

## بررسی عملکرد، موسیلاژ و پروتئین دانه در گونه و اکوتیپ‌های مختلف بالنگو (*Lallemantia* spp) تحت تنش خشکی

مینا عبدالهی<sup>۱</sup> و سعیده ملکی فراهانی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

پست الکترونیک: maleki@shahed.ac.ir

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۳

تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۲

### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی دانه گیاه دارویی بالنگوی شهری و شیرازی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. رژیم‌های آبیاری در دو سطح ۴۰٪ و ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک بر روی اکوتیپ‌های مشهد و ارومیه در دو گونه *Lallemantia royleana* (Benth.) Benth. (شیرازی) و *L. iberica* Fisch. & C.A.Mey. (شهری) اعمال شد. افزایش تخلیه آب قابل استفاده خاک باعث افزایش درصد موسیلاژ دانه شد. بیشترین درصد موسیلاژ دانه مربوط به تیمار ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک، گونه *L. royleana* و اکوتیپ مشهد بود. بیشترین عملکرد موسیلاژ دانه (۱۱/۲۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک و کمترین مقدار آن (۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک بدست آمد. اکوتیپ مشهد گونه *L. iberica* در مقایسه با اکوتیپ ارومیه ۳۴/۰۴٪ عملکرد موسیلاژ بیشتری داشت. با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک مقدار پروتئین دانه *L. iberica* ۷/۳۰٪ کاهش یافت اما در گونه *L. royleana* تغییری نکرد. درصد روغن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. عملکرد روغن در *L. iberica* و اکوتیپ مشهد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه ۴۱/۵۰٪ بیشتر بود. بیشترین عملکرد دانه در سطح ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک با ۲۰۸/۴ کیلوگرم در هکتار و در گونه *L. iberica* با ۱۸۹/۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. عملکرد دانه در سطح ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک (۱۰۷/۳ کیلوگرم در هکتار)، نسبت به تیمار ۴۰٪، ۴۳/۸۴٪ کاهش یافت. در گونه *L. royleana* برخلاف *L. iberica* تفاوت معنی‌داری به لحاظ عملکرد دانه بین اکوتیپ‌ها دیده شد. به طور کلی درصد موسیلاژ در دانه بالنگو تحت تأثیر کاهش مقدار آب آبیاری، افزایش و درصد پروتئین کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: اکوتیپ، بالنگو (*Lallemantia* spp)، موسیلاژ، روغن، پروتئین.

### مقدمه

دامغانی، (۱۳۷۹) و در این میان کمبود آب مهمترین عامل کاهش عملکرد محصولات زراعی در بیشتر نقاط جهان و ایران می‌باشد (Munns, 2002) و از آنجایی که بیشتر

گیاهان در شرایط طبیعی و زراعی به‌طور پیوسته در معرض تنش‌های گوناگون قرار دارند (کافی و مهدوی

هکتار کاهش داد. در بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن و کارایی مصرف آب در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، چنین گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه، روغن و کارایی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰٪ تأمین نیاز آبی گیاه، و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ۴۰٪ تأمین نیاز آبی گیاه می‌باشد (Ghamarnia & Jalili, 2013). براساس یافته‌های قبادی (۱۳۸۵) در کلزا، با افزایش تنش خشکی درصد روغن کاهش و درصد پروتئین دانه افزایش یافت. Kilen (۱۹۹۰) نیز گزارش کردند که بین میزان روغن و پروتئین دانه سویا رابطه معکوس وجود دارد. تبریزی (۱۳۸۵) نشان داد که فواصل آبیاری بر درصد موسیلاژ بی‌تأثیر است اما وی گزارش کرد که بیشترین درصد موسیلاژ اسفزه در فواصل دور آبیاری ۳۰ روز بدست آمد. از آنجا که تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان به وسیله عوامل محیطی تغییر می‌یابند و تنش رطوبتی نیز عامل مؤثر در رشد و همچنین سنتز ترکیب‌های طبیعی گیاهان دارویی می‌باشد (Baher et al., 2002)، از این رو شناسایی گیاهانی که بتوانند با مقادیر کم آب، درصد بالایی از مواد مؤثره را داشته باشند حائز اهمیت می‌باشد. یکی از گیاهان دارویی متعلق به خانواده نعناعیان می‌باشد (Richardson, 1992) که دانه‌های آن دارای روغن و موسیلاژ زیادی است که کاربردهای مختلف دارویی و صنعتی دارد (Ntanos & Koutroubas, 2002). از جمله موسیلاژ این گیاه می‌تواند در درمان اختلالات گوناگون نظیر برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی و درمان ریفلاکس معده بکار رود و همچنین به‌عنوان یک داروی محرک جنسی و خلط‌آور در بین داروهای محلی ایران شناخته شده‌است (عماد، ۱۳۷۸). همچنین روغن آن حاوی ۶۸٪ اسید لینولنیک می‌باشد که کاربردهای مختلف صنعتی و دارویی دارد (Hondelmann & Dambroth, 1990). شناسایی پاسخ گونه‌های مختلف این گیاه در برابر تنش خشکی به لحاظ اثر بر ویژگی‌های کیفی حائز اهمیت می‌باشد و به دلیل نبود اطلاعات کافی در این زمینه این مطالعه با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر

مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک با منابع آب محدود تشکیل می‌دهد و این مناطق دارای منابع آب محدودی هستند، برنامه ریزی دقیق‌تر برای استفاده بهینه از منابع آب موجود ضرورت دارد. برای رسیدن به این امر، راه‌های کاهش تلفات آب و همچنین تعیین میزان نیاز آبی گیاهان تحت کشت در مناطق مختلف کشور ضروری بنظر می‌رسد (علی‌محمدی، ۱۳۸۱). از طرفی، در گیاهان دارویی نیز با توجه به اهمیت اهلی کردن و کشت زراعی آنها، گزینش ارقام مقاوم به خشکی (Bajji et al., 2001) و مطالعه الگوی رفتاری ژنوتیپ‌های مختلف در برابر خشکی و شناخت ویژگی‌های مربوط به هر کدام از عوامل مؤثر در رشد برای درک مکانیسم‌های مقاومت به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Huang & Gao, 2000). بذر نتیجه نهایی فعالیت‌های یک نسل گیاه و همچنین آغازی برای نسل جدید می‌باشد و اگر در شرایط مساعد قرار بگیرد شروع به رشد و نمو می‌کند (رحیمیان و خسروی، ۱۳۷۵). عوامل مختلفی از جمله ساختار ژنتیکی و عوامل محیطی در طی نمو بذر می‌توانند بر خصوصیات کیفی بذر و در نهایت عملکرد مؤثر باشند که از مهمترین عوامل محیطی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌توان به تنش‌های رطوبتی در مراحل رشد و نمو گیاه که باعث ایجاد بذرهای کوچک و چروکیده شده و قدرت بذر را می‌کاهد، اشاره کرد (Koocheki et al., 2006). کمبود آب قابل دسترس گیاه سبب تغییرات بیوشیمیایی از جمله افزایش تجزیه کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و تنظیم اسمزی (خواجه‌پور، ۱۳۷۳) و کاهش جذب عناصر غذایی می‌شود (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱). گزارش‌ها در مورد اثر تنش خشکی روی درصد روغن دانه عمدتاً مربوط به اثر منفی خشکی بر محتوای روغن می‌باشد. Sinaki و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تنش خشکی در کلزا درصد روغن را ۲۰٪ نسبت به شرایط کنترل شده کاهش داد. Ahmadi و Bahrani (۲۰۰۹) نشان دادند که رژیم‌های آبیاری بر روی عملکرد پروتئین و روغن کلزا تأثیر معنی دار داشته و عملکرد روغن دانه را از ۱۲۶۴ به ۷۰۰ کیلوگرم در

ویژگی های کیفی دانه در گونه های بالنگو انجام شد.

## مواد و روشها

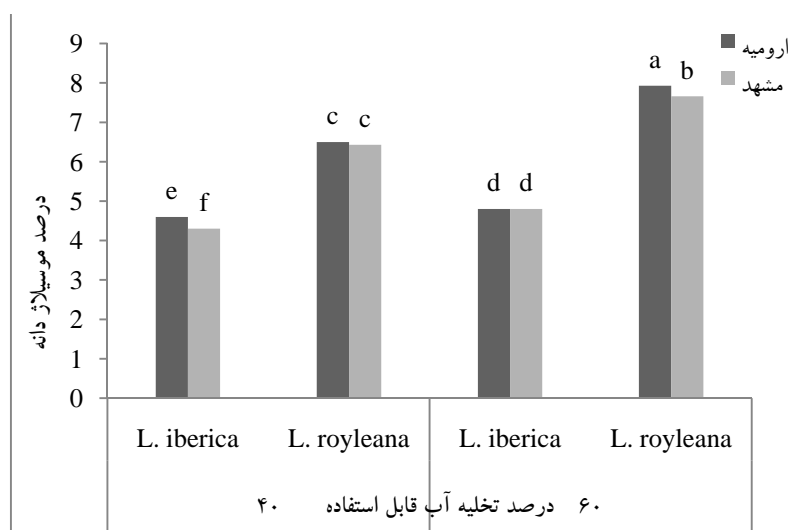
این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه مرکز تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد واقع در اتوبان تهران- قم انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لوم بود. آزمایش به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری (فاکتور اصلی) به صورت دو سطح ۴۰٪ و ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک که به اختصار با I<sub>۴</sub> و I<sub>۶</sub> نشان داده شده است و عامل فرعی به صورت فاکتوریل و ترکیبی از گونه های بالنگو شامل ۱- شهری (*Lallemantia iberica*) ۲- شیرازی (*L. royleana*) و منشأ اکوتیپ های بالنگو شامل دو سطح ارومیه و مشهد بود. کاشت به صورت دستی در کرت هایی به ابعاد ۳×۱/۵ متر که شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی متر بود، اعمال شد. تیمارهای آبیاری پس از پایان دوره رشد رویشی گیاه و همزمان با آغاز ورود گیاه به مرحله زایشی انجام شد و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ادامه پیدا کردند. کنترل علف های هرز از طریق وجین دستی انجام گردید. برداشت گیاهان براساس مشاهده علائم ظاهری رسیدگی شامل زردی و خشک شدن برگ ها و نیمه قهوه ای شدن دانه ها در سنبله ها انجام شد. اندازه گیری عملکرد دانه و اجزای عملکرد از جمله وزن هزاردانه از هر سطح نمونه گیری دو مترمربع با حذف اثر حاشیه ای از هر کرت انجام شد. به منظور ارزیابی شاخص های کیفی بذرها بالنگو، مقدار موسیلاژ (درصد) با استفاده از روش Kalnyasundram و همکاران (۱۹۸۲) محاسبه شد. همچنین برای سنجش نیتروژن و پروتئین از روش کجلدال استفاده شد که طی آن پودر نمونه گیاهی در اسید سولفوریک غلیظ در حضور کاتالیزور حاوی یون مس جوشانده شد تا نیتروژن به صورت آمونیاک درآید. آمونیاک حاصل به وسیله اسید بوریک جذب شد. یون های آمونیوم با اسید کلریدریک و بعد محلول سود تیترا شدند. نظر به اینکه

