

ارزیابی مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

یداله فرایدی *

چکیده

برای بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف نخود نسبت به تنش خشکی و تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی، این آزمایش با ۱۸ ژنوتیپ نخود کابلی به همراه دو شاهد حساس به خشکی (ILC 3279) و شاهد محلی جم (جمعاً ۲۰ ژنوتیپ) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبی و دیم در سال زراعی ۸۰-۸۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه اجرا شد. برای ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود نسبت به تنش خشکی از شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل (TOL) و میانگین بهره‌وری (MP) استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط آبی و دیم، بیشترین عملکرد دانه مربوط به شاهد محلی جم و ژنوتیپ ILC 1799 بود. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های تحمل به تنش نشان داد که از نظر سه شاخص GMP، STI و MP شاهد محلی جم و ژنوتیپ‌های ILC 1799 و ILC 3101 دارای بیشترین مقادیر بوده و به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی تعیین شدند. در سه شاخص GMP، STI و MP در دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و زیاد با عملکرد دانه داشته و به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به تنش توصیه شدند.

واژه‌های کلیدی: تیپ کابلی، تنش خشکی، شاخص‌های مقاومت، نخود

* - عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه - ایران

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) در دنیا به عنوان سومین و در منطقه وانا (غرب آسیا و شمال آفریقا) به عنوان اولین گیاه تیره بقولات دارای اهمیت می‌باشد. عموماً این گیاه در بهار کشت می‌شود و از رطوبت ذخیره شده در خاک استفاده می‌کند (۲۰). نخود به عنوان یک محصول کم‌هزینه در سیستم‌های زراعی مناطق گرمسیری نیمه خشک کشت شده و به خاطر قابلیت سازگاری با طیف وسیعی از شرایط محیطی و خاک از قبیل اراضی حاشیه‌ای، برای کشت دیگر محصولات حایز اهمیت می‌باشد (۶ و ۲۵). حبوبات به خاطر تثبیت ازت اتمسفری در خاک، حاصلخیزی خاک را برای زراعت بعد تأمین می‌نماید (۳).

آمار سازمان خواربار جهانی (FAO)، نشان می‌دهد قاره آسیا با ۱۳ کشور تولیدکننده نخود، از نظر سطح زیرکشت ۹۲ و از نظر تولید ۸۹ درصد از تولید نخود در جهان را دارد (۶). از طرفی سطح زیرکشت نخود در کشور بالغ بر ۶۶۰ هزار هکتار است که حدود ۵۰ درصد از کل سطح زیرکشت حبوبات کشور را تشکیل می‌دهد. تولید سالانه آن حدود ۲۹۵ هزار تن و عملکرد آن در شرایط آبی و دیم به ترتیب معادل ۱۱۲۵ و ۴۱۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۲). در مناطق سردسیر دیم کشور تأخیر در کاشت آن موجب می‌شود که مراحل مختلف رشد و نمو گیاه با تنش‌های خشکی و گرمای اواخر فصل بهار مواجه شده و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (۹).

کاهش عملکرد در گیاه نخود در اثر خشکی حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد است که به منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی در طول فصل زراعی بستگی دارد (۲۲). تنش خشکی در گیاه نخود موجب کاهش سرعت جذب خالص، شاخص سطح برگ، ماده خشک، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه نخود به ترتیب معادل ۴۰/۴، ۳۲/۴، ۳۱/۸، ۲۶/۳ و ۱۵/۲ درصد می‌شود (۲۳).

آمار سازمان خواربار جهانی نشان می‌دهد که متوسط عملکرد نخود (آبی و دیم) در ایران ۵۲۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به متوسط عملکرد جهانی (۷۴۶ کیلوگرم در هکتار)، آسیا (۷۶۶ کیلوگرم در هکتار) و کشورهای همسایه نظیر ترکیه (۹۱۵ کیلوگرم در هکتار) و عراق (۶۸۰ کیلوگرم در هکتار) کمتر است (۶). این موارد ضرورت افزایش تولید نخود در واحد سطح و به خصوص در دیم‌زارها را نشان می‌دهد. به‌طور کلی واریته‌هایی که برای عملکرد زیاد در شرایط عادی (بدون تنش) انتخاب شده‌اند ممکن است در شرایط تنش عملکرد زیاد نداشته باشند. درحقیقت یک واریته مقاوم به تنش را باید در شرایط تنش ارزیابی و سپس انتخاب نمود (۱۷ و ۱۸). روشهای متعددی برای ارزیابی واکنش محصولات زراعی نسبت به تنش‌های محیطی بررسی شده که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

