Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۱۷۹-۱۶۹)

ارزیابی و مقایسهٔ شاخص‌های تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

علی وندکریمی[۱]، معصومه پوراسماعیل[۲*]، شاهین واعظی[۳] و آسا ابراهیمی[۴]
۱ و ۴. کارشناس ارشد اصلاح نباتات و استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران
۲ و ۳. استادیاران، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۳۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱/۲۹)

چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل خشکی و نیز تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی، ۲۰ ژنوتیپ نخود تیپ دسی به‌همراه دو رقم کاکا و پیروز در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط کشت نرمال و تنش خشکی (قطع آبیاری از زمان آغاز گلدهی تا پایان دورهٔ رشد) مطالعه شدند. شاخص‌های کمّی مقاومت و حساسیت به خشکی مانند شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل (TOL) و میانگین هارمونیک (HARM) محاسبه شدند. تنوع زیادی میان ژنوتیپ‌ها از نظر صفات کمی مورد مطالعه و شاخص‌های مورد بررسی مشاهده شد. تحلیل نتایج نشان داد که شاخص‌های STI و GMP مناسب‌ترین شاخص‌های واکنش ژنوتیپ‌های نخود در برابر خشکی‌اند و می‌توان از آنها برای شناسایی ارقام پرعملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده کرد. ترسیم نمودار چندمتغیرهٔ بای‌پلات و بررسی نمونه‌های واقع در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل به خشکی و مقایسهٔ نتایج آن با نمودار سه‌بعدی نشان داد که ژنوتیپ‌های KC-218625، KC-217667 و KC-218553 متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند.

واژه‌های کلیدی: آنالیزهای چندمتغیره، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل، نخود دسی.

مقدمه

حبوبات اهمیت زیادی در تأمین نیازهای غذایی انسان دارند و در بین آنها، نخود سومین محصول جهان است که در ۴۸ کشور با سطحی بیش از ۱۳/۵۴میلیون هکتار و تولید بیش از ۱۳/۱۰ میلیون تن کشت می‌شود (FAO, 2013). نخود (*Cicer arietinum* L.) با نام انگلیسی Chick pea (2n=16 کروموزوم) و با برخورداری از ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین در تغذیهٔ انسان اهمیت ویژه‌ای دارد (Saxena *et al.*, 1996). تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیرزنده در نخود گزارش شده است و بسته به منطقهٔ جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی در طول فصل رشد ۳۰ تا ۶۰ درصد عملکرد را کاهش می‌دهد (Kanouni *et al.*, 2003). ازاین‌رو توجه به تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم نخود به‌منظور افزایش احتمال انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و درک روابط بین صفات مرتبط با تحمل خشکی ضروری به‌نظر می‌رسد (Pouresmael *et al.*, 2009). تنش خشکی نبود یا کمبود بارندگی در مقطعی از زمان است که موجب کاهش رشد گیاه و محصول اقتصادی می‌شود. کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را محدود می‌کند و عملکرد را کاهش می‌دهد (Kramer, 1983). تحمل به خشکی، نوعی صفت کمّی

* تلفن: ۰۹۱۲۴۷۰۲۱۲۶
E-mail: masoumehpouresmael@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر موجب مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (Takeda & Matsuoka, 2008). با این‌حال به‌نظر می‌رسد عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، نقطهٔ شروع خوبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها برای استفاده در کارهای به‌نژادی در شرایط خشکی باشد (Farshadfar *et al.*, 2001; Ludlow & Muchow, 1990). در بسیاری از مناطق تولید نخود و از جمله در ایران، مقدار و پراکنش بارندگی در طول فصل رشد بسیار نامناسب است و گیاهان در دورهٔ رشد رویشی با تنش خشکی متناوب و در مرحلهٔ رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به‌صورت توأم مواجه می‌شوند (Subarao *et al.*, 1995). مشکل تنش خشکی در ایران جدی‌تر است؛ چراکه اغلب نخود به‌صورت سنتی در انتهای فصل باران (اسفند یا فروردین) براساس رطوبت ذخیره‌شده در خاک کشت می‌شود و رشد سریع گیاه نیز همزمان با مرحله‌ای است که رطوبت خاک با گذشت زمان به‌طور فزاینده‌ای کاهش یافته است. هدف اصلاح نباتات در مواجهه با تنش خشکی، تقویت نسبی پتانسیل عملکرد و پایداری آن در محیط‌های تنش‌زاست (Saxena *et al.*, 1993). براین‌اساس، برای رسیدن به این مهم در حال حاضر هیچ راه منطقی به‌منظور افزایش بارندگی در خلال دوره‌های خشکی وجود ندارد و بهترین راه مبارزه با خشکی، همراهی با آن یعنی تولید ارقام و هیبریدهای متحمل‌تر نسبت به خشکی یا ارقام دارای توانایی اجتناب از آن است. بنابراین اصلاح برای مقاومت به خشکی و افزایش بازده مصرف آب در گیاهان، اجتناب‌ناپذیر است (Souri *et al.*, 2005). نتایج مطالعه‌ای در بین ژنوتیپ‌های نخود کابلی و تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط مطلوب و عملکرد در تیمارهای آبیاری با شاخص‌های تحمل نشان داد که شاخص‌های STI و GMP مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ژنوتیپ‌های نخود در همهٔ تیمارهای آبیاری بودند (Pouresmael *et al.*, 2009). در تحقیقی برای بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) برای غربال کردن ژنوتیپ‌های مقاوم یا حساس بیان شد که این روش موجب انتخاب ارقام مقاوم به خشکی با عملکرد زیاد شد (Fernandez, 1992). شاخص تحمل به تنش (STI) به‌دلیل آنکه ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌کند که عملکرد زیادی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند، معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی شده است. همچنین شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) کمتر تحت تأثیر ارزش نهایی صفات است و می‌تواند ژنوتیپ‌های پرعملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش را از بقیهٔ ژنوتیپ‌ها متمایز کند (Fernandes, 1992). آزمایش حاضر با هدف ارزیابی پتانسیل واکنش به تنش خشکی در نخود تیپ دسی بانک ژن گیاهی ملی ایران و بررسی کارایی شاخص‌های مقاومت به خشکی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