به ازاء هر یک مول اسید کلریدریک مصرفی ۱۴ گرم نیتروژن در بافت اولیه وجود دارد در نهایت میزان پروتئین با استفاده از ضریب ۶/۲۵ محاسبه شد (Anonymus, 2002). سنجش روغن دانه به روش سوکسوله انجام گردید. دانه ها پس از خشک شدن در اتوکلاو پودر شده و در کارتریج سلولزی قرار گرفتند و در محفظه بالایی دستگاه مستقر شدند. حلال دی اتیل اتر در محفظه پایینی وارد و گرم کننده دستگاه روشن گردید. با گرم شدن محفظه پایینی، بخار حلال داغ به محتویات پودر دانه ها رسید و مایع ایجاد شده چربی را در خود حل و از طریق مجرای مخصوص خارج و جداگانه جمع آوری شد. سپس حلال اولیه تبخیر و چربی به جا مانده توزین گردید (Soxhlet, 1879). داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار رایانه ای Excel انجام شد.

## نتایج

### درصد موسیلاژ دانه

درصد موسیلاژ که در واقع میزان موسیلاژ در یک گرم بذر است، تحت تأثیر رژیم های مختلف آبیاری معنی دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی سبب افزایش درصد موسیلاژ دانه شد (جدول ۲). کمترین درصد موسیلاژ در تیمار ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک (۵/۴۶٪) بدست آمد و با افزایش شدت تنش خشکی درصد موسیلاژ دانه ۱۳/۳۳٪ افزایش یافت. البته بین دو گونه نیز از نظر درصد موسیلاژ اختلاف معنی داری وجود داشت. گونه *L. royleana* نسبت به گونه *L. iberica*، ۳۵/۰۶٪ موسیلاژ بیشتری داشت. همچنین اثر متقابل بین تنش خشکی، گونه و اکوتیپ نیز معنی دار شد (شکل ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، درصد موسیلاژ دانه در اکوتیپ های ارومیه و مشهد در هر دو گونه شهری و شیرازی افزایش یافت.



شکل ۱- اثر متقابل گونه در اکوتیپ در تنش خشکی بر موسیلاژ دانه

#### عملکرد موسیلاژ دانه

عملکرد موسیلاژ، که عملکرد کل موسیلاژ حاصل از کل دانه برداشت شده در یک هکتار می‌باشد، به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرارگرفت (جدول ۱). بیشترین عملکرد موسیلاژ (۱۱/۲۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک و کمترین مقدار آن (۶/۷۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک بدست آمد (جدول ۲). با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه ۳۹/۸٪ کاهش یافت. اثرات متقابل تنش خشکی و گونه بر عملکرد موسیلاژ دانه، با احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه در گونه شیرازی تغییر معنی‌داری نکرد اما در گونه شهری ۵۳/۶۱٪ کاهش یافت. اکوتیپ‌های گونه شیرازی از لحاظ عملکرد موسیلاژ دانه تفاوتی با یکدیگر نداشتند، اما در گونه شهری، اکوتیپ مشهد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه ۳۶/۲۶٪ عملکرد موسیلاژ بیشتری داشت (جدول ۴).

#### درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که رژیم‌های آبیاری بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود، همچنین بین دو گونه بالنگو از نظر درصد پروتئین دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). اثر متقابل تنش خشکی و گونه بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). در گونه شهری با افزایش شدت تنش خشکی درصد پروتئین دانه کاهش یافت اما در گونه شیرازی مقدار پروتئین با افزایش تنش خشکی تغییری نکرد. در تیمار ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک، گونه شهری نسبت به گونه شیرازی درصد پروتئین دانه بیشتری داشت، اما با افزایش شدت تخلیه رطوبت خاک درصد پروتئین دانه در این گونه کاهش یافت (جدول ۳). بین اکوتیپ‌های مربوط به گونه *L. royleana* تفاوت معنی‌داری از نظر درصد پروتئین دانه وجود نداشت، اما در گونه *L. iberica*، اکوتیپ مشهد (۳۳/۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به اکوتیپ ارومیه (۲۲/۱۶ کیلوگرم در هکتار) درصد پروتئین بیشتری حاصل شد (جدول ۴).