شاخص حساسیت به تنش^۱ (SSI) برای تعیین ارقام مقاوم به تنش ابداع و استفاده شده

1 - Stress Susceptibility Index = (SSI)

برای غربال نمودن ژنوتیپ‌های مقاوم و یا حساس پیشنهاد شد. این روش موجب انتخاب ارقام مقاوم به خشکی با عملکرد زیاد می‌شود (۱۵).

ارزیابی ۱۵ ژنوتیپ عدس برای مقاومت به خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی (SSI، STI، پاییداری غشای سیتوپلاسمی و محتوای نسبی آب برگ‌ها) نشان داد که رابطه هیچ یک از شاخص‌های تجمل به خشکی (به غیر از STI) با عملکرد زیاد نیست. در این بررسی پنج ژنوتیپ عدس که عملکرد و STI آن‌ها زیاد بود به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی و اعلام شد که شاخص STI گزینش را به طرف ژنوتیپ‌هایی هدایت می‌کند که عملکرد و تحمل به خشکی بیشتری دارند (۱۳). همچنین ارزیابی مقاومت به خشکی ۲۵ ژنوتیپ عدس نشان داد که شاخص تحمل به خشکی STI، برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی بیشتر معتبر است (۱۴). ارزیابی ۷۲ رقم نخود نسبت به تنش خشکی نشان داد که STI مناسب‌ترین شاخص تحمل به خشکی می‌باشد (۷). استفاده از شاخص‌های مختلف در نخود نشان داد که STI، GMP، MP و MH (میانگین هارمونیک) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال نمودن لاین‌های نخود از نظر مقاومت به خشکی می‌باشند (۱۰). بررسی شاخص‌های GMP، MP، STI، SSI و TOL در هیبریدهای ذرت دانه‌ای نشان داد که شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) در جدا کردن ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها مناسب‌تر می‌باشند (۱).

است (۱۶). براساس این روش که مستقل از ظرفیت پتانسیل عملکرد می‌باشد، ابتدا از نسبت میانگین عملکرد در شرایط تنش بر میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش، شدت تنش^۱ (SI) محیط آزمایش محاسبه شده و شاخص حساسیت به تنش (SSI) با استفاده از رابطه مخصوص محاسبه شود. همچنین برای ارزیابی توانایی تحمل ژنوتیپ‌ها در برابر تنش، شاخص تحمل^۲ (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط^۳ (MP) که به ترتیب معادل تفاوت عملکرد در محیط تنش و بدون تنش و میانگین عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش می‌باشند استفاده شده است (۲۴). در یک تحقیق برای بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش، عملکرد گیاهان به چهار گروه تقسیم شد:

الف - ژنوتیپ‌های گروه A که در هر دو محیط دارای عملکرد یکسان هستند.
ب - ژنوتیپ‌های گروه B که دارای عملکرد خوب در محیط بدون تنش هستند.
ج - ژنوتیپ‌های گروه C که دارای عملکرد خوب در محیط با تنش می‌باشند.
د - ژنوتیپ‌های گروه D که عملکرد آن‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش کم است (۱۵).

در این مطالعات شاخص تحمل به تنش^۴ (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری^۵ (GMP)

1 - Stress Intensity = (SI)

2 - Tolerance to Stress = (TOL)

3 - Mean Productivity = (MP)

4 - Stress Tolerance Index = (STI)

5 - Geometric Mean Productivity = (GMP)

با توقف بارندگی همراه است زراعت دیم را با تنش خشکی و گرما مواجه می‌سازد.