۲۰ ژنوتیپ انتخابی از کلکسیون نخود تیپ دسی متعلق به مناطق گرم و خشک کشور، تهیه‌شده از بانک ژن گیاهی ملی ایران به‌همراه دو رقم شاهد کاکا و پیروز در نیمهٔ دوم اسفند (۱۵ اسفند) سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعهٔ تحقیقاتی بانک ژن گیاهی ملی ایران واقع در کرج (۵۱ درجه و ۱۰ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا) به‌صورت دو آزمایش جداگانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو تیمار آبیاری نرمال و تنش خشکی مطالعه شدند. کاشت بذور به‌صورت دستی و با فاصلهٔ ۷ سانتی‌متر از همدیگر در هر کرت انجام گرفت. کشت هر ژنوتیپ در سه خط به طول ۳ متر صورت گرفت و فاصلهٔ بین بلوک‌ها یک متر لحاظ شد. تنش خشکی به‌صورت آبیاری از ابتدای کشت تا آغاز زمان گلدهی گیاهان و قطع آبیاری از زمان آغاز گلدهی تا پایان دورهٔ رشد و شرایط نرمال به‌صورت کشت معمولی گیاه و آبیاری منظم گیاهان در طول فصل زراعی اعمال شد. شرایط اقلیمی کرج شامل درجهٔ حرارت و مقدار بارندگی براساس اطلاعات سازمان هواشناسی کشور در شکل ۱ ارائه شده است. براساس تعریف ضریب طول دورهٔ خشکی (Sabeti,

www.SID.ir

Archive of SID

1969) از ماه اردیبهشت که مصادف با زمان گلدهی گیاهان و قطع آبیاری در تیمار تنش بوده است، تنش خشکی بر تیمار تنش حاکم بود و این شرایط تا پایان دورهٔ رشد گیاهان ادامه داشت. برای اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیکی از هر خط پنج بوته برداشت شد. یادداشت‌برداری‌ها از خط میانی و با حذف طرفین کرت انجام پذیرفت. به‌منظور تعیین مقدار عملکرد در واحد سطح، با حذف بوته‌های ابتدا و انتهای خطوط کشت طول هر کرت جداگانه محاسبه شده و با احتساب فاصلهٔ خطوط کاشت سطح برداشت تعیین شد. عملیات زراعی شامل وجین علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌ها به‌منظور ایجاد تراکم مناسب طبق عرف منطقه صورت گرفت. با استفاده از میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش (Yp) و شرایط تنش (Ys)، شاخص‌های کمّی مقاومت و حساسیت به تنش (Fernandez, 1992) به‌شرح زیر محاسبه شد:

شاخص تحمل: $TOL = Yp-Ys$

شاخص بهره‌وری متوسط: $MP = (Yp +Ys)/2$

شاخص تحمل به تنش: $STI = (Yp.Ys)/(\bar{Y}p)^2$

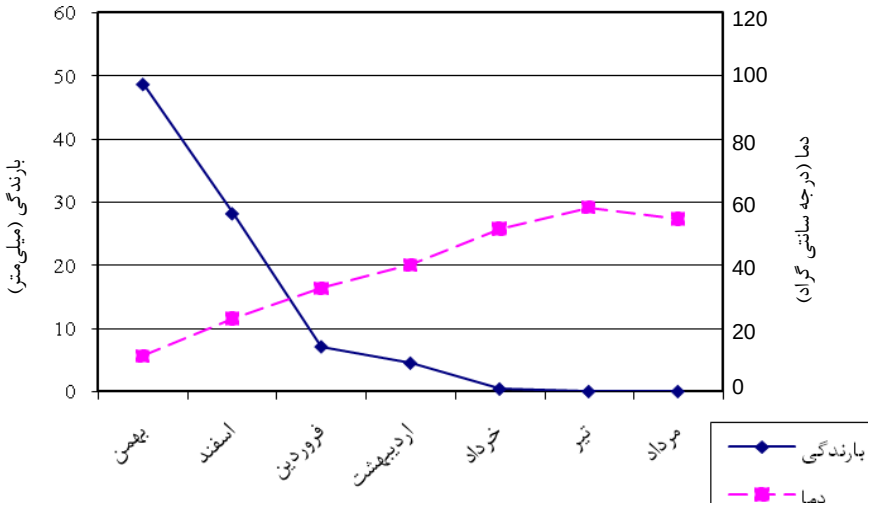
شاخص میانگین هندسی بهره‌وری: $GMP = (Yp.Ys)^{0.5}$

شاخص میانگین هارمونیک: $HM= 2(Yp.Ys)/(Yp+Ys)$

شاخص حساسیت به تنش:

$SSI= (1-(Ys/Yp))/SI$, $SI= 1- (\bar{Y}s/ \bar{Y}p)$

در فرمول‌های بالا، Ys و Yp به‌ترتیب میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش؛ و $\bar{Y}p$ و $\bar{Y}s$ به‌ترتیب میانگین عملکرد همهٔ ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش است. برای تعیین بهترین شاخص‌ها، از همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مختلف استفاده شد و شاخصی که همبستگی زیاد و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشت، بهترین شاخص تعیین شد (Farshadfar, 2001). از تجزیهٔ خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌ها استفاده شد. همچنین از ترسیم نمودار چندمتغیرهٔ بای‌پلات و بررسی نمونه‌های مجاور بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل به خشکی و مقایسهٔ نتایج آن با نمودار سه‌بعدی برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل استفاده شد. همهٔ محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS16، SAS v6.12 و Stat Graphics Plus 2.1 انجام گرفت.



شکل ۱. روند تغییرات مقدار بارش و درجهٔ حرارت در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در کرج

نتایج و بحث

تجزیهٔ مرکب صفات مورد ارزیابی در ۲۲ ژنوتیپ نخود (جدول۱) نشان داد که تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری بر همهٔ صفات مورد بررسی اثر کاهشی داشته است. اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تنها در صفت روز تا رسیدن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. این امر نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها تنها در این صفت واکنش متفاوتی به تنش خشکی نشان دادند

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۱). این نتیجه دور از انتظار نبود؛ زیرا همهٔ ژنوتیپ‌های این مطالعه، ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به خشکی بودند که از میان ۳۵۰ ژنوتیپ نخود تیپ دسی در مطالعات قبلی انتخاب شده بودند. براساس نتایج جدول ۲، میانگین عملکرد دانه در واحد سطح در گیاهان در شرایط بدون تنش، در حدود ۲/۸۱ برابر گیاهان در شرایط تنش است. عملکرد ژنوتیپ‌ها، حاصل واکنش‌های سازگاری آنها به شرایط اقلیمی و زراعی مناطق مختلف رویش آنهاست (Anbessa & Bejiga, 2002). فراهم بودن آب کافی سبب افزایش پوشش سبز، دوام سطح سبز و طول دورهٔ رشد گیاه نخود می‌شود. مجموع این عوامل به افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صددانه و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح منجر می‌شود. به‌طور کلی تنش خشکی سبب کاهش ۳۵/۴۸ درصدی میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد (جدول ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین عملکرد در شرایط بدون تنش متعلق به ژنوتیپ شمارهٔ ۵ با عملکرد ۳۱۵ گرم بر متر مربع و در شرایط تنش متعلق به ژنوتیپ شمارهٔ ۱۷با عملکرد ۱۲۴/۵گرم بر متر مربع است. همچنین کمترین عملکرد در شرایط بدون تنش متعلق به ژنوتیپ شمارهٔ ۱۴با عملکرد ۱۱۳/۲۷ گرم بر متر مربع و در شرایط تنش متعلق به ژنوتیپ شمارهٔ ۴ با عملکرد ۶۳/۶ گرم بر متر مربع است (جدول ۲). ژنوتیپ شمارهٔ ۵، علاوه‌بر دارا بودن عملکرد زیاد در شرایط بدون تنش و تنش، از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی نیز بیشترین مقدار شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM) و شاخص تحمل به تنش (STI) را داشت و ازاین‌رو این ژنوتیپ را می‌توان مناسب‌ترین ژنوتیپ برای کاشت در شرایط تنش و بدون تنش نام برد. علاوه‌بر این ژنوتیپ، ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۱۷ و ۱۶ نیز از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی دارای بیشترین مقادیر شاخص‌های تحمل بودند و مقادیر به‌نسبت کمی برای شاخص‌های حساسیت داشتند (جدول ۲).

مقایسهٔ عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشخص کرد همهٔ ارقامی که در شرایط بدون تنش از عملکرد زیادی برخوردارند، لزوماً در شرایط تنش خشکی عملکرد زیادی ندارند و این مؤید این نکته است که در برخی از این ژنوتیپ‌ها، سازوکارهای مقاومت و تحمل به خشکی وجود ندارد یا فاقد کارایی لازم است. همچنین ژنوتیپ‌های برتر، از نظر شاخص‌های تحمل، حساسیت و پاسخ به خشکی تفاوت‌های زیادی با یکدیگر داشتند (جدول ۲). برای مثال ژنوتیپ شمارهٔ ۵ در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از عملکرد زیادی برخوردار است و این در حالی است که ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۱۶ و ۱۷ با وجود تولید متوسط در شرایط بدون تنش، عملکرد بهتری در شرایط تنش داشتند.

Fernandez (1992) برای بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد گیاهان را به چهار گروه تقسیم کرد: ۱. ژنوتیپ‌های گروه A که در هر دو محیط دارای عملکرد یکسان‌اند؛ ۲. ژنوتیپ‌های گروه B که در محیط بدون تنش عملکرد خوبی دارند؛ ۳. ژنوتیپ‌های گروه C که عملکرد خوبی در محیط دارای تنش دارند؛ ۴. ژنوتیپ‌های گروه D که عملکرد آنها در هر دو محیط تنش و بدون تنش کم است. بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند. ژنوتیپ‌هایی که مقادیر شاخص‌های تحمل STI، GMP، MP و HARM در آنها بیشتر بوده و مقادیر شاخص‌های حساسیت TOL و SSI در آنها نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها کمتر باشد، ژنوتیپ‌های مقاوم‌تری به شرایط تنش خشکی قلمداد می‌شوند (Fernandez, 1992). ازاین‌رو ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۵، ۱۷ و ۱۶ که دارای بیشترین مقادیر شاخص‌های STI، GMP، MP و HARM هستند، متحمل‌ترین ارقام در برابر تنش خشکی به‌شمار می‌روند (جدول۱). از نظر شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۱۴، ۱۵، ۱۷و ۱۶ و رقم کاکا، از سایر ژنوتیپ‌ها برترند و حساسیت کمتری به تنش خشکی نشان می‌دهند (جدول۲). مقادیر شاخص SSI برای ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۱۴، ۱، ۱۷، ۱۵ و ۱۶ به‌ترتیب ۸۹/، ۷۷/، ۸/، ۸/ و ۸۳/ است که کمترین مقادیر SSI را دارا هستند و ازاین‌رو براساس این شاخص حساسیت کمتری به تنش خشکی نشان می‌دهند و به تنش مقاوم‌ترند.

همچنین مقادیر شاخص تحمل (TOL) برای ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۱۴، ۱، ۱۵، ۱۷ و ۱۶ به‌ترتیب ۱۰۶، ۹۸، ۱۱۴، ۱۳۳/۸ و ۱۳۶ است که کمترین مقادیر را دارند

www.SID.ir

Archive of SID

و براساس این شاخص، جزء متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به خشکی به‌شمار می‌روند (جدول۲). شایان ذکر است که فقط کم بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به‌منزلهٔ مناسب بودن آن برای کشت در شرایط تنش یعنی زیاد بودن عملکرد و کم بودن حساسیت آن نسبت به شرایط تنش نیست؛ زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که حساسیت بسیار کمی به خشکی دارند، اما عملکردشان نیز اندک است؛ ازاین‌رو این ژنوتیپ‌ها فقط حساسیت کمی به خشکی دارند و از لحاظ عملکرد به هیچ وجه ژنوتیپ‌های مطلوبی به‌شمار نمی‌روند (Ramirez & Kelly, 1998). از آنجا که عوامل و صفات مختلفی در مقاومت به خشکی و تنش‌های محیطی دخالت دارند، قضاوت در مورد ژنوتیپ‌ها از این نظر می‌تواند با نتایج متناقض همراه باشد (Nachit, 1998).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس مرکب صفات در ۲۲ ژنوتیپ نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی و نرمال

