



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

صفحه‌های ۱۲۰-۱۰۳

# بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب بالنگوی شهری و شیرازی تحت شرایط تنش خشکی برای مدیریت آبیاری

مینا عبدالهی<sup>۱</sup>، سعیده ملکی فراهانی<sup>۲\*</sup>، محمدحسین فتوکیان<sup>۳</sup>، عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران - ایران.
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران - ایران.
۳. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد، تهران - ایران.
۴. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران - ایران.
۵. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه - ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۰۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۵/۱۶

### چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر تنش آبی بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه دارویی بالنگو، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز گیاهان دارویی دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ اجرا شد. عامل اول، سیستم آبیاری در دو سطح ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک؛ عامل دوم، گونه‌های بالنگو شامل *Lallemantia. royleana* (بالنگوی شیرازی) و *L. iberica* (بالنگوی شهری)؛ و عامل سوم، منشأ توده در دو سطح ارومیه و مشهد بود. تنش آبی سبب کاهش معنادار ۳۱/۰۷ درصد شاخص سطح برگ در *L. iberica* شد، ولی در گونه *L. royleana* تغییری ایجاد نکرد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک با میانگین ۲۰۸/۴ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد مربوط به گونه *L. iberica* با میانگین ۱۸۹/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و عملکرد بالنگوی شهری در برابر تنش آبی، ۲۸/۰۳ درصد و در گونه شیرازی ۱۱/۱۱ درصد کاهش نشان داد. بین اکوتیپ‌های گونه *L. iberica*، اکوتیپ مشهد از لحاظ عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب به ترتیب با ۳۸/۷۶، ۳۶/۶۳ و ۳۷/۳۲ درصد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه بیشترین میانگین‌ها را نشان داد، ولی در گونه *L. royleana* تفاوت معناداری بین اکوتیپ‌ها دیده نشد. همبستگی مثبت و معناداری بین کارایی مصرف آب و شاخص سطح برگ (۰/۴۴)، وزن دانه در بوته (۰/۵۳)، عملکرد دانه (۰/۹۸)، عملکرد بیولوژیک (۰/۶۱) و شاخص برداشت (۰/۹۱) دیده شد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری، اکوتیپ، شاخص سطح برگ، گونه، *Lallemantia. royleana*، *Lallemantia. iberica*

## مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد خود در معرض تنش‌های گوناگونی قرار دارند و در این میان، کمبود آب بزرگ‌ترین چالش در تولید محصولات زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران است (۳۳). اثر تنش آبی به‌مدت زمان، دوام و حد کمبود آن بستگی دارد (۳۵). شناسایی زمان بحرانی و زمان‌بندی آبیاری بر مبنای برنامه‌ای دقیق و اساسی برای گیاه، اساس نگهداری آب و بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است (۲).

کارایی مصرف آب، از مهم‌ترین عواملی است که تحت تأثیر برنامه‌ریزی آبیاری قرار می‌گیرد، که از عوامل تعیین‌کننده آن، می‌توان عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه)، عملکرد بیولوژیک و مقدار آب مصرفی را نام برد (۴۱). در حالت نزدیک به تنش کمبود آب، گیاه در مقایسه با شرایط آبی نسبت به مقدار آب مصرف‌شده محصول بیشتری تولید می‌کند (۷). محققان معتقدند شاخص برداشت در شرایط خشکی تابع مقدار آب استفاده‌شده پس از گرده‌افشانی است که هرچه بیشتر باشد، شاخص برداشت نیز فزونی می‌یابد (۳۸).

در راستای بررسی تأثیرات کمبود آب بر رشد گیاهان، تحقیقات در مورد گیاه همیشه‌بهار نشان داد که ارتفاع و تعداد گل در گیاه در شرایط تنش آبی به‌شدت کاهش می‌یابد (۳۶). در بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی، دو گونه دارویی اسفرزه و پیسیلیوم (*P. psyllum*) تحت تأثیر دوره آبیاری تفاوت معناداری نشان دادند و بیشترین عملکرد دانه در اسفرزه و پیسیلیوم به‌ترتیب در فواصل ۲۰ و ۱۰ روز به‌دست آمد (۲۸). همچنین نتایج به‌دست‌آمده در مورد تمر هندی در پنج سطح آبیاری نشان داد که عملکرد محصول در ۱۲۵ درصد نیاز آبی بیشترین مقدار است که با تنش آبی این مقدار کاهش یافت و کارایی

مصرف آب در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی بیشتر از تیمارهای دیگر بود (۳۶). در بررسی تأثیر تنش آبی بر آفتابگردان، کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری کامل ۰/۷۴ کیلوگرم در متر مکعب برآورد شد و مشخص شد که با کم‌آبیاری در اوایل گل‌دهی این مقدار کاهش و در مراحل بعد افزایش می‌یابد (۲۸). همچنین در تحقیقی دیگر درباره همیشه‌بهار با سه سطح تنش آبی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن از سطح ۴۰ میلی‌متر از سطح تشتک به‌دست آمد، درحالی‌که بیشترین درصد روغن از سطح ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک حاصل شد (۶). بررسی تأثیر دور آبیاری بر عملکرد گیاه دارویی به‌لیمو، همبستگی ضعیف و منفی بین ارتفاع و نسبت برگ به ساقه و نیز بین تاج‌پوشش و نسبت برگ به ساقه نشان داد (۱). در بررسی اثر فواصل آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیان، آبیاری اثر معناداری بر اندام‌های رویشی و زایشی این گیاه داشت. با افزایش فواصل آبیاری ارتفاع، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، تعداد انشعاب‌های فرعی در متر مربع، تعداد چتر در متر مربع، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی، تعداد کل چتر در انشعاب فرعی، تعداد چترک در چتر، وزن هزاردانه و عملکرد دانه روند کاهشی داشت و تعداد انشعاب‌های اصلی در متر مربع و تعداد دانه در چترک از روند ثابتی پیروی نکرد (۹). ضمن بررسی رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک بر گونه‌ای از نعنای، مشخص شد که افزایش رطوبت خاک، شاخص سطح برگ گیاه و تجمع ماده خشک را به‌طور معناداری افزایش داد (۳۲).