آزمایش براساس طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ ژنوتیپ نخود و در سه تکرار در ۲۱ فروردین ماه ۱۳۸۱ اجرا شد. بارندگی مؤثر در تاریخ ۲۹ فروردین ماه به میزان ۲۶ میلی‌متر بود و تاریخ اولین بارندگی مؤثر برای هر دو آزمایش به عنوان تاریخ کشت آزمایش‌ها ثبت شد. هر کرت آزمایشی به صورت دو خط به طول سه متر و با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و با فاصله بذور ۱۰ سانتی‌متر نسبت به هم بود و روی خطوط به صورت دستی کشت شدند. مساحت هر کرت آزمایش برابر ۱/۵ مترمربع ($1/5 = 3 \times 0/5$) مترمربع و تراکم بذر معادل ۴۰ عدد در مترمربع بود. قبل از کشت برای جلوگیری از آلودگی‌های قارچی بذور با استفاده از قارچ‌کش کاربوکسین تیرام ضد عفونی شدند. عملیات تهیه زمین در پاییز، شامل شخم پاییزه با گاواهن برگردان‌دار و تسطیح انجام شده و کود فسفات آمونیوم باتوجه به فرمول کودی N20P40 در مزرعه آزمایشی پخش شد. همچنین هم‌زمان با عملیات آماده‌سازی زمین، با دستگاه کشت گستر در مزرعه آزمایش شیار ایجاد شد. در طول فصل داشت از صفات مورد نظر یادداشت‌برداری به عمل آمد و عملیات داشت و برداشت به نحو مطلوب انجام شد.

باتوجه به این‌که بیشترین اثر تنش رطوبتی و خشکی در مرحله گلدهی می‌باشد (۱۹)، برای جلوگیری از اثر تنش خشکی و گرما در مرحله

این تحقیق به منظور بررسی و تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی و ارزیابی میزان عملکرد آنها در شرایط تنش و بدون تنش خشکی، برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی و با عملکرد بذری بیشتر و تعیین مناسب‌ترین شاخص تحمل به تنش در شرایط سردسیر دیم منطقه مراغه انجام شد.

مواد و روشها

این تحقیق با ۱۸ ژنوتیپ نخود کابلی همراه با یک ژنوتیپ شاهد حساس به خشکی (ILC3279) و یک رقم شاهد محلی جم در سال زراعی ۸۰-۸۱ در قالب دو آزمایش جداگانه، تحت شرایط دیم (شرایط طبیعی و با میزان بارندگی ۳۸۲ میلی‌متر) و آبی (با دو مرحله آبیاری) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه اجرا شد.

ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در فاصله ۲۵ کیلومتری شرق شهرستان مراغه، با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۳۰ متر است. خاک ایستگاه دارای بافت لومی رسی بوده و محدودیتی از نظر عمق یا طبقه محدودکننده تحت‌الارضی ندارد. شوری خاک در حد ناچیز و قابلیت هدایت الکتریکی آن کمتر از دو میلی‌موس بر سانتی‌متر است و اسیدیته (pH) آن کمتر از ۸/۵ می‌باشد (۵). افزایش دما در این منطقه در اواخر فصل بهار (اواخر اردیبهشت تا تیرماه) که معمولاً

۲ - شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP):

$$STI = (Ys)(Yp)/(\bar{Yp})^2$$

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

۳ - شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP):

$$TOL = Yp - Ys$$

$$MP = (Ys + Yp) / 2$$

در فرمول‌های فوق Yp و Ys به ترتیب برابر با میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش و \bar{Yp} و \bar{Ys} به ترتیب برابر میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش می‌باشند.

به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص ارقام و ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش، همبستگی ساده بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مختلف محاسبه شد و شاخص‌هایی که در هر دو محیط دارای همبستگی نسبتاً زیاد با عملکرد بودند به عنوان بهترین شاخص تعیین شدند (۱۲).

نتایج و بحث

مقایسه میانگین عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم نشان داد که شاهد جم (با میانگین عملکرد دانه ۱۱۵۴ کیلوگرم در هکتار) دارای

گلدهی، اقدام به آبیاری بوته‌های آزمایش آبی در دو مرحله، با فاصله زمانی ۱۵ روز و هر مرحله به میزان ۲۵ میلی‌متر شد. آبیاری با استفاده از تانکر آب و با محاسبه مقدار آب مورد نیاز برای مساحت مورد نظر به صورت غرقابی، پس از تسطیح و کورت‌بندی مزرعه آزمایش انجام شد. فاصله کورت‌های آزمایش آبی از آزمایش دیم ۱۵ متر بود و این فاصله به صورت شخم خورده و آیش قرار داشت. پس از رسیدن کامل بوته‌ها و حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت (به عنوان اثر حاشیه‌ای) اقدام به برداشت بقیه محصول کورت به صورت دستی گردید و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها، در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، پس از بوجاری توزین شد. تجزیه واریانس عملکرد دانه برای هر آزمایش (شرایط تنش و بدون تنش) با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین عملکرد بذر، با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در دو سطح پنج و یک درصد انجام شد. با استفاده از عملکرد گیاهان در آزمایش آبی یا بدون تنش (Yp) و آزمایش دیم (Ys)، ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های کمی مقاومت به تنش به شرح زیر ارزیابی شدند (۱۵ و ۱۶).

۱ - شاخص حساسیت به تنش (SI) و محاسبه شدت تنش (SI):

$$SSI = 1 - (Ys / Yp) / SI$$

$$SI = 1 - (\bar{Ys} / \bar{Yp})$$

همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ (شاهد حساس به خشکی (ILC 3279) و ۱۳ (FLIP 97-269C) به ترتیب با متوسط عملکرد ۴۸۹ و ۷۰۱ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان تولید دانه را داشته و در رتبه آخر رده‌بندی بودند (جدول ۱).

بیشترین عملکرد بوده و سپس ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱، ۹ و ۱۵ (JLC 1799, JLC 3105, FLIP 97-258C و FLIP 97-280C) به ترتیب با متوسط عملکرد ۱۰۳۱، ۱۰۲۳، ۱۰۱۵ و ۱۰۱۱ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد بودند.

جدول ۱ - مقایسه میانگین عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ نخود در دو شرایط آبی و دیم

شماره	ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
		شرایط دیم	شرایط آبی
۱	ILC 1799	۱۰۲۳ ^b	۱۷۸۹ ^a
۲	ILC 3101	۹۲۹ ^b	۱۶۲۷ ^a
۳	ILC 3105	۱۰۳۱ ^b	۱۳۶۹ ^c
۴	FLIP 87-85C	۸۷۳ ^c	۱۱۸۸ ^c
۵	FLIP 95-74C	۸۹۷ ^c	۱۵۲۱ ^b
۶	FLIP 96-114C	۸۰۵ ^c	۱۳۴۹ ^c
۷	FLIP 96-116C	۸۰۸ ^c	۱۱۱۳ ^c
۸	FLIP 97-20C	۸۷۶ ^c	۱۳۱۳ ^c
۹	FLIP 97-258C	۱۰۱۵ ^b	۱۳۳۸ ^c
۱۰	FLIP 97-265C	۹۳۲ ^b	۱۴۷۰ ^b
۱۱	FLIP 97-266C	۹۷۱ ^b	۱۲۷۴ ^c
۱۲	FLIP 97-267C	۸۹۳ ^c	۱۰۶۹ ^c
۱۳	FLIP 97-269C	۷۰۱ ^c	۱۲۷۳ ^c
۱۴	FLIP 97-270C	۹۲۷ ^b	۱۳۰۰ ^c
۱۵	FLIP 97-280C	۱۰۱۱ ^b	۱۲۱۷ ^c
۱۶	FLIP 97-281C	۸۲۱ ^c	۱۲۶۳ ^c
۱۷	FLIP 98-141C	۹۶۲ ^b	۱۲۴۸ ^c
۱۸	FLIP 98-143C	۹۳۰ ^b	۱۱۷۲ ^c
۱۹	ILC 3279 (Susceptible Check)	۴۸۹ ^c	۹۱۹ ^c
۲۰	JAM (Local Check)	۱۱۵۴ ^a	۱۶۴۱ ^a
	LSD 5%	۴۰۸	۴۵۲
	LSD 1%	۵۴۷	۶۰۶

در هر ستون تفاوت میانگین ژنوتیپ‌های دارای حروف مشابه معنی‌دار نیست ($P > 0.05$).

در شرایط آبی بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۱ (با متوسط عملکرد ۱۷۸۹ کیلوگرم در هکتار) و سپس ژنوتیپ‌های شماره ۲۰ (شاهد جم)، ۲، ۵ و ۱۰ (به ترتیب با متوسط عملکرد ۱۶۴۱، ۱۶۲۷، ۱۵۲۱ و ۱۴۷۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در شرایط آبی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ (شاهد حساس به خشکی) و ۱۲ (به ترتیب با میانگین عملکرد ۹۱۹ و ۱۰۶۹ کیلوگرم در هکتار) کمترین مقدار بود (جدول ۱). نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های مختلف مقاومت به تنش ۲۰ ژنوتیپ نخود مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.

ژنوتیپی که دارای شاخص‌های STI، GMP و MP آن‌ها بیشتر و مقادیر TOL و SSI آن‌ها نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها کمتر باشد، درجه تحمل آن نسبت به شرایط تنش بیشتر است. لذا شاهد جم و همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۲ دارای بیشترین شاخص STI، GMP و MP بوده و به عنوان متحمل‌ترین ارقام نسبت به تنش خشکی می‌باشند (جدول ۲).

از نظر شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۱۷ و ۱۱ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای برتری بوده و به تنش مقاوم‌تر هستند (جدول ۲). ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص حساسیت به تنش (SSI)، آن‌ها را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش گروه‌بندی می‌کند و از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم را بدون توجه به ظرفیت عملکرد آن‌ها مشخص نمود. لذا این شاخص برای تعیین

ژنوتیپ‌های واجد ژن‌های مقاومت بسیار مناسب است (۱۱).

ارقام SSI برای ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۱۷، ۱۱ و ۹ به ترتیب برابر با ۰/۵۱۸، ۰/۵۳۲، ۰/۶۴۹، ۰/۷۲۱، ۰/۷۴۸ و ۰/۷۵۹ و کمترین مقدار بوده و لذا نسبت به تنش مقاوم‌تر هستند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۱۷، ۱۱ و ۷ نیز با کمترین مقادیر TOL جزو متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به خشکی می‌باشند و ژنوتیپ ۱۹ از نظر شاخص‌های SSI و TOL به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش است.

چون در مقاومت به خشکی و تنش‌های محیطی عوامل و صفات مختلفی دخالت دارند، لذا قضاوت درمورد ژنوتیپ‌ها از این نظر می‌تواند با نتایج متناقض همراه باشد (۱۰ و ۲۱). عموماً بهترین شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، آن است که همبستگی آن با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش زیاد باشد (۱۰ و ۱۲).

بنابراین با استفاده از تحلیل همبستگی عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی و شاخص‌های کمی مقاومت به تنش، می‌توان شاخص‌های مقاومت به تنش را غربال و بهترین شاخص را انتخاب نمود.

در جدول (۳) نتایج حاصل از تعیین همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش ارائه شده است. بیشترین همبستگی ساده عملکرد دانه در شرایط دیم، با شاخص‌های تحمل به تنش

(STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) وجود دارد. مقادیر ضرایب این همبستگی به ترتیب برابر ۰/۸۶۹ و ۰/۸۹۹ بوده که از نظر آماری نیز بسیار معنی‌دار می‌باشند ($P \leq 0/01$) و با نتایج حاصل از سایر تحقیقات نیز مطابقت دارد (۴ و ۸).

