ارزیابی تحمل تنش کم‌آبی در ارقام کنجد بر اساس شاخص‌های تحمل

یاور درگاهی[1]، علی اصغری[2]، مجید شکرپور[2]، علی رسول‌زاده[2]، امیر غریب‌عشقی[3]، محمدرضا شیری[3]

تاریخ دریافت: 89/9/7 تاریخ پذیرش: 90/7/18

1- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

2- استادیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

3- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، پارس آباد

مسئول مکاتبه Email:ali_asgharii@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تحمل خشکی در کنجد و نیز ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش، آزمایشی به صورت طرح کرت-های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح (100، 75 و 50 درصد نیاز آبی گیاه) و ده رقم کنجد به عنوان عامل فرعی مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه نیاز آبی گیاه از نرم افزار CROPWAT (روش پنمن‌مانتیث) مطابق روش فائو-56 استفاده شد. تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح تنش و ارقام از نظر عملکرد در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد، ولی اثر متقابل دو عامل غیر معنی‌دار بود. بنابرین، شاخص‌های تحمل بر مبنای عملکرد ارقام در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه شد. تجزیه واریانس شاخص‌ها نشان داد که ارقام از نظر شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HARM) اختلاف معنی‌دار دارند. با در نظر گرفتن همبستگی آنها با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش، این شاخص‌ها به عنوان بهترین شاخص‌ها در جداسازی ارقام متحمل انتخاب گردیدند. شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) در تمایز ارقام نقش زیادی نداشتند. گروه‌بندی ارقام با روش تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ارقام کرج 1، IS و اولتان، پرمحصول و متحمل به تنش آبی بوده و ارقام هندی 14 و یلووایت به عنوان حساس‌ترین ارقام نسبت به تنش آبی بودند. گروه‌بندی ارقام با ترسیم نمودار سه بعدی براساس عملکرد در شرایط تنش، بدون تنش و شاخص STI و همچنین، تجزیه به مولفه‌های اصلی، نتایج تجزیه خوشه‌ای را تایید کرد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، شاخص‌های تحمل تنش، عملکرد، کنجد

Evaluation of Water stress Tolerance in Sesame Varieties Based on Tolerance Indices

Y Dargahi [1], A Asghari[2*], M Shokrpour[2], A Rasulzadeh[2], A Garib Eshgi[3] and MR Shiri[3]

Received: 28 November 2010 Accepted: 10 October 2011
[1]Graduate Student of Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2]Assist Prof, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
[3]Scientific member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil, Iran
Corresponding Author: Email: ali_asgharii@yahoo.com.

Abstract

In order to study drought tolerance in sesame varieties and also evaluating stress tolerance indices, an experiment conducted as a split plot based on randomized complete block design with three replications. In this experiment, irrigation as the main factor with three levels (100, 75 and 50 percent of plant water requirement) and ten sesame cultivars as the second factor were studied. In order to calculate the water needs of the sesame, the CROPWAT software (Penman- Monteith method) were used according to FAO-56. Analysis of variance showed significant differences ($p\leq0.01$) between stress levels and cultivars in yield but interaction of tow factor were not significant. So, the tolerance indices based on cultivars yield in stress and non stress condition were calculated. Analysis of variance for indices showed significant differences between cultivars in MP, STI, GMP, and HARM. With consideration of correlation between indices and yield under stress and non-stress, these indices were identified as the best indices for isolation and selection of tolerant cultivars. The TOL and SSI indices didn't have important role in the differentiation of cultivars. Grouping of cultivars using cluster analysis method showed that the Karaj 1, IS and Ultan were water deficit tolerant cultivars with high yield and the Moghan17 and Yellow-white cultivars were sensitive varieties to water deficit stress.

Keywords: Drought Stress, Tolerance Indices, Sesame, Yield

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) که به تیره پدالیاسه[1] تعلق دارد، یکی از گیاهان دیرینه زراعی و با ارزش می-باشد. در میان گونه‌های مختلف جنس کنجد، گونه هندی آن از دیدگاه اقتصادی از ارزش بیشتری برخوردار است (ناصری 1375). قسمت اصلی مصرفی کنجد، دانه آن است که نزدیک به 75 درصد آن از چربی و پروتئین

[1] Pedaliaceae

تشکیل یافته است. بقیه 25 درصد دانه را املاح معدنی، هیدرات کربن و الیاف تشکیل می‌دهد (پورصالح 1374). کنجد صرف نظر از تیپ یا واریته، برای بذر یا استخراج روغن کشت می‌شود و دانه کنجد تنها منبع پروتئینی است که از نظر میزان سولفور از جمله اسیدهای آمینه ضروری، غنی است. روغن کنجد نیز حاوی گلیسریدها، اسیدهای چرب عمده‌ای چون اسید اولئیک و لینولئیک، مقادیر کمی اسید استریک، پالمیتیک و آراچیدیک می‌باشد (کاراسلان و همکاران 2007).