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد دانه	وزن بوته	تعداد نیام بوته	وزن نیام بوته	تعداد بذر بوته	وزن بذر بوته	وزن ۱۰۰دانه	روز تا گلدهی	روز تا رسیدن	ارتفاع بوته	عرض بوته
ژنوتیپ	۲۱	۱۸۸۷/۶۷ ns	۴/۳۲ ns	۱۱/۵۸ ns	۱/۶۰ ns	۷۰/۱۳ ns	۰/۷۹۸ ns	۴۲/۱ *	۵/۱۰۲ ns	۱/۶۶۹ ns	۱۳/۸۱ ns	۲۳/۵۸ ns
بلوک	۲	۱۴۰۵/۹۹ ns	۶۷/۳۱ **	۴۳۸/۷۲ **	۲۶/۸۲ **	۵۷۰/۴۷ **	۱۵/۲۴ **	۶/۰۳۱ ns	۱۶/۴۳۲ *	۱/۲۳۳ ns	۱۴/۹۷ ns	۱۹۶/۸۹ **
تنش	۱	۸۴۲۱۵۱/۵ **	۲۳۱۸/۴۱ **	۱۲۱۱۸/۱۲ **	۱۰۵۶/۴۷ **	۲۳۶۱۱/۷۶ **	۵۸۵/۲۱ **	۱۷۹/۲۹ **	۱۴/۳۳۵ ns	۱/۵۹۳ ns	۸۶۰/۳۷ **	۶۲۰۴/۷۴ **
ژنوتیپ × تنش	۲۱	۱۹۰۴/۷ ns	۲/۲۲ ns	۲۱/۲۲ ns	۱/۱۷ ns	۴۴/۴۳ ns	۰/۷۳۵ ns	۱۸/۶۹۸ ns	۵/۲۷۶ ns	۳/۱۰۱ **	۶/۷۸ ns	۱۳/۶۲ ns
بلوک × تنش	۲	۳۵۴۵/۶۷ ns	۲۸/۷۳ *	۱۷۱/۱۳ *	۱۱/۹۳ ns	۲۶۸/۹۷ ns	۷/۲۷ ns	۴۰/۴۱۷ ns	۷/۵۶۸ ns	۰/۹۶۸ ns	۱۰۹/۸۱ **	۱۶۷/۶۹ **
خطا	۸۴	۱۵۰۸/۳ ns	۸/۹۳ ns	۵۰/۵۹ ns	۴/۱۴ ns	۱۱۴/۲۵ ns	۲/۴۴ ns	۲۴/۶۰۸ ns	۴/۳۵۵ ns	۱/۰۲۹ ns	۸/۵۸۷ ns	۱۸/۷۳ ns
کل	۱۳۲											

ns، * و **: به‌ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار؛ و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲. مقادیر شاخص‌های تحمل خشکی و درصد کاهش میانگین عملکرد در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های نخود دسی

شمارهٔ ژنوتیپ	* کد ژنوتیپ	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI	HARM	Ys / Yp٪
۱	کاکا	۱۹۶/۲۱	۹۸/۱۹	۹۸/۰۲	۰/۷۷	۱۴۷/۲	۱۳۸/۸	۰/۳۱	۱۳۰/۸۸	۵۰/۰۵
۲	KC-217222	۲۳۳/۱۱	۸۹/۱۵	۱۴۳/۹۶	۰/۹۵	۱۶۱/۱۳	۱۴۴/۱۶	۰/۳۴	۱۲۸/۹۸	۳۸/۲۷
۳	KC-217246	۲۲۳/۸۳	۸۵/۵۱	۱۳۸/۳۱	۰/۹۵	۱۵۴/۶۷	۱۳۸/۳۵	۰/۳۱	۱۲۳/۷۵	۳۸/۲۰
۴	KC-217496	۲۵۷/۷	۶۳/۹۶	۱۹۳/۷۴	۱/۱۶	۱۶۰/۸۳	۱۲۸/۳۸	۰/۲۷	۱۰۲/۴۸	۷۵/۴۰
۵	KC-217667	۳۱۵/۰۸	۱۰۰/۶۶	۲۱۴/۴۲	۱/۰۵	۲۰۷/۸۷	۱۷۸/۰۹	۰/۵۲	۱۵۲/۵۸	۳۱/۹۶
۶	KC-218076	۲۹۷/۵۶	۸۰/۱۱	۲۱۷/۴۵	۱/۱۲	۱۸۸/۸۴	۱۵۴/۴	۰/۳۹	۱۲۶/۲۴	۲۶/۹۲
۷	KC-218130	۲۴۵/۸۷	۸۱/۴۲	۱۶۴/۴۵	۱/۰۳	۱۶۳/۶۵	۱۴۱/۴۹	۰/۳۳	۱۲۲/۳۳	۳۳/۱۰
۸	KC-218172	۲۷۵/۲۴	۸۳/۵۸	۱۹۱/۶۷	۱/۰۷	۱۷۹/۴۱	۱۵۱/۶۷	۰/۳۷	۱۲۸/۲۲	۳۰/۳۸
۹	KC-218231	۲۴۰/۵	۷۸/۷۱	۱۶۱/۷۹	۱/۰۳	۱۵۹/۶۱	۱۳۷/۵۹	۰/۳۱	۱۱۸/۶۱	۳۲/۷۲
۱۰	KC-218238	۲۳۸/۱	۹۳/۶۴	۱۴۴/۴۶	۰/۹۳	۱۶۵/۸۷	۱۴۹/۳۲	۰/۳۶	۱۳۴/۴۲	۳۹/۳۱
۱۱	KC-218310	۲۴۴/۳۹	۷۴/۱۲	۱۷۰/۲۷	۱/۰۷	۱۵۹/۲۶	۱۳۴/۵۹	۰/۲۹	۱۱۳/۷۵	۳۶/۱۰
۱۲	KC-218329	۲۲۴/۳۸	۹۲/۲۸	۱۳۲/۱	۰/۹۱	۱۵۸/۳۳	۱۴۳/۹	۰/۳۴	۱۳۰/۷۸	۴۱/۱۳
۱۳	KC-218431	۲۵۶/۰۷	۸۸/۵۳	۱۶۷/۵۴	۱/۰۱	۱۷۲/۳	۱۵۰/۵۶	۰/۳۷	۱۳۱/۵۷	۳۴/۵۶
۱۴	KC-218465	۱۸۳/۲۸	۷۷/۲۸	۱۰۶	۰/۸۹	۱۳۰/۲۸	۱۱۹/۰۱	۰/۲۳	۱۰۸/۷۲	۱۴/۶۶
۱۵	KC-218552	۲۱۸/۹۴	۱۰۵/۰۶	۱۱۳/۸۷	۰/۸	۱۶۲	۱۵۱/۶۶	۰/۳۷	۱۴۱/۹۹	۴۸/۰۱
۱۶	KC-218553	۲۵۱/۰۶	۱۱۴/۹۷	۱۳۶/۰۹	۰/۸۳	۱۸۳/۰۲	۱۶۹/۹	۰/۴۷	۱۵۷/۷۲	۴۵/۸۰
۱۷	KC-218625	۲۵۸/۲۸	۱۲۴/۴۶	۱۳۳/۸۱	۰/۸	۱۹۱/۳۷	۱۷۹/۲۹	۰/۵۲	۱۶۷/۹۸	۴۸/۲۰
۱۸	KC-218629	۲۷۶/۹۸	۷۸/۷۸	۱۹۸/۲	۱/۱	۱۷۷/۸۸	۱۴۷/۷۲	۰/۳۵	۱۲۲/۶۷	۲۸/۴۵
۱۹	KC-218632	۲۴۶/۶۴	۶۷/۶۲	۱۷۹/۰۲	۱/۱۲	۱۵۷/۱۳	۱۲۹/۱۴	۰/۲۷	۱۰۶/۱۴	۲۷/۴۱
۲۰	KC-218668	۲۲۱/۸۵	۷۶/۵۶	۱۴۵/۲۹	۱/۰۱	۱۴۹/۲۱	۱۳۰/۳۳	۰/۲۸	۱۱۳/۸۴	۳۴/۵۲
۲۱	پیروز	۲۴۹/۳۴	۷۵/۷۶	۱۷۳/۵۸	۱/۰۷	۱۶۲/۵۵	۱۳۷/۴۵	۰/۳۱	۱۱۶/۲۱	۳۰/۴۱
۲۲	TN-04328	۳۰۴/۲۵	۸۳/۵۲	۲۲۰/۷۲	۱/۱۲	۱۹۳/۸۸	۱۵۹/۴۱	۰/۴۱	۱۳۱/۰۶	۲۷/۴۵
میانگین	–	۲۶/۵۸	۹/۴۳	۱۷/۱۵	۰/۹۶	۱۸/۰۰	۱۵/۳۰	۰/۳۶	۱۳/۲۲	۳۵/۴۸