جدول ۲ - شاخص‌های تحمل به تنش ۲۰ ژنوتیپ نخود براساس عملکرد بالقوه و عملکرد تنش ارزیابی شده در شدت تنش ۰/۳۲

ژنوتیپ	Yp	Ys	SSI	STI	GMP	TOL	MP
۱	۱/۷۸۹	۱/۰۲۳	۱/۳۴۷	۱/۰۴۶	۱/۳۵۳	۰/۷۶۶	۱/۴۰۶
۲	۱/۶۲۷	۰/۹۲۹	۱/۳۴۹	۰/۸۶۴	۱/۲۲۹	۰/۶۹۸	۱/۲۷۸
۳	۱/۳۶۹	۱/۰۳۱	۰/۷۷۶	۰/۸۰۷	۱/۱۸۸	۰/۳۳۸	۱/۲۰۰
۴	۱/۱۸۸	۰/۸۷۳	۰/۸۳۴	۰/۵۹۳	۱/۰۱۸	۰/۳۱۵	۱/۰۳۱
۵	۱/۵۲۱	۰/۸۹۷	۱/۲۹۰	۰/۷۸۰	۱/۱۶۸	۰/۶۲۴	۱/۲۰۹
۶	۱/۳۴۹	۰/۸۰۵	۱/۲۶۸	۰/۶۲۱	۱/۰۴۲	۰/۵۴۴	۱/۰۷۷
۷	۱/۱۱۳	۰/۸۰۸	۰/۸۶۲	۰/۵۱۴	۰/۹۴۸	۰/۳۰۵	۰/۹۶۱
۸	۱/۳۱۳	۰/۸۷۶	۱/۰۴۷	۰/۶۵۸	۱/۰۷۳	۰/۴۳۷	۱/۰۹۵
۹	۱/۳۳۸	۱/۰۱۵	۰/۷۵۹	۰/۷۷۷	۱/۱۶۵	۰/۳۲۳	۱/۱۷۷
۱۰	۱/۴۷۰	۰/۹۳۲	۱/۱۵۱	۰/۷۸۳	۱/۱۷۱	۰/۵۳۸	۱/۲۰۱
۱۱	۱/۲۷۴	۰/۹۷۱	۰/۷۴۸	۰/۷۰۷	۱/۱۱۲	۰/۳۰۳	۱/۱۲۳
۱۲	۱/۰۶۹	۰/۸۹۳	۰/۵۱۸	۰/۵۴۶	۰/۹۷۷	۰/۱۷۶	۰/۹۸۱
۱۳	۱/۲۷۳	۰/۷۰۱	۱/۴۱۳	۰/۵۱۰	۰/۹۴۵	۰/۵۷۲	۰/۹۸۷
۱۴	۱/۳۰۰	۰/۹۲۷	۰/۹۰۲	۰/۶۸۹	۱/۰۹۸	۰/۳۷۳	۱/۱۱۴
۱۵	۱/۲۱۷	۱/۰۱۱	۰/۵۳۲	۰/۷۰۴	۱/۱۰۹	۰/۲۰۶	۱/۱۱۴
۱۶	۱/۲۶۳	۰/۸۲۱	۱/۱۰۱	۰/۵۹۳	۱/۰۱۸	۰/۴۴۲	۱/۰۴۲
۱۷	۱/۲۴۸	۰/۹۶۲	۰/۷۲۱	۰/۶۸۶	۱/۰۹۶	۰/۲۸۶	۱/۱۰۵
۱۸	۱/۱۷۲	۰/۹۳۰	۰/۶۴۹	۰/۶۲۳	۱/۰۴۴	۰/۲۴۲	۱/۰۵۱
۱۹	۰/۹۱۹	۰/۴۸۹	۱/۴۷۱	۰/۲۵۷	۰/۶۷۰	۰/۴۳۰	۰/۷۰۴
۲۰	۱/۶۴۱	۱/۱۵۴	۰/۹۳۳	۱/۰۸۳	۱/۳۷۶	۰/۴۸۷	۱/۳۹۸
میانگین	۱/۳۲۳	۰/۹۰۲	۰/۹۴۸	۰/۶۹۲	۱/۰۹۰	۰/۴۲۰	۱/۱۱۳

Yp = عملکرد در شرایط بدون تنش یا آبی (تن در هکتار)، Ys = عملکرد در شرایط تنش یا دیم (تن در هکتار)

SSI = شاخص حساسیت به تنش، STI = شاخص تحمل به تنش، GMP = میانگین هندسی بهره‌وری

TOL = شاخص تحمل، MP = میانگین بهره‌وری

جدول ۳ - ضرایب همبستگی شاخص‌های مقاومت به تنش و عملکرد دانه در دو شرایط آبی و دیم