بر اساس آمار سازمان فائو، در سال 2008 سطح زیر کشت (هکتار)، عملکرد (کیلوگرم) و میزان تولید (تن) کنجد در ایران به ترتیب 40000، 700 و 28000 و در جهان به ترتیب 7418230، 477/5 و 3542129 بود (فائو، 2008).

خشکی آثار مخرب و زیان‌آوری روی مراحل مختلف رشدی گیاه دارد (باجی و همکاران 2001، تنتاوی و همکاران، 2007، یوکان و همکاران، 2007، صالح‌پور و همکاران 2009). به عقیده بلام (1988) حساسیت به خشکی یک ژنوتیپ معمولاً بر اساس میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش آبی برآورد می‌شود. کوئیزنبری (1982) و پاری و همکاران (2002) نیز مقاومت به خشکی را توانایی یک ژنوتیپ در تولید عملکرد بیشتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبتی یکسان تعریف نموده‌اند که بیشتر مورد توجه اصلاح‌گران قرار گرفته است. سری‌واستاوا و همکاران (1987) نیز ارقامی را متحمل به خشکی در نظر گرفتند که به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند.

تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و به همین منظور نیز شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش برای کشت در شرایط دارای تنش آبی پیشنهاد شده است (لدنت و همکاران 1979، فرناندز 1992، ریچاردز 1996، کورای و همکاران 1999، منساه و همکاران 2006). روزیل و هامبلین (1981) شاخص تحمل[2](TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری[3] (MP) را پیشنهاد نمودند. به عقیده آن‌ها انتخاب بر مبنای مقادیر کمتر TOL به گزینش ژنوتیپ‌هایی منجر می‌شود که عملکرد آن‌ها در محیط تنش‌دار نسبت به محیط بدون تنش کاهش کمتری داشته و ثبات عملکرد دارند. انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل تنش کم منجر می‌شود. همچنین انتخاب بر اساس MP متوسط عملکرد را در هر دو محیط تنش و بدون تنش افزایش می‌دهد (فرناندز 1992). شاخص میانگین هارمونیک[4] (HARM) نیز توسط برخی از محققین مورد استفاده قرار گرفته است (ایزانلو و همکاران 1381). فیشر و مورر (1978) شاخص حساسیت به تنش[5] (SSI) را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل خشکی معرفی کردند، اما این شاخص قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل به تنش آبی از ژنوتیپ‌های با پتانسیل پایین عملکرد نیست. بنابراین، انتخاب بر اساس شاخص SSI به گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین منجر می‌شود. محدودیت استفاده از شاخص SSI توسط کلارک و همکاران (1992) و اشنایدر و همکاران (1997) نیز گزارش شده است. فرناندز (1992) شاخص‌های تحمل به تنش[6] (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری[7] (GMP) را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کرده است. شاخص STI قادر به شناسایی ارقامی با عملکرد بالقوه بالا در دو شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن بیانگر ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط خشکی است. به نظر می رسد که شاخص‌های MP، TOL و SSI برای این منظور مناسب نیستند (فرناندز 1992). به طوری که، شاخص TOL و SSI قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند) از

[2] Stress Tolerance
[3] Mean Productivity
[4] Harmonic mean
[5] Stress Susceptibility Index
[6] Stress Tolerance Index
[7] Geometric Mean Productivity

گروه C (ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط تنش عملکرد نسبتاً بالایی دارند) نبوده و شاخص MP تمایل به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پایین‌تر را دارد. از اینرو قادر به تشخیص ژنوتیپ-های گروه A از گروه B (ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط محیطی بدون تنش عملکرد بالایی دارند) نمی-باشد. گروه D شامل ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی دارند (روزیل و هامبلین 1981). فرناندز (1992) طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌ها است. اشنایدر و همکاران(1997) با به کارگیری شاخص‌های GMP و SSI برای ارزیابی ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی، شاخص GMP را شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش معرفی کردند. کلارک و همکاران (1992) نیز شاخص SSI را برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ-های متحمل به تنش رطوبتی در گندم به کار بردند و از لحاظ این شاخص در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تنوع زیادی مشاهده کردند. فریرز و همکاران (1986) با استفاده از شاخص SSI برای ارزیابی مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های آفتابگردان، تنوع ژنتیکی زیادی برای مقاومت به خشکی در این گیاه گزارش نمودند. اسنلر و دمبک (1997) با بررسی نحوه واکنش ژنوتیپ-ها و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای معرفی ژنوتیپ-های متحمل به تنش خشکی در سویا بیان کردند که بعضی از ارقام این گیاه از توانایی تحمل به تنش بالایی برخوردار هستند. سنجری (1377) در ارزیابی منابع متحمل به خشکی در گندم، شاخص STI را برای انتخاب ژنوتیپ‌های گندم با عملکرد بالا و متحمل به خشکی مناسب‌تر دانست. فریرز و همکاران (1983) معتقدند که بررسی واکنش ارقام نسبت به خشکی اگر تنها بر مبنای حساسیت عملکرد آن‌ها نسبت به خشکی باشد، مفیدتر است. فیشر و مورر (1978) دو مرحله گزینش را در تهیه ارقام متحمل به خشکی پیشنهاد کردند. ابتدا ارقام بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش آبی شدید گزینش می‌شوند و سپس نمونه‌های باقی مانده بر اساس صفات مورفولوژیک مهم مرتبط با عملکرد و مؤثر در تحمل خشکی غربال می‌گردند.

تقریباً دو سوم زمین‌های زیرکشت ایران در حوزه مناطق نیمه خشک یا دیم قرار دارد و در سال‌های متمادی بارندگی متغیر بوده و سبب اعمال تنش آبی می‌گردد. کنجد نیز محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری تلقی می‌شود. لذا هدف از این پژوهش، ارزیابی ارقام کنجد از نظر عملکرد و تحمل تنش کم‌آبی با استفاده از شاخص‌های مختلف بود، تا بتوان ارقام برتر و همچنین شاخص بهتر را برای شناسایی ارقام متحمل‌تر به شرایط تنش کم‌آبی معرفی نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 88-1387 به منظور ارزیابی ارقام کنجد از نظر تحمل تنش آبی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی پارس آباد واقع در 13 کیلومتری جاده اصلاندوز انجام شد. در این آزمایش، ده رقم کنجد از مواد ژنتیکی موجود در بانک ژن‌های گیاهی ایران از نظر تحمل کم‌آبی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری به میزان 50، 75 و 100 درصد نیاز آبی گیاه و ده رقم کنجد به عنوان عامل فرعی شامل ارقام پاناما، هندی 14، مغان 17، یلووایت، IS، ورامین 37، چینی، ناز چندشاخه، کرج1 و اولتان بود. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف به طول دو متر با فاصله ردیف 60 سانتی‌متر بود. پس از عملیات تهیه زمین و بلوک‌بندی، کاشت به صورت جوی و پشته در 27 تیر ماه 1388 (کشت دوم در منطقه مغان) انجام شد. برای تعیین مقدار و زمان آبیاری در رژیم‌های آبیاری مورد نظر، پس از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت، از نرم‌افزار CROPWAT-4 (روش پنمن-مانتیث[8]) مطابق روش فائو-56 استفاده شد (ریچارد و همکاران 1998). در این روش ابتدا با استفاده از پارامترهای هواشناسی مؤثر در تبخیر و تعرق، نیاز آبی گیاه مرجع چمن (ETo) برآورد گردید و با معرفی

[8] Penman-manteith

ضریب گیاهی (Kc) کنجد، نیاز آبی گیاه محاسبه شد. در نهایت با در نظر گرفتن باران مؤثر، مقدار آب آبیاری کنجد با استفاده از نرم‌افزار فوق برای آبیاری کامل (بدون تنش) محاسبه گردید. در ضمن رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای، در مزرعه با استفاده از کرت‌های بدون گیاه اشباع شده و پوشانده شده با پلاستیک سیاه در سه عمق 15، 45 و 75 سانتیمتری از سطح خاک اندازه‌گیری گردید. به طوری‌که، اندازه‌گیری رطوبت در روزهای متوالی تا خروج آب ثقلی و ثابت ماندن مقدار رطوبت ادامه یافت و رطوبت نقطه پژمردگی با استفاده از نرم افزار رزتا (اسکاپ و همکاران 2001) به‌دست آمد. اجزای بافت خاک شامل درصد شن، سیلت و رس خاک از روش هیدرومتری به‌دست آمد (جاکوب و کلارک 2002) و چگالی ظاهری خاک با به کارگیری سیلندرهای نمونه‌برداری (با حجم تقریبی 100 سانتی‌متر مکعب) و تهیه نمونه دست نخورده و خشک کردن آن‌ها در دمای 105 درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید (جاکوب و کلارک 2002). آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به دور آبیاری محاسبه شده با نرم افزار CROPWAT-4 با پمپ آبیاری انجام شد. بدین صورت که ابتدا دبی پمپ آبیاری محاسبه، سپس با نگه‌داشتن زمان، آبیاری مزرعه انجام گرفت. علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. در نهایت عملکرد دانه ارقام بر مبنای عملکرد دانه برداشتی از 10 بوته که از دو ردیف وسط هر واحد آزمایش برداشته شده بود، تعیین گردید. با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط عادی و تنش، شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی در شرایط تنش 75 درصد و 50 درصد نیاز آبی گیاه محاسبه شد. از شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی برای ارزیابی واکنش ارقام استفاده گردید. تجزیه واریانس برای صفات عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش آبی انجام شد و میانگین ارقام با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد مقایسه گردیدند. برای نرمال کردن داده‌های شاخص TOL از تبدیل لگاریتمی و شاخص SSI از تبدیل جذری استفاده شد. در نهایت از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای گروه‌بندی ارقام و مطالعه روابط بین شاخص‌ها استفاده شد. همچنین گروه‌بندی ارقام با استفاده از تجزیه خوشه‌ای با روش UPGMA انجام گردید.

نتایج و بحث

مقادیر برخی خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک منطقه مورد مطالعه در جدول 1 ارایه شده است. بر اساس نتایج محاسبه شده، کلاس بافت خاک از نوع رسی، جرم مخصوص ظاهری خاک 1/5 گرم بر سانتی‌متر مکعب، رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای 28/0 درصد و رطوبت نقطه پژمردگی، 15/6 درصد به‌دست آمد.

نتایج نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاه کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش) در دوره‌های مختلف در جدول 2 آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که بیشترین نیاز آبیاری کنجد در هفته اول شهریور و کمترین مقدار آن در هفته اول آبان می‌باشد که دلیل آن بیشتر بودن باران مؤثر از مقدار نیاز آبی محاسبه شده در آبان ماه است. مجموع نیاز آبی گیاه 314/55 میلی‌متر در دوره، باران مؤثر 56/61 میلی‌متر در دوره و نیاز خالص آبیاری گیاه کنجد 260/62 میلی‌متر محاسبه گردید. با کم کردن باران مؤثر از نیاز آبی گیاه، نیاز آبیاری گیاه کنجد برای هر دوره بدست آمد. در هر دوره‌ای که باران مؤثر بیشتر از نیاز آبی بود، مقدار نیاز آبیاری گیاه برابر صفر منظور گردید (ریچارد و همکاران 1998).

تجزیه واریانس به صورت کرت‌های خرد شده نشان داد که بین سطوح تنش و ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود. لذا، شاخص‌های تحمل تنش آبی با توجه به مقادیر عملکرد ارقام در شرایط تنش آبی (Ys) (آبیاری به مقدار 75 و 50 درصد نیاز آبی گیاه) و عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش آبی (Yp) محاسبه شدند.

تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه (Yp، Ys، TOL، MP، SSI، GMP، STI و HARM) به صورت کرت‌های خرد شده نیز نشان داد که در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی، بین ارقام مورد مطالعه از نظر تمامی شاخص‌ها به جزء

جدول 1- خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق (سانتی‌متر)	کلاس بافت خاک	چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (درصد)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)
15	رسی	1/5	28/2	15/6
45	رسی	1/4	26/9	15/5
75	لومی رسی	1/5	28/9	15/8

جدول 2- برآورد نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش) با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT

تاریخ	تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در دوره)	ضریب گیاهی	نیاز آبی گیاه (میلی‌متر در دوره)	باران مؤثر (میلی‌متر در دوره)	نیاز خالص آبیاری گیاه (میلی‌متر در دوره)
88/04/25	55/47	0/35	19/41	0/00	19/41
88/05/04	53/75	0/35	18/81	0/00	18/81
88/05/14	51/26	0/49	24/93	0/00	24/93
88/05/24	48/10	0/74	35/40	0/00	35/40
88/06/03	44/35	0/99	43/71	2/65	41/07
88/06/13	40/13	1/10	44/14	5/19	38/95
88/06/23	35/58	1/10	39/13	7/58	31/55
88/07/02	30/84	1/10	33/92	9/46	24/46
88/07/12	26/07	1/10	28/68	10/55	18/13
88/07/22	21/43	0/87	18/72	10/81	7/91
88/08/02	17/08	0/44	7/68	10/37	0/00
مجموع	424/04	-	314/55	56/61	260/62

شاخص‌های TOL و SSI و در شرایط تنش 50 درصد نیاز آبی، از نