



بررسی تحمل به خشکی برخی ارقام و لاینهای امید بخش عدس با استفاده از شاخصهای حساسیت و تحمل به خشکی*

Evaluation of drought tolerance in some improved lines and varieties of lentil (*Lens culinaris L.*) using stress susceptibility and tolerance indices

شهرام عزیزی چاخرچمن^۱، حمداله کاظمی اربط^۲، مهرداد یارنیا^۳، حسین مصطفایی^۴

چکیده

عزیزی چاخرچمن، ش.، ح. کاظمی اربط، م. یارنیا، ح. مصطفایی. ۱۳۸۸. بررسی تحمل به خشکی برخی ارقام و لاینهای امید بخش عدس با استفاده از شاخصهای حساسیت و تحمل به خشکی. مجله علوم زراعی ۱(۱): ۱-۱۲.

خشکی مهمترین تنش غیر زیستی در کاهش تولید محصولات گیاهان زراعی در جهان به شمار می‌رود. برای بازدهی بیشتر در به‌نژادی ارقام برتر در مناطق خشک و نیمه خشک باید بهترین معیارهای مقاومت به خشکی را شناخت. به این منظور ۱۲ رقم و لاین امید بخش عدس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط تنش خشکی (دیم) و بدون تنش خشکی (آبی) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر مبنای عملکرد آبی (YP) و دیم (YS)، شاخصهای کمی مقاومت به خشکی از قبیل میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) محاسبه شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین ژنوتیپها در لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. ژنوتیپهای ILL 6031، ILL 9893 و ILL 8095 دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بودند. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و شاخصهای کمی مقاومت به خشکی نیز نشان داد که شاخصهای GMP، HARM، MP و STI در هر دو شرایط محیطی دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه هستند و به خوبی می‌توانند واکنش ارقام عدس را با شدت تنش ($SI = 0/29$) در شرایط تنش خشکی و ارقام دارای عملکرد بالا را در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) شناسایی کنند. بر اساس کار برد شاخصهای کمی مقاومت به خشکی ژنوتیپهای ILL 6031، ILL 9893 و ILL 8095، به عنوان ژنوتیپهای متحمل به تنش خشکی، شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخصهای حساسیت و تحمل به خشکی، عدس، عملکرد

مقدمه

از زمان آغاز فعالیتهای کشاورزی، خشکی در تولید محصولات همواره عامل محدود کننده مهمی بوده و با کاهش عملکرد، موجب قحطی و مرگ و میر نیز شده است (صبا، ۱۳۷۹). کشور ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلیمتر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه بندی می شود (سرمدنیا، ۱۳۷۲). کمبود آب خسارت سنگینی را بر محصولات عمده کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان وارد می کند (Yu and Stter, 2003). در بین حبوبات، عدس^۱ دارای مواد پروتئینی گیاهی با ارزش است، این گیاه به سبب همزیستی با باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن هوا نقش مؤثری در حاصلخیزی خاک دارد. عدس سازگاری مناسبی به آب و هوای خشک و نیمه خشک نشان می دهد (کریم مجنی و همکاران، ۱۳۸۴).

سطح زیر کشت عدس در ایران حدود ۲۲۰۲۱۳ هزار هکتار است که حدود ۲۰۵۴۴۶ هزار هکتار آن به صورت دیم و بقیه به صورت آبی کشت می شود (بی نام، ۱۳۸۲). متوسط عملکرد آن در شرایط آبی ۱۰۹۵ و در شرایط دیم ۴۸۴ کیلوگرم در هکتار می باشد. استان اردبیل، با سطح زیر کشت ۴۵۰۳۶ هکتار و با تولید ۲۲۸۰۲ تن، یکی از عمده ترین مناطق کشت عدس در کشور به شمار می رود (بی نام، ۱۳۸۲).

در ایران و بسیاری از کشورهای مختلف جهان عده کثیری از مردم برای تامین پروتئین مورد نیاز خود از حبوباتی نظیر نخود، عدس، لوبیا، ماش و ... استفاده می کنند. کشت این محصولات و به دست آوردن لاینهایی با حداکثر عملکرد در شرایط کم آبی خود یکی از مسائل قابل اهمیت برای تحقیق در ایران به شمار می رود (Soltani et al, 2001). بنابراین با دستیابی به ژنوتیپهایی که قادر به تحمل تنش خشکی هستند می توان به میزان قابل توجهی از کاهش محصول کاست. در این راستا اصلاح و انتخاب ارقام عدس متحمل به خشکی با استفاده از شاخصهای مناسبی که قادر به شناسایی ژنوتیپهای متحمل به خشکی هستند همواره مورد توجه اصلاح کنندگان بوده است (مصطفایی، ۱۳۷۸). بسیاری از مطالعات انجام شده در مورد اثرات خشکی بر گیاهان زراعی در رابطه با جنبه های فیزیولوژیک و روابط آب و گیاه متمرکز شده و در رابطه با مسائل به نژادی آن کار کمتری صورت گرفته است (تاری نژاد، ۱۳۷۷). یکی از مسایل مهم ارزیابی ارقام مقاوم به خشکی برآورد معیارهای مقاومت به خشکی می باشد (فرشادفر، ۱۳۷۹). گروهی از به نژادگران گیاهی عملکرد و پایداری آن را در شرایط تنش به عنوان شاخص گزینش ارقام پیشنهاد کرده اند (Bidinger, et al., 1984; Bosulam and Schapaugh, 1984; Quarrie et al; 1999). اکثر آزمایشهایی که جهت اصلاح ژنوتیپهای مقاوم به خشکی صورت می گیرد در شرایط تنش و غیر تنش اجرا می شود. هدف اصلی این گونه آزمایشها انتخاب ژنوتیپهایی است که به هر دو شرایط ذکر شده سازگار باشند.