## عملکرد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد پروتئین دانه با احتمال ۵٪ تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد پروتئین دانه ۴۵/۵۲٪ کاهش یافت. همچنین بین گونه‌ها و اکوتیپ‌های بالنگو تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد پروتئین دانه در هکتار مشاهده شد. گونه *L. iberica* با ۴۳/۸۵ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با گونه *L. royleana* با ۲۶/۳۶ کیلوگرم در هکتار، عملکرد پروتئین بیشتری داشت. همچنین در اکوتیپ مشهد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه با ۲۶/۴۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد پروتئین بیشتری حاصل شد. با توجه به اینکه، عملکرد پروتئین نتیجه حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه می‌باشد، از این رو روند تغییرات عملکرد پروتئین با افزایش شدت تنش خشکی همانند روند تغییرات عملکرد دانه نزولی بود. اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ نیز بر عملکرد پروتئین دانه با احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد پروتئین در اکوتیپ مشهد بشدت کاهش یافت اما در اکوتیپ ارومیه تغییر نکرد. بین اکوتیپ‌های گونه *L. royleana* هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد پروتئین دانه مشاهده نشد اما در گونه *L. iberica* اکوتیپ مشهد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه، ۴۳/۵۲٪ عملکرد پروتئین بیشتری داشت (جدول ۴).

## درصد روغن

خشکی اثر معنی‌داری بر درصد روغن دانه بالنگو نداشت. اما با این حال، با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده خاک درصد روغن دانه در این گیاه ۱۱/۶۰٪ افزایش یافت. بین گونه‌ها و اکوتیپ‌های مورد مطالعه نیز تفاوت معنی‌دار به لحاظ مقدار روغن دانه ملاحظه نشد.

## عملکرد روغن

عملکرد روغن دانه تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار

نگرفت. اثر متقابل گونه و اکوتیپ از نظر عملکرد روغن معنی‌دار شد. در گونه *L. iberica*، اکوتیپ مشهد در مقایسه با اکوتیپ ارومیه ۴۱/۵۰٪ عملکرد روغن بیشتری نشان داد، در حالی که بین اکوتیپ‌های مربوط به *L. royleana* تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۴).

## وزن هزاردانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تیمارهای آبیاری اثر معنی‌دار بر وزن هزاردانه بالنگو نداشت، اما افزایش بسیار جزئی وزن هزاردانه، با افزایش شدت تنش خشکی طبق جدول ۲ مشاهده شد. دو گونه تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن هزاردانه با یکدیگر داشتند (جدول ۱)، 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 بالنگوی شهری را در مقایسه با شیرازی به وزن هزاردانه بالای گونه شهری نسبت داد.

## عملکرد دانه

مطابق جدول تجزیه واریانس، اثر سطوح تنش خشکی، بر عملکرد دانه تولیدی با سطح احتمال ۱٪، معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه تولیدی، مربوط به تیمار ۴۰٪ تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک با میانگین ۲۰۸/۴۰ کیلوگرم در هکتار و گونه *L. iberica* با میانگین ۱۸۹/۱۴ کیلوگرم در هکتار بود، که در مقایسه با تیمار ۶۰٪ تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، حدود ۴۳/۸۴٪ عملکرد بیشتری بدست آمد. اثرات متقابل تنش خشکی در گونه معنی‌دار شد، با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد دانه در هر دو گونه کاهش یافت، اما میزان کاهش عملکرد در گونه *L. iberica* بیشتر از گونه *L. royleana* بود (جدول ۳). در هر دو گونه اکوتیپ ارومیه دارای عملکرد دانه بیشتری نسبت به اکوتیپ مشهد بود (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی برخی ویژگی‌های کیفی دانه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد دانه	وزن هزاردانه	عملکرد روغن	درصد روغن	عملکرد پروتئین	عملکرد موسیلاژ	درصد پروتئین	درصد موسیلاژ		
۱۹۴۱/۱ n.s	۰/۰۰۰۳ n.s	۱۴۳/۰۱۵ n.s	۲۹/۰۷۵ n.s	۹۰/۰۴ n.s	۸/۲۲ n.s	۲/۰۲۲ n.s	۰/۰۳۷ n.s	۲	تکرار
۵۰۰۸۷/۲ *	۰/۰۰۰۲ n.s	۱۸۳۱/۲۰ n.s	۵۳/۱۰۳ n.s	۲۵۶۵/۷۶ *	۱۲۰/۰۱ *	۴/۰۳۴ n.s	۴/۱۶۶ **	۱	تنش
۲۶۷۴/۱	۰/۰۰۰۴	۱۹۸/۷۸	۵/۰۴	۱۰۱/۶۱	۷/۰۲۵	۰/۱۳۵	۰/۰۰۵۴		خطای اصلی
۱۶۷۵۸/۷ **	۰/۲۴۴ **	۱۲۰۵/۵۸ **	۲/۲۲ n.s	۱۸۳۴/۱۷ **	۲/۷۴۰ n.s	۷۱ **	۳۷/۵۰ **	۱	گونه
۹۵۷۶ *	۰/۰۰۱ n.s	۶۹۸/۱۱ **	۵/۷۰۳ n.s	۶۸۷/۹ **	۱۱/۶۶۲ n.s	۰/۶۰۸ n.s	۰/۱۳۵**	۱	اکوتیپ
۵۲۷۴/۷ **	۰/۰۰۱ n.s	۱۵۸۹/۰۳ n.s	۲۲/۶۲ n.s	۴۱/۲۶ n.s	۳۲/۰۸۵ *	۲۵/۰۸ **	۱/۵ **	۱	تنش×گونه
۸۹۳۲ *	۰/۰۰۰۰۸ n.s	۴۱۳/۶۷ n.s	۶/۱ n.s	۵۶۶ *	۱۸/۹۵۷ n.s	۱/۲۳۳ n.s	۰/۰۰۱ n.s	۱	تنش×اکوتیپ
۱۵۶۰۶ *	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۱۰۱۴/۲۶ *	۱/۲۶ n.s	۱۱۲۳ **	۳۵/۵۹۹ *	۷/۵۲۶ **	۰/۰۰۱ n.s	۱	گونه×اکوتیپ
۳۷۳۰ n.s	۰/۰۰۰۰۸ n.s	۱۴۴/۹۴ n.s	۰/۰۱۰۴ n.s	۲۹۷/۰۱ n.s	۲/۹۶۱ n.s	۰/۱۰۴ n.s	۰/۰۸۱ **	۱	تنش×گونه×اکوتیپ
۱۷۸۷/۴	۰/۰۰۰۲	۱۳۹/۲۰	۷/۱۱	۷۳/۳۹	۵/۶۴	۰/۴۹	۰/۰۰۱	۱۲	خطا
								۲۳	کل
۲۵/۹۸	۱/۹۱	۲۸/۵۳	۱۱/۰۵	۲۴/۴۰	۲۶/۲۹	۳/۳۰	۰/۶۹		ضریب تغییرات (%)

