات صورت گرفته روی

۱ و ۲- استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: maleki@shahed.ac.ir

همیشه بهار (*Calendula officinalis*) و رازیانه (*Foeniculun vulgare*) مشخص شد که ارتفاع و تعداد گل در گیاه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش می‌یابد (۱۱ و ۴۵). همچنین در تحقیقی دیگر روی همیشه بهار با سه سطح تنش خشکی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A دریافتند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن از سطح ۴۰ میلی متر از سطح تشتک به دست آمد در حالی که بیشترین درصد روغن از سطح ۱۲۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک حاصل شد (۷). مطالعه تأثیر دور آبیاری بر روی عملکرد گیاه دارویی به‌لیمو همبستگی ضعیف و منفی بین ارتفاع و نسبت برگ به ساقه و نیز بین تاج پوشش ونسبت برگ به ساقه نشان داد (۲). ضمن بررسی رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک بر گونه‌ای از نعناع مشخص شد که افزایش رطوبت خاک، شاخص سطح برگ گیاه و تجمع ماده خشک را به طور معنی‌داری افزایش داد (۳۵). در بررسی دیگر با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن تر و وزن خشک اندام رویشی آویشن (*Thymus vulgare L.*) کاهش یافت (۳). تنش آبی در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش سنبل هندی باعث کاهش عملکرد اندام رویشی، ارتفاع گیاه و سطح برگ شد (۲۲). نتایج تحقیقات نشان داد که تنش خشکی ملایم بر روی مقدار کلروفیل در دو گیاه سردسیری *Festuca* و *Poa pratensis* اثری نداشته ولی خشکی شدید مقدار کلروفیل را در این دو گیاه کاهش می‌دهد (۲۶). همین‌طور مقدار کلروفیل در گیاه توتون همراه با کاهش پتانسیل آب خاک تحت تنش خاک کاهش می‌یابد (۳۹). با پیشرفت علم و توجه جهانیان به تاثیر زیانبار استفاده از ترکیبات شیمیایی و مواد سنتتیک مجدداً جهان رو به استفاده از فراورده‌های گیاهی آورده به طوری که گفته می شود قرن بیست و یکم قرن گیاهان دارویی است (۱۲). بالنگو (*Lallemantia* sp.) گیاه سردسیری یک یا چند ساله از خانواده *Lamiaceae* بوده و دارای ۵ گونه *L. Baldshuanica*, *L. peltata*, *L. iberica. L.canescens* و *L. royleana* می‌باشد (۴۱). این گیاه بومی قفقاز بوده و در ترکیه، ایران، سوریه، هند، پاکستان، افغانستان و اروپا پراکنش دارد (۴۱). بذرهای بالنگو دارای موسیلاژ می‌باشند که در درمان اختلالات گوناگون نظیر برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی به کار می‌روند و همچنین به عنوان یک داروی محرک جنسی و خلط‌آور در بین داروهای محلی ایران شناخته شده است (۴۱). از روغن این گیاه همچنین در چرم‌سازی، رنگ‌سازی، روان‌کننده، به‌عنوان ماده جلوگیری کننده از فساد چوب، واکس مبل، جوهر پرینتر، تهیّه صابون، در دباغی و در کارخانه‌های لینولئوم استفاده می‌شود (۱۲). با توجه به خواص دارویی و صنعتی، بالنگو به عنوان گیاهی چند منظوره معرفی می‌شود. در گیاهان دارویی، اهلی کردن و کشت زراعی آن‌ها، گزینش ارقام مقاوم به خشکی و مطالعه الگوی رفتاری ژنوتیپ‌های مختلف در برابر خشکی و شناخت ویژگی‌های مربوط به هر کدام از عوامل موثر در رشد برای درک ساز و کارهای مقاومت به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا مطالعه عوامل تنش‌زا و تأثیر آنها بر گیاهان دارویی و همچنین ارائه، ایجاد و توسعه روش‌های مقابله با تنش‌های محیطی به ویژه در شرایط کشور ما بسیار حیاتی به نظر می‌رسد. با توجه به احتمال وقوع تنش خشکی در طول دوره رشد بالنگو، لازم است که بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات عملکرد و اجزاء عملکرد و برخی پارامترهای رشدی این گیاه پرداخته شود تا پاسخ‌های گیاه در مقابله با تنش خشکی ارزیابی شود و از آنجا که اکوتیپ‌های مختلف که در شرایط اقلیمی متفاوت رشد می کنند می توانند در واکنش به کمبود رطوبت خاک، واکنش‌های متفاوتی نشان دهند این مطالعه بر روی اکوتیپ‌های گوناگون این گیاه انجام شد تا اکوتیپ‌های با پتانسیل بالای تولید این گیاه در شرایط محدودیت منابع آب را شناسایی کرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشگاه شاهد طی سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. این مزرعه در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۹۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین سالیانه دما ۱۷/۱ درجه سانتی گراد و میانگین بارش سالیانه ۲۱۶ میلی متر می‌باشد. برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش با سه عامل الگوی آبیاری، گونه گیاهی و مبدا جمع آوری بذر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه در عمق ۳۰ سانتی متر

بافت خاک	رس (%)	سیلت(%)	شن (%)	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی دائم (%)	پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	اسیدیته (pH)	شوری ($dS\ m^{-1}$)
سیلتی لوم	۱۸	۲۴	۵۸	۱۳/۵	۷/۰۹	۳۸۲	۲۲/۳	۰/۰۸	۰/۷۷	۸/۱	۳/۷۵

در طول فصل رشد دو سطح آبیاری بر اساس تخلیه ۴۰ (شاهد) و ۶۰ درصد آب قابل استفاده خاک (تنش) بر دو گونه‌ی بالنگو شامل *Lallemantia royleana* و *L. iberica* که بذر آنها از منطقه ارومیه (میاندوآب) و مشهد (کلات) جمع آوری شده بود، اعمال شد.

تیمارها در کرت هایی به اندازه ۳×۱/۵ متر (شش خط کاشت سه متری با فاصله ۲۵ سانتی متر به صورت جوی و پشته) کشت شدند که بر این اساس مساحت هر کرت آزمایشی چهار و نیم متر مربع بود. آرایش کاشت به صورت ۵×۲۵ سانتی متر بود. کشت در تاریخ ۲۴ اسفند انجام شد و حدود یک ماه پس از کاشت که گیاهان در مرحله ۸ برگی بودند، تیمارهای تنش اعمال شدند. در طول آزمایش مراحل داشت مثل وجین، تنک، کوددهی و غیره بر حسب نیاز گیاه اعمال شدند. کود اوره مورد نیاز به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به گیاهان داده شد.

جهت اعمال الگوی آبیاری، مقادیر رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی (۱۳/۵) و پژمردگی دائم (۷/۰۹) با استفاده از صفحه فشاری در مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی کرج اندازه‌گیری شد. زمان های آبیاری مزرعه با اندازه گیری رطوبت خاک به روش وزنی از طریق نمونه گیری خاک در یک نوبت در وسط هر روز از عمق توسعه ریشه در تیمارهای مختلف و رسیدن به رطوبت مورد نظر تعیین گردید (۴۴). میزان آب آبیاری برای هر کرت با در نظر گرفتن عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی متر)، مساحت کرت و رطوبت ظرفیت زراعی خاک بر حسب متر مکعب محاسبه شد (۳۱). آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد و انتهای کرت ها برای جلوگیری از خروج آب به طور کامل بسته شد. مقدار آب لازم برای هر تیمار با استفاده از کنتوری که در مزرعه نصب گردید اندازه‌گیری شد.