با پیشرفت علم و توجه جهانیان به تأثیر زیانبار استفاده از ترکیبات شیمیایی و مواد سنتتیک، جهان دوباره به استفاده از فراورده‌های گیاهی روی آورده است، به‌طوری‌که گفته می‌شود قرن بیست‌ویکم، قرن گیاهان دارویی است (۱۰). بالنگو (*Lallemantia sp.*)، یکی از گیاهان دارویی

## مدیریت آب و آبیاری

اهمیت اهلی کردن و کشت زراعی آنها، گزینش ارقام مقاوم به خشکی و بررسی الگوی رفتاری ژنوتیپ‌های مختلف در برابر خشکی و شناخت ویژگی‌های هر کدام از عوامل مؤثر بر رشد برای درک سازوکارهای مقاومت به خشکی اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۲). از این رو بررسی عوامل تنش‌زا و تأثیر آنها بر گیاهان دارویی و همچنین معرفی، ایجاد و توسعه روش‌های مقابله با تنش‌های محیطی به‌ویژه در شرایط کشور ما بسیار حیاتی به‌نظر می‌رسد (۱۳). با توجه به نبود اطلاعات در خصوص واکنش گونه‌ها و اکوتیپ‌های مختلف بالنگو به تنش خشکی، ضروری است که گونه‌های مختلف در قالب یک طرح تحقیقاتی به‌لحاظ واکنش نسبت به تنش خشکی مقایسه شوند.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گونه‌های مختلف گیاه دارویی بالنگو، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام گرفت. مشخصات جغرافیایی مزرعه و خاک محل آزمایش در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

خانواده *Lamiaceae* و دارای پنج گونه *L. peltata*, *L. royleana* و *L. baldshuanica, iberica. L. canescens* است (۳۷). بذرهاى بالنگو داراى موسیلاژ است که در درمان اختلالات گوناگون نظیر برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی به‌کار می‌روند. این گیاه در بین داروهای محلی ایران، نوعی داروی محرک جنسی و خلط‌آور نیز به‌شمار می‌رود (۱۰). بالنگو با توجه به خواص دارویی و صنعتی و نقش آن در کشاورزی، گیاهی چندمنظوره محسوب می‌شود. عملکرد گیاهان در وضعیت کمبود آب، به کل آب در دسترس و کارایی مصرف آب بستگی دارد و گیاهی که توانایی کسب آب بیشتر یا بازده مصرف آب زیادتری دارد، مقاومت بیشتری به تنش خشکی خواهد داشت (۱۵). ایران با اینکه ۱/۱ درصد از مساحت خشکی‌های جهان را به خود اختصاص داده، فقط ۰/۳۴ درصد از آب‌های موجود در خشکی‌های جهان را در اختیار دارد. از سوی دیگر، در اغلب مناطق ایران، بارش‌های جوی اغلب در فصل بهار صورت می‌گیرد که برای فعالیت‌های کشاورزی به آب چندانی نیاز نیست همچنین، ریزش‌های جوی در کشور یکسان نیست و برخی مکان‌ها بارندگی بیشتر و برخی بارندگی کمتری دریافت می‌کنند. از طرفی در گیاهان دارویی نیز با توجه به

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی مزرعه

میانگین سالیانه بارندگی (میلی‌متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین سالیانه دما (درجه سانتی‌گراد)
۲۱۶	۳۵°۳۴ و °	۵۱°۸ و °	۱۱۹۰	۱۷/۱

جدول ۲. مشخصات خاک مزرعه در عمق ۳۰ سانتی‌متر

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

### مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

شامل یک پمپ الکتریکی و لوله‌های پی‌وی‌سی برای انتقال آب به بخش‌های مختلف مزرعه استفاده شد. مقدار آب لازم برای هر تیمار آزمایشی با استفاده از کنتور نصب‌شده در مزرعه اندازه‌گیری شد. عامل دوم به‌صورت فاکتوریل و ترکیبی از گونه‌های بالنگو شامل *L.iberica* (شهری) و *L. royleana* (شیرازی) و منشأ توده در دو سطح ارومیه و مشهد بود. تیمارها در کرت‌هایی به اندازه ۳ در ۱/۵ متر (شش خط کاشت سه متری با فاصله ۲۵ سانتی‌متر بین خطوط کشت و با فاصله پنج سانتی‌متر روی خطوط کشت) کشت شدند که بر این اساس، مساحت هر کرت آزمایشی ۴/۵ متر مربع بود و پس از استقرار گیاهان، تیمارهای آبیاری اعمال شدند. در طول آزمایش، مراحل داشت مثل وجین، تنک، کوددهی و غیره برحسب نیاز گیاه اعمال شدند. کود اوره مورد نیاز خاک و گیاه محاسبه و به گیاهان داده شد. برخی ویژگی‌ها از جمله شاخص سطح برگ و مقدار کلروفیل a, b و کلروفیل کل (۱۱)، طی آزمایش پس از اعمال تیمارهای آبیاری سنجیده شد. در نهایت در پایان فصل رشد و پس از رسیدگی کامل، پنج بوته از هر کرت با حذف اثر حاشیه انتخاب و اجزای عملکرد شامل تعداد فندقه در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد چرخه گل در بوته، تعداد فندقه و دانه در هر چرخه گل، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بالنگو از هر کرت آزمایشی، مساحتی برابر دو متر مربع برداشت شد. پس از کوبیدن و جدا کردن دانه‌ها به‌وسیله غربال، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیک از طریق وزن خشک کل اندام هوایی، که به‌منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت شده بود، مشخص شد. به‌این‌ترتیب که پس از برداشت، وزن بوته‌ها به‌دست آمد و به‌عنوان عملکرد بیولوژیک در نظر گرفته شد. برای محاسبه کارایی مصرف آب و شاخص برداشت از روابط زیر استفاده شد (۲۲، ۲۷، ۲۶):

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. عامل اول، مدیریت آبیاری براساس درصد تخلیه آب قابل استفاده از عمق توسعه ریشه بود که در کرت‌های اصلی قرار گرفت. سیستم‌های آبیاری شامل تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده خاک و تخلیه ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک (تنش آبی) بود. زمان‌های آبیاری مزرعه با اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌روش وزنی از طریق نمونه‌گیری‌های مکرر و روزانه دست‌نخورده خاک در عمق توسعه ریشه به‌صورت یک نمونه از روی پشته در میان هر کرت در هر تکرار به‌منظور رسیدن به رطوبت لازم برای سطح ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده انجام گرفت که درصد رطوبت وزنی خاک در این دو سطح تخلیه آب قابل استفاده با استفاده از روابط موجود محاسبه شد (۳۰).

مقادیر رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم با استفاده از صفحه فشاری اندازه‌گیری شد. مقدار آب آبیاری برای هر کرت در هر بار آبیاری با در نظر گرفتن رطوبت ظرفیت زراعی خاک، مساحت هر کرت و عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر) برحسب متر مکعب از طریق رابطه زیر (۴۱) محاسبه شد. آبیاری هر تیمار تا رسیدن به نقطه ظرفیت زراعی انجام گرفت:

$$I_n = \frac{(Fc - \theta_i) \times D \times A}{100} \quad (1)$$

در این رابطه،  $I_n$  حجم آب آبیاری (متر مکعب)،  $Fc$  رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی (درصد)،  $\theta$  رطوبت وزنی خاک در هر تیمار (درصد)،  $D$  عمق توسعه ریشه (متر) و  $A$  مساحت کرت (متر مربع) است.