* کد ژنوتیپ‌ها در بانک ژن گیاهی ملی ایران، کرج.

www.SID.ir

Archive of SID

برای درک بهتر روابط بین ژنوتیپ‌ها با شاخص‌ها و اینکه کدام شاخص‌ها گزینهٔ مناسب‌تری برای تشخیص ژنوتیپ‌های برترند، از ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها با عملکرد در شرایط تنش و نرمال استفاده می‌کنیم. نتیجهٔ همبستگی شاخص‌های مورد بررسی با عملکرد در شرایط نرمال و تنش در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین همبستگی سادهٔ عملکرد دانه در شرایط تنش، با شاخص‌های میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) وجود دارد. مقادیر ضرایب این همبستگی به‌ترتیب ۰/۹۱۹، ۰/۷۵۸ و ۰/۷۳۸ است که از نظر آماری بسیار معنی‌دار (P≤۰/۰۱) است و با نتایج تحقیقات دیگر در گیاه نخود مطابقت دارد (Ganjali *et al.*, 2005). همچنین همبستگی عملکرد دانه در شرایط نرمال با شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین بهره‌وری (MP) بیشترین مقدار را نشان داد و به‌ترتیب ۰/۹۳۵ و ۰/۹۲۳محاسبه شد که این نیز از نظر آماری بسیار معنی‌دار است (جدول ۳). این نتایج با گزارش‌های تحقیقات دیگر در گیاه نخود مطابقت دارد (Pouresmael *et al.*, 2009). 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 و STI در این بررسی با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد (Farshadfar *et al.*, 2001; Fernandez, 1992). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که در هر دو آزمایش مورد بررسی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد با شاخص‌های تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) وجود دارد. ازآنجا که شاخصی می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر کارا باشد که با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بیشتری داشته باشد (Fernandez, 1992; Silim & Saxena, 1993) و علاوه‌بر آن در همهٔ سطوح تیماری با روندی به‌نسبت پایدار، معرف ژنوتیپ‌های متحمل باشد، از شاخص‌های STI و GMP برای دسته‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی استفاده شد. شاخص STI ارقام متحمل‌تر در شرایط تنش را مشخص می‌کند و شاخص GMP قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد زیاد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش است (Fernandez, 1992). اختلاف‌های معنی‌دار دلیل بر تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌هاست که انتخاب برای دستیابی به ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی را امکان‌پذیر کرده است. تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها و ارقام نخود از نظر شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی در آزمایش‌های دیگر محققان نیز گزارش شده است (Emam Jome, 1999; Farshadfar *et al.*, 2001; Kanouni *et al.*, 2003).

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ژنوتیپ‌های نخود دسی

شاخص‌ها	Yp	Ys	TOL	MP	HARM	GMP	SSI	STI
Yp	۱							
Ys	-۰/۱۱۶	۱						
TOL	۰/۹۳۵**	-۰/۴۶۱*	۱					
MP	۰/۹۲۳**	۰/۲۷۵	۰/۷۲۶**	۱				
HARM	-۰/۰۰۲	۰/۹۱۹**	-۰/۳۳۰	۰/۳۵۴	۱			
GMP	۰/۵۳۰*	۰/۷۳۸**	۰/۲۰۹	۰/۷۹۹**	۰/۸۴۲**	۱		
SSI	۰/۳۳۸	-۰/۸۶۶**	۰/۶۱۱**	-۰/۰۰۸	-۰/۷۳۷**	-۰/۴۴۷*	۱	
STI	۰/۵۴۴**	۰/۷۵۸**	۰/۲۱۵	۰/۸۲۰**	۰/۷۴۴**	۰/۹۴۳**	-۰/۴۸۷*	۱

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و با عملکرد زیاد در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با توجه به استفاده از بهترین شاخص‌های گزینش ژنوتیپ‌های متحمل، یعنی STI و GMP از نمودار