برخی ویژگی‌ها از جمله شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل a، b وکلروفیل کل (۱۳)، در مرحله گلدهی پس اعمال تیمارهای آبیاری اندازه گیری شدند در پایان فصل رشد و در تاریخ ۳۰ خرداد، پس از رسیدگی کامل، تعداد ۵ بوته از هر کرت باحذف اثر حاشیه انتخاب و اجزاء عملکرد شامل، تعداد شاخه جانبی، تعداد فندقه در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد چرخه گل در بوته، تعداد فندقه و دانه در هر چرخه گل، طول گل‌آذین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی و بذر بالنگو از هر کرت آزمایشی، مساحتی برابر دو متر مربع برداشت شد. شاخص برداشت نیز، از تقسیم شدن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده ها، پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای لازم، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت و میانگین تیمارها توسط آزمون LSD مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها، توسط نرم‌فزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد علی‌رغم اینکه رژیم‌های مختلف آبیاری از نظر آماری اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گونه‌های مختلف بالنگو نداشتند (جدول ۲). اما با افزایش درصد تخلیه آب خاک، شاخص سطح برگ از ۲/۶۸ در تیمار ۴۰ درصد به ۲/۰۲ در تیمار ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، کاهش یافت (جدول ۳).

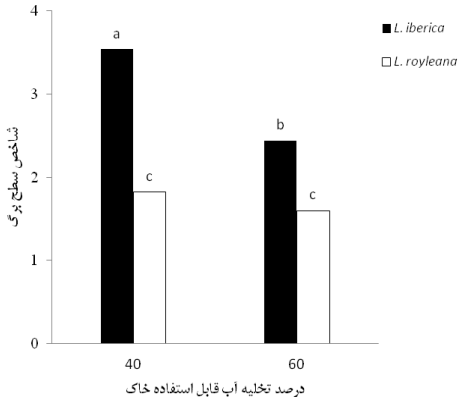
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی های فیزیولوژیک بالنگو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		شاخص سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بلوک	۲	۰/۰۸۳ n.s.	۴/۲۰×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۱/۰۲×۱۰$^{-۵}$ n.s.	۱/۰۲×۱۰$^{-۵}$ n.s.
الگوی آبیاری	۱	۲/۵۹ n.s	۹/۲۰×۱۰$^{-۷}$ n.s	۴/۶۷×۱۰$^{-۵}$ n.s.	۴/۶۷×۱۰$^{-۵}$ n.s.
خطای اول	۲	۰/۵۰	۱/۵۱×۱۰$^{-۷}$	۱/۲۰×۱۰$^{-۵}$ ns	۱/۲۰×۱۰$^{-۵}$
گونه	۱	۹/۷۹**	۳/۳۰×۱۰$^{-۶}$**	۱/۴۵×۱۰$^{-۵}$n.s	۱/۴۵×۱۰$^{-۵}$ ns
اکوتیپ	۱	۰/۰۰۲ n.s.	۳/۵۰×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۶/۱۰×۱۰$^{-۶}$ n.s.	۶/۱۰×۱۰$^{-۶}$ ns
الگوی آبیاری × گونه	۱	۱/۱۶۷*	۱/۵۰×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۱/۰×۱۰$^{-۵}$n.s.	۱/۰۸×۱۰$^{-۶}$ ns
الگوی آبیاری × اکوتیپ	۱	۰/۰۱ n.s.	۱/۰۸×۱۰$^{-۶}$ n.s.	۹/۴۷×۱۰$^{-۶}$n.s.	۹/۰×۱۰$^{-۶}$ ns.
گونه × اکوتیپ	۱	۱/۲۷ n.s.	۲/۶۰×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۳/۰×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۳/۰×۱۰$^{-۶}$ n.s
الگوی آبیاری × گونه × اکوتیپ	۱	۰/۱۷۵ n.s.	۵/۷۰×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۱/۷۶×۱۰$^{-۶}$ n.s.	۱/۷۶×۱۰$^{-۵}$ n.s.
خطای دوم	۱۲	۰/۱۹۸	۲/۷×۱۰$^{-۷}$	۱/۴۲×۱۰$^{-۶}$	۶/۱۹×۱۰$^{-۶}$ n.s.
کل	۲۳				۱/۴۳×۱۰$^{-۶}$
ضریب تغییرات		۱۸/۹۲	۶/۳۷	۲۴/۱۰	۲۴/۱۰

n.s، * و **- به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

به علاوه تجزیه واریانس داده‌های شاخص سطح برگ نشان داد این صفت به طور معنی داری در سطح یک درصد تحت تأثیر دو گونه مختلف بالنگو قرار گرفت. بیشترین شاخص سطح برگ در گونه *L. iberica* با مقدار ۲/۹۹ و کمترین در گونه *L. royleana* با ۱/۷۱ بود. برهمکنش الگوی آبیاری و گونه‌های بالنگو در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. در هر دو گونه همراه با افزایش درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، شاخص سطح برگ کاهش یافت ولی در گونه *L. iberica* این کاهش معنی‌دار بود، در صورتی که در گونه *L. royleana* کاهش معنی‌دار در شاخص سطح برگ مشاهده نشد. این امر مبیّن آن است که رشد برگ‌ها در گونه *L. royleana* تحت تنش خشکی قرار نگرفت در حالی که گونه *L. iberica* به شدت تحت تأثیر قرار گرفت.

کاهش سطح برگ در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است. کابوسلی و همکاران (۱۶) و چانگ و همکاران (۱۸) بیان نمودند کاهش سطح برگ در گیاه برنج (*Oryza sativa*) راهبردی برای بهبود تحمل به خشکی است که سبب کاهش اتلاف آب و تعرق و متعاقب آن کوچک شدن اندازه سلول‌ها، کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی و در نتیجه کند شدن رشد برگ، توقف تولید برگ و تسریع پیری و متعاقب آن ریزش برگ‌ها که خود یکی از راهکارهای افزایش مقاومت گیاهان در برابر خشکی می‌باشد (۲۹ و ۳۰). همچنین رستمزا و همکاران (۴۴) همبستگی مثبتی بین شدت تنش آب و کاهش سطح برگ از ۷ درصد تا ۴۵/۵ درصد در گیاه (*Pennisetum americanum* L.) نشان دادند که خود دلیلی بر خود تنظیمی گیاه جهت حفظ منابع فتوسنتزی برای حفظ سبزماندن گیاه و تولید مواد فتوسنتزی در گیاه می‌باشد



شکل ۱- تاثیر الگوی آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک بر شاخص سطح برگ دو گونه متفاوت بالنگو (LSD=۰/۵)

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که کاهش آب آبیاری بر میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل اثر معنی داری نداشت. دو گونه *L. iberica* و *L. royleana* از لحاظ مقدار کلروفیل a تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند. گونه *L. royleana* با ۰/۰۰۸۸ میلی‌گرم بر گرم بیشترین مقدار کلروفیل a را در مقایسه با گونه *L. iberica* با ۰/۰۰۸۰ میلی‌گرم برگرم کلروفیل a نشان داد. اثر خشکی بر صفات فیزیولوژیکی نظیر شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود. اما با فزایش میزان درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک، شاخص سطح برگ کاهش یافت. علیرغم اینکه آبیاری اثر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی نداشت، اما با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک، غلظت کلروفیل a کاهش یافت اما غلظت کلروفیل b و غلظت کلروفیل کل گیاه روند افزایشی نشان دادند. شواهد در دست مبنی بر آن است که تنش آبی، میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد (۱۴ و ۳۲). درحالی که در تحقیقاتی دیگر چنین کاهشی در غلظت کلروفیل، در شرایط تنش مشاهده نشده است (۱). همچنین صالحی و همکاران (۹) گزارش کرده‌اند که در گندم (*Triticum sativum*)، شاخص‌هایی نظیر محتوی کلروفیل در واکنش به تنش خشکی افزایش می‌یابد و این واکنش در برگ‌های پرچم، قابل توجه است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که اعمال تنش خشکی اثر بیشتری بر کاهش کلروفیل b دارد به طوری که غلظت کلروفیل a را به طور متوسط در حدود ۳۵ درصد و کلروفیل b را ۳۸ درصد کاهش می‌دهد (۸). همچنین اشرف و همکاران (۱۵) نیز گزارش کردند که تنش خشکی، غلظت کلروفیل b را بیشتر از کلروفیل a کاهش می‌دهد. در گیاهان زراعی گزارش‌هایی در رابطه با واکنش‌های متفاوت کلروفیل به خشکی، در ارقام حساس و مقاوم (۱۷) و یا عدم تاثیر تنش خشکی، بر غلظت کلروفیل ارائه شده است (۲۸). گزارش شده است که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش، از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است (۴۰). افزایش غلظت کلروفیل کل گیاه با افزایش شدت تنش خشکی می‌تواند دلالت بر افزایش ظرفیت گیاه جهت به دام اندختن نور و نوعی خود تنظیمی گیاه در برابر تنش خشکی باشد، چرا که با کاهش محتوای کلروفیل گیاه و افزایش جذب نور توسط اجزای فتوسنتزی منجر به تولید گونه‌هایی از اکسیژن فعال شده که خود منجر به تجزیه رنگیزه‌های دخیل در جذب نور می‌شوند (۲۷). به طور کلی کمبود آب سبب آسیب رنگدانه‌ها و پلاستیدها می‌شود و تنش خشکی باعث محدودیت فتوسنتز گیاه با ایجاد تغییراتی در مقدار کلروفیل و تأثیر بر اجزای فتوسنتزی می‌شود (۳۰). اما عدم کاهش معنی دار رنگیزه‌های فتوسنتزی در این مطالعه می تواند حاکی از آن باشد که الگوی آبیاری اعمال شده به لحاظ اثر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه بالنگو محدود کننده نبوده است و این گیاه می تواند تا حدودی رنگیزه‌های فتوسنتزی خود را در مقدار ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک حفظ نماید.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ و رنگدانه های فتوسنتزی دو گونه و اکوتیپ بالنگو در رژیم‌های آبیاری

