

## بررسی تحمل خشکی و شناسایی ارقام مناسب خردل در شرایط دیم سردسیر ارومیه

مهدی موسوی اقدم<sup>۱</sup> و خشنود علیزاده<sup>۲\*</sup>

۱- گروه باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

### چکیده

خردل از گیاهان مقاوم به خشکی بوده امکان اصلاح و معرفی ارقام مناسب از آن برای مناطق نیمه خشک ایران وجود دارد. در این پژوهش، ۲۰ رقم و لاین خردل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط دیم و آبی در بهار ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی ارومیه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت اکثر خصوصیات زراعی بررسی شده در هر دو شرایط معنی‌دار بود. مقایسه میانگین لاین‌ها کاهش عملکرد و اجزای عملکرد را در اثر تنش خشکی نشان داد. رقم Bard-1 و لاین تحت شماره ۱۴ (DARI-4-2)، از نظر عملکرد دانه و نیز اجزای عملکرد، برتر از سایر لاین‌ها بودند. در هر دو آزمایش دیم و آبی، عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین بود هر چند که وزن هزار دانه در شرایط دیم نیز ارتباط معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) با عملکرد دانه خردل نشان داد. تجزیه خوشه‌ای در هر دو شرایط دیم و آبی بر اساس میانگین صفات مورد مطالعه و به روش Ward، لاین‌ها را به دو خوشه تقسیم نمود. ارقام و لاین‌هایی که در خوشه اول قرار گرفته بودند، از نظر اکثر صفات زراعی نسبت به میانگین کل ارزش بیشتری داشتند. بر اساس شاخص‌های متوسط محصول دهی (MP)، متوسط هندسی محصول دهی (GMP) و تحمل تنش (STI) که مناسب‌ترین شاخص‌ها در این آزمایش بودند، رقم Bard-1 و لاین DARI-4-2، به عنوان متحمل‌ترین لاین خردل در ارومیه شناسایی شدند.

**واژه‌های کلیدی:** خردل قهوه‌ای، خردل زرد، تنوع ژنتیکی، شاخص تحمل خشکی

## مقدمه

تنش رطوبتی در شرایط محیطی مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران همواره حضور داشته و سبب کاهش تولید گیاهان می‌شود و در سال‌های اخیر با تغییر اقلیم نیز خسارت تنش خشکی افزایش یافته است (Alizadeh *et al.*, 2013). وجود انواع تیپ‌های وحشی خردل که در سراسر ایران پراکنده است، نشان از سازگاری بالای این گیاه روغنی با آب و هوای کشور دارد که این ویژگی از امتیازات ارزشمند آن به حساب می‌آید (فروزان، ۱۳۷۸). مقدار تولید دانه خردل در دنیا حدود ۶۰۰ هزار تن است که حدود یک سوم آن در کانادا تولید می‌شود (FAO, 2010). در میان کشورهای تولید کننده خردل، کشورهای کانادا، مجارستان، بریتانیا، هند، پاکستان و ایالات متحده آمریکا بیشترین سطح زیر کشت و تولید خردل را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2010). آمار معتبری برای سطح زیر کشت و تولید خردل در ایران یافت نشد ولی کشت و تولید خردل بصورت پراکنده از دیرباز در ایران رایج بوده است (زرگری، ۱۳۷۶). نام خردل برای چند گونه گیاهی مختلف از خانواده شب‌بویمان با مصارف دارویی و صنعتی به کار می‌رود که می‌توان آنها را در پنج گروه خردل سفید، خردل سیاه، خردل هندی، خردل بیابانی و خردل فارسی تقسیم‌بندی نمود (زرگری، ۱۳۷۶). منظور از خردل در این مقاله فقط خردل هندی یا همان خردل قهوه‌ای است.