	Ys	Yp	SSI	STI	GMP	TOL	MP
Ys	-						
Yp	۰/۶۱۶**	-					
SSI	-۰/۵۱۳*	۰/۳۵۱ ^{ns}	-				
STI	۰/۸۶۹**	۰/۹۱۴**	-۰/۰۳۱ ^{ns}	-			
GMP	۰/۸۹۹**	۰/۸۹۹**	-۰/۰۹ ^{ns}	۰/۹۹۲**	-		
TOL	-۰/۰۷۲ ^{ns}	۰/۷۴۱**	۰/۸۸۱**	۰/۴۱۷*	۰/۳۷۲ ^{ns}	-	
MP	۰/۸۵۳**	۰/۹۳۶**	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۹۹۳**	۰/۹۹۵**	۰/۴۵۹*	-

تعداد مشاهدات = ۲۰

^{ns}: همبستگی معنی‌دار نیست و * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

در ذرت دانه‌ای باتوجه به وجود همبستگی زیاد و معنی‌دار عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) می‌توان از دو شاخص مذکور برای برآورد و ارزیابی پایداری عملکرد و نیز تولید ارقام با عملکرد زیاد در هر دو محیط (تنش و بدون تنش) استفاده نمود (۱). همچنین استفاده از شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) باتوجه به وجود همبستگی قوی بین آنها و عملکرد دانه در شرایط محیطی دارای تنش و بدون تنش به عنوان شاخص‌های مناسب برای برآورد پایداری عملکرد و گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد زیاد قابل توصیه هستند (۷، ۱۲ و ۱۵). همچنین ارزیابی منابع متحمل به خشکی در عدس نشان داد که

همچنین همبستگی عملکرد دانه در شرایط آبی با شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و شاخص تحمل به تنش (STI) بیشترین مقدار و به ترتیب ۰/۹۳۶ و ۰/۹۱۴ و از نظر آماری نیز بسیار معنی‌دار می‌باشند (جدول ۳). نتایج تحقیقات در گندم نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و شاخص‌های MP و TOL و در شرایط تنش با شاخص‌های STI و MP وجود دارد (۸). وجود همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با شاخص‌های STI، GMP، TOL و MP و همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص‌های GMP، MP و STI در این بررسی با نتایج ارائه شده توسط سایر محققان مطابقت دارد (۸، ۱۰ و ۱۲).

عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مقاومت به تنش ۲۰ ژنوتیپ نخود کابلی مورد مطالعه نشان داد که مناسب‌ترین شاخص برای غربال نمودن ژنوتیپ‌ها و تعیین ارقام مقاوم به تنش در منطقه سردسیر دیم مراغه شاخص‌های STI، GMP و MP می‌باشند.

شاخص‌های STI، GMP و MP دارای همبستگی مثبت و زیاد با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بوده و شاخص STI برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد و دارای قدرت تحمل به تنش مناسب‌تر است (۴).
نتایج حاصل از بررسی همبستگی ساده بین