تیمار	شاخص سطح برگ	کلروفیل a mg g^{-1} FW	کلروفیل b mg g^{-1} FW	کلروفیل کل mg g^{-1} FW
الگوی آبیاری				
۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده	۲/۶۸ a	۰/۰۰۸۶ a	۰/۰۰۹۸ a	۰/۰۱۷۵ a
۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده	۲/۰۲ a	۰/۰۰۸۲ a	۰/۰۱۱۷ a	۰/۰۱۹۹ a
گونه				
L. iberica	۲/۹۹ a	۰/۰۰۸۰ b	۰/۰۱۱ a	۰/۰۱۹۱ a
L. royleana	۱/۷۱ b	۰/۰۰۸۸ a	۰/۰۰۹ a	۰/۰۱۸۳ a
اکوتیپ				
ارومیه	۲/۳۶ a	۰/۰۰۸۳ a	۰/۰۰۹۸ a	۰/۰۱۸۱ a
مشهد	۲/۳۴ a	۰/۰۰۸۵ a	۰/۰۱۰ a	۰/۰۱۹۴ a

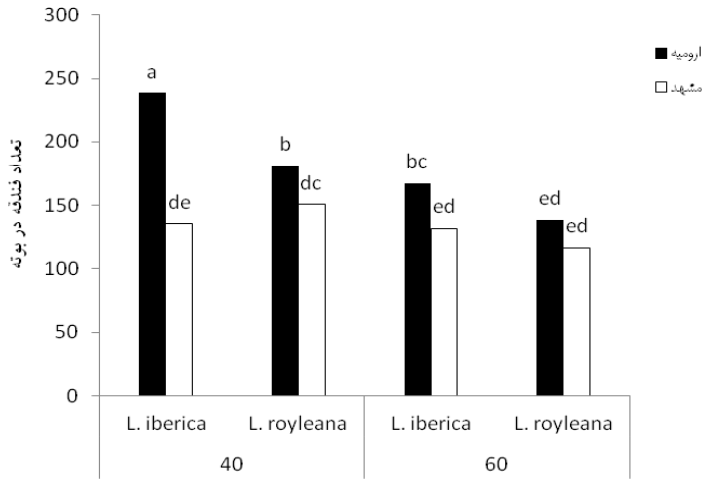
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تفاوت میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

که این امر می‌تواند نشان دهنده توانایی گیاه جهت حفظ فتوسنتز در شرایط تنش رطوبتی باشد. عدم کاهش معنی دار کلروفیل و سطح برگ می تواند مبین ساز و کارهای تحمل یا مقاومت به تنش رطوبتی در این گیاه باشد.

اجزاء عملکرد

تعداد فندقه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی اثر معنی داری بر تعداد فندقه در بوته نداشت (جدول ۴) اما با این حال، با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک از ۴۰ درصد به ۶۰ درصد، تعداد فندقه در بوته این گیاه ۲۱/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). اثر متقابل بین سطوح آبیاری، گونه و اکوتیپ‌های بالنگو بر تعداد فندقه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). شکل ۲ بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین اکوتیپ‌های مربوط به گونه *L. iberica* در دو سطح آبیاری ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک می‌باشد. بیشترین تعداد فندقه در بوته مربوط به گونه *L. iberica* و اکوتیپ ارومیه در ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک می‌باشد. به طور کلی هر دو گونه *L.royleana* و *L. iberica* به خصوص اکوتیپ ارومیه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.



شکل ۲- تاثیر الگوی آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک بر تعداد فندقه در بوته گونه و اکوتیپ های متفاوت بالنگو (LSD=٤٥)

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گونه‌ها و اکوتیپ‌های بالنگو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات MS												
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه جانبی در بوته	طول گل آذین اصلی	تعداد فندقه در بوته	تعداد دانه در بوته	تعداد چرخه گل در بوته	تعداد فندقه در هر چرخه گل	تعداد دانه در هر چرخه گل	وزن دانه در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱/۹۵ n.s	۰/۶ n.s	۲/۸ n.s	۴۴۰/۲ n.s	۹۹۱/۲ n.s	۵۰/۳ n.s	۰/۱۳ n.s	۲/۱ n.s	۱/۳×۱۰$^{-۶}$ n.s	۰/۰۰۳ n.s	۱۹۴۱/۱ n.s	۹۸/۵ n.s	۰/۰۰۶۰۲ n.s
الگوی آبیاری	۱	۸۵/۵ n.s	۴/۱ n.s	۳۷/۰ n.s	۸۶۶۴ n.s	۵۷۶۶ n.s	۲۶۰ n.s	۰/۸۴ n.s	۱۳/۴ n.s	۸/۴×۱۰$^{-۷}$ n.s	۰/۰۰۲ n.s	۵۰۰۸۷/۲ *	۵۲۳۱۸۳ **	۰/۰۱۱۱ n.s
خطای اول	۲	۶/۳	۵/۱	۳/۴	۸۸۲/۳	۱۵۴۲/۸۷۵	۱۷۱/۷	۱/۰۶	۱۷/۱	۹/۴×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۰/۰۰۴	۲۶۷۴/۱	۱۰۱	۰/۰۰۵۱۳
گونه	۱	۸۶/۲ *	۱۶/۶ **	۲۷/۰ n.s	۲۸۱۶/۶ **	۱۶۰۰/۶ n.s	۸۷۶ *	۶/۳**	۱۰۰/۹ **	۵/۴×۱۰$^{-۶}$ **	۲/۴۴ **	۱۶۷۵۸/۷ **	۳۵۱۵۱/۷ **	۰/۰۱۷۱ n.s
اکوتیپ	۱	۱/۰ n.s	۰/۱۶ n.s	۶۰/۴ *	۱۳۷۲۸/۱ **	۱۷۳۸۸/۱ **	۳/۳۷۵ n.s	۴/۵ *	۷۳/۳*	۳/۵×۱۰$^{-۸}$ n.s.	۰/۰۱ n.s	۹۵۷۶ *	۱۰۳۱۲/۷ **	۰/۰۰۸۰۳ n.s
الگوی آبیاری*گونه	۱	۲/۴ n.s	۰/۱۶ n.s	۱/۱ n.s	۲/۶۶ n.s	۱۶/۶۶ n.s	۲۲۲ n.s	۰/۲۹ n.s	۴/۶ n.s	۴/۸×۱۰$^{-۹}$ n.s.	۰/۰۱ n.s	۵۲۷۴/۷ **	۱۹۴۳۱ **	۰/۰۰۰۰۹۸ n.s
الگوی آبیاری *اکوتیپ	۱	۰/۰۳ n.s	۰/۰ n.s	۳/۰ n.s	۲۲۰۴/۱ *	۶۲۰۸/۱ **	۵۱/۰ n.s	۰/۴۹ n.s	۰/۳۵ n.s	۱/۷×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۰/۰۰۰۸ n.s	۸۹۳۲ *	۶۴۸۴۴ n.s	۰/۰۰۳۰۱ n.s
گونه*اکوتیپ	۱	۱۹۴/۳ **	۱/۵۰ n.s	۳/۸ n.s	۲۸۶۰/۱ **	۲۳۶۰/۱ *	۱۶۵/۳ n.s	۰/۰۷	۷/۹۳ n.s	۸/۶×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۰/۰۰۰۱ n.s	۱۵۶۰۶ *	۶۲۵۶/۵ **	۰/۰۳۳۸ *
الگوی آبیاری *گونه*اکوتیپ	۱	۱/۷ n.s	۰/۶۶ n.s	۰/۵۴ n.s	۱۳۲۰/۱ *	۳۷/۵ n.s	۴۰/۰ n.s	۳/۴ n.s	۱/۲ n.s	۴/۶×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۰/۰۰۰۸ n.s	۳۷۳۰ n.s	۱۰۷۳۱/۵ **	۰/۰۰۶۵۱ n.s
خطای دوم	۱۲	۱/۵	۱/۰	۰/۴۳	۲۴۳	۴۱۱/۱	۱۱۱/۱	۰/۵۳۴	۸/۵	۲/۲×۱۰$^{-۷}$ n.s.	۰/۰۰۲	۱۷۸۷/۴	۸۶/۵	۰/۰۰۴۵
کل	۲۳													
٪ ضریب تغییرات		۴/۲۷	۱۳/۲۲	۶/۳۰	۹/۸۸	۱۲/۵۴	۱۸/۴۵	۲۵/۴۴	۲۵/۲۷	۱۷/۴۶	۱/۹۱	۲۵/۹۸	۱/۲۹	۳۰/۴۸