برای انتخاب گیاهان بر اساس عملکرد دانه شاخصهایی پیشنهاد شده است. Fischer and Maurer (1987) شاخص حساسیت به تنش (SSI)^۲ را به منظور اندازه گیری پایداری عملکرد ارایه کرده اند که تغییرات عملکرد بالقوه و عملکرد واقعی را در محیطهای متغیر نشان می دهد. شاخص حساسیت کمتر از یک، بیانگر مقاومت رقم مورد مطالعه به تنش خشکی است. در واقع هر قدر مقدار عددی SSI کوچکتر باشد میزان مقاومت به خشکی بالاتر است. Rosielle and Hambilm, (1981) شاخص تحمل (TOL)^۳ را به عنوان معیار تعیین اختلاف عملکرد در شرایط تنش (YS)^۴ و بدون تنش (YP)^۵ و میانگین بهره وری (MP)^۶ را به عنوان تخمین عملکرد متوسط YP و YS پیشنهاد کرده اند. برای گزینش ژنوتیپهای مطلوب، پایینتر بودن مقدار TOL یک معیار مناسب محسوب می شود. اما، در شاخص MP مقادیر پایینتر دلالت بر حساسیت بیشتر ژنوتیپها به شرایط تنش دارد. هنگامی که اختلاف نسبی زیادی بین YP و YS موجود باشد، شاخص MP دارای یک اریب به طرف پتانسیل عملکرد (YP) خواهد بود. لذا برای حل این معضل، شاخص (GMP)^۷ که براساس میانگین

1- *Lens culinaris* L

2- Stress Susceptibility Index

3- Toleranc Index

4- Stress Yield

5- Potential Yield

6- Mean Productivity

7- Geometric Mean Productivity

هندسی عملکرد ژنوتیپها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می شود (Fernandez, 1992). شاخص متوسط بهره‌وری (GMP) به علت داشتن تنوع ژنتیکی بالا، قابلیت توارث زیاد و نیز همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی مناسب به نظر می‌آید. (Fernandez, 1992) شاخص دیگری را تحت عنوان شاخص تحمل به تنش (STI)^۱ برای تحمل به خشکی پیشنهاد داده است. گزینش بر اساس شاخص تحمل به تنش خشکی ژنوتیپها را به طرفی سوق می‌دهد که هم عملکرد بالا و هم تحمل به تنش خشکی زیادتری داشته باشند. وی اظهار داشت که شاخص STI نسبت به سایر شاخصها، برای ارزیابی ژنوتیپها در شرایط تنش خشکی بهتر است و در بررسی عملکرد ژنوتیپها تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی واکنش گیاهان را نسبت به این دو شرایط محیطی به ۴ گروه تقسیم کرد:

گروه A: ژنوتیپهایی که در هر دو محیط عملکرد زیادی دارند.

گروه B: ژنوتیپهایی که عملکرد آنها فقط در محیط مطلوب زیادتر است.

گروه C: ژنوتیپهایی که در محیط تنش دار از عملکرد به نسبت زیادی برخوردارند.

گروه D: ژنوتیپهایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پائین‌تر می‌باشند.

(Fernandez, 1992) اظهار داشت، مناسبترین معیار برای تنش خشکی معیاری است که قادر به

تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد.

نیستانی و عظیم‌زاده (۱۳۸۲) در ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپهای عدس، شاخص تحمل به تنش (STI) را جهت شناسایی و انتخاب ژنوتیپهای عدس با عملکرد بالا و متحمل به خشکی به کار بردند. خانزاده (۱۳۸۴) و Ahmadzadeh et al. (2005) در گندم، مصطفایی (۱۳۷۸) و نیستانی (۱۳۷۷) در عدس و جهان بین و همکاران (۱۳۸۲) و فتح باهری و همکاران (۱۳۸۲) در جو، نیز شاخص STI را به عنوان مناسبترین شاخص برای گزینش ژنوتیپهای متحمل به خشکی معرفی کرده‌اند.

سمیع‌زاده (۱۳۷۷) در نخود سفید، زینالی خانقاه و همکاران (۱۳۸۳) در ارقام سویای وارداتی و (Roostaii et al. (2005), Hassanpanah et al. (2005) در گندم برای تعیین مناسبترین شاخصهای کمی مقاومت به خشکی، شاخصهای میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به خشکی (STI) کانونی و همکاران (۱۳۸۱) و سمیع‌زاده لاهیجی و همکاران (۱۳۷۷) در نخود نیز شاخصهای MP و STI را برای غربال ارقام مقاوم به خشکی مناسب عنوان کرده‌اند.