اخیراً، تمایل در خصوص کشت خردل به واسطه تحمل بالای آن به کم‌آبی و پایداری روغن آن در اهداف مربوط به مصارف انسانی و صنعتی، از سر گرفته شده است (Kjellström, 1993; Wright

et al., 1995). توسعه کشت خردل در دشت‌های خشک استرالیا (Hocking *et al.*, 1997) و کانادا (Woods *et al.*, 1991; Din *et al.*, 2011) نمونه‌های شاخصی برای این امر هستند. با این وجود به نظر می‌رسد به خاطر یک سری مشکلات حد، افزایش چندانی در میزان سطح زیر کشت خردل صورت نگرفته است. از مهمترین مشکلات مربوطه در این خصوص، عدم توجه کافی به خاطر غیر بومی بودن آن در اکثر مناطق کشاورزی دنیا، غیرقابل دسترس بودن واریته‌های سازگار به مناطق بومی، عدم اطمینان و اعتماد کشاورزان به پذیرفتن آن به عنوان یک گیاه جدید، عدم پایداری تولید و وجود نوسان در تولید آن و همچنین هزینه‌های بالای تولید، منجر به کم‌اهمیت ماندن آن در طی زمان نسبتاً طولانی پیدایش و اهلی شدن آن شده است (Rosalind, 2013).

بطور کلی بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی به دلیل محدودیت‌های مختلف با سرعت کمتری در جریان است و از اینرو شناسایی صفات آگرو-فیزیولوژیک موثر و مرتبط با تنش خشکی در گیاهان زراعی از جمله خردل می‌تواند نقش مهمی در بهبود ژنتیکی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی داشته باشد. در این رابطه شاخص‌های متعددی برای ارزیابی واکنش گیاهان در شرایط تنش خشکی ارائه شده است. شاخص تحمل (TOL) و شاخص محصول‌دهی متوسط (MP) توسط روزیل و هامبلین (۱۹۸۱) برای ارزیابی توانایی تحمل ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم تحمل (TOL) و مقادیر بالای متوسط محصول‌دهی (MP) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص

و لاین مورد مطالعه در دو آزمایش هم‌زمان دیم (تنش خشکی) و آبیاری تکمیلی (بدون تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. در هر دو آزمایش، کرت‌های آزمایشی شامل ۵ خط ۲ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و در آزمایش بدون تنش رطوبتی پس از قطع بارندگی‌های بهاره زمانی که رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه رسید اقدام به آبیاری یکسان با استفاده از کنتور در تمام کرت‌ها تا حد ظرفیت زراعی شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. برای اندازه‌گیری صفات از سه ردیف وسطی هر کرت به طور تصادفی ۵ بوته انتخاب و تمام اندازه‌گیری‌ها در همان بوته‌ها انجام شد. شاخص‌های مختلف تحمل خشکی شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل تنش (TOL)، متوسط محصول‌دهی (MP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) طبق روابط ۱ تا ۵ محاسبه شدند.

$$[1] SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)}$$

$$[2] TOL = Y_p - Y_s$$

$$[3] MP = \frac{(Y_p + Y_s)}{2}$$

$$[4] GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

$$[5] STI = \frac{(Y_p / \bar{Y}_p)(Y_s / \bar{Y}_s)(\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

$Y_s$  = عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش،  $Y_p$  = عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش،  $\bar{Y}_s$  = میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش،  $\bar{Y}_p$  = میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش بود. برای تجزیه‌های

حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد نمودند. مقدار کمتر این شاخص نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. فرناندز (۱۹۹۲) شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) را معرفی نمود. ژنوتیپ‌های پایدار و مقاوم به خشکی دارای مقادیر بالاتر این شاخص‌ها هستند. بنظر می‌رسد با توجه به اینکه کشور ایران از نظر منابع آبی دارای محدودیت می‌باشد شایسته است که تحقیقات بیشتری در زمینه تولید ارقام اصلاح شده و یا ارقام متحمل به خشکی خردل صورت گیرد.

ارزیابی برخی خصوصیات زراعی و برآورد شاخص‌های تحمل خشکی در خردل هندی، هدف اصلی این تحقیق است. بررسی روابط بین صفات مورد نظر در خردل و یافتن ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد و اجزای عملکرد تحت تنش خشکی بمنظور انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار تحت شرایط تنش خشکی از اهداف جنبی این پژوهش بودند.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت کشت بهاره در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و در مزرعه تحقیقاتی ارومیه اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت سنگین رسی-لومی و بدون محدودیت شوری و قلیائیت بود. این خاک‌ها با داشتن بافت سنگین در سطح الارض، دارای قابلیت نفوذ آهسته (۰/۱ الی ۰/۵ سانتی‌متر در ساعت) و فاقد سنگ و سنگ ریزه در سطح الارض می‌باشند. شرایط اقلیمی منطقه در سال اجرای آزمایش و در نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی در جدول ۱ ارائه شده است (محمودی، ۱۳۹۳). ۲۰ رقم

حاکمی از وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های مورد مطالعه می‌باشد که این امر می‌تواند کارایی انتخاب جهت اصلاح این صفات را افزایش دهد.

میزان عملکرد در شرایط آبی ۶۱۰ تا ۲۶۷۸ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم بین ۳۳۴/۹ تا ۱۴۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های خردل در عملکرد دانه نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد در هر دو شرایط آبی و دیم متعلق به لاین شماره ۱۹ (DARI-4-2) بود.

آماره‌ای از نرم‌افزار SPSS (SPSS, 1998) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲ و ۳) نشان داد که در هر دو شرایط آبی و دیم بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. وجود چنین اختلاف معنی‌داری بین صفات،

جدول ۱- آمار هواشناسی سال زراعی ۹۲-۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم ارومیه

ماه	بارندگی (mm)	حداقل دمای مطلق (°C)	حداکثر دمای مطلق (°C)	متوسط دما (°C)	تعداد روز زیر صفر	٪ رطوبت نسبی	متوسط دمای حداقل (°C)	متوسط دمای حداکثر (°C)
مهر	۴	۱/۸	۲۸/۲	۱۵/۲	۰	۴۳	۸/۲	۲۲/۲
آبان	۴۷/۵	۱/۶	۱۸	۸/۷	۰	۶۱/۹	۳/۵	۱۴/۲
آذر	۸۵	-۱۶	۱۷/۸	۰/۳	۱۹	۸۱/۷	-۴/۶	۵/۲
دی	۶	-۱۶/۶	۶/۸	-۵	۳۰	۷۷/۹	-۱۰/۴	۰/۴
بهمن	۳۶	-۱۲	۱۴	۰/۷	۲۳	۶۲/۷	-۴/۴	۵/۸
اسفند	۲۶/۵	-۲/۴	۱۸/۴	۷/۷	۱۳	۵۶/۱	۱/۲	۱۴/۳
فروردین	۶۲	-۶/۴	۲۳/۶	۱۰/۱	۶	۵۵/۵	۳/۶	۱۶/۶
اردیبهشت	۳۱	۷/۴	۲۸	۱۶/۸	۰	۵۲/۸	۱۰/۴	۲۳/۲
خرداد	۱۵/۵	۸/۴	۳۵	۲۰/۱	۰	۴۱/۴	۱۲/۳	۲۷/۹

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های خردل در شرایط آبی

میانگین مربعات		درجه آزادی				منابع تغییر
عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییر
۸۱۵۳/۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۳۰۰/۲ <sup>ns</sup>	۱/۹۸ <sup>ns</sup>	۲۴/۹۸*	۲	تکرار
۶۷۴۸۴۴**	۱/۷۳۵**	۵۴۱۹/۷**	۴۲/۲۷**	۶۶/۵۵**	۱۹	تیمار
۲۷۶۳/۴	۰/۰۲۵	۱۵۲/۳	۰/۹۲	۱۰/۶۹	۳۸	خطا

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ بوده و<sup>ns</sup> نشان از نبود اختلاف معنی‌دار است

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های خردل در شرایط دیم

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۲/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۴ <sup>ns</sup>	۲۹/۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۳۳۲/۹ <sup>ns</sup>
تیمار	۱۹	۴۴/۵۳**	۶/۰۴**	۳۱۹۱/۸**	۱/۴۱**	۲۵۷۷۷/۲**
خطا	۳۸	۱۲/۵۶	۰/۳۹	۲۲/۷	۰/۰۶	۳۷۰۳/۱

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ بوده و <sup>ns</sup> نشان از نبود اختلاف معنی‌دار است

کمترین عملکرد در شرایط آبی در لاین‌های ۵ و ۱۳ و در شرایط دیم نیز لاین ۱۵ از کمترین عملکرد دانه برخوردار بود (جدول ۴).

اشکانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که عملکرد دانه ارقام گلرنگ تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری قرار می‌گیرد و ژنوتیپ‌های مختلف عملکردهای متفاوتی را در این رژیم‌ها نشان می‌دهند. تنش خشکی در مورد ژنوتیپ‌های خردل در این آزمایش نتایج متفاوتی را به دنبال داشت، در برخی ژنوتیپ‌ها با فاصله گرفتن از شرایط مطلوب آبیاری، عملکرد دانه با کاهش همراه بود ولی در برخی دیگر حتی افزایش عملکرد را به دنبال داشت. اما نکته قابل توجه در این میان، عدم اختلاف معنی‌دار عملکرد دانه بین تنش رطوبتی ملایم و شدید بود و این موضوع می‌تواند به منظور بهره‌وری از منابع آب مورد استفاده قرار گیرد، به طوری که از آبیاری اضافی در فاصله تنش ملایم تا تنش شدید خشکی پس از مرحله گلدهی گیاه پرهیز نمود و آبیاری را به حداقل ممکن رساند. تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه مهمترین صفات مرتبط جهت افزایش عملکرد بذر خردل به‌شمار می‌روند (Din et al., 2011). برآورد

ضرایب تحمل به خشکی STI و شاخص تحمل به تنش MP (جدول ۴) نشان داد که لاین ۱۹ (DARI-) ۲-۴ دارای بیشترین ضریب تحمل به خشکی (STI) برابر ۱/۲۰ و تحمل به تنش (۱۷۰۶/۵۹) بود. این رقم در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی توانست عملکرد بالایی داشته باشد. از طرف دیگر لاین شماره ۵ که در دو محیط دارای کمترین عملکرد دانه بود، کمترین میزان STI و MP به ترتیب برابر ۰/۱۴ و ۴۹۴/۸۹ را داشت. بیشترین مقدار برای شاخص میانگین هندسی عملکرد را لاین ۱۹ و کمترین را لاین ۵ دارا بود. از نظر حساسیت به خشکی (SSI) لاین ۲ دارای بیشترین مقدار این ضریب بود و بالاترین اختلاف عملکرد بین دو محیط را داشت. کمترین مقدار این ضریب نیز متعلق به لاین ۱۰ با ۰/۲۱ بود. تفاوت عملکرد این رقم در دو محیط تنها ۱۰۷ کیلوگرم بود. از لحاظ شاخص TOL نیز ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۰ با مقادیر کم TOL متحمل‌ترین ژنوتیپ بودند و ژنوتیپ ۱۹ کمترین تحمل را به تنش خشکی داشتند. در مورد دو لاین ۱ و ۱۳ برآورد شاخص تحمل نیز منفی شد. لاین ۱۹ از نظر عملکرد دارای بالاترین مقدار و لاین ۵ دارای

نموده و بر لزوم استفاده از این شاخص‌ها در نسل‌های پیشرفته اصلاحی به منظور گزینش ژنوتیپ‌های متحمل تاکید نمودند.