n.s، * و **- به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری، گونه و اکوتیپ بر ویژگی‌های بالنگو

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه جانبی	طول گل-آذین اصلی (cm)	تعداد فندقه در بوته	تعداد دانه در بوته	تعداد چرخه گل در بوته	تعداد فندقه در هر چرخه گل	تعداد دانه در هر چرخه گل	وزن دانه در بوته (g)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد)
الگوی آبیاری													
۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	۳۰/۷۴ a	۸/۰۸ a	۱۶/۰۱ a	۱۷۶/۶۷ a	۱۷۷/۱۷ a	۶۰/۴۱ a	۳/۰۷a	۱۲/۳۰ a	۰/۰۰۲۴ a	۸/۵۹ a	۲۰۸/۴۰ a	۸۶۳/۲۹ a	۲۴/۲ a
۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	۲۶/۹۶ a	۷/۲۵ a	۱۳/۵۵ a	۱۳۸/۶۷ a	۱۴۶/۱۷ a	۵۳/۸۳ a	۲/۷۰ a	۱۰/۸۰ a	۰/۰۰۲۸ a	۸/۶۵ a	۱۱۷/۰۳ b	۵۶۸ b	۱۹/۹ a
گونه													
L. iberica	۳۰/۷۵ a	۸/۵۰ a	۱۵/۸۳ a	۱۶۸/۵۰ a	۱۶۹/۸۳ a	۵۱/۰۸ b	۳/۴۰ a	۱۳/۶۰a	۰/۰۰۳۱ a	۹/۶۳ a	۱۸۹/۱۴ a	۷۵۳/۹۱ a	۲۴/۷ a
L. royleana	۲۶/۹۵ b	۶/۸۳ b	۱۳/۷۰ a	۱۴۶/۸۳ b	۱۵۳/۵۰ a	۶۳/۱۶ a	۲/۳۷ b	۹/۵۰ b	۰/۰۰۲۱ b	۷/۶۲ b	۱۳۶/۲۹ b	۶۷۷/۳۷ b	۱۹/۴ a
اکوتیپ													
ارومیه	۲۹/۰۵ a	۷/۵۸ a	۱۶/۳۵ b	۱۸۱/۵۸ a	۱۸۸/۵۸ a	۵۶/۷۵ a	۳/۵۸ a	۱۳/۳۰ a	۰/۰۰۲۷ a	۸/۶۹ a	۱۴۲/۷۴ b	۶۹۴/۹۱ b	۲۰/۲ a
مشهد	۲۸/۶۵ a	۷/۷۵ a	۱۳/۱۸ a	۱۳۳/۷۵ b	۱۳۴/۷۵ b	۵۷/۵۰ a	۲/۴۵ b	۹/۸۰ b	۰/۰۰۲۶ a	۸/۵۵ a	۱۸۲/۶۹ a	۷۳۶/۳۷ a	۲۳/۹ a

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تفاوت میانگین‌ها بر اساس LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

تعداد دانه در بوته

طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس، تنش خشکی اثر معنی‌داری روی تعداد دانه در بوته نداشت (جدول ۴) اما با این وجود با افزایش شدت تنش تعداد دانه در بوته کاهش یافت (جدول ۵). اثر متقابل الگوی آبیاری و اکوتیپ از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴) به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در بوته در اکوتیپ ارومیه به صورت معنی داری کاهش یافت اما اکوتیپ مشهد تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (شکل ۳). همچنین اثر متقابل گونه و اکوتیپ نشان داد که فقط اکوتیپ‌های مربوط به گونه *L. iberic* تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد دانه در بوته با یکدیگر داشتند در حالیکه هیچ تفاوتی بین دو اکوتیپ مربوط به گونه *L. royleana* مشاهده نشد. بیشترین تعداد دانه در بوته در هر دو گونه *L. iberica* و *L. royleana*، مربوط به اکوتیپ ارومیه به ترتیب با میانگین تعداد ۲۰۶/۶۷ و ۱۷۰/۵۰ دانه در بوته به دست آمد (جدول ۶).

تعداد چرخه گل در بوته

تنش خشکی اثر معنی‌داری روی تعداد چرخه گل در بوته نداشت (جدول ۴). اما طبق جدول ۵، با کاهش مقدار رطوبت از تیمار ۴۰ درصد به ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک، تعداد چرخه‌های گل در بوته ۱۱ درصد کاهش یافت. بیشترین تعداد چرخه گل مربوط به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک بود (جدول ۵). نوع گونه گیاهی تأثیر معنی داری در سطح پنج درصد بر تعداد چرخه گل در این گیاه دارویی داشت (جدول۴). تعداد چرخه‌های گل گونه *L. royleana* ۱۲ عدد بیشتر از گونه *L. iberica* بود. بین اکوتیپ‌ها هیچ گونه تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد (جدول ۵).