آبیاری به‌صورت جوی و پشته انجام گرفت و انتهای کرت‌ها برای جلوگیری از خروج آب به‌طور کامل بسته شد. برای آبیاری کرت‌های آزمایشی از سیستم آبیاری،

(جدول ۴). بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در تیمار ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک مشاهده شد و با افزایش مقدار تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک از ۴۰ به ۶۰ درصد، مقدار شاخص سطح برگ، ۲۴/۶ درصد کاهش یافت (جدول ۴). به علاوه تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ به طور معناداری تحت تأثیر دو گونه مختلف بالنگو قرار گرفت. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (بیشتر از ۲) مربوط به گونه *L. iberica* بود. اثر متقابل بین تنش آبی و گونه‌های بالنگو نیز معنادار شد. به طور کلی بررسی حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو گونه، طی دوره رشد گیاه و همراه با افزایش درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، شاخص سطح برگ کاهش یافت، ولی در گونه *L. iberica* این کاهش معنادار بود، در صورتی که در گونه *L. royleana* کاهش معنادار در شاخص سطح برگ مشاهده نشد (جدول ۵).

این موضوع بیانگر آن است که رشد برگ‌ها در گونه *L. royleana* تحت تنش آبی قرار نگرفت، در حالی که گونه *L. iberica* به شدت تحت تأثیر قرار گرفت. کاهش سطح برگ در شرایط تنش آبی در دیگر بررسی‌ها نیز گزارش شده است. گزارش‌ها حاکی از آن است که کاهش سطح برگ در گیاه برنج، راهبردی برای بهبود تحمل به تنش آبی است (۱۴، ۱۶) و 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 یکی از راهکارهای افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش آبی است می‌شود (۲۹، ۳۴). همچنین همبستگی مثبتی بین شدت تنش آب و کاهش سطح برگ از ۷ تا ۴۵/۵ درصد در گیاه (*Pennisetum americanum* L.) گزارش شده است که خود دلیلی بر خودتنظیمی گیاه برای حفظ منابع فتوسنتزی به منظور حفظ سبز ماندن گیاه و تولید مواد فتوسنتزی در گیاه است (۴۰).

$$WUE = \frac{EY}{ET_{crop}} \quad (2)$$

$$HI = \frac{EY}{BY} \quad (3)$$

در رابطه ۲، WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم در متر مکعب)، EY عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) و  $ET_{crop}$  حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) است که براساس رابطه ۴ محاسبه شد. در رابطه ۴، P مقدار بارندگی (میلی‌متر)، I مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، R رواناب سطحی (میلی‌متر)، Dp نفوذ آب به اعماق (میلی‌متر) و  $\Delta S$  تغییرات حجم آب در عمق توسعه ریشه گیاه (میلی‌متر) است. بنابراین ET کل از جمع تمام ET های محاسبه شده در طول فصل رشد محاسبه شد.

$$ET = P + I - R - Dp \pm \Delta S \quad (4)$$

در این محاسبه، مقدار Dp و R در رابطه ۴، قابل اغماض در نظر گرفته شد و از آنجا که شیب مربوط به هر کدام از کرت‌های آزمایشی نزدیک به صفر، و مقدار آب آبیاری فقط در حد رسیدن به ظرفیت زراعی بود. مقدار نفوذ عمقی آب نیز صفر در نظر گرفته شد. در رابطه ۳، HI شاخص برداشت (درصد) و BY عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از نمونه برداری و اندازه‌گیری پارامترهای لازم، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت و میانگین تیمارها به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شد.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد با اینکه رژیم‌های مختلف آبیاری اثر معناداری بر شاخص سطح برگ گونه‌های مختلف بالنگو نداشت (جدول ۳)، با افزایش درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک، شاخص سطح برگ کاهش یافت

## مدیریت آب و آبیاری

n.s. \* و \*\* پهنرتیب غیرمعتاد، معتاد در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	تعداد فنذقه	تعداد دانه	تعداد چرخه گل در بوته	تعداد فنذقه در هر چرخه گل	تعداد دانه در هر چرخه گل	وزن دانه در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب
خطای فرعی	۲۱	۷۶۱/۰	۳۴۱	۱/۱۱۴	۱/۱۱۱	۳۳۵/۰	۵/۷	۱۳۸/۸	۱۰۰۰/۰	۳/۸۷۸۱	۵/۶۷	۵۳۰۰/۰	۸۸۰/۰
تنش * گره * اکوتیب	۱	۵۷۱/۰ n.s.	* ۱/۰۳۲۱	n.s. ۵/۸۳	n.s. ۰/۰۴	n.s. ۳/۳	n.s. ۶/۱	n.s. ۰۱۳۸/۳	n.s. ۷۰۰۰۰/۰	n.s. ۰۳۸۳	** ۵/۱۳۸۰۱	n.s. ۱۵۰۰۰/۰	n.s. ۳۵۶/۰
گره * اکوتیب	۱	n.s. ۸۸/۱	** ۱/۰۱۶۷۱	* ۱/۰۳۳۱	n.s. ۳/۵۱۱	n.s. ۸۰/۰	n.s. ۳۵/۸	n.s. ۰۱۳۸/۷	n.s. ۱۰۰۰۰۰/۰	* ۶۰۱۵۱	** ۵/۱۵۵۱۶	* ۷۳۳۰/۰	* ۷۳۵/۰
تنش * اکوتیب	۱	n.s. ۱۰۰/۰	* ۱/۳۰۲۱	** ۱/۷۰۲۱۶	n.s. ۰/۱۵	n.s. ۶۳/۰	n.s. ۵۳/۰	n.s. ۰۱۳۸/۷	n.s. ۷۰۰۰۰/۰	* ۳۱۶۷	n.s. ۳۳۷۳۶	n.s. ۱۰۳۰۰/۰	n.s. ۰۷۸/۰
تنش * گره	۱	* ۸۱/۱	n.s. ۶۱۶/۸	n.s. ۶۱۶/۱	n.s. ۳۱۱	n.s. ۶۱/۰	n.s. ۶/۳	n.s. ۰۱۳۸/۳	n.s. ۱۰۰/۰	** ۸/۳۸۵	* ۱۳۳۶۱	n.s. ۷۵۰۰۰/۰	n.s. ۳۶۸/۰
اکوتیب	۱	n.s. ۲۰۰/۰	** ۱/۷۸۳۱	** ۱/۷۷۳۸۱	n.s. ۵/۳۸۴	* ۵/۳	* ۳/۳۸	n.s. ۰۱۳۸/۳	n.s. ۱۰۰/۰	* ۶۸۵۶	** ۸/۱۱۱۰۱	n.s. ۳۰۷۰۰/۰	n.s. ۵۰۳/۰
گره	۱	** ۶۷/۶	** ۶۱۶/۱۷۱	n.s. ۶۰۰/۶۱	* ۶۸۷	** ۳/۶	** ۶/۰۰۱	n.s. ۰۱۳۸/۳	** ۳۶/۰	** ۸/۷۵۵۱۱	** ۸/۱۵۱۵۳	n.s. ۱۸۱۰/۰	* ۷۸/۰
خطای اصلی	۲	۵۰/۰	۳۸۷۷	۵۸۷۷۳۵۱	۸/۱۸۱	۶۰/۱	۱/۸۱	n.s. ۰۱۳۸/۳	۳۰۰۰/۰	۱/۳۸۶۳	۱۰۱	۳۱۵۰۰/۰	۵۰۱/۰
تنش	۱	n.s. ۲/۵۹	n.s. ۳۱۶۱۷	n.s. ۶۱۶۸۵	n.s. ۲۶۰	n.s. ۳۷/۰	n.s. ۳/۳۱	n.s. ۰۱۳۸/۳	n.s. ۲۰۰۰/۰	* ۸/۸۷۰۰۵	** ۳۷۳۳۸۵	n.s. ۱۱۱۰/۰	n.s. ۹۵۰/۰
تکرار	۲	n.s. ۰/۰۸۳	n.s. ۴۴۰/۰	n.s. ۷/۱۹۶	n.s. ۵۰/۰	n.s. ۳۱/۰	n.s. ۱/۸	n.s. ۰۱۳۸/۳	n.s. ۳۰۰۰/۰	n.s. ۱/۱۴۶۱	n.s. ۵۰۷۶	n.s. ۲۰۰۰/۰	n.s. ۱۷۰/۰