هدف از این تحقیق شناسایی ژنوتیپهای سازگار به هر دو شرایط تنش و بدون تنش آب از طریق مقایسه برخی از شاخصهای حساسیت و تحمل به خشکی برای تعیین بهترین آنها جهت انتخاب ژنوتیپهای پر محصول و متحمل به تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روشها

در این بررسی ۱۱ رقم و لاین امید بخش عدس همراه با یک ژنوتیپ انتخابی از توده محلی اردبیل در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل مورد مقایسه قرار گرفتند. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک و سرد است. ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر و طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه می‌باشند. خاک این اراضی جزو خاکهای لوم رسی است. pH خاک حدود ۷/۷ و عمق آن در حدود ۷۰ سانتیمتر می‌باشد. آزمایشها در شرایط آبی (بدون تنش) و دیم (تنش) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به صورت جداگانه انجام شدند. بذرهائی مربوط به هر رقم در ۴ خط به طول ۴ متر به فاصله ۲۵ سانتیمتر از یکدیگر به صورت دستی در بیست و سوم فروردین ماه ۱۳۸۴ کاشته

شدند. کرت‌ها در آزمایش آبی با توجه به نیاز آبی ۲ مرتبه آبیاری انجام ولی، در آزمایش دییم هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت. در طول فصل رشد به طور مرتب از وجین دستی برای کنترل علفهای هرز در هر دو شرایط کشت استفاده شد. عملیات برداشت پس از رسیدگی کامل با حذف نیم متر (از دو خط وسطی) و دو خط کناری به عنوان حاشیه انجام شد. و محصول از مساحت ۱/۵ متر مربع برداشت گردید و پس از خرم‌ن کوبی و بوجاری به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (دییم و آبی) محاسبه شد. با توجه به این‌که کشت در دو شرایط محیط جداگانه (آبی و دییم) صورت گرفته بود. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات با استفاده از نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه قرار گرفت. ارزیابی ژنوتیپها با استفاده از عملکرد دانه در آزمایش آبی (YP)، آزمایش دییم (YS) و شاخصهای کمی مقاومت و حساسیت به خشکی به شرح معادلات زیر انجام پذیرفت.

$$1- \text{ شاخص حساسیت به تنش (SSI): } SSI = \frac{1 - \left[\frac{Y_s}{Y_p} \right]}{SI} \quad , \quad SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right]$$

۲- شاخص تحمل (TOL):

$$TOL = YP - YS$$

۳- شاخص میانگین حسابی (MP):

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2}$$

۴- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP):

$$GMP = \sqrt{(Yp)(Ys)}$$

۵- شاخص تحمل به خشکی (STI):

$$STI = \frac{(Yp)(Ys)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

۶- شاخص میانگین هارمونیک (HARM):^۱

$$HARM = \frac{2(Yp \times Ys)}{Yp + Ys}$$

علایم به کار رفته در این معادلات عبارتند از:

YS: میانگین عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش

YP: میانگین عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط بدون تنش

\bar{Y}_s : نماینده میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپها در شرایط تنش

\bar{Y}_p : نماینده میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپها در شرایط بدون تنش

SI: شدت تنش خشکی^۲

پس از محاسبه شاخصهای کمی، با استفاده از نرم افزار SPSS مقادیر همبستگی ها بین میانگین شاخصهای محاسبه شده و عملکرد آبی و دییم به دست آمد. به دنبال آن، با استفاده از نرم افزار STATGRAPH نمودار سه بعدی برای عملکرد در شرایط آبی (YP)، عملکرد در شرایط دییم (YS) و شاخص تحمل به خشکی (STI) در مورد هر یک از ژنوتیپها در محدوده‌های A ، B ، C و D ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه (جدول ۱) نشان داد که بین ژنوتیپها و شرایط محیطی (دیم و آبی) از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی داری به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد وجود دارد و از ضریب تغییرات ۱۸/۰۴ برخوردار می باشد. تفاوت معنی دار ۱ درصد نشان می دهد که در بین ژنوتیپها از لحاظ عملکرد دانه تنوع مناسبی برای گزینش وجود دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپهای عدس در دو محیط آبی و دیم

Table 1. Combined variance analysis of grain yield of lentil genotypes in both rain-fed and irrigated environments

F	میانگین مربعات	مجموعه مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
8/0160*	1175760/056	1175760/056	1	شرایط محیطی
	146676/593	586706/373	4	اشتباه 1
18/1400**	۳۲۳۸۵۹/۵۶۳	3562455/195	11	ژنوتیپ
0/5958 ^{ns}	10636/578	117002/358	11	ژنوتیپ در شرایط محیطی
	17853/383	785548/856	44	اشتباه 2
		6227472/838	71	کل

ضریب تغییرات: ۱۸/۰۴٪ * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد NS: غیر معنی دار