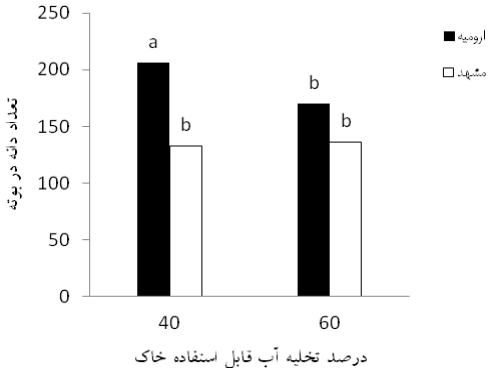
تعداد فندقه و تعداد دانه در چرخه گل

علی‌رغم اینکه آبیاری اثر معنی داری بر تعداد فندقه و تعداد دانه در هر چرخه گل بالنگو نداشت (جدول ۴) اما طبق جدول ۵ ملاحظه شد که با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد فندقه و در نهایت تعداد دانه در هر چرخه گل کاهش یافت. اثر گونه بر تعداد فندقه و تعداد دانه در هر چرخه گل در سطح یک درصد و اثر اکوتیپ بر این صفات در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول۴). بیشترین تعداد فندقه و بیشترین تعداد دانه در هر چرخه گل مربوط به گونه *L. iberica* و اکوتیپ مشهد بود (جدول ۴).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل گونه و اکوتیپ بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه وشاخص برداشت

تیمار / صفت	ارتفاع بوته (cm)	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت
ارومیه × *L. iberica*	۳۳/۸ a	۲۰۶/۶۷ a	۱۴۳/۶ b	۱۹/۲ b
مشهد × *L. iberica*	۲۷/۷ c	۱۳۳ c	۲۳۴/۶ a	۳۰/۳ a
ارومیه × *L. royleana*	۲۴/۳۱ d	۱۷۰/۵ b	۱۴۱/۷ b	۲۱/۳ b
مشهد × *L. royleana*	۲۹/۶ b	۱۳۶/۵ c	۱۳۰/۳ b	۱۷/۵ b

حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تفاوت میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد



شکل ۳- تاثیر الگوی آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک بر تعداد دانه در بوته اکوتیپ های متفاوت بالنگو (LSD=٦٠)

طول گل آذین

در این بررسی مشاهده شد که سطوح تنش خشکی بر طول گل-آذین اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). اما با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک طول گل‌آذین روند کاهشی نشان داد (جدول ۵). بین گونه‌ها نیز تفاوت معنی‌داری از نظر طول گل آذین مشاهده نشد، اما با این حال گونه *L. iberica* حدودا دو سانتی‌متر بلندتر از *L. royleana* بود. بین اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر طول گل‌آذین مشاهده شد (جدول ۴) به طوری که اکوتیپ ارومیه حدودسه سانتی متر بلندتر از اکوتیپ مشهد بود (جدول ۵).

ارتفاع بوته

با توجه به اینکه اثر تنش خشکی بر روی ارتفاع بوته بالنگو معنی دار نبود (جدول ۴) اما طبق جدول ۵ کاهش جزئی در ارتفاع بوته مشاهده شد به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی از ۴۰ درصد به ۶۰ درصد آب قابل استفاده خاک، ارتفاع بوته چهار سانتی متر کاهش یافت. بین گونه‌ها نیز از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵) به‌طوری‌که گونه *L. iberica* ۴ سانتی‌متر بلندتر از گونه *L. royleana* بود (جدول ۵). همچنین اثر متقابل بین گونه و اکوتیپ از نظر این صفت در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۶). در گونه *L. iberica*، اکوتیپ ارومیه ۶ سانتی متر بلندتر از اکوتیپ مشهد و در گونه *L. royleana* اکوتیپ مشهد ۵ سانتیمتر بلندتر از اکوتیپ ارومیه بود.

ارتفاع گیاهان تحت تاثیر خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی نظیر رطوبت، نور، تغذیه، کمیت و کیفیت نور قرار می‌گیرد. معمولاً ارتفاع بوته جزء مهمی در تعیین عملکرد دانه نیست ولی ارقامی که ارتفاع بلندتری دارند دارای عملکرد بیولوژیک بیشتری هستند. به نظر می‌رسد رقابت بین بوته‌ها برای به دست آوردن آب در تیمارهای تنش خشکی، کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه را به دنبال داشته که این امر کوتاه قدی گیاه را سبب می‌شود (۱۰). میر حسینی ده آبادی (۳۳) نیز اظهار داشت که گیاهان تحت تنش خشکی شدید نسبت به تیمار شاهد دارای ارتفاع بوته و همچنین تعداد شاخه‌های کوچکتری بودند و رشد ساقه‌ها و شاخه‌های جانبی آن نیز آهسته تر بود علت این امر سوخت و ساز کمتر و سطح برگ کمتر در واحد طول ساقه گزارش شده است.

تعداد شاخه جانبی

الگوی آبیاری بر تعداد شاخه‌های جانبی گیاه دارویی مورد مطالعه اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۴). بیشترین تعداد شاخه جانبی مربوط به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک با ۸ شاخه جانبی و کمترین آن مربوط به تیمار ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک با ۷ شاخه جانبی بود (جدول ۵). گونه گیاهی اثر معنی‌دار بر تعداد شاخه جانبی داشت (جدول ۴). به طور کلی گونه *L. iberica* تعداد شاخه بیشتری نسبت به *L. royleana* داشت. اثر متقابل گونه گیاهی و اکوتیپ و سطوح تنش خشکی اثر معنی‌دار برتعداد شاخه نگذاشت (جدول ۴).

با توجه به اینکه بالنگو گیاهی رشد محدود می‌باشد لذا با افزایش شدت تنش خشکی از رشد رویشی گیاه کاسته می‌شود و استراتژی گیاه این است که با حداقل رشد رویشی وارد فاز زایشی شود و سریع دوره رشد خود را به اتمام برساند و بنابراین تعداد شاخه‌های جانبی در این گیاه روند کاهشی داشت (۳۴). همچنین کوچکی و همکاران (۱۱) گزارش کرده‌اند که با افزایش فواصل آبیاری تعداد شاخه‌های جانبی در متر مربع در رازیانه (*Foeniculum vulgare*) روند کاهشی داشت.

وزن دانه در بوته

سطوح مختلف تنش خشکی، اکوتیپ و اثر متقابل تنش خشکی، گونه و اکوتیپ بر وزن دانه در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۴). جدول مقایسه میانگین افزایش جزئی در وزن دانه هر بوته را در تیمار تنش ۶۰ درصد نسبت به ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک نشان می‌دهد. بین دو گونه از لحاظ وزن دانه در بوته اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول ۴). گونه *L. iberica* در مقایسه با گونه *L. royleana* دارای وزن دانه بیشتری در بوته بود (جدول ۵).

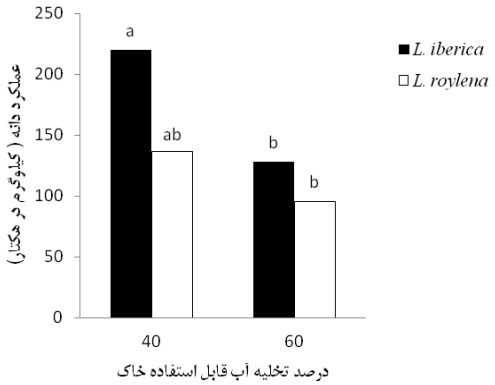
وزن هزار دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، آبیاری اثر معنی داری روی وزن هزار دانه بالنگو نداشت اما با این وجود افزایش بسیار جزئی وزن هزار دانه با افزایش شدت تنش خشکی طبق جدول ۵ ملاحظه شد. دو گونه تفاوت معنی داری از لحاظ وزن هزار دانه با یکدیگر داشتند (جدول ۴) به طوری که گونه *L. iberica* با ۹/۶۳ گرم نسبت به گونه *L. royleana* با ۷/۶۲ گرم دارای وزن هزاردانه بالاتری بود که می‌توان عملکرد بالای *L. iberica* را در مقایسه با *L.royleana* به وزن هزار دانه بالای آن نسبت داد.

عملکرد دانه

مطابق جدول تجزیه واریانس، اثر الگوی آبیاری بر عملکرد دانه تولیدی از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود (جدول ۴) به نحوی که اختلاف عملکرد دانه تولیدی، تیمار ۴۰ درصد (۲۰۸/۴۰ کیلوگرم در هکتار) با تیمار ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک (۱۸۹/۱۴ کیلوگرم در هکتار)، حدود ۴۳/۸۴ درصد بود (جدول ۵). همچنین بین دو اکوتیپ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، اکوتیپ مشهد ۴۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بیشتری نسبت به

اکوتیپ ارومیه داشت (جدول۵). اثر متقابل الگوی آبیاری در گونه از نظر اماری در سطح یک درصد معنی دار شد به طوری‌که با افزایش تخلیه رطوبت خاک، عملکرد دانه در هر دو گونه کاهش یافت اما میزان کاهش عملکرد در گونه *L. royleana* حدود ۴۰ گیلوگرم بود اما در گونه *L. iberica* این کاهش در حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل۴). اثر متقابل گونه و اکوتیپ نیز در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴). در گونه *L. iberica*، اکوتیپ مشهد دارای بیشترین عملکرد دانه بود در حالی‌که در گونه *L. royleana* تفاوت محسوسی بین دو اکوتیپ از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد (جدول ۶).