میانگین مربعات

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد گره‌ها و اکوتیپ‌های بانگو



جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و گونه بر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه

مدیریت آبیاری	گونه	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	<i>L. iberica</i>	a۳/۵۴	a۲۱۹/۹
	<i>L. royleana</i>	c۱/۸۲	ab۱۹۶/۷۵
۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	<i>L. iberica</i>	b۲/۴۴	b۱۵۸/۲۸
	<i>L. royleana</i>	c۱/۶	c۷۵/۷۵

حروف مشترک نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار در تفاوت میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و اکوتیپ بر تعداد فندقه در بوته و عملکرد بیولوژیک تحت تنش خشکی

مدیریت آبیاری	گونه	اکوتیپ	تعداد فندقه در بوته	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)
۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	<i>L. iberica</i>	ارومیه	a۲۳۸/۵	d۷۷۶/۱۶
		مشهد	de۱۳۵/۳۳	b۸۴۷
۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	<i>L. royleana</i>	ارومیه	b۱۸۱/۳۳	c۸۰۵
		مشهد	de۱۵۱	a ۱۰۲۵
۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	<i>L. iberica</i>	ارومیه	bc۱۶۷/۶۷	e۷۲۲/۵
		مشهد		
۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک	<i>L. royleana</i>	ارومیه	ed۱۳۲	f۱۷۰
		مشهد	ed۱۱۶/۶۷	h۴۰۳

حروف مشترک نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار در تفاوت میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

## اجزای عملکرد

### تعداد فندقه در بوته

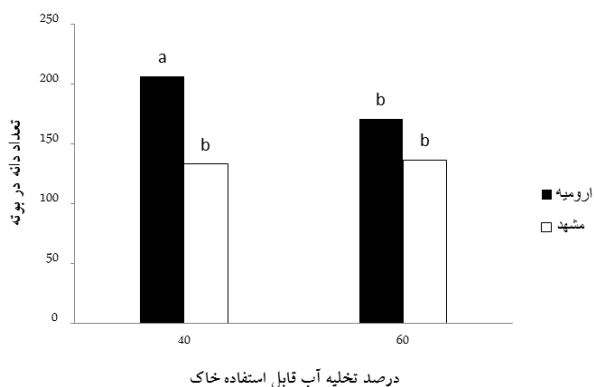
اکوتیپ‌های بالنگو بر تعداد فندقه در بوته معنادار بود (جدول ۳). نتایج بیانگر وجود اختلاف معنادار بین اکوتیپ‌های مربوط به گونه *L. iberica* در دو سطح آبیاری ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک است (جدول ۶). بیشترین تعداد فندقه در بوته مربوط به گونه *L. iberica* و اکوتیپ ارومیه در تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک است. به‌طور کلی، اکوتیپ ارومیه در هر دو گونه *L. iberica* و *L. royleana* تحت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش آبی اثر معناداری بر تعداد فندقه در بوته نداشت (جدول ۳)، اما با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک از ۴۰ به ۶۰ درصد، تعداد فندقه در بوته این گیاه ۲۱/۵ درصد کاهش یافت که خود ممکن است عامل کاهش عملکرد دانه پس از اعمال تنش باشد (جدول ۴). اثر متقابل سطوح آبیاری، گونه و

## مدیریت آب و آبیاری



به طوری که با افزایش شدت تنش، تعداد دانه در بوته در اکوتیپ ارومیه به صورت معناداری کاهش یافت، اما اکوتیپ مشهد تحت تأثیر تنش آبی قرار نگرفت (شکل ۱).



شکل ۱. اثر متقابل تنش خشکی در اکوتیپ بر تعداد دانه در بوته

اثر متقابل گونه و اکوتیپ نیز نشان داد که فقط اکوتیپ‌های گونه *L. iberica* تفاوت معناداری از لحاظ تعداد دانه در بوته با یکدیگر داشتند، در حالی که هیچ تفاوتی بین دو اکوتیپ گونه *L. royleana* مشاهده نشد. بیشترین تعداد دانه در بوته در هر دو گونه *L. iberica* و *L. royleana* از اکوتیپ ارومیه به ترتیب با میانگین ۲۰۶/۶۷ و ۱۷۰/۵۰ دانه در بوته به دست آمد (جدول ۷).

تأثیر تنش آبی قرار گرفت، ولی در اکوتیپ مشهد این پدیده مشاهده نشد، به طوری که تعداد فندقه در بوته در این اکوتیپ برای هر دو گونه و هر دو سطح تنش، در یک سطح آماری قرار داشت. این موضوع ممکن است بیانگر این باشد که منشأ گیاه می‌تواند سبب سازگاری‌هایی در گیاه شود، به طوری که تأثیرات وابسته به ژنتیک گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در اینجا عدم کاهش معنادار تعداد فندقه در بوته اکوتیپ مشهد در واکنش به تنش آبی می‌تواند نتیجه سازگاری‌هایی باشد که در گیاهان ایجاد شده است. احتمالاً در اکوتیپ مشهد به دلیل متفاوت بودن شرایط آب‌وهوایی و اقلیمی منشأ جغرافیایی این اکوتیپ نسبت به ارومیه که تا حدودی خشک‌تر به نظر می‌رسد، سازگاری‌هایی به لحاظ مقاومت به تنش آبی در این اکوتیپ ایجاد شده است.

### تعداد دانه در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تنش آبی اثر معناداری بر تعداد دانه در بوته نداشت (جدول ۳)، اما با افزایش شدت تنش آبی تعداد دانه در بوته کاهش یافت که ممکن است به دلیل کاهش عملکرد دانه در سطوح بالای تنش آبی باشد (جدول ۴). اثر متقابل تنش آبی و اکوتیپ معنادار شد،

جدول ۷. اثر متقابل گونه و اکوتیپ بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب

گونه	اکوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	تعداد دانه در بوته	کارایی مصرف آب (متر مکعب در هکتار)
<i>L. iberica</i>	ارومیه	b۱۴۳/۶۵	b۱۹/۲	a۲۱۰/۱۶	b۰/۸۹
	مشهد	a۲۳۴/۶	a۳۰/۳	۱۲۴/۳۳	a۱/۴۲
<i>L. royleana</i>	ارومیه	b۱۴۱/۷۸	b۲۱/۳	b۱۵۳	b۰/۸۶
	مشهد	b۱۳۰/۷۳	b۱۷/۵	b۱۴۳/۱۶	b۰/۷۸