منابع مورد استفاده

- ۱ - احمدی، ج.، زینالی خانقاه، ح.، رستمی، م. ع.، و چوگان، ر. ۱۳۷۹. بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات هیبریدهای ذرت دانه‌ای. علوم کشاورزی ایران. ۳۱: ۵۲۳-۵۱۳.
- ۲ - بنایی، ت.، داودی کیا، م. ع.، داد، ح. و نوری، پ. ۱۳۷۴. زراعت حبوبات. وزارت کشاورزی. معاونت امور زراعت. شماره ۷۴/۳۳۲.
- ۳ - پوستینی، ک. ۱۳۶۴. بررسی خواص کیفی و کمی ارقام مختلف نخود در رابطه با سرما و میزان آب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
- ۴ - تقی زاده، ر.، ولی‌زاده، م.، نظیرزاده، ع.، اهری زاده، س. و مصطفایی، ح. ۱۳۸۱. ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های عدس در منطقه اردبیل با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی. چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. نشر آموزش کشاورزی. ۳۶۶ ص.
- ۵ - حقیقتی ملکی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی کمی و کیفی تناسب اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه برای محصول گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات تهران.
- ۶ - سکسینا، م. س. و سینگ، ک. ب. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. چاپ اول (ترجمه: ع. ر. باقری، ا. نظامی، ع. گنج‌علی و م. پارسا). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۴۴ صفحه.
- ۷ - سمیع زاده لاهیجی، ح. ۱۳۷۵. بررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات کمی و همبستگی آنها با عملکرد نخود سفید. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۸ - سنجری، ا. ق. ۱۳۷۷. ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی و پایداری عملکرد ارقام و لاین‌های گندم در منطقه نیمه خشک کشور. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. نشر آموزش کشاورزی. ۲۴۳-۲۴۴.
- ۹ - صادق زاده اهری، د.، حسامی، ع. روستایی، م. و امیری، ع. ۱۳۸۲. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام گندم و تعیین تیپ رشد مناسب در دو منطقه سردسیر دیم کشور. دانش کشاورزی. ۱۳: ۷۵-۵۷.
- ۱۰ - فرشادفر، ع. ا.، زمانی، م. ر.، مطلبی، م. و امام جمعه، ع. ع. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به

- خشکی در لاین‌های نخود. علوم کشاورزی ایران. ۳۲: ۶۵-۷۴.
- ۱۱ - نادری، ا.، مجیدی هروان، ا.، هاشمی دزفولی، ا.، رضایی، ع.، و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۸. تحلیل کارآیی شاخص‌های ارزیابی‌کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. نهال و بذر. ۵: ۳۹۰-۴۰۲.
- ۱۲ - نورمند مؤید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و روابط آنها با عملکرد گندم نان (*T. aestivum*) در شرایط دیم و آبی و تعیین
- بهبترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
- ۱۳ - نیستانی، ا. و عظیم زاده، م. ۱۳۸۲. بررسی تحمل به خشکی در ارقام مختلف عدس. مجله کشاورزی (پردیس ابوریحان). ۵(۱): ۶۹-۶۱.
- ۱۴ - نیستانی، ا.، مقدم، م.، ولی زاده، م. و حسن پناه، د. ۱۳۷۷. ارزیابی ارقام عدس از نظر مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل.
- 15 . Fernandez GC J (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the Sympo. Taiwan. 13-16 Aug. 1992. By C. G. Kuo. AVRDC.
- 16 . Fischer RA and Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield responsis. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
- 17 . Haurd EA (1975) Phenotype and drought tolerance in wheat pp: 39-57. In: Stone, J. F. (ed.). Plant Modification for More Efficient Water Use. Elsevier Press. New York. USA.
- 18 . Haurd EA (1976) Plant breeding for drought resistance. In: Koslowski, T. T. (ed.). Water Deficits and Plant Growth. Academic Press. New York. USA. 4: 317-353.
- 19 . Johanson RC and Kanemasu ET (1982) The influence of water availability on winter wheat yields. Can. J. Plant. Sci. 62: 831-838.
- 20 . Malhotra RS and Saxena MC (2002) Strategies for Overcoming Drought Stress in Chickpea. Caravan. 17 p.
- 21 . Nachit MM (1998) Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region. pp: 1-15. In: Nachit, M. M., M. Baum, E. Procedure, P. Monneveux and E. Picard (eds.). SEWANA (South Europe, Weat Asia and North Africa) Durum Research Network. ICARDA. Aloppe. Syria.
- 22 . Palled YB, Chandrashekharaiiah AM and Radder GD (1985) Response of Bengal gram to moisture stress. Indian J. Agronomy 30: 104-106.

- 23 . Rahangdale SL, Dhopte AM and Wanjar KB (1994) Evaluation of Chickpea genotypes for yield stability under moisture deficit. *Annals of plant physiology* 8: 179-184.
- 24 . Rosielle AI and Hambelen J (1981) Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop. Sci.*, 21: 493-501.
- 25 . Singh KB and Saxena MC (1999) Chickpea (*The Tropical Agriculturalist*). Macmillan Education LTD, London and Bisingtone.