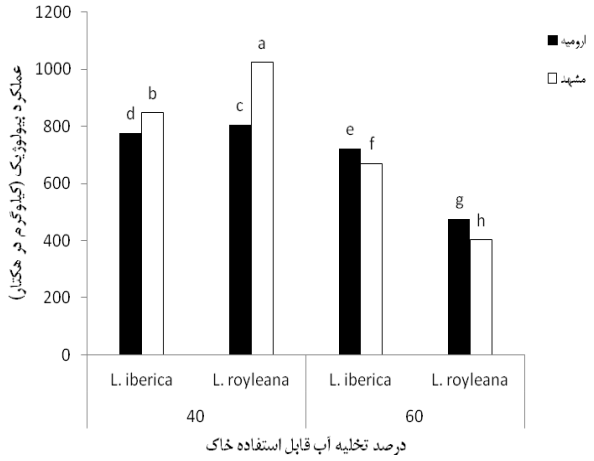


شکل ٤- تاثیر الگوی آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک بر عملکرد دانه گونه‌های متفاوت بالنگو (LSD=۸۰)

عملکرد بیولوژیک

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، الگوی آبیاری اثر معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد بیولوژیک بالنگو گذاشت (جدول ۴). دو گونه مختلف بالنگو نیز تفاوت معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) از لحاظ عملکرد بیولوژیک نشان دادند. *L. iberica* نسبت به گونه *L. royleana* و اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ ارومیه. عملکرد بیولوژیک بیشتری داشتند (جدول ۶). اثر متقابل الگوی آبیاری بر اکوتیپ‌های مربوط به هر دو گونه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. عملکرد بیولوژیک اکوتیپ‌های مربوط به هر دو گونه *L. royleana* و *L. iberica*، با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۵).

کاهش رطوبت قابل استفاده خاک تا حد ۶۰ درصد بر بسیاری از صفات مربوط به اجزاء عملکرد، اثر معنی‌دار نداشت، اما با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک، تعداد فندقه در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد چرخه گل در بوته و طول گل‌آذین کاهش یافت، اما وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه روند افزایشی نشان دادند. به نظر می‌رسد با افزایش شدت تنش خشکی و به موازات آن کاهش رشد سبزینه‌ای گیاه، حمایت کمتری از اندام‌های زایشی گیاه می‌شود. کوچکی و همکاران (۱۱) گزارش کرده‌اند که با افزایش فواصل آبیاری در رازیانه تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی و انشعاب فرعی روند کاهشی داشت. بین گونه‌های بالنگو از نظر تعداد چرخه گل در بوته، تعداد فندقه و تعداد دانه در هر چرخه گل و طول گل‌آذین تفاوت معنی‌دار دیده شد. علی‌رغم اینکه گونه *L. iberica* در مقایسه با گونه *L. royleana* تعداد چرخه گل کمتری در هر بوته خود داشت اما دارای بیشترین تعداد فندقه و دانه درهر چرخه گل بود. طول گل‌آذین خود جزء مهمی در تعیین عملکرد دانه محسوب می‌شود لذا می‌توان یکی از دلایل برتری گونه *L. iberica* از نظر عملکرد دانه، نسبت به *L. royleana* را به طول گل‌آذین بیشتر این گونه ارتباط داد.



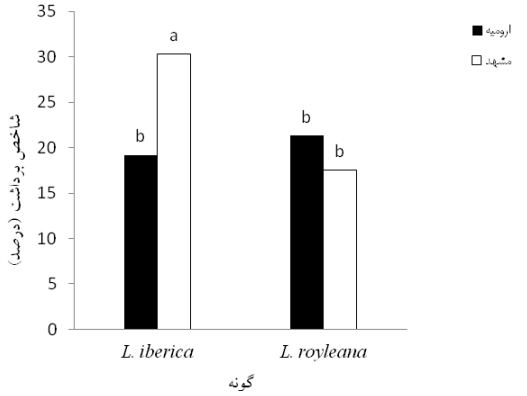
شکل۵- تاثیر الگوی آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک بر عملکرد بیولوژیک اکوتیپ ها و گونه‌های متفاوت بالنگو(LSD=۱۳۰)

علت بالا بودن وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک را می‌توان این‌چنین توجیه کرد، در تیماری که رطوبت خاک مناسب بود، افزایش رشد سبزینه‌ای و به دنبال آن افزایش تعداد فندقه در بوته حاصل شد که خود پتانسیل تولید تعداد دانه در بوته را افزایش داد و در نتیجه باعث شد که بین دانه‌های در حال پرشدن که مخزن‌هایی قوی برای جذب مواد فتوسنتزی می‌باشند رقابت شدید ایجاد شود که حاصل آن تولید دانه‌هایی کوچک با وزن کم بود. در تحقیقی که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه زیره سبز مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که تیمارهای مختلف آبیاری از نظر عملکرد دانه و تعداد دانه در چتر اختلاف معنی‌داری نداشتند و حتی تیمار کامل آبیاری کمترین وزن دانه را دارا بود (۱۱). همچنین دلیل کم شدن وزن هزار دانه در تیمار ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک در مقایسه با تیمار ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک را می‌توان به افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه در آبیاری بیشتر، که منجر به تشکیل دانه‌های کوچکتر ولی بیشتر دانست. مطابق با نتایج این تحقیق سینگ وریوار (۴۶) کاهش وزن هزار دانه با افزایش دفعات آبیاری بیشتر را در گیاه پیاز (*Allium cepa*) گزارش کردند. اما بسیاری از گزارش‌ها نیز دلالت بر کاهش وزن هزار دانه با افزایش شدت تنش خشکی دارد به طور مثال گوک سوی (۲۴) و چیمنتی (۱۹). در مورد آفتابگردان (*Heliantus annus*) کاهش وزن هزردانه را با افزایش شدت تنش خشکی گزارش کرد. همچنین تنش خشکی اثر معنی‌دار بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک و گونه *L. iberica* بود. علت بالا بودن عملکرد دانه در تیمار ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک در طول فصل رشد را می‌توان به اثرات مثبت میزان آب قابل دسترس بر رشد رویشی و زایشی گیاه و قابلیت جذب بالای عناصر غذایی نسبت داد. به نظر می‌رسد در تیمار ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک تجمع املاح در محیط ریشه، باعث کاهش پتانسیل اسمزی محیط ریشه و بروز سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی می‌شود (۲۵). گیاه جهت مقابله با کم‌آبی بخشی از مواد پرورده را به ریشه جهت توسعه سیستم ریشه منتقل نموده و در نتیجه سهم اختصاص یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. هنگامی که خشکی، در هر مرحله از رشد و نمو گیاه حادث شود، عملکرد کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد، بیشترین کاهش زمانی است که خشکی در زمان شروع گلدهی اتفاق می‌افتد (۴۱). محققان زیادی نتایج مشابه‌ای را در مورد کاهش عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی، گزارش کرده‌اند (۲۱ و ۲۴). حیدری و آساد (۶) اظهار داشتند که کمبود آب، یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاه است، که نه تنها باعث کاهش تولید ماده خشک می‌شود، همچنین باعث اختلال در تقسیم بندی کربوهیدرات‌ها به دانه و در نتیجه، کاهش شاخص برداشت می‌شود. گزارش کرده‌اند که با کاهش یافتن مصرف آب، تولید ماده خشک کاهش می‌یابد اما کاهش عملکرد دانه در پاسخ به کمبود آب، بیشتر از عملکرد بیولوژیک بود (۲۰). در این آزمایش نیز می‌توان یکی از علت‌های کاهش عملکرد دانه را به کاهش عملکرد بیولوژیک تعمیم داد.

با توجه به اینکه همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و وزن دانه در بوته و همچنین همبستگی منفی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته و تعداد چرخه گل در بوته وجود دارد (جدول ۷) می‌توان چنین استنباط کرد، گونه و اکوتیپی که تعداد چرخه گل و تعداد دانه در بوته کمتری داشته باشد وزن دانه در بوته و درنهایت عملکرد بیشتری خواهد داشت. بنابراین گونه *L. royleana* و اکوتیپ مشهد با بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی برای کشت در مناطق خشک و مخصوصاً مناطقی که با کمبود آب به ویژه در مراحل میانی و پایانی رشد گیاه مواجه هستند، توصیه می‌شوند.

شاخص برداشت

اثر متقابل گونه و اکوتیپ‌های بالنگو بر شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) و بیشترین مقدار شاخص برداشت در گونه *L.iberica* و اکوتیپ مشهد به دست آمد (شکل ۶).



شکل۶- تاثیر اکوتیپ بر شاخص برداشت گونه‌های متفاوت بالنگو (LSD=۶)

بهبود تسهیم ماده خشک به ساختارهای زایشی و دانه (بهبود شاخص برداشت)، از جمله صفاتی هستند که می‌تواند سبب بهبود عملکرد دانه شود. شاخص برداشت در شرایط خشکی اغلب تابع نسبت آب استفاده شده، پس از گرده افشانی است که هرچه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر می‌شود (۴۲).

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزاء عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی بالنگو تحت تنش خشکی

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷
کلروفیل a (۱)	۱																
کلروفیل b (۲)	-۰/۱۸	۱															
کلروفیل کل۰۰	۰/۰۴	۰/۹۷**	۱														
شاخص سطح برگ۰۰	-۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۳	۱													
تعداد فندقه در بوته۰۰	-۰/۱۲	-۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۴۱*	۱												
تعداد دانه در بوته۰۰	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۸۹**	۱											
تعداد چرخه گل در بوته۰۰	۰/۳۳	-۰/۰۹	-۰/۰۱	-۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۱										
تعداد فندقه در هر چرخه گل۰۰	-۰/۳۸	-۰/۱۸	-۰/۲۷	۰/۵۲**	۰/۶۹**	۰/۵۸**	-۰/۶۵**	۱									
تعداد دانه در هر چرخه گل۰۰	-۰/۳۷	-۰/۱۸	-۰/۲۷	۰/۵۲**	۰/۶۹**	۰/۵۸**	-۰/۶۵**	۱**	۱								
طول گل‌آذین اصلی۰۰	-۰/۲۲	-۰/۱۷	-۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۴۴	۰/۴۷*	۰/۰۴	۰/۳۰	۰/۳۰	۱							
ارتفاع۰۰	-۰/۲۳	-۰/۰۵	-۰/۱۰	۰/۴۳*	۰/۵۳**	۰/۴۴*	۰/۱۳	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۱	۱						
تعداد شاخه جانبی۰۰	-۰/۳۱	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۵۳**	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۲	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۵۹**	۱					
وزن دانه در بوته۰۰	-۰/۴۲*	۰/۰۴	-۰/۰۵	۰/۵۵**	۰/۱۳	۰/۰۸	-۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۷*	۰/۲۷	۰/۲۵	۱				
وزن هزاردانه۰۰	-۰/۵۵**	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۷۳**	۰/۲۷	۰/۲۲	-۰/۵۲**	۰/۵۶**	۰/۵۶**	۰/۳۵	۰/۴۱*	۰/۵۰*	۰/۶۳**	۱			
عملکرد دانه۰۰	۰/۰۰۵	-۰/۲۲	-۰/۲۲	۰/۴۷*	۰/۰۳	۰/۰۴	-۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۵۵**	۰/۳۳	۱		
عملکرد بیولوژیک۰۰	-۰/۰۴	۰/۲۳	-۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۵۲**	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۶۸**	۱	
شاخص برداشت۰۰	-۰/۰۰۵	-۰/۱۱	-۰/۱۱	۰/۴۰*	۰/۱۴	۰/۱۳	-۰/۱۳۲	-۰/۳۱۷	۰/۱۱۰	۰/۱۱۰	۰/۲۵۵	۰/۰۰۳	۰/۰۳۸	۰/۴۹۰*	۰/۳۳۸	۰/۸۸**	۱

*، ** و n.s – به ترتیب نشاندهنده معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی دار می‌باشد

عدم تاثیر الگوی آبیاری بر شاخص برداشت گونه های بالنگو مبین آن است که کمبود رطوبتی تا حد ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک نمی تواند شاخص برداشت این گیاه را کاهش دهد. می‌توان گفت که شرایط متفاوت اقلیمی ممکن است منجر به ایجاد تفاوت در شاخص برداشت اکوتیپ های مناطق ارومیه و مشهد در گونه *L.iberica* شده باشد. از آنجا که شاخص برداشت در گونه *L. iberica* به شدت وابسته به اکوتیپ مورد استفاده است، می‌توان چنین نتیجه گرفت که برای تولید پایدار این گیاه، گونه *L. royleana* خطرپذیری کمتری در برابر شرایط محیطی دارد. چرا که ثبات شاخص برداشت آن هنگام استفاده از اکوتیپ‌های مختلف بیشتر است.

گرچه رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت اثر معنی‌دار نداشت اما با افزایش شدت تنش خشکی شاخص برداشت ۱۷/۷۶ درصد کاهش یافت. در این راستا، فررس و همکاران (۲۳) تنوع زیادی را در بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان (*Heliantus annus*)، از لحاظ عملکرد دانه، در شرایط بدون تنش رطوبتی، مشاهده کردند و اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت و عملکرد دانه، از طریق کاهش تعداد دانه در فندقه و وزن هزار دانه گردید. بنابراین تنش خشکی به طور قابل توجهی بر روی شاخص برداشت، اثر می‌گذارد و باعث کاهش شاخص برداشت، می‌شود. شاخص برداشت دلالت بر توزیع نسبی محصولات فتوسنتزی بین مخازن اقتصادی و دیگر مخازن موجود در گیاه می‌باشد (۴۵).

نتیجه گیری

به طور کلی چنین نتیجه گیری می‌شود که کاهش میزان آب در خاک از حد ظرفیت زراعی، تاثیر معنی‌داری بر برخی ازصفات مورد بررسی گذاشت اما گیاه دارویی بالنگو مقاومت قابل قبولی نسبت به تنش خشکی نشان داد. عملکرد دانه در گونه *L. royleana* نسبت به گونه *L. iberica* و در اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ ارومیه کمتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. علت را می‌توان به توان سازگاری *L. royleana* در شرایط تنش خشکی با حفظ شاخص سطح برگ بالا ارتباط داد، چرا که اکثر شاخص‌های رشدی به طریقی به شاخص سطح برگ وابسته هستند و تغییر در این شاخص از طریق تنش خشکی می‌تواند موجب تغییر در عملکرد شود. به طور کلی درصد نفوذ نور، نور فعال فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به ارگان‌های زایشی، شاخص سطح برگ و آهنگ رشد گیاه بر عملکرد نهایی مؤثر هستند.

با توجه به کلیه صفات رویشی، زایشی و فیزیولوژیک بررسی شده چنین می‌توان نتیجه گرفت که گونه *L. royleana* در شرایط کمبود رطوبت خاک با حفظ سطح گیرنده نور، مانع از کاهش فتوسنتز گیاه شده و به این ترتیب از کاهش عملکرد دانه جلوگیری می نماید. اما در گونه *L. iberica* تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک تا ۶۰ درصد منجر به القای تنش خشکی در این گیاه شد به طوری که کاهش شاخص سطح برگ آن باعث کاهش معنی دار عملکرد این گیاه شد.

منابع

۱- احمدی، ع. و د. آ. بیکر. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۴): ۸۲۵-۸۱۳.