حروف مشترک نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار در تفاوت میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

### تعداد چرخه گل در بوته

تنش آبی تأثیر معناداری بر تعداد چرخه گل در بوته نداشت (جدول ۳). با افزایش شدت تنش از ۴۰ به ۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک، تعداد چرخه‌های گل در بوته، حدود ۱۱ درصد کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین تعداد چرخه گل مربوط به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک است (جدول ۴). به نظر می‌رسد با افزایش شدت تنش آبی و به موازات آن با کاهش رشد سبزینه‌ای گیاه، از اندام‌های زایشی گیاه کمتر حمایت می‌شود. گزارش شده است که با افزایش فواصل آبیاری در رازیانه تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی و انشعاب فرعی روند کاهشی داشت (۸). گونه گیاهی تأثیر معناداری بر تعداد چرخه گل در این گیاه دارویی نداشت (جدول ۳). بیشترین تعداد چرخه گل مربوط *L. royleana* با ۶۳ عدد و کمترین آن مربوط به *L. iberica* با ۵۱ چرخه گل در بوته است. بین اکوتیپ‌ها تفاوت معناداری ملاحظه نشد (جدول ۴)

### تعداد فندقه و تعداد دانه در چرخه گل

با اینکه آبیاری اثر معناداری بر تعداد فندقه و تعداد دانه در هر چرخه گل بالنگو نداشت (جدول ۳)، بر اساس جدول ۴ ملاحظه می‌شود که با افزایش شدت تنش آبی، تعداد فندقه و در نهایت تعداد دانه در هر چرخه گل کاهش یافت. بین گونه‌ها و اکوتیپ‌ها نیز از نظر صفت تعداد فندقه و تعداد دانه در هر چرخه گل تفاوت معناداری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد فندقه و بیشترین تعداد دانه در هر چرخه گل متعلق به گونه *L. iberica* و اکوتیپ مشهد بود (جدول ۴). تعداد فندقه و تعداد دانه در هر چرخه گل می‌تواند تعیین‌کننده مقدار عملکرد گیاه باشد. در نتیجه *L. royleana* تعداد چرخه گل بیشتری داشت، اما چون تعداد فندقه و تعداد دانه کمتری در هر

چرخه گل خود نسبت به *L. iberica* داشت، ممکن است عملکرد کمتری نسبت به گونه شهری (*L. iberica*) داشته باشد.

### وزن دانه در بوته

سطوح مختلف تنش آبی، اکوتیپ و اثر متقابل تنش آبی در گونه در اکوتیپ بر وزن دانه در بوته معنادار نبود (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین افزایش جزئی در وزن دانه هر بوته را در تیمار تنش ۶۰ درصد نسبت به شاهد (۴۰ درصد) نشان می‌دهد. علت را این گونه می‌توان بیان کرد که در تیماری که رطوبت خاک مناسب بود، رشد سبزینه‌ای و به دنبال آن، تعداد فندقه در بوته افزایش یافت که خود پتانسیل تولید بیشتر تعداد دانه در بوته را افزایش داد و در نتیجه سبب شد بین دانه‌های در حال پر شدن که مخزن‌هایی قوی برای جذب مواد فتوسنتزی هستند رقابت شدید ایجاد شود که حاصل آن تولید دانه‌هایی کوچک با وزن کم بود. در تحقیقی که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زیره سبز بررسی شد، مشاهده شد که تیمارهای مختلف آبیاری از نظر عملکرد دانه و تعداد دانه در چتر، اختلاف معناداری نداشتند و حتی تیمار کامل آبیاری کمترین وزن دانه را دارا بود (۹). بین دو گونه از لحاظ وزن دانه در بوته اختلاف معناداری وجود داشت (جدول ۴). گونه *L. iberica* در مقایسه با گونه *L. royleana* دارای وزن دانه بیشتری در بوته بود (جدول ۴).

### وزن هزاردانه

بنابر تجزیه واریانس، تنش آبی اثر معناداری بر وزن هزاردانه بالنگو نداشت، اما افزایش بسیار جزئی وزن هزاردانه با افزایش شدت تنش آبی بر اساس جدول ۴ مشاهده می‌شود که دلیل کم شدن وزن هزاردانه در تیمار ۴۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده خاک را می‌توان افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه در آبیاری بیشتر که به تشکیل دانه‌های

محیط ریشه و بروز سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی می‌شود (۲۴). گیاه برای مقابله با کم‌آبی، بخشی از مواد پرورده را به منظور توسعه سیستم ریشه به ریشه منتقل می‌کند و در نتیجه سهم اختصاص یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. هنگامی که تنش آبی، در هر مرحله از رشد و نمو گیاه حادث شود، عملکرد کاهش زیادی می‌یابد. بیشترین کاهش زمانی است که تنش آبی در زمان شروع گلدهی اتفاق می‌افتد (۳۹). محققان زیادی نتایج مشابهی را در مورد کاهش عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی گزارش کرده‌اند (۲۵، ۲۰). همچنین بین دو اکوتیپ تفاوت معناداری مشاهده شد، اکوتیپ مشهد با ۱۸۲/۶۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بیشتری نسبت به اکوتیپ ارومیه داشت (جدول ۴). تأثیرات متقابل تنش آبی در دو گونه معنادار شد، به طوری که با افزایش شدت تنش آبی عملکرد دانه در هر دو گونه کاهش یافت، اما مقدار کاهش عملکرد در گونه *L. royleana* بیشتر از گونه *L. iberica* بود (جدول ۵) همان‌طور که پیشتر اشاره شد علت را می‌توان بیشتر بودن تعداد دانه در هر چرخه گل، تعداد فندقه در بوته و وزن هزاردانه گونه *L. iberica* در شرایط تنش دانست. اثر متقابل گونه و اکوتیپ نیز معنادار شد. در گونه *L. iberica* اکوتیپ مشهد دارای بیشترین عملکرد دانه بود، در حالی که در گونه *L. royleana* تفاوت محسوسی بین دو اکوتیپ از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد (جدول ۷).

### عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تنش آبی اثر معناداری ( $P \leq 0/01$ ) بر عملکرد بیولوژیک بالنگو داشت (جدول ۳). دو گونه مختلف بالنگو نیز تفاوت معناداری ( $P \leq 0/01$ ) از لحاظ عملکرد بیولوژیک نشان دادند. *L. iberica* نسبت به گونه *L. royleana* و اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ ارومیه، عملکرد بیولوژیک بیشتری داشتند

کوچک‌تر، ولی بیشتر منجر می‌شود دانست. بر اساس نتایج این تحقیق، کاهش وزن هزاردانه با افزایش دفعات آبیاری بیشتر در گیاه پیاز گزارش شد (۴۵)، اما بسیاری از گزارش‌ها نیز بر کاهش وزن هزاردانه با افزایش شدت تنش آبی دلالت دارد. برای مثال، در مورد آفتابگردان، کاهش وزن هزاردانه را با افزایش شدت تنش آبی گزارش کرده‌اند (۱۸، ۲۵). دو گونه تفاوت معناداری از لحاظ وزن هزاردانه داشتند (جدول ۳)، به طوری که گونه *L. iberica* با ۰/۹۶۳ گرم نسبت به گونه *L. royleana* با ۰/۷۶۲ گرم، وزن هزاردانه بیشتری داشت که این موضوع، عملکرد زیاد *L. iberica* را در مقایسه با *L. royleana* تبیین می‌کند.