مقادیر شاخصهای مقاومت و حساسیت به خشکی طبق فرمولهای ارائه شده برای ۱۲ ژنوتیپ مورد مطالعه عدس در جدول ۲ آورده شده اند. شدت تنش خشکی در این آزمایش ۲۹ درصد بود ($SI = ۰/۲۹$). این موضوع نشان می دهد عملکرد دانه عدس در اثر کمبود آب کاهش می یابد و در شرایط این آزمایش بیشترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش بالغ بر ۲۹ درصد بوده است. هر قدر مقادیر شاخصهای حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (TOL) کمتر باشند، ژنوتیپ مورد نظر متحملتر است. بنابراین، ژنوتیپ ILL 9919 با داشتن مقادیر کمتر این دو شاخص به عنوان متحملترین رقم بر اساس این دو شاخص شناسایی می شوند، ولی از آنجایی که این دو شاخص سبب گزینش ژنوتیپهایی با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد به نسبت مطلوب در محیط تنش می شوند، لذا نتایج حاصله دور از انتظار نبود. ژنوتیپهای ILL 8095، ILL 9893 و ILL 6031 که از لحاظ این دو شاخص در گروه ژنوتیپهای متوسط نسبت به خشکی قرار دارند. از نظر عملکرد دانه ژنوتیپهای فوق در هر دو محیط آبی و دیم نسبت به سایر ژنوتیپها در گروه برتر قرار دارند (جدول ۲). اختلاف معنی دار بین ژنوتیپها در رابطه با عملکرد دانه در شرایط تنش بیانگر آن است که ژنوتیپهای مورد بررسی عدس در مقابله با تنش خشکی از نظر عملکرد واکنش های متفاوتی از خود نشان می دهند. بنابراین، از طریق به نژادی می توان میزان عملکرد را در شرایط تنش خشکی تغییر داد و دست یابی به عملکردهای پایدار و بالا را امکان پذیر کرد. چنان که Bidinger *et al.* (1984) در ارزن، Bosulam and Schapaugh (1984) در سویا و Quarrie *et al.* (1999) در غلات دانه ریز گزینش ژنوتیپهای مناسب برای عملکرد بالا و پایدار را در شرایط تنش خشکی پیشنهاد کرده اند.

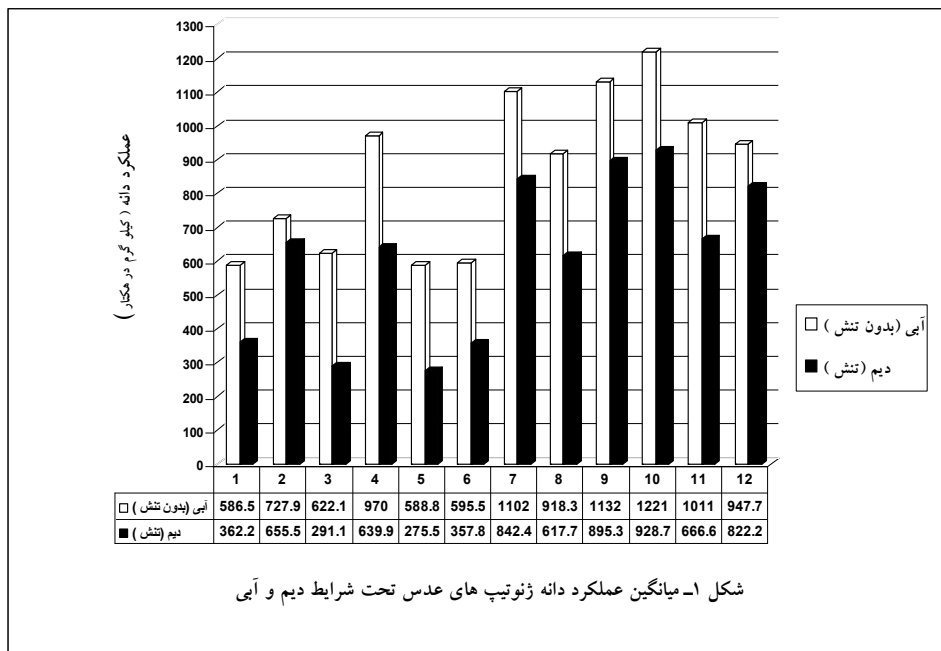
ارزیابی ژنوتیپهای عدس بر اساس شاخصهای تحمل به خشکی (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین حساسی (MP) و میانگین هارمونیک (HARM) که مقادیر بالای آنها دلالت بر تحمل ژنوتیپهای تحت بررسی دارد، نشان داد که ژنوتیپهای ILL 8095، ILL 9893 و ILL 6031 به عنوان ارقامی با عملکرد بالا در هر دو محیط دیم و آبی شناسایی می‌شوند (جدول ۲). زیرا که ژنوتیپهای فوق در بین ژنوتیپهای مورد مطالعه از بیشترین عملکرد دانه در هر دو محیط برخوردار بودند (شکل ۱). با توجه به مقادیر میانگین عملکرد دانه و شاخصهای تحمل به خشکی (جدول ۲) معلوم می‌گردد که رتبه‌بندی ژنوتیپها بر اساس شاخصهای میانگین حساسی (MP)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به خشکی (STI) یکسان است و ژنوتیپهای ILL 8095، ILL 9893 و ILL 6031 با حداکثر مقدار این شاخصها در یک رتبه قرار گرفته و همچنین عملکرد بالایی در هر دو محیط آبی و دیم دارند در حالی که ژنوتیپهای ILL 8173، ILL 9832، ILL 1878 و ILL 8146 از حداقل میانگین این شاخصها برخوردار بوده و از نظر عملکرد دانه نیز در بین ژنوتیپهای مورد مطالعه در هر دو شرایط دیم (تنش) و آبی (بدون تنش) جزو ژنوتیپهای کم محصول می‌باشند (شکل ۱). بنابراین، شاخصهای میانگین حساسی، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به خشکی برای شناسایی ژنوتیپهای متحمل به خشکی با عملکرد بالا مناسب به نظر می‌رسند.