www.SID.ir

Archive of SID

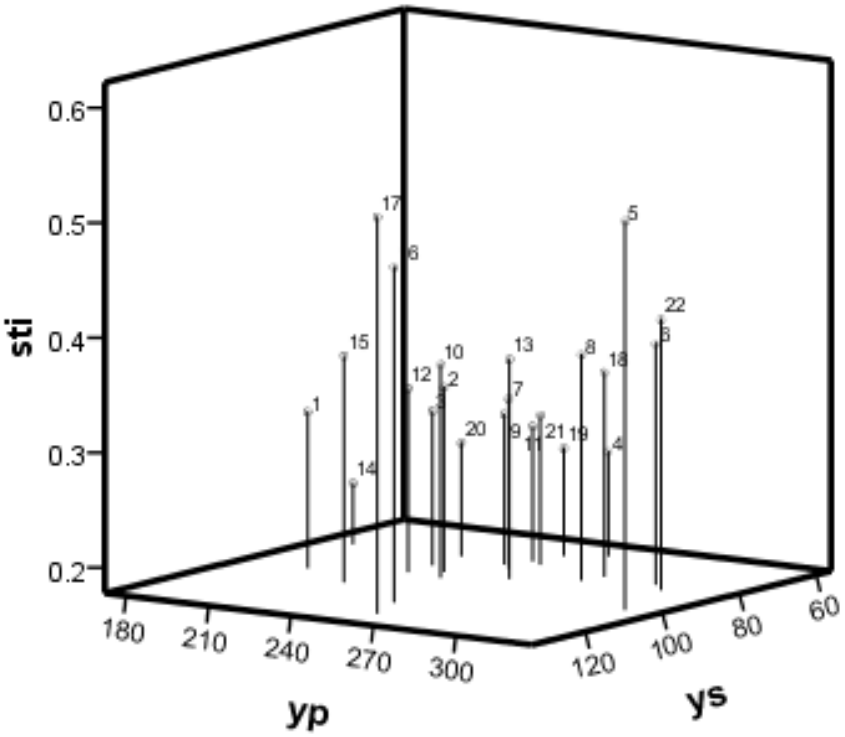
سه‌بعدی استفاده شد (شکل‌های ۲ و ۳). نمودار سه‌بعدی رابطهٔ بین سه متغیر Yp، Ys و یکی از شاخص‌های تحمل را نشان می‌دهد که در آن عملکرد در محیط تنش (Ys) روی محور Yها، عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) روی محور Xها و شاخص‌های تحمل روی محور Zها نمایش داده می‌شوند. همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۵، ۱۶ و ۱۷ دارای مقادیر بیشتری از شاخص‌های STI و GMP نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها هستند و در گروه A دسته‌بندی فرناندز قرار گرفتند. نمودار سه‌بعدی فقط رابطهٔ بین سه متغیر را بررسی می‌کند. برای بررسی رابطهٔ بین شاخص‌ها از نمودار بای‌پلات استفاده می‌شود. بدین منظور ابتدا تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش برای ۲۲ ژنوتیپ انجام گرفت (جدول ۴). بیشترین تغییرات بین داده‌ها توسط دو مؤلفهٔ اول بیان شد و حذف سایر مؤلفه‌ها تأثیر زیادی بر میزان تغییرات نداشت. بای‌پلات مربوط، بر مبنای دو مؤلفهٔ اول و دوم ۹۵/۷۶ درصد از تغییرات بین داده‌ها را توجیه کرد (جدول ۴). در فضای بای‌پلات ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل آنها به شرایط تنش خشکی بود. جدول ۳ نشان می‌دهد که ۵۵/۷۲ درصد تغییرات کل داده‌ها مربوط به مؤلفهٔ اول بود که دارای همبستگی مثبت و قوی با Ys، MP، GMP، STI و HARM است و از این نظر با توجه به همراستایی با تحمل خشکی و پایداری نسبی می‌توان آن را مؤلفهٔ پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل خشکی نام نهاد. دومین مؤلفه ۴۰/۰۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همان‌طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود با Yp و شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت بسیار قوی نشان داد. بنابراین بر مبنای این مؤلفه، ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که سازگاری خصوصی به شرایط بدون تنش دارند. با این مؤلفه می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای TOL و SSI کم و عملکرد نرمال زیاد باشند انتخاب کرد. به‌همین دلیل می‌توان مؤلفهٔ دوم را مؤلفهٔ حساسیت به خشکی نام نهاد. از آنجا که همبستگی قوی، بین عملکرد در شرایط تنش و همچنین شاخص‌های تحمل به خشکی با مؤلفهٔ اول وجود دارد و همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بین مؤلفهٔ دوم و عملکرد پتانسیل برقرار است، براساس نمودار بای‌پلات ترسیم‌شده ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۷ به‌دلیل دارا بودن مؤلفهٔ اول بیشتر و مؤلفهٔ دوم کمتر (سمت راست و پایین نمودار) جزء متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص HARM و عملکرد تنش قرار گرفتند. ژنوتیپ ۵ در مجاورت بردارهای MP، STI و GMP قرار گرفت و عملکرد پتانسیل زیادی داشت. ژنوتیپ ۱۴ از نظر Yp ژنوتیپ مناسبی نبود، اما از نظر شاخص‌های TOL و SSI بهترین وضعیت را داشت؛ یعنی با اینکه پتانسیل عملکرد کمی داشت، افت عملکرد آن در اثر تنش نیز اندک بود. ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۶، ۸، ۱۸ و ۲۲ که در ناحیه‌ای با عملکرد کم در شرایط تنش و حساسیت زیاد به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی TOL و SSI قرار گرفته‌اند، ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های آبی شناخته شدند. با توجه به اینکه زاویهٔ بین بردارها میزان همبستگی بین متغیرها را نشان می‌دهد (Pouryamchi *et al.*, 2011)، همان طور که ملاحظه می‌شود زاویهٔ تند بین شاخص‌های GMP و STI نشان‌دهندهٔ همبستگی قوی بین این شاخص‌هاست (شکل ۴). استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات حاصل از آن برای تفکیک ارقام نسبت به تنش خشکی در لوبیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992) و در نخود توسط Emam Jome (1999)، Farshadfar *et al.* (2001)، Ganjali *et al.* (2005) و Pouresmael *et al.* (2009) استفاده و تأیید شده است.

جدول ۴. مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و نرمال در ژنوتیپ‌های نخود دسی

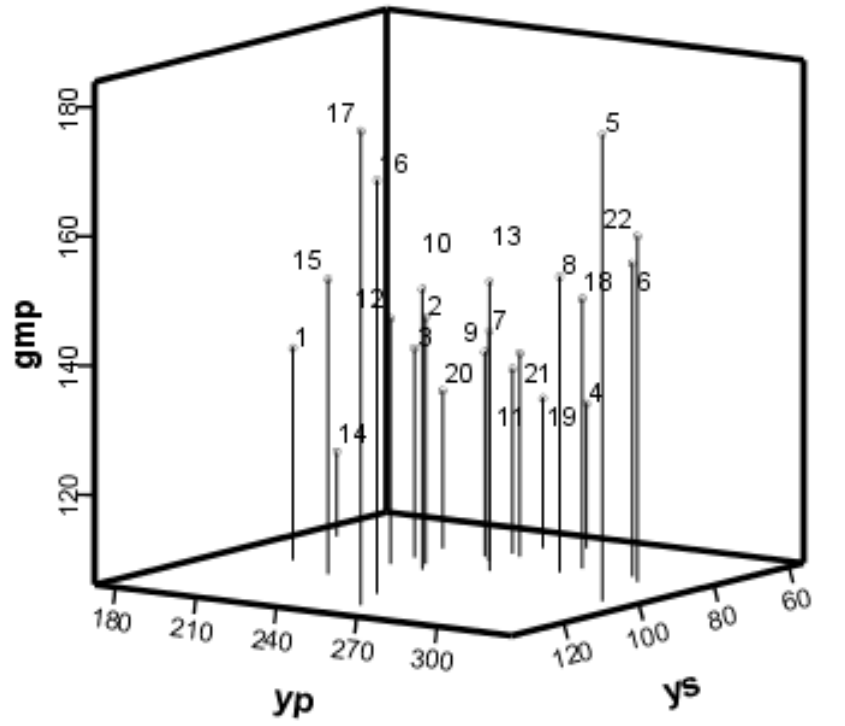
مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI	HARM
۱	۴/۴۵۸	٪۵۵/۷۲۱	۰/۴۴۳	۰/۸۳۲	۰/۰۹۸	-۰/۵۹۶	۰/۷۵۱	۰/۹۷۷	۰/۹۷۲	۰/۸۶۲
۲	۳/۲۰۳	٪۹۵/۷۶۴	۰/۸۹۳	-۰/۵۳۹	۰/۹۹۱	۰/۷۰۷	۰/۶۵۶	۰/۱۲۰	۰/۱۳۰	-۰/۴۱۵