ارزش پایینی بود. اشکانی و همکاران (۲۰۰۷) و پورداد و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه بر روی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های گلرنگ، شاخص‌های تحمل به تنش و میانگین هندسی بهره‌وری را به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی معرفی

جدول ۴- برآورد برخی شاخص‌های تحمل خشکی در ۲۰ لاین و رقم خردل در شرایط دیم

شماره لاین	میانگین عملکرد در تحت تنش (Ys)	میانگین عملکرد بدون تنش (Yp)	شاخص حساسیت (SSI)	شاخص تحمل تنش (STI)	متوسط هندسی محصول دهی (GMP)	متوسط محصول دهی (MP)	شاخص تحمل (TOL)
۱	۱۰۷۶	۹۷۱	-۰/۲۶	۰/۶۴	۱۰۲۲	۱۰۲۴	-۱۰۵
۲	۵۰۸	۱۹۳۲	۱/۷۹	۰/۶	۹۹۰	۱۲۲۰	۱۴۲۴
۳	۴۱۴	۱۰۰۲	۱/۴۲	۰/۲۵	۶۴۴	۷۰۸	۵۸۹
۴	۷۰۷	۱۷۰۵	۱/۴۲	۰/۷۳	۱۰۹۸	۱۲۰۶	۹۹۷
۵	۳۸۰	۶۱۰	۰/۹۱	۰/۱۴	۴۸۱	۴۹۵	۲۳۰
۶	۱۱۳۸	۱۲۷۲	۰/۲۶	۰/۸۸	۱۲۰۳	۱۲۰۵	۱۳۵
۷	۴۶۰	۱۴۷۷	۱/۶۷	۰/۴۱	۸۲۴	۹۶۸	۱۰۱۷
۸	۸۶۳	۹۷۹	۰/۲۹	۰/۵۱	۹۱۹	۹۲۱	۱۱۶
۹	۵۳۲	۱۰۲۹	۱/۱۷	۰/۳۳	۷۴۰	۷۸۰	۴۹۷
۱۰	۱۰۹۵	۱۲۰۱	۰/۲۱	۰/۸	۱۱۴۷	۱۱۴۸	۱۰۶
۱۱	۸۶۹	۱۴۰۴	۰/۹۲	۰/۷۴	۱۱۰۵	۱۱۳۷	۵۳۶
۱۲	۴۸۷	۱۴۳۳	۱/۶	۰/۴۳	۸۳۶	۹۶۰	۹۴۶
۱۳	۱۴۱۵	۶۸۱	-۲/۶۱	۰/۵۹	۹۸۲	۱۰۴۸	-۷۳۴
۱۴	۱۰۴۸	۱۷۴۲	۰/۹۶	۱/۱۱	۱۳۵۲	۱۳۹۵	۶۹۳
۱۵	۳۳۵	۱۱۶۷	۱/۷۳	۰/۲۴	۶۲۵	۷۵۱	۸۳۲
۱۶	۷۴۵	۸۵۱	۰/۳	۰/۳۹	۷۹۶	۷۹۸	۱۰۶
۱۷	۶۴۲	۱۲۲۷	۱/۱۵	۰/۴۸	۸۸۸	۹۳۴	۵۸۴
۱۸	۸۲۲	۹۹۰	۰/۴۱	۰/۵	۹۰۲	۹۰۶	۱۶۸
۱۹	۷۳۵	۲۶۷۸	۱/۷۶	۱/۲	۱۴۰۳	۱۷۰۷	۱۹۴۲
۲۰	۷۷۰	۱۲۷۲	۰/۹۶	۰/۶	۹۸۹	۱۰۲۱	۵۰۳

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های ارزیابی مقاومت به خشکی

MP	GMP	STI	SSI	Yp	Ys
					Yp
				۰/۵۶*	-۰/۸۱**
			-۰/۰۷	۰/۶۹**	۰/۶۱**
		۰/۹۸**	-۰/۱۲	۰/۶۷**	۰/۶۵**
	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۰۵	۰/۸۴**	۰/۴۶*
۰/۴۵*	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۸۶**	۰/۸۷**	-۰/۵۹**

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

## منابع

پورداد سید سعید، علیزاده خشنود، عزیزی نژاد رضا، شریعتی عبدالله، اسکندری مسعود، خیایوی مجید، نباتی عزت‌اله. ۱۳۸۷ بررسی مقاومت به خشکی گلرنگ‌های بهاره در مناطق مختلف. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۵(ب)-۴۱۵-۴۰۳.