برخی از پژوهشگران از جمله زارع و همکاران (۱۳۸۳) در سویا، یاری اردکول (۱۳۸۴) در کنجد، امام جمعه (۱۳۷۸) و فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) در نخود برای تعیین بهترین شاخصهای مقاومت به خشکی جهت شناسایی ارقام متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) نیز شاخصهای MP، HARM، GMP و STI را مناسب عنوان کرده‌اند. همچنین ضابط و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخصهای مقاومت به خشکی در ماش، شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) در ژنوتیپهای امید بخش گندم زمستانه و Teimurpur et al. (2005) در ژنوتیپهای گندم

جدول ۲- مقادیر میانگین عملکرد دانه و شاخصهای حساسیت و متحمل به خشکی در ژنوتیپهای عدس
Table 2. Mean of grain yield and drought tolerance and sensitivity indices in lentil genotypes

HARM	STI	GMP	MP	SSI	TOL	YP (kg/ha)	YS (kg/ha)	نام ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ
447/87	0/28	460/95	474/41	1/31	224/43	586/63	362/20	ILL 8173	1
689/74	0/63	690/69	691/63	0/34	72/20	727/73	655/53	ILL 9919	2
396/63	0/24	0425/58	465/65	1/83	331/10	622/20	291/10	ILL 9832	3
771/14	0/82	787/87	804/96	1/17	330/00	969/96	639/96	ILL 323	4
375/40	0/21	402/79	432/19	1/83	313/34	588/86	275/52	ILL 1878	5
446/89	0/28	461/50	476/58	1/38	237/90	0595/53	357/63	ILL 8146	6
954/66	1/23	963/29	972/00	0/79	259/60	1101/80	842/20	ILL 6031	7
738/62	0/75	753/18	0768/03	1/14	300/60	0918/33	617/73	ILL 7677	8
999/82	1/34	1006/68	1013/58	0/72	236/16	1131/66	895/50	ILLb 9893	9
1054/81	1/50	1064/65	1074/58	0/83	291/44	1220/30	928/86	ILL 8095	10
803/47	0/89	820/96	838/83	1/17	344/46	1011/06	666/60	ILL 8105	11
0880/51	1/03	882/74	884/96	0/45	125/53	947/73	822/20	توده محلی	12

YP: عملکرد در شرایط بدون تنش، YS: عملکرد در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل، MP: شاخص میانگین حساسی، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل به خشکی، HARM: میانگین هارمونیک و $SI = 0.29$ شدت تنش خشکی



شکل ۱- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های عدس تحت شرایط دیم و آبی

Fig. 1. Mean of grain yield of lentil genotypes under rain-fed and irrigated conditions

بومی ایرانی، شاخصهای تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین حسابی (MP) را مناسب تشخیص داده و اعلام کردند که گزینش بر اساس آنها می‌تواند ژنوتیپهای مقاوم را شناسایی کند. نتایج ضرایب همبستگی بین شاخصهای مقاومت و حساسیت به خشکی با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی (جدول ۳) نشان داد که بین عملکرد دانه در شرایط آبی و دیم همبستگی مثبت و معنی‌دار ($0/936^{***}$) وجود دارد. همبستگی عملکرد دانه در شرایط آبی با شاخصهای میانگین حسابی، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به خشکی در سطح احتمال ۱ درصد مثبت و بسیار معنی‌دار، و با شاخص حساسیت به خشکی (SSI) همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و با شاخص تحمل (TOL) همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار دارد. عملکرد دانه در شرایط دیم با شاخصهای میانگین هارمونیک، میانگین حسابی، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به خشکی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. در حالی که، با شاخص حساسیت به خشکی همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و با شاخص تحمل همبستگی منفی و غیر معنی‌داری نشان داد.

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی ساده شاخصها با عملکرد آبی و دیم نشان داد که علاوه بر همبستگی بالای این شاخصها (میانگین حسابی، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به خشکی) با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (آبی و دیم)، در بین خود این شاخصها نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳).