n.s، \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات رژیم‌های آبیاری، گونه و اکوتیپ بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های کیفی دانه

صفات						
تیمار	موسیلاژ (%)	عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
الف: بین تنش‌ها						
۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده	۵/۴۶ b	۱۱/۲۲ a	۲۱/۵۷ a	۴۵/۴۵ a	۴۷/۰۶ a	۲۰۸/۴۰ a
۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده	۶/۳۰ a	۶/۷۵ b	۲۰/۷۶ b	۲۴/۷۷ b	۲۹/۵۹ b	۱۱۷/۰۳ b
ب: بین گونه‌ها						
<i>L. iberica</i>	۴/۶۳ b	۸/۶۵ a	۲۲/۸۹ a	۴۳/۸۵ a	۴۵/۴۱ a	۱۸۹/۱۴ a
<i>L. royleana</i>	۷/۱۳ a	۹/۳۲ a	۱۹/۴۵ b	۲۶/۳۶ b	۳۱/۲۴ b	۱۳۶/۲۹ b
ج: بین اکوتیپ‌ها						
ارومیه	۵/۹۵ a	۸/۲۹ a	۲۱/۰۲ a	۲۹/۷۵ b	۳۲/۹۳ b	۱۴۲/۷۴ b
مشهد	۵/۸۰ b	۹/۶۸ a	۲۱/۳۲ a	۴۰/۴۶ a	۴۳/۷۲ a	۱۸۲/۶۹ a

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تفاوت میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد. برای صفاتی که اثر منبع تغییر مربوطه معنی‌دار نبوده است آزمون مقایسه میانگین (دانکن) انجام نشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات رژیم‌های آبیاری و گونه بر عملکرد موسیلاژ، درصد پروتئین و عملکرد دانه

تیمار خشکی	گونه	عملکرد موسیلاژ (Kg h <sup>-1</sup> )	پروتئین (%)	عملکرد دانه (Kg h <sup>-1</sup> )
۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده	<i>L. iberica</i>	۱۲/۷۲ a	۲۳/۷۶ a	۲۱۹/۹ a
	<i>L. royleana</i>	۹/۷۳ ab	۱۹/۳۹ c	۱۳۶/۷۵ ab
۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده	<i>L. iberica</i>	۵/۳۵ a	۲۲/۰۱ b	۱۲۸/۲۸ b
	<i>L. royleana</i>	۷/۷۹ bc	۱۹/۵ c	۹۵/۶ c

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تفاوت میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات گونه و اکوتیپ بر عملکرد موسیلاژ، عملکرد پروتئین، درصد پروتئین،

## عملکرد روغن و عملکرد دانه

گونه	اکوتیپ	عملکرد موسیلاژ (Kgh <sup>-1</sup> )	پروتئین (%)	عملکرد پروتئین (Kgh <sup>-1</sup> )	عملکرد روغن (Kgh <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (Kgh <sup>-1</sup> )
<i>L. iberica</i>	ارومیه	۳۱/۶۵ b	۲۱/۱۶ b	۳۳/۱ b	۳۳/۱ b	۲۱۹/۹ a
	مشهد	۵۶/۰۵ a	۲۳/۶ a	۵۷/۸ a	۵۷/۸ a	۱۳۶/۷۵ ab
<i>L. royleana</i>	ارومیه	۲۷/۸۵ ab	۱۹/۸۴ ab	۳۲/۷ b	۳۲/۷ b	۱۲۸/۲۸ b
	مشهد	۲۴/۸ ab	۱۹/۰۴ c	۳۰/۲ b	۳۰/۲ b	۹۵/۶ c

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تفاوت میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

## همبستگی ساده بین عملکرد دانه و خصوصیات کیفی

عملکرد دانه در بیشتر موارد همبستگی مثبت و معنی‌داری با اجزاء کیفی دانه بالنگو داشت. عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد پروتئین ( $r=0/962$ ) و عملکرد روغن ( $r=0/962$ ) داشت. در بین سایر صفات کیفی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد موسیلاژ دانه و عملکرد دانه