### عملکرد دانه

بر پایه جدول تجزیه واریانس، اثر سطوح تنش آبی با سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه تولیدی، معنادار بود (جدول ۳) به نحوی که بیشترین مقدار عملکرد دانه تولیدی، مربوط به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک با میانگین ۲۰۸/۴۰ کیلوگرم در هکتار در گونه *L. iberica* بود که در مقایسه با تیمار ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، حدود ۴۳/۸۴ درصد عملکرد بیشتری به دست آمد (جدول ۴). عملکرد دانه گونه *L. royleana* با افزایش شدت تنش آبی ۱۱/۱۱ درصد کاهش یافت که کاهش عملکرد نسبت به *L. iberica* در پاسخ به تنش آبی کمتر بوده است که نوعی برتری برای گونه *L. royleana* محسوب می‌شود. علت بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک در طول فصل رشد را می‌توان تأثیرات مثبت مقدار آب در دسترس بر رشد رویشی و زایشی گیاه و قابلیت جذب زیاد عناصر غذایی دانست. به نظر می‌رسد در تیمار ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، تجمع املاح در محیط ریشه، موجب کاهش پتانسیل اسمزی

را در بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان، از لحاظ عملکرد دانه، در شرایط بدون تنش رطوبتی، مشاهده کردند و اظهار داشتند که تنش آبی موجب کاهش شاخص برداشت و عملکرد دانه، از طریق کاهش تعداد دانه در فندقه و وزن هزاردانه شد (۱۷). بنابراین تنش آبی تأثیر زیادی بر شاخص برداشت می‌گذارد و موجب کاهش شاخص برداشت می‌شود. شاخص برداشت، دال بر توزیع نسبی محصولات فتوسنتزی بین مخازن اقتصادی و دیگر مخازن موجود در گیاه است (۴۳). زیاد بودن شاخص برداشت در اکوتیپ‌های مشهد گونه *L. iberica* می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که این اکوتیپ‌ها در شرایط تنش آبی مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند که دلیل احتمالی آن، آبهوای خشک‌تر و دمای بیشتر این منطقه نسبت به ارومیه است. از این رو سازگاری‌هایی در گیاهان ایجاد می‌شود، اما در گونه *L. royleana* احتمالاً به دلیل کرکدار بودن گیاه، منشأ گیاه اثری بر ایجاد سازگاری و مقاومت به تنش آبی ندارد، در نتیجه تفاوتی بین اکوتیپ‌ها مشاهده نشد. افزایش کرک‌ها در پاسخ گیاه به تنش آبی برای تحمل بهتر این شرایط است که با استفاده مناسب از نور یا تغلیظ شیره سلولی موجب افزایش جذب آب در برگ‌ها می‌شود (۳۸).

### کارایی مصرف آب

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد با اینکه تنش آبی اثر معناداری بر کارایی مصرف آب نداشت (جدول ۳)، با افزایش شدت تنش، کارایی مصرف آب حدود ۳۳ درصد کاهش یافت (جدول ۴). بین دو گونه بررسی شده، کارایی مصرف آب در *L. iberica* با ۱/۵۶ کیلوگرم در متر مکعب نسبت به *L. royleana* با ۰/۸۲ کیلوگرم در متر مکعب، حدود ۴۷ درصد بیشتر بود که علت را شاید بتوان به قابلیت زیاد گونه *L. iberica* برای حفظ

(جدول ۴). اثر متقابل تنش آبی بر اکوتیپ‌های هر دو گونه نیز معنادار شد. عملکرد بیولوژیک اکوتیپ‌های هر دو گونه *L. iberica* و *L. royleana*، با افزایش شدت تنش آبی کاهش یافت (جدول ۶). کاهش ماده خشک تجمعی یا عملکرد بیولوژیک، با قطع آبیاری در بسیاری از آزمایش‌ها نیز گزارش شده است (۲۶). بنابر اظهار محققان کمبود آب، یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاه است، که هم سبب کاهش تولید ماده خشک می‌شود و هم اختلال در دسته‌بندی کربوهیدرات‌ها به دانه و در نتیجه، کاهش شاخص برداشت را در پی دارد (۵). با کاهش مصرف آب، تولید ماده خشک کاهش می‌یابد، اما کاهش عملکرد دانه در پاسخ به کمبود آب، بیشتر از عملکرد بیولوژیک است (۱۹). در این آزمایش نیز می‌توان یکی از علت‌های کاهش عملکرد دانه را به کاهش عملکرد بیولوژیک با افزایش شدت تنش آبی تعمیم داد. در شرایط آبیاری مطلوب، اکوتیپ مشهد در هر دو گونه عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به ارومیه داشت، ولی با افزایش تخلیه آب، اکوتیپ‌های مشهد کاهش بیشتری در عملکرد بیولوژیک نشان دادند، به طوری که عملکرد آنها کمتر از اکوتیپ‌های ارومیه بود.

### شاخص برداشت

بهبود تسهیم ماده خشک به ساختارهای زایشی و دانه (بهبود شاخص برداشت)، از جمله صفاتی است که می‌تواند سبب بهبود عملکرد دانه شود. شاخص برداشت در شرایط تنش آبی، اغلب تابع نسبت آب استفاده شده پس از گرده‌افشانی است که هرچه بیشتر باشد، شاخص برداشت نیز بیشتر می‌شود (۳۸). اثر متقابل گونه و اکوتیپ‌های بالنگو بر شاخص برداشت نیز معنادار بود و بیشترین مقدار شاخص برداشت در گونه *L. iberica* و اکوتیپ مشهد به دست آمد (جدول ۷). محققان تنوع زیادی

بوته است. بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ وزن دانه در بوته، همبستگی مثبت و معناداری دیده شد. از نتایج حاصل از جدول همبستگی می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد دانه در بالنگو تحت تأثیر وزن دانه در بوته است؛ از این رو بوته‌هایی که چرخه گل و دانه زیادی دارند، به علت رقابت بین مخازن اقتصادی برای دریافت مواد فتوسنتزی، سبب کوچک و چروکیده شدن دانه‌ها می‌شوند و کاهش عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب را در پی دارند.

### نتیجه‌گیری

کاهش مقدار آب در خاک از حد ظرفیت زراعی، تأثیر معناداری بر برخی صفات بررسی شده گذاشت، اما گیاه دارویی بالنگو مقاومت قابل قبولی به تنش آبی نشان داد. عملکرد دانه در گونه *L. royleana* نسبت به گونه *L. iberica* و در اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ ارومیه کمتر تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفت. علت را می‌توان به قدرت سازگاری *L. iberica* در شرایط تنش آبی با حفظ شاخص سطح برگ بالا وابسته دانست، چرا که اکثر شاخص‌های رشدی به‌طریقی به شاخص سطح برگ وابسته‌اند و تغییر این شاخص از طریق تنش آبی می‌تواند موجب تغییر در عملکرد شود. به‌طور کلی، درصد نفوذ نور، نور فعال فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به ارگان‌های زایشی، شاخص سطح برگ و روند رشد گیاه بر عملکرد نهایی مؤثرند. ویژگی‌های آناتومیکی گیاهان همچون وجود کرک در بدنه گیاه *L. royleana* سبب شد که در اکوتیپ‌های مختلف تفاوتی در عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ایجاد نکنند، اما در گونه *L. iberica* نبود کرک سبب شد اکوتیپ‌های با منشأ گوناگون، به‌شدت تحت تأثیر تنش آبی قرار گیرند و اکوتیپ‌های منطقه خشک‌تر مقاومت بیشتری نشان دادند، چرا که عملکرد

هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ بالاتر و وزن هزاردانه بیشتر و در نهایت حفظ عملکرد در شرایط تنش نسبت به *L. royleana* وابسته دانست. اثر متقابل گونه و اکوتیپ معنادار شد (جدول ۷). هیچ تفاوتی بین اکوتیپ‌های گونه *L. royleana* از نظر کارایی مصرف آب دیده نشد، در حالی که در گونه *L. iberica* اکوتیپ مشهد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه کارایی مصرف آب بیشتری داشت. با توجه به یافته‌های موجود، علت کم بودن کارایی مصرف آب در گیاه را می‌توان به عوامل روزنه‌ای یا عوامل متابولیکی مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن به داخل کلروپلاست و کاهش کربوکسیلاسیون در طول تنش که در این شرایط عوامل محدودکننده غیرروزنه‌ای ناشی از اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی نقش مهمی در کاهش فتوسنتز ایفا می‌کنند نسبت داد (۳۱). به‌علت نبود ارتباط خطی بین هدایت روزنه‌ای و جذب کربن، بیشتر گیاهان تمایل دارند در شرایط تنش آبی متوسط، کارایی مصرف آب خود را افزایش دهند (۱۷). نتایج، نشان‌دهنده کاهش کارایی مصرف آب با افزایش شدت تنش آبی است. برای مثال در یک بررسی در ارقام مختلف توت‌فرنگی، کاهش کارایی مصرف آب با افزایش شدت تنش آبی در کولتیوار سالوت گزارش شد. اما نتایج تحقیقات دیگر گویای افزایش کارایی مصرف آب با افزایش شدت تنش آبی است (۴۰، ۴۷).

### همبستگی صفات

بر اساس نتایج جدول ضرایب همبستگی، همبستگی مثبت و معناداری بین کارایی مصرف آب با شاخص سطح برگ، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت وجود دارد (جدول ۸). جدول ضرایب همبستگی حاکی از همبستگی منفی، اما غیرمعنادار بین عملکرد دانه با تعداد دانه در بوته و تعداد چرخه گل در

جدول ۸. ضرایب همبستگی ساده بین صفات آزمون‌شده گیاه دارویی بالنگو تحت تنش خشکی

کارایی مصرف آب	کارایی برداشت	شاخص عملکرد	عملکرد	وزن	وزن دانه	تعداد دانه در هر	تعداد دانه در	تعداد چرخه گل	تعداد چرخه گل	تعداد فنلقه در	تعداد فنلقه در	تعداد فنلقه در	شاخص سطح برگ	صفات	تیمار
آب	برداشت	عملکرد	عملکرد	هزاردانه	در بوته	چرخه گل	چرخه گل	هر بوته گل	هر بوته گل	بوته	بوته	بوته	سطح برگ	سطح برگ	شاخص سطح برگ
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	۰/۹۱۹**	۰/۶۱۴**	۰/۲۸۸	۰/۳۴۱	۰/۴۸۰*	۰/۱۰۹	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۴۱۳*	تعداد فنلقه در بوته	
		۰/۹۸۴**	۰/۸۸۰**	۰/۳۴۱	۰/۴۸۰*	۰/۱۰۹	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	تعداد دانه در بوته	
			۰/۹۸۴**	۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	تعداد چرخه گل در بوته	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	تعداد فنلقه در هر چرخه گل	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	تعداد دانه در هر چرخه گل	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	وزن دانه در بوته	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	وزن هزاردانه	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	عملکرد دانه	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	عملکرد بیولوژیک	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	شاخص برداشت	
				۰/۴۰۳	۰/۵۳۳**	۰/۱۱۱	۰/۳۳۸	۰/۶۳۱**	۰/۶۳۱**	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	کارایی مصرف آب	

\*\*، \* و n.s به ترتیب نشان‌دهنده معناداری در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنادار

خطرپذیری کمتری در برابر شرایط محیطی دارد، چرا که ثبات عملکرد آن هنگام استفاده از اکتیپ‌های مختلف بیشتر است.

#### منابع

۱. ابرسجی ق (۱۳۸۴) تأثیر دور آبیاری بر روی عملکرد گیاه دارویی به‌لیمو، مجموعه مقالات همایش ملی توسعه پایدار گیاهان دارویی، دانشگاه مشهد، ایران.
۲. بابایی ک، امینی دهقی م، مدرس ثانوی ع. م. و جباری ر (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.
۳. حاجبی ع. و حیدری شریف‌آباد ح (۱۳۸۴) بررسی تأثیر خشکی بر روی رشد و گره‌زایی سه گونه شبدر. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۶: ۱۳-۱۲.
۴. حکمت شعار ح (۱۳۷۲) فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار، انتشارات نیکنام. دانشگاه تبریز، تبریز. ۲۵۱ صفحه.
۵. حیدری ح. و آساد م. ت (۱۳۶۸) تأثیر رژیم‌های آبیاری، کود نیتروژن و تراکم روی عملکرد دانه کولتیوارهای زرقان ۷۹ آفتابگردان در منطقه ارسنجان. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم گیاهی. صص ۴۵-۴۱.
۶. رحمانی ن، ولدآبادی س. ع، دانشیان ج. و بیگدلی م (۱۳۸۷) تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد روغن در گیاه دارویی همیشه بهار. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴(۱): ۱۰۸-۱۰۱.