زرگری علی. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی جلد دوم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

محمودی حمید. ۱۳۹۳. گزارش هواشناسی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم کشور در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور.

Alizadeh K., Ghaffari AA, Shiv A. 2013. Development of feed legumes as suitable crops for drylands of Iran. Working paper, ICARDA.

Ashkani, J, Pakniyat H, Emam Y, Assad MT, Bahrani MJ. 2007. The Evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. Journal Agriculture Science Technology, 9: 267-277.

Din J, Khan SU, Ali I, Gurmani AR. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. The Journal of Animal & Plant Sciences, 21: 78-82.

Fernandez GCJ. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo CG. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter 25. pp: 257-270

Fischer RA, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912

Hocking PJ, Kirkegaard JA, Angus JF, Gibson AH, Koetz EA. 1997. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry-matter production, seed yield and seed quality. Field Crops Research, 49: 107-125

Kjellström C. 1993. Comparative growth analysis of *Brassica napus* and *Brassica juncea* under Swedish conditions. Can. J. Plant Sci., 73: 795-801

Rosalind A, Bueckert J, Clarke M. 2013. Annual crop adaptation to abiotic stress on the Canadian prairies: Six case studies. Canadian Journal of Plant Science, 93(3): 375-385

Rosielle AA, Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 2: 943-946.

SPSS. 1998. SPSS Base 8.0 User's Guide and SPSS Applications Guide, SPSS, Chicago, IL p. 256.

Woods DL, Capcara JJ, Downey RK. 1991. The potential of mustard (*Brassica juncea* (L.) Coss) as an edible oil crop on the Canadian Prairies. Canadian Journal of Plant Science, 71(1): 195-198

Wright PR, Morgan JM, Jessop RS, Cass A. 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. Field Crops Research, 42: 1-13

## **Evaluation of drought tolerance and finding suitable cultivars of Mustard under cold dryland condition of Oroumieh**

M. Mousavi Aghdam<sup>1</sup> and K. Alizadeh<sup>2\*</sup>

*1-Department of Horticulture, Mahabad branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran*

*2-Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran*

### **Abstract**

Indian mustard is one of the most drought tolerant crops within *Brassica* genus which could be used in semi dry areas of Iran. 20 cultivars and lines of Indian mustard were studied as complete blocks design with three replications in two different humidity regimes in Oroumieh research station during 2013-2014 growing season. Analysis of variance showed that the most studied agronomic characteristics were significantly different in the rainfed and irrigated field. Comparing the means showed decreasing of grain yield and yield components under stress condition. Cultivar Bard-1 and line 14 (DARI-4-2) were superior regarding grain yield and related yield components. Grain yield in the both irrigation regimes showed significant correlation ( $P < 0.01$ ) with plant height, number of pods and number of seeds per pod however, there was significant relationship between yield and thousand kernel weight under rainfed condition, as well. Cluster analysis based on all studied traits in the both trials divided lines to two clusters where genotypes in the first cluster showed higher values. Based on the mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP) and stress tolerance (STI) indices which were selected as most suitable indices in this study, cultivar Bard-1 and line 14 (DARI-4-2) were identified as the most drought tolerant mustard in Oroumieh.

**Key words:** Brown mustard, yellow mustard, genetic diversity, drought tolerance indices

---

\*Corresponding Author: [k.alizadeh@areo.ir](mailto:k.alizadeh@areo.ir) Received: 2014/12/13 Accepted: 2015/02/09