( $r=0/564$ ) مشاهده شد (جدول ۵). در آزمایشی گزارش کردند که درصد موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ دانه اسفرزه از همبستگی مثبت بالایی برخوردار بودند و با توجه به اینکه با افزایش فواصل آبیاری عملکرد دانه کاهش یافته این امر متعاقباً کاهش عملکرد موسیلاژ در واحد سطح را به دنبال داشت (نوروزپور و رضوانی مقدم، ۱۳۸۴).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی دانه تحت تأثیر تنش خشکی

عملکرد	وزن	عملکرد	درصد	عملکرد	درصد	عملکرد	درصد
دانه	هزاردانه	پروتئین	پروتئین	روغن	روغن	موسیلاژ	موسیلاژ
							درصد موسیلاژ
							عملکرد موسیلاژ
							درصد روغن
							عملکرد روغن
							درصد پروتئین
							عملکرد پروتئین
							وزن هزاردانه
							عملکرد دانه

ns، \*، \*\* و \*\*\*، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

## بحث

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی سبب افزایش درصد موسیلاژ دانه شد. مواد مؤثره اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوری که عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آنها می‌شود (Omidbaigi et al., 2003). علت افزایش موسیلاژ در شرایط تنش کم آبی در پوسته بذر، ناشی از سازگاری اکولوژیک گیاه به تنش خشکی برای حفظ جنین نوبارور بذر در برابر خشکی شدید می‌باشد. از آنجا که یک شکل ویژه از ذخیره آب، پیوند یافتن آب با کربوهیدرات‌های آب‌دوست نظیر موسیلاژهای موجود در سلول‌ها، بافت هادی و فضای بین سلولی و سطح بذر برخی گونه‌ها

می‌باشد، این سازگاری منجر به توانایی بالای این گونه در حفظ پتانسیل آب درون سلولی می‌شود (Moradi et al., 2010). Ardakani و همکاران (۲۰۰۷)، مشاهده کردند که بیشترین عملکرد اندام هوایی، طول برگ و عرض برگ در گیاه بادرنجوبیه از تیمار بدون تنش حاصل شد، ولی بیشترین درصد اسانس از تیمار ۲۰٪ ظرفیت زراعی بدست آمد. رژیم‌های مختلف آبیاری روی گیاه ریحان نشان داد که با افزایش فواصل بین نوبت‌های آبیاری، رشد گیاه کاهش می‌یابد. همچنین دور آبیاری، عملکرد اسانس و ترکیب اجزای تشکیل‌دهنده آن را تغییر داده، به طوری که با طولانی‌تر شدن دور آبیاری درصد اسانس افزایش یافت ولی عملکرد اسانس کاهش پیدا کرد (Refaat & Saleh, 1997). با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. علت کاهش عملکرد موسیلاژ



(۲۰۰۴)، گزارش کرد که تنش خشکی، بیان ژن‌های کدکننده پروتئین‌های درون سلولی را القا کرده و سبب تجزیه پروتئین‌ها و تحرک مجدد نیتروژن و متعاقب آن سنتز مواد محلول سازگار می‌شود. از این رو به نظر می‌رسد که کاهش محتوای پروتئین دانه تحت تنش خشکی با کاهش فتوسنتز و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین مرتبط باشد (Feller, 2004)، که این موضوع می‌تواند با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت داشته باشد. عملکرد پروتئین دانه نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار گرفت و با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد پروتئین دانه کاهش یافت. با توجه به اینکه عملکرد پروتئین نتیجه حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه می‌باشد، از این رو روند تغییرات عملکرد پروتئین با افزایش شدت تنش خشکی همانند روند تغییرات عملکرد دانه نزولی بود. نتایج مشابهی در ارتباط با کاهش عملکرد پروتئین دانه با افزایش شدت تنش خشکی توسط پیرزاد و همکاران (۱۳۹۰)، روی گیاه بابونه آلمانی گزارش شده‌است. عملکرد دانه نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت و بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک بود که علت را می‌توان به اثر مثبت میزان آب قابل دسترس بر رشد رویشی و زایشی گیاه و قابلیت جذب بالای عناصر غذایی نسبت داد. بنابراین به نظر می‌رسد در تیمار ۶۰٪ تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، تجمع املاح در محیط ریشه، باعث کاهش قابلیت اسمزی محیط ریشه و بروز سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی می‌شود (Ghoulam, 2002). گیاه برای مقابله با کم‌آبی بخشی از مواد پرورده را به ریشه برای 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 (Richards et al., 2002). محققان زیادی نتایج مشابهی را در مورد کاهش عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی گزارش کرده‌اند (Goksoy et al., 2004)؛