صالحی و همکاران (۱۳۸۴) نیز در مطالعه شاخصهای مقاومت به خشکی در عدس اظهار داشتند با توجه به همبستگی عملکرد دانه در دو محیط تنش و بدون تنش و شاخصهای مقاومت به خشکی، شاخصهای میانگین حسابی، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به خشکی را مناسبترین شاخصها برای غربال سازی ژنوتیپهای عدس می‌باشند. از سوی دیگر، مصطفایی (۱۳۷۸)، نیستانی (۱۳۷۷) و نیستانی و عظیم زاده (۱۳۸۲) در ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپهای عدس، شاخص تحمل به تنش (STI) را جهت شناسایی و انتخاب ژنوتیپهای عدس با عملکرد بالا و متحمل به خشکی مناسب می‌دانند. عدم تطابق نتایج این

جدول ۳ - ضرایب همبستگی بین شاخصهای حساسیت و متحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش

Table 3. Correlation among drought tolerance and sensitivity indices with grain yield under stress and non-stress conditions

	YP	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM
YP	1							
YS	0/936 **	1						
SSI	-0/581*	-0/825	1					
TOL	0/117	-0/239	0/722**	1				
MP	0/984 **	0/938**	-0/715**	-0/064	1			
GMP	0/978 **	0/988**	-0/735**	-0/093	1/000**	1		
STI	0/977 **	0/975**	-0/692**	-0/062	0/993**	0/993**	1	
HARM	0/972 **	0/992**	-0/753**	-0/119	0/998**	1/000**	0/991**	1

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد **: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

آزمایش با نتایج پژوهشگران فوق را می‌توان به علت متفاوت بودن شرایط آزمایش، به ویژه شدت تنش خشکی (SI) بر روی ژنوتیپهای عدس اشاره کرد. زیرا در اصل همبستگی بین این شاخصها و عملکرد رابطه بسیار نزدیکی با محیط آزمایشی و شدت تنش خشکی وارده به مواد آزمایشی دارد.

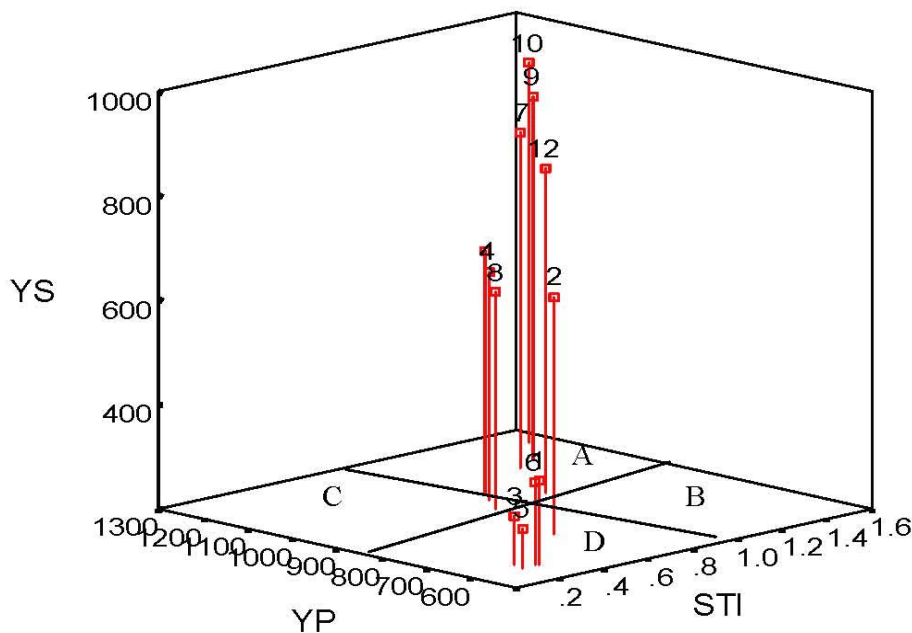
با توجه به نتایج این پژوهش، شاخصهای میانگین حسابی (MP)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به خشکی (STI)، به عنوان بهترین شاخصها، نشان دهنده واکنش ارقام عدس با شدت تنش (SI = ۰/۲۹) در شرایط تنش خشکی بوده و می‌توانند ارقام دارای عملکرد بالا را در هر دو شرایط محیطی آبی و دیم شناسایی کنند.

با شناسایی بهترین شاخصهای کمی مقاومت به خشکی، از نمودار سه بعدی برای تعیین و شناسایی ژنوتیپهای متحمل به خشکی استفاده شد. از آنجایی که بین شاخص STI با شاخصهای میانگین حسابی (MP)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) همبستگی بالایی وجود داشت (جدول ۳) بنابراین، در ترسیم نمودار سه بعدی از این شاخص استفاده شد (شکل ۲).

رابطه بین سه متغیر عملکرد در شرایط آبی (YP)، عملکرد در شرایط دیم (YS) و شاخص تحمل به خشکی (STI) در نمودار سه بعدی نشان داده شده است (شکل ۲). ژنوتیپها با توجه به این سه معیار به ۴ گروه A، B، C و D تقسیم می‌شوند (Fernandez, 1992).

بررسی نمودار سه بعدی (شکل ۲) نشان داد که ژنوتیپهای ILL 8095، ILL 9893 و ILL 6031 در گروه A قرار دارند. یعنی هم مقاوم به کم آبی هستند و هم عملکرد این ژنوتیپها در هر دو شرایط محیطی دیم و آبی بالاست (شکل ۱).