www.SID.ir

Archive of SID



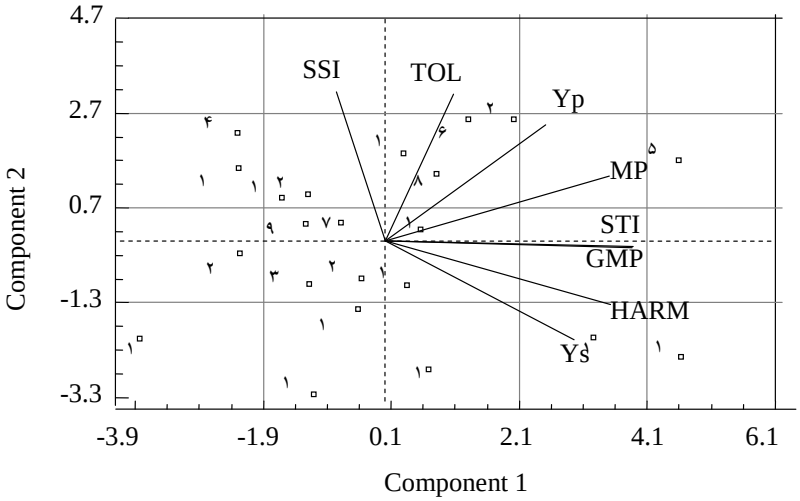
شکل ۲. نمودار پراکنش سه‌بعدی تعیین ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی متحمل به تنش خشکی بر اساس عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp)، عملکرد در شرایط تنش خشکی (Ys) و شاخص STI



شکل ۳. نمودار پراکنش سه‌بعدی تعیین ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی متحمل به تنش خشکی بر اساس عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp)، عملکرد در شرایط تنش خشکی (Ys) و شاخص GMP

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. نمایش بای‌پلات ژنوتیپ‌های نخود دسی در شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی براساس دو مؤلفهٔ اول و دوم

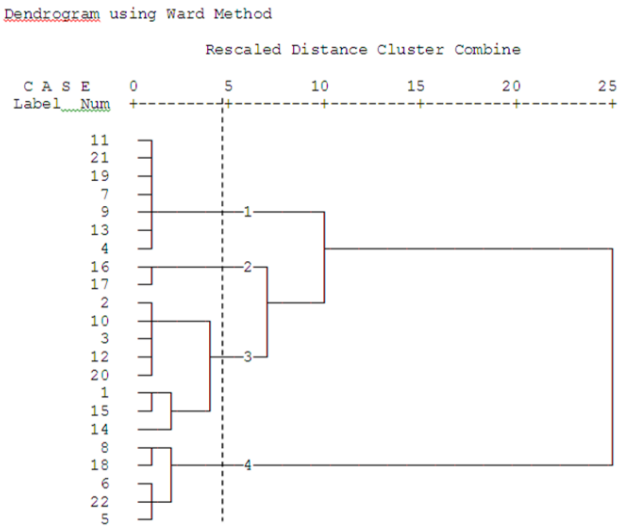
تجزیهٔ خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس همهٔ شاخص‌های مورد مطالعه با در نظر گرفتن خط برش فرضی در فاصلهٔ ۵ موجب دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها در چهار گروه مجزا شد (شکل۵). بررسی میانگین شاخص‌ها در ژنوتیپ‌های هر گروه در شرایط تنش خشکی در جدول ۵ نشان داده شده است. بر این اساس ژنوتیپ‌های گروه اول دارای کمترین مقادیر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی‌اند؛ ازاین‌رو همان‌طور که پیش‌بینی می‌شود، شاخص‌های میانگین عملکرد در شرایط تنش، میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل (TOL)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) نیز در این گروه کمتر از گروه‌های دیگر است. ژنوتیپ‌های این گروه شامل ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۴، ۷، ۹،۱۱، ۱۳، ۱۹ و ۲۱، گروه ژنوتیپ‌های حساس به تنش را تشکیل می‌دهند. گروه دوم شامل دو ژنوتیپ شمارهٔ ۱۶ و ۱۷ می‌شود (جدول۵)، این ژنوتیپ‌ها با داشتن بیشترین میانگین عملکرد در شرایط تنش، بیشترین میانگین شاخص‌های تحمل تنش و کمترین میانگین شاخص‌های حساسیت تنش را دارا بودند و بنابراین گروه ژنوتیپ‌های متحمل به تنش را تشکیل دادند. گروه سوم با داشتن ۸ عضو، گروه ژنوتیپ‌های نیمه‌متحمل را تشکیل دادند و گروه چهارم (گروه ژنوتیپ‌های نیمه‌حساس) شامل ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۵، ۶، ۸، ۱۸ و ۲۲ بیشترین میانگین عملکرد در شرایط نرمال را داشتند. این گروه اگرچه از نظر شاخص‌های تحمل تنش در شرایط خوبی بودند، بیشترین میزان شاخص‌های حساسیت به تنش را داشتند، به‌عبارتی این ژنوتیپ‌ها ژنوتیپ‌های پرمحصولی هستند که نسبت به تنش خشکی حساسیت دارند و ازاین‌رو برای مناطقی که احتمال بروز تنش اندک است توصیه می‌شوند.