می‌تواند احتمالاً به دلیل تجمع املاح نمک در اثر آبیاری دیر هنگام باشد که سبب اختلال در جذب و انتقال عناصر غذایی به اندام‌های هوایی و در نهایت کاهش سنتز مواد مؤثره در گیاه می‌شود (Ahmadian et al., 2011). در تحقیقی بر روی گیاه دارویی اسفرزه در شرایط دیم، همبستگی معنی‌داری بین موسیلاژ دانه با تعداد سنبله در مترمربع وجود داشت (گلوی و همکاران، ۱۳۸۵). با وجود اینکه خشکی اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت، اما با افزایش شدت تنش خشکی درصد پروتئین دانه روند کاهشی نشان داد که نتایج بدست آمده با نتایج Johnston و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد؛ به طوری که طی تحقیق خود گزارش کردند که تنش خشکی یکی از مهمترین فاکتورهایی است که می‌تواند به طور مؤثری بر مقدار پروتئین بذر اثر گذاشته و آن را کاهش دهد. دانشیان و جنوبی (۱۳۸۱) نیز گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، درصد پروتئین دانه سویا کاهش یافت. همچنین میرآخوری و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه سویا به ترتیب مربوط به تیمارهای ۴۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک (۳۶/۹٪) و ۷۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک (۳۴/۷٪) بود. اما طبق نتایج تحقیقات پیرزاد و همکاران (۱۳۹۰)، در بابونه آلمانی، بیشترین درصد پروتئین دانه (۲۱/۴۲٪) در شدیدترین سطح تنش خشکی (۱۲۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر) و کمترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۷۴٪) مربوط به تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بود، که علت درصد بالای نیتروژن با افزایش تنش خشکی را ناشی از کاهش کل تولید دانه عنوان کردند، زیرا با وجود روند افزایشی درصد پروتئین، عملکرد آن در شدیدترین تنش خشکی رو به کاهش بود و این امر نشان‌دهنده کاهش نسبی در عملکرد تولیدی بوده‌است. بنابراین یکی از عوامل کاهش میزان پروتئین در گیاه تیمار شده با خشکی را می‌توان به افت شدید فرایند فتوسنتز و متعاقب آن کاهش پیش‌ماده‌های تولیدکننده پروتئین و در نهایت کاهش سنتز پروتئین‌ها نسبت داد (Feller, Mohammadkhani & Heydari, 2008).

- قبادی، م.، ۱۳۸۵. بررسی اثر تنش خشکی و گرمای انتهایی دوره ی رشد بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد رقم‌های بهار کلازا. پایان‌نامه دکترای زراعت. دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ۲۱۰ صفحه.
- کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع.، ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۷۲ صفحه.
- گلوی، م.، رمرودی، م. و منصوری، س.، ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) در منطقه سیستان. پژوهش و سازندگی (در منابع طبیعی)، ۷۷: ۱۴۰-۱۳۶.
- میرآخوری، م.، پاک‌نژاد، ف.، اردکانی، م.، کوچکی، ع. و ناظری، پ.، ۱۳۸۸. ارزیابی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر مقدار پروتئین و روغن دانه، سرعت و دوره پر شدن دانه سویا (L 17). تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، ۲(۲): ۱۸۳-۱۷۱.
- نوروزپور، گ. و رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸۴. اثر دوره‌های مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی زیره سیاه (*Nigella Sativa* L.). پژوهش‌های زراعی ایران، ۳(۲): ۳۱۵-۳۰۵.
- Ahmadi, M. and Bahrani, M.J., 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American-Eurasian Journal Agricultur and Environment Science, 5(6): 755-761.
- Ahmadian, A., Tavassoli, A. and Amiri, E., 2011. The interaction effect of water stress and manure on yield components, essential oil and chemical compositions of cumin (*Cuminum cyminum* L.). African Journal of Agricultural Research, 6(10): 2309-2315.
- Anonymous, 2002. Determination of crude protein in cereals and cereal products for food and for fed. Standard methods of the international association for cereal science and technology, ICC Standard No:105/2, Viena.
- Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H. and Packnejad, F., 2007. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(2): 251-261.
- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaei, M.B., 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and

Erden et al., 2006). با افزایش شدت استرس خشکی عملکرد دانه در هر دو گونه بالنگو کاهش یافت، اما میزان کاهش عملکرد در گونه *L. iberica* بیشتر از *L. royleana* بود که علت را می‌توان به توانایی سازگاری ژنتیکی و فیزیولوژیکی *L. royleana* ارتباط داد. 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. عدم تفاوت عملکرد دانه بین اکوتیپ‌های گونه *L. royleana* می‌تواند مبین آن باشد که این گونه به لحاظ ژنتیکی و اکولوژیکی ویژگی‌هایی دارد که چندان تحت تأثیر محیط رشد قرار نمی‌گیرد.

## منابع مورد استفاده

- پیرزاد، ع.ر.، تاجبخش، م. و درویش‌زاده، ر.، ۱۳۹۰. اثر تنش کم‌آبی بر ترکیب شیمیایی، جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه‌ها در بابونه آلمانی. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۱(۴): ۱۵۳-۱۴۰.
- تبریزی، ل.، ۱۳۸۵. اثر تنش آب و کود دامی بر عملکرد و اجزای عملکرد و ویژگی‌های کیفی اسفرزه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- حسینی، ع. و امیدبیگی، ر.، ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه ریحان. دانش کشاورزی، ۱(۳): ۵۹-۴۷.
- خواجه‌پور، م.ر.، ۱۳۷۳. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان، ۴۱۲ صفحه.
- دانشیان، ج. و جنوبی، پ.، ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر کلسیم در خصوصیات سویا. علوم کشاورزی، ۱: ۱۰۸-۹۵.
- رحیمیان، ح. و خسروی، م.، ۱۳۷۵. فیزیولوژی بذر. انتشارات جهاد دانشگاهی، ۹۶ صفحه.
- علی‌محمدی، ر.، ۱۳۸۱. کم‌آبی و راه‌های مقابله با آن در کشاورزی. خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۹: ۶۷-۵۸.
- عماد، م.، ۱۳۷۸. شناسایی گیاهان دارویی و صنعتی جنگلی و مرتعی و موارد مصرف آنها (جلد سوم). مؤسسه پژوهشی کاریز، ۱۵۲ صفحه.

- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Azizi, G., 2006. The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield components of two fennel (*Foeniculum vulgare*) landraces. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 4(1): 140-154.
- Mohammadkhani, N. and Heidari, R., 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Turkish Biology*, 32: 23-30.
- Moradi, K., Hamdi Shangari, A., Shahrajabian, M.H., Gharineh, M.H. and Madandost, M., 2010. Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) response to irrigation intervals and different nitrogen levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2): 196-204.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2): 239-250.
- Ntanose, D.A. and Koutroubas, S.D., 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74: 93-101.
- Omidbaigi, R., Hassani, A. and Sefidkon, F., 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) at different irrigation regimes. *Journal of Essential Oil-Bearing Plant*, 6: 104-108.
- Refaat, A.M. and Saleh, M.M., 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. *Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo*, 48: 515-527.
- Richards, R., Rebetzke, G.J., Condon, A.G. and van Herwaarden, A.F., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science*, 42: 111-121.
- Richardson, P., 1992. The chemistry of the Labiatae: An introduction and overview: 291-297. In: Harley, R.M. and Reynolds, T., (Eds.). *Advances in Labiatae Science*. Botanical Garden Kew, 568p.
- Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Rad, A.H.S., Noormohammadi, G. and Zarei, G., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal Agriculture Environmental Science*, 2(4): 417-422.
- Soxhlet, F., 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Polytechnisches Journal*, 232: 461.
- composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17: 275-277.
- Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid condition. *Plant Science*, 160(4): 669-681.
- Erdem, T., Erdem, Y., Orta, A.H. and Okursoy, H., 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30: 11-20.
- Feller, U., 2004. Proteolysis: 107-123. In: Noodén, L.D., (Ed.). *Plant Cell Death Processes*, Elsevier, 392p.
- Ghamarnia, H. and Jalili, Z., 2013. Water stress effects on different black cumin (*Nigella Sativa* L.) components in a semi-arid region. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(3): 753-762.
- 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.
- Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Dagusta, N., 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*, 87: 167-178.
- Hondelmann, W. and Damborth, M., 1990. Identification and evaluation of oilseed-bearing wild species of forbs as potential crops for the extraction of industrial raw materials. *Plant Research and Development*, 31: 38-49.
- Huang, B. and Gao, H., 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Science*, 40: 196-203.
- Johnston, A.M., Tanaka, D.L., Miller, P.R., Brandt, S.A., Nielsen, D.C., Lafond, G.P. and Riveland, N.R., 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern great plains. *Agronomy Journal*, 94(2): 231-240.
- Kalnyasundram, N.K., Pateb, P.B. and Dalat, K.C., 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* Forsk. in relation to the available nitrogen in soil. *Indian Journal of Agricultural Science*, 52: 240-242.
- Kilen, T.C., 1990. Brachytic stem and narrow leaflet on soybean seed composition and yield. *Crop Science*, 30(5): 1006-1008.

## Evaluation of seed yield, mucilage and protein of different species and ecotypes of balangu (*Lallemantia* spp.) under drought stress

M. Abdolahi<sup>1</sup> and S. Maleki Farahani<sup>2\*</sup>

1- M.Sc. student, , Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran

2\*- Corresponding author, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Medicinal Plant Research Center, Shahed University, Tehran, Iran, E-mail: maleki@shahed.ac.ir

Received: October 2013

Revised: March 2014

Accepted: April 2014

### Abstract

Irrigation treatments were applied at two levels of 40% and 60% available soil water (ASW) depletion on Mashhad and Urmia ecotypes of two *Lallemantia* species including *L. iberica* Fisch. & C.A.Mey. and *L. royleana*. (Benth.) Benth. Increased available soil water depletion caused an increased seed mucilage percentage. The highest percentage of seed mucilage was obtained in 60% ASW depletion, *L. royleana*, and ecotype of Mashhad. The highest (11.22kg/ha) and lowest (6.25kg/ha) seed mucilage yield was obtained in 40% and 60% ASW depletion, respectively. In *L. iberica*, seed mucilage yield of Mashhad ecotype was 34.04 kg/ha higher as compared to Urmia ecotype. By increasing available soil water depletion, seed protein content decreased to 7.30% in *L. iberica*; however, it remained unchanged in *L. royleana*. Oil content was not affected by irrigation treatments. Oil yield of Mashhad ecotype of *L. iberica* was 41.5% higher as compared with Urmia ecotype. The highest grain yield (208.4kg/ha) was obtained at 40% available soil water depletion. The grain yield at 60% available soil water depletion (107.3kg/ha) decreased to 43.84% as compared to 40% available soil water depletion. Contrary to *L. iberica*, significant differences were observed among the ecotypes of *L. royleana* in terms of grain yield. In general, under deficit irrigation, seed mucilage percentage of balangu increased, however, the protein percentage decreased.

**Keywords:** Ecotype, balangu (*Lallemantia* spp.), mucilage, oil, protein.