استفاده از نمودار سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروهها (B، C، D) توسط پژوهشگرانی چون نیستانی و عظیم زاده (۱۳۸۲) در عدس، امام جمعه (۱۳۷۸) و فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) در نخود، Fernandez (1992) در لوبیا، شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) در گندم و فتح باهری و همکاران (۱۳۸۲) در جو مورد بررسی و تایید قرار گرفته است.



شکل ۲- نمودار سه بعدی جهت تعیین ژنوتیپهای مقاوم به خشکی بر اساس عملکرد آبی (YP)، عملکرد دیم (YS) و شاخص تحمل به خشکی (STI)

Fig. 2. 3-D diagram for specifying the drought tolerance genotypes based on YP, YS and STI indices

نتیجه گیری کلی:

۱. در ارزیابی شاخصهای کمی مقاومت به خشکی با توجه به مقادیر میانگین و ضرایب همبستگی ساده بین این شاخصها با عملکرد دانه در هر دو محیطی آبی و دیم، شاخصهای میانگین حسابی (MP)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به خشکی (STI)، به عنوان بهترین شاخصها، نشان دهنده واکنش ژنوتیپهای عدس با شدت تنش (SI = ۰/۳۹) در شرایط تنش خشکی می‌باشند.
۲. به علت این که شاخصهای حساسیت به خشکی (SSI) و تحمل خشکی (TOL) با عملکرد دانه رابطه قوی نداشتند. بنابراین، نمی‌توانند به عنوان معیار مناسب برای گزینش ژنوتیپهای عدس معرفی شوند.
۳. در شرایط تنش خشکی این آزمایش، با در نظر گرفتن نتایج حاصل از ارزیابی شاخصهای مورد بررسی، می‌توان ژنوتیپهای ILL 8095، ILL 9893 و ILL 6031 را به عنوان ژنوتیپهای پرمحصول و متحمل به تنش خشکی و ژنوتیپهای ILL 8173، ILL 9832، ILL 1878 و ILL 8146 را ژنوتیپهای حساس به خشکی معرفی کرد.
۴. ژنوتیپهایی برای گزینش ارجح هستند که تحت شرایط تنش خشکی عملکرد بالایی داشته و همچنین به شرایط مطلوب هم واکنش بیشتری نشان دهند.
۵. ژنوتیپهای ILL 8095، ILL 9893 و ILL 6031 به علت داشتن میانگین عملکرد دانه مطلوب، جهت کشت در منطقه اردبیل توصیه می‌شود و همچنین می‌توان از آنها در برنامه‌های به نژادی برای پیدایش ژنوتیپهای برتر استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای دکتر رشیدی رئیس دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز و آقای مهندس غلامرضا امین زاده رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل که زمینه این تحقیق را فراهم آوردند، از آقای دکتر داود حسن پناه به جهت همکاری در تمام مراحل انجام این پژوهش و تجزیه آماری و همچنین از کلیه پرسنل و گارگران زحمتکش ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع و مأخذ:

- امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخصهای مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- بی نام. ۱۳۸۲. آمار نامه کشاورزی در سال زراعی ۲-۱۳۸۱، اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی کل کشور.
- تاری نژاد، ا. ۱۳۷۷. ارزیابی واکنش لاینهای حاصل از توده‌های بومی گندم پاییزه به شرایط آبی و تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۱۶۳ صفحه.
- جهان بین، ش. ز، طهماسبی، ع، مدرس ثانوی و ق، کریم زاد. ۱۳۸۲. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، برخی از اجزای عملکرد و شاخصهای مقاومت در ژنوتیپهای جو لخت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۰، شماره ۴. صفحات ۳۴-۲۵.
- خانزاده، ح. ۱۳۸۴. بررسی تحمل ژنوتیپهای پیشرفته گندم نسبت به تنش خشکی در مغان. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل. ۹۰ صفحه.
- زارع، م. ح، زینالی خانقاه و ج، دانشیان. ۱۳۸۳. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپهای سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۴، صفحات ۸۶۷-۸۵۹.
- زینالی خانقاه، ح. ع، ایرانلو، ع، حسین زاده و ن، مجنون حسینی. ۱۳۸۳. تعیین شاخصهای مناسب مقاومت بر خشکی در ارقام سویای وارداتی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۴، صفحات ۸۸۵-۸۷۵.
- سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۷۲. اهمیت تنش های محیطی در زراعت. مقالات کلیدی اولین گنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. صفحات ۱۷۲-۱۵۷.
- سمیع زاده لاهیجی، ح. ۱۳۷۵. بررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات کمی و همبستگی آنها با عملکرد نخود سفید. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- سمیع زاده لاهیجی، ح. ع، طالعی، ع، گرامی و ح، پور دوایی. ۱۳۷۷. بررسی تعیین مناسبترین شاخص حساسیت به خشکی در ارقام نخود. چکیده مقالات پنجمین گنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج ۱۳-۹ شهریور، صفحه ۲۴۸.
- شفا زاده، م. ک. ا، یزدان سپاس و م، ر، قنادها. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپهای امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخصهای حساسیت و تحمل بر تنش. مجله نهال و بذر. جلد ۲۰، شماره ۱، صفحات ۷۱-۵۷.
- صالحی، م. ع، حق نظری. ف، شکاری و ن، نعمتی. ۱۳۸۴. مطالعه شاخصهای مقاومت به خشکی در عدس (*Lens culinaris L*). چکیده مقالات اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۰-۲۹ آبان. صفحه ۱۶۵.
- صبا، ج. ۱۳۷۹. وراثت شاخصهای مقاومت بر تنش خشکی و صفات مرتبط با آن در گندم. پایان نامه دکترای اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- ضابط، م. ع، حسین زاده. ع، احمدی و ف، خیال پرست. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ماش. مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۴، شماره ۴، صفحات ۸۹۸-۸۸۹.
- فتح باهری، س. ع، جوانشیر، ح، کاظمی و س، اهری زاد. ۱۳۸۲. ارزیابی برخی از شاخصهای تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۳، شماره ۳، صفحات ۱۰۵-۹۵.
- فرشاد فر، ع. ۱۳۷۹. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاینهای گندم نان. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۱۴، شماره ۲، صفحات ۱۷۱-۱۶۱.
- فرشاد فر، ع. م، زمانی، م، مطلبی و ع، امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاینهای نخود. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۲، شماره ۱، صفحات ۷۷-۶۵.