۲- ابرسجی، ق. ۱۳۸۴. تاثیر دور آبیاری بر روی عملکرد گیاه دارویی بهلیمو، مجموعه مقالات همایش ملی توسعه پایدار گیاهان دارویی. ۵ مرداد. مشهد.

۳- بابایی، ک.، م. امینی دهقی.، س. م. ع. مدرس ثانوی، و ر. جباری. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۲): ۲۵۱-۲۳۹.

۴- حاجبی ع. و ح. حیدری شریف‌آباد . ۱۳۸۴. بررسی تاثیر خشکی بر روی رشد و گره‌زایی سه گونه شبدر. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۶: ۱۲-۱۳.

۵- حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات نیکنام، دانشگاه تبریز. ۲۵۱ صفحه.

۶- حیدری، ح. و م. ت. آساد. ۱۳۶۸. تأثیر رژیم‌های آبیاری، کود نیتروژن و تراکم روی عملکرد دانه کولتیوارهای زرقان ۷۹ آفتابگردان در منطقه ارسنجان. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم گیاهی. ص ۴۵- ۴۱.

۷- رحمانی، ن.، س. ع. ر. ولدآبادی، ج. دانشیان، و م. بیگدلی. ۱۳۸۷. تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد روغن در گیاه دارویی همیشه بهار. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴(۱): ۱۰۸-۱۰۱.

۸- سی و سه مرده، ع.، ع. احمدی، ک. پوستینی، و ح. ابراهیم‌زاده. ۱۳۸۳. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای کنترل‌کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. علوم کشاورزی ایران ۳۵ (۱): ۹۳-۱۰۶.

۹- صالحی، م.، ع. کوچکی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۲. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱(۲): ۲۰۵-۱۹۹.

۱۰- کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۱- کوچکی، ع، م. نصیری محلاتی، و گ. عزیزی. ۱۳۸۵. اثر فواصل آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده بومی رازیانه. پژوهش‌های زراعی ایران. ۴(۱): ۱۴۰-۱۳۱.

12- Amanzadeh, Y., N. Khosravi dehaghi, A. R. Ghorbani, H. R. Monsef-Esfahani, and S. E. Sadat-Ebrahimi. 2011. Antioxidant activity of Essential oil of *Lallemantia iberica* in Flowering stage and Post-Flowering stage. Research Journal of Biological Sciences. 6(3): 114-117.

13- Arnon, D. L. 1994. Copper enzymes in isolatied chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24: 1-15.

14- Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan, and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta physiologiae Plantarum, 16(3): 185-197.

15- Ashraf, M., M. Shabaz, S. Mahmood, and E. Rasul. 2001. Relationship between growth and photosynthetic characteristics in pearl millet (*Pennisteum glaucum*) under limited water deficit conditions with enhanced nitrogen supplies. Belgian Journal of Botany. 734: 131-144.

16- Cabuslay, G. S., O. Ito, and A. A. Alejar. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to coater deficit. Plant Science, 163: 815-827

17- Castrillo, M. and A. M. Calcargo. 1989. Effects of water stress and rewatering on ribulose-1,5- bisphosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. Journal of Horticultural Science, 64 (6): 717-724.

18- Chang, W. C., S. C. Kim, S. S. Hwang, B. K. Choi, and S. K. Kim. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science, 163: 1161-1168.

19- Chimenti, C. A., J. Pearson, and A. J. Hall. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research, 72: 235- 246.

20- Cox, W. J and G. G. Jollif. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficit. Agronomy Journal, 78: 226-230.

21- Erdem, T., Y. Erdem, A. H. Orta, and H. Okursoy. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower *(Heliantus annuse* L). Turkish Journal of Agriculture and Forestry**,** 30: 11-20.

22- Farooqi, A. H. A., S. Fatima, S. R. Ansari, and S. Sharma. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (plamerosa) cultivars. Journal of Essential Oil Research, 11: 491-496.

23- Fereres, E., C. Gimenez, and J. M. Fernandez. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought, I: Yield relationship. Australian Journal of Agricultural Research. Research, 37: 573-582.

24-Goksoy, A. T., A. O. Demir, Z. M. Turan, and N. Dagust. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growyh stages. Field Crops Research, 87: 167-178.

25- Ghoulam, C., A. Foursy, and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beets cultivars. Environmental and Experimental Botany, 47: 39-50.

26- Hauny, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidantion in the adaptation two season grasses to localized drought stress. Enviromental and Experimental Botany, 45: 105-114.

27- Herbingr, K., M. Tausz, A. Wonisch, G. Soja, and A. Sorger. 2002. Complex interactive effects of drought and ozone stress on the antioxidant defense system of two wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry, 40: 691-696.

28- Kulshreshtha, S., D. P. Mishra, and R. K. Gupta. 1987. Changes in contents of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotype of wheat. Photosynthetica, 21: 65-70.

29- Lobato, A. K. S., C. F. Oliveira Neto, B. G. Santos Filho, R. C. L. Costa, F. J. R. Cruz, H. K. B. Neves, and M. J. S. Lopes. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. Australian Journal of Crop Science, 2: 25-3

30- Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P. C. Struik, and Y. Sohrabi. 2010 Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop science**,** 4(8): 580-585.

31- Martin, D. L., E. C. Stegman, and E. Freres. 1990. Irrigation scheduling principles. *In*: Hoffman GL, Howell TA, Solomon, KH (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers Monograph, 155–372.

32- Mayoral, M., L. D. Atsman, D. Shinshi, and Z. Gromete- Elhanan. 1987. Effect of water stress of enzyme activities of wheat and related wild species: carboxylase activity, electron transport and photophrylation in isolated

chloroplasts. Australian Journal of Plant Physiology, 8: 358-393.
33- Mir-Hosseni-Dehabadi, S. R. 1994. The effect of water relation carbon isotope discrimination and shoot and root growth of sainfoin (*Onobrychis visifolia* Scope) and Lucerne (*Medicago sativa* L.). Newzealand University, Massey. Ph.D. Dissertation. Pp. 364.
34- Mozzafari, F., S. Ghorbanli, M. Babai, and A. Farzami. 2000. The effect of water stress on the seed oil of *Nigella sativa* L. Journal of Essential Oil Research, 12: 36-38.
35- Muni Ram, D. and S. Singh. 1995. Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot min on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. Agricultural Water Management, 27: 45-54.
36- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment, 25: 239 -250.
37- Osuagwu, G. G. E., H. O. Edeoga, and A. N. Osuagwu. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology, 2: 27-33.
38- Pandey, R. K., J. W. Maranville, and A. Admou. 2001. Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. European Journal of Agronomy, 15: 93-105.
39- Pastori, G. M. and V. S. Trippi. 1993. Cross resistance between water and oxidative stress in Wheat leaves. Agricultural Science, 20,289-294.
40- Pessarakli, M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress, 2_{th} Ed, Revised and Expanded, Marcel Dekker, Inc, New York, 697 p.
41- Rechinger, K. H. 1982. *Lallemantia* (Labiatae) in Rechinger Flora Iranica No . 150: Akademische Drurck U . Verlagsantalt, Graz – Austria.
42- Richards, R. A. and N. Thurling. 1987. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica napus* L.) in response to drought stress. Australin Journal of Agriculture Research, 29: 479-490.
43- Richards, R., G. J. Rebetzke, A. G. Condon, and A. F. Van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science, 42: 111-121.
44- Rostamza, M., M. R. Chaichi, M. R. Jahansooz, and A. Alimadadi. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanuim* L.) grows under different soil moisture and nitrogen levels. Agricultural Water Management 98: 1607– 1614.
45- Shubhra, K., J. Dayal, C. L. Goswami, and R. Munjal. 2004. Effect of water-deficit on oil of calendula aerial parts. Biologia Plantarum, 48(3): 445-448.
46- Singh, D. P. and R. S. Riwar. 1996. Effect of micronutrients on yield and quality of onion (*Allium cepa*. L.) variety pusa Red. Horticulture, 3 (1): 111-117.