جدول ۵. میزان شاخص‌های مختلف تحمل تنش (میانگین± انحراف معیار) در خوشه‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی

	خوشهٔ ۱	خوشهٔ ۲	خوشهٔ ۳	خوشهٔ ۴
عملکرد دانه در شرایط تنش (Yp)	۲۴۸/۶۵±۲/۳۵	۲۵۴/۶۷±۳/۶	۲۲۲/۱±۸/۱۵	۲۹۳/۸۳±۷/۷۶
عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys)	۷۵/۷۳±۳/۱۳	۱۱۹/۷۲±۴/۷۵	۸۷/۶۴±۲/۷	۸۵/۳۳±۳/۹۵
شاخص تحمل (TOL)	۱۷۲/۹۱±۴/۰۹۱	۱۳۴/۹۵±۱/۱۴	۱۳۴/۴۶±۷/۹۷	۲۰۸/۵±۵/۷۵
شاخص حساسیت به تنش (SSI)	۱/۰۷±۰/۰۲	۰/۸۲±۰/۰۱۸	۰/۹۳±۰/۰۲۷	۱/۰۹±۰/۰۱۴
میانگین بهره‌وری (MP)	۱۶۲/۱۹±۱/۸۷	۱۸۷/۱۹±۴/۱۸	۱۵۴/۸۷±۴/۵۷	۱۸۹/۵۸±۵/۴۵
میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)	۱۳۷/۰۳±۲/۸۷	۱۷۴/۵۹±۴/۷	۱۳۹/۳±۳/۷	۱۵۸/۲۵±۵/۳۱
شاخص تحمل تنش (STI)	۰/۳۰۶±۰/۰۱۳	۰/۵۰±۰/۰۲۷	۰/۳۱۷±۰/۰۱۶	۰/۴۱±۰/۰۲۸
میانگین هارمونیک (HARM)	۱۱۵/۸۷±۳/۷	۱۶۲/۸۵±۵/۱	۱۲۵/۳۶۵±۳/۲۹	۱۳۲/۱۵±۵/۲۹

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. دندروگرام حاصل از گروه‌بندی‌های نخود دسی براساس شاخص‌های تحمل خشکی با استفاده از روش Ward

نتیجه‌گیری کلی

ژنوتیپ‌های نخود بررسی‌شده در این آزمایش، تنوع زیادی از نظر صفات مورد مطالعه و نیز شاخص‌های مقاومت، حساسیت و پاسخ به خشکی نشان دادند که بر همین اساس، سه نمونهٔ برتر از نظر عملکرد دانه، معرفی شدند. بر اساس نتایج مطالعهٔ همبستگی صفات، شاخص‌های STI و GMP در نخود، بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، به‌شمار می‌روند. براساس مجموع بررسی‌ها، ژنوتیپ‌های KC-218625، KC-218553 و KC-217667 به‌عنوان ژنوتیپ‌های نخود متحمل خشکی پیشنهاد می‌شوند. در مجموع می‌توان ابراز داشت که با توجه به تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های بومی نخود تیپ دسی، اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل خشکی برای این گیاه، با بهره‌گیری از منابع ژنتیکی بومی امکان‌پذیر است.

REFERENCES

1. Anbessa, Y. & Bejiga, G. (2002). Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49, 557-564.
2. Chauhan, Y. S. 1995. Strategiesfor improving drought resistance in grain legumes. *Critical Review in Plant Science*, 14, 469-523.
3. Emam Jome, A. (1999). *Determine the genetic distance by RAPD-PCR, evaluation of drought resistance indices and analysis of adaptation in the Iranian chickpea*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, RaziUniversity, Kermanshah, Iran. (in Farsi)
4. FAOSTAT. (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome,Italy. Available from: http://www.faostat.fao.org/
5. Farshadfar, A., Zamani, M. R., Motallebi, M. & Emam Jome, A. (2001). Selectionfor drought resistance in chickpea lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 32(4), 65-77. (in Farsi)
6. Fernandez, G.C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Paper presented at: Proceedings of *International symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress*. Tainan, Taiwan.
7. Ganjali, A., Kafi, A., Bagheri, A. & Shahriyari, F. (2005). Screening for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 103-122. (in Farsi)
8. Kanouni, H., Ahmadi, M. K., Sabaghpour, S. H., Malhotra, R. S. & Ketata, H. (2003). Evaluation of spring sown chickpea varieties for drought tolerance. *International chickpea conference*. Raipur, Chhattisgrah, India. (in Farsi)
9. Kramer, P.J. 1983.Water Relations of Plants. Academic press. pp. 342-451.
10. Ludlow, M. M. & Muchow, R. C. (1990). A critical evaluation of traits for improvingcrop yields in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 43, 107-153.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Nichit, M.M. (1998). Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region. In: Nachit, M. M., Baum, M., Procedure, E., Monneveux, P. & Picard, E. (eds.). SEVANA (South Europe, Weat Asia and North Africa) *Durum Research Network*. ICARDA. Aloppo. Syria.
12. Pouresmael, M., Akbari, M., Vaezi, S. & Shahmoradi, Sh. (2009). Effects of drought stress gradient on agronomic traits in kabuli chickpea core collection. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(4), 307-324. (in Farsi)
13. Pouryamchi, H. M. A., Bihamta, M. R., Peighambari, S. A. & Naghavi, M. R. (2011). Evaluation of drought tolerance in Kabuli type Chickpea genotypes. *Iranian Journal of Seed and Seedling Breeding*, 27(3), 393-409. (in Farsi)
14. Ramirez, V.P. & Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99, 127-136.
15. Rosielle, A.A. & Hambling, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21, 943-946.
16. Sabeti, H. A. (1969). Evaluation of bioclimates of Iran. Tehran University. (in Farsi)
17. Saxena, M.C. (1993). The challenge of developing biotic and abiotic stress resistance in cool season food legumes. In: Breeding for Stress toleramce in Cool-Season Food Legumes. Singh, K.B. & Saxena, M.C. (eds.), John wiley & sons, New York, NY.
18. Saxena, N. P., Saxena, M. C., Johansen, C., Virmani, S. M. & Harris, H. (1996). Future research priorities for Chickpea in WANA & SAT. In: Adaptation of chickpea in the west Asia and north Africa regionSaxena, N. P. (ed.). ICARDA, Aleppo, Syria.
19. Silim, S.N. & Saxena, M.C. (1993). Adaptation of spring-sown chickpea to the meditaranian basin. Factors in fluencing yield under drough. *Field Crops Research*, 34, 137-146.
20. Souri, J., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2005). Study of chickpea genotypes in irrigation stress condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36(6), 1517-1527. (in Farsi)
21. Subarao, G. V., Johanson, C., Slinkard, A. E., Nageswara Rao, R. C., Saxena, N.P. & Chauhan, Y. S. (1995). Strategiesfor improving drought resistance in grain legumes. *Critical Review in Plant Science*, 14, 469-523.
22. Takeda, S. & Matsuoka, M. (2008). Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. *Nature*, 9, 444-457.

www.SID.ir