- کانونی، ه. ح، کاظمی. م، مقدم. و م، ر، نیشابوری. ۱۳۸۱. گزینش لاینهای نخود زراعی . مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۱۲۱-۱۰۹.
- کریم مجنی، ح. م، علیزاده. ن، مجنون حسینی و س، ع، پیغمبری. ۱۳۸۴. تاثیر کاربرد جداگانه و تلفیقی علف کش های مختلف بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مهم زراعی عدس در کشت انتظاری و بهاره. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۶ شماره ۱، صفحات ۷۹-۶۸.
- مصطفایی، ح. ۱۳۷۸. ارزیابی منابع مقاومت به خشکی در ارقام و لاینهای پیشرفته عدس در تاریخ های کاشت مختلف تحت شرایط آزمایشگاهی و مزرعه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ۱۳۱ صفحه.
- نیستانی، ا. ۱۳۷۷. ارزیابی عدس از نظر مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، ۸۸ صفحه.
- نیستانی، ا. م، عظیم زاده. ۱۳۸۲. ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف عدس. مجله کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱، صفحات ۶۹-۶۱.
- باری اردکول، ع. ۱۳۸۴. بهبود تنوع ژنتیکی و مقاومت به خشکی در لاین های کنجد. چکیده مقالات چهارمین همایش سراسری علمی، پژوهشی کشاورزی و منابع طبیعی باشگاه پژوهشگران جوان شعبه تبریز، ۱۸-۱۹ آبان. صفحه ۹۰.
- Ahmadzadeh, A., M. Moghaddam, and M. Valizadeh. 2005. Evaluation of lines coming from landrace spring wheat with respect to resistance drought stress. Abst. Inter. Drought-II, Rome-Italy.
- Bidinger, F.R., V. Mahalakshmi, and G.D.P. Rao. 1984. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum*). II. Estimadion of genotype response to stress. Aust. J. Agric. Res. 38:49-59.
- Bosulam, M. and W.T.Schapaugh .1984. Stress tolerance in soyabeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci.27:933-937.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of a symposium. Taiwan, 13-18 Aug. pp.257-270
- Fischer, R.A, and R. Maurer. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars .I. Grain yield response. Aust.J.Agric.Res., 29:pp 897-912.
- Hassanpanah.D., M.B.Khorshidi, and R. Shahriari. 2005. Evaluation of drought tolerance in wheat genotypes by drought indices. Abst. Inter. Drought-II. Rome-Italy.
- Quarrie, S.A., J. Stjanovic, and S. Pekic. 1999. Improving drought tolerant in small grain cereals: A case study, progress and prospects. Plant Growth Regulation. 29:1-21.
- Rosielle, A.A, and J. Hamblim. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress envionments. Crop Sci.21: 943-946.
- Roustaii, M., E. Zadhassan, and E. Majidi. 2005. Adaptability and stability analysis of grain yield in advanced bread wheat lines for drought stress in cold and moderate dryland areas of Iran. Abst. Inter. Drought-II, Rome-Italy.
- Soltani, A., F.R. Khoie., K. Ghassemi, and M. Moghaddam. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in semi-arid environments. Agric. Water Manag. 49:225-237.
- Teimurpur. H., G. Nurmohadai., H. Yazdanehas., H. Amini, and M.B. Khorshidi. 2005. Evaluation of drought tolerance in Iranian Landrace wheat genotypes by using tolerance indices. Abst. Inter Drought-II, Rome- Italy.
- Yu. L.X, and T.L. Stter. 2003. Comparative transcriptional profiling of placenta and endosperm in developing maize kernels in response to water deficit . Plant Physiology. 131:568-582.