بیشتر و کارایی مصرف آب و شاخص برداشت بیشتری از خود نشان دادند. به‌طور کلی عملکرد گونه شهری بیشتر از بالنگوی شیرازی بود. همان‌طور که نتایج این تحقیق مشخص کرد، دلیل این موضوع، بیشتر بودن وزن هزاردانه و تعداد دانه بیشتر در بوته است. در شرایط کاهش رطوبت خاک، عملکرد این گونه اگرچه بیشتر از بالنگوی شیرازی بود، شدت کاهش عملکرد در آن بیشتر بود که این وضعیت در کاهش معنادار شاخص سطح برگ این گونه در شرایط تنش آبی نسبت به بالنگوی شیرازی ملاحظه شد. همچنین با افزایش شدت تنش آبی، عملکرد بیولوژیک در *L. royleana* نسبت به *L. iberica* کاهش بیشتری یافت. در نتیجه می‌توان استنباط کرد که گونه *L. royleana* با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک با اتمام سریع فاز رویشی خود، زودتر از موعد وارد فاز زایشی می‌شود و در نتیجه مواد فتوسنتزی مورد نیاز ارگان‌های زایشی به مقدار کافی تولید نمی‌شود که رقابت بین مخازن اقتصادی برای دریافت مواد فتوسنتزی را در پی دارد و به تولید دانه‌هایی با وزن کمتر می‌انجامد که در نهایت سبب کاهش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطوح بالای تنش آبی می‌شود. 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، می‌توان نتیجه گرفت گونه و اکتیپی که تعداد چرخه گل و تعداد دانه در بوته کمتری داشته باشد، وزن دانه در بوته و در نهایت عملکرد بیشتری خواهد داشت. بنابراین گونه *L. iberica* و اکتیپ مشهد با بیشترین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب، تیمار برتر در این آزمایش بودند. اما از آنجا که عملکرد، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در گونه *L. iberica* به شدت به اکتیپ مورد استفاده وابسته است، می‌توان نتیجه گرفت که برای تولید پایدار این گیاه، گونه *L. royleana*

15. Centritto A and Oreto R (2005) Photosynthesis in a changing world: Photosynthesis and abiotic stress. *Agricultures, Ecosystems and Environment*. 106: 115-117.
16. Chang WC, Kim SC, Hwang SS, Choi BK and Kim SK (2002) Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. *Plant Science*. 163: 1161-1168.
17. Chaves MM (1991) Effects of water deficits on carbon assimilation. *Experimental Botany*. 42: 1-16.
18. Chimenti CA, Pearson J and Hall AJ (2002) Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*. 72: 235-246.
19. Cox WJ and Jollif GG (1986) Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficit. *Agronomy*. 78: 226-230.
20. Erdem T, Erdem Y, Orta AH and Okursoy H (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.
21. Fereres E, Gimenez C and Fernandez JM (1986) Genetic variability in sunflower cultivars under drought, I: Yield relationship. *Australian Journal of Agricultural Research*. 37: 573-582.
22. Flénet F, Bouniols A and Saraiva C (1996) Sunflower response to a range of soil water contents. *European Journal of Agronomy*. 5: 161-167.
۷. کوچکی ع. و سرمندیاغ (۱۳۸۵) فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.
۸. کوچکی ع. و نصیری محلاتی م (۱۳۷۲) رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.
۹. کوچکی ع.، نصیری محلاتی م. و عزیزی گ (۱۳۸۵) اثر فواصل آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده بومی رازیانه. پژوهش‌های زراعی ایران. ۴(۱): ۱۴۰-۱۳۱.
10. Amanzadeh Y, Khosravi dehaghi N, Ghorbani AR, Monsef-Esfahani HR, Sadat-Ebrahimi SE (2011) Antioxidant activity of Essential oil of *Lallemantia iberica* in Flowering stage and Post-Flowering stage. *Biological Sciences*. 6(3): 114-117.
11. Arnon D (1994) Determination of chlorophyll concentration in leaf tissues of plants. *Plant Physiology*. 24: 1-15.
12. Binger H and Hongwen G (2000) Root physiological characteristics associated with drought resistance in Tall fescue cultivars. *Crop Science*. 40: 196-203.
13. Blum A and Sullivan CY (1986) The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. *Annals of Botany*. 57: 835-846.
14. Cabuslay GS, Ito O and Alejar AA (2002) Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to coater deficit. *Plant Science*. 163: 815-827.



23. Garrity DP, Watts DG, Sullivan CY and Gilley JR (1982) Moisture deficits and grain-sorghum performance evapotranspiration yield relationships. *Agronomy*. 74: 815-820.
24. Ghoulam C, Foursy A and Fares K (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
25. Goksoy AT, demir AO, Turan ZM and Dagusta N (2004) Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growyh stages. *Field Crops Research*. 87: 167-178.
26. Hayashi H and. Hnada K (1985) Effect of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. *Japanese Journal of Crop Science*. 34: 346-352.
27. Karam F, Lahoud R, Masaad R, Kabalan R, Breidi J, Chalita C and Rouphael Y (2007) Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*. 90: 213-223.
28. Koocheki A, Tabrizi L and Nassiri Mahallati M (2004) Organic cultivation of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium* in response to water stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2(1): 68-78.
29. Lobato AKS, Oliveira Neto CF, Santos Filho BG, Costa RCL, Cruz FJR, Neves HKB and Lopes MJS (2008) Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Crop Science*. 2: 25-32.
30. Martin DL, Stegman EC and Freres E (1990) Irrigation scheduling principles. *In: Hoffman GL, Howell TA, Solomon, KH (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers Monograph*. Pp. 155-372.
31. McCree KJ and Richardson SG (1987) Stomatal closure vs osmotic adjustment: A comparison of stress responses. *Crop Science*. 24: 539-543.
32. Muni Ram D and Singh S (1995) Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot min on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. *Agricultural Water Management*. 27: 45-54.
33. Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*. 25: 239 -250.
34. Osuagwu GGE, Edeoga HO and Osuagwu AN (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.
35. Pandey RK, Maranville JW and Admou A (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.
36. Patra D, Anwar M, Saudan S, Prasad A and Singh DV (1999) Aromatic and medicinal plants for salt and 9moisture stress conditions. *Proceeding of a Symposium Held in Indian*. 347-350.
37. Rechinger KH (1982) *Lallemantia* (Labiatae) in Rechinger Flora Iranica No. 150: Akademische Drurck U. Verlagsantalt, Graz - Austria.

38. Richards R, Rebetzke GJ, Condon AG and Van Herwaarden AF (2002) Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science*. 42: 111-121.
39. Richards RA and Thurling N (1987) Variation between and within species of rapeseed (*Brassica napus* L.) in response to drought stress. *Australian Journal of Agriculture Research*. 29: 479-490.
40. Rostamza M, Chaichi MR, Jahansooz MR and Alimadadi A (2011) Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. *Agricultural Water Management*. 98: 1607-1614.
41. Sanchez FJ, Manzanares M, De Andrés EF, Tenorio JL and Ayerbe L (1998) Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*. 59: 225-235.
42. Save R, Biel C and Herralde F (2000) Leaf pubescence. Water relations and chlorophyll fluorescence in two subspecies of *Lotus creticus* L. *Plant Biology*. 43: 239-244.
43. Setter TL (1990) Transport/ harvest index: photosynthetic partitioning in stressed plant. P. 17-36. *Stress responses in plant; Adaptation and accumulation mechanism*. Wiley- Liss, Inc, New York. 14853 p.
44. Shubhra K, Dayal J, Goswami CL and Munjal R (2004) Effect of water-deficit on oil of calendula aerial parts. *Biologia Plantarum*. 48(3): 445-448.
45. Singh DP and Riwar RS (1996) Effect of micronutrients on yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) variety pusa Red. *Horticulture*. 3(1): 111-117.
46. Viets FG (1962) Fertilizer and the efficient use of water. *Advances in Agronomy*. 14: 223-264.
47. Zegada-Lizarazu W and Iijima M (2005) Deep root water uptake ability and water use efficiency of pearl millet in comparison to other millet species. *Plant Production Science*. 8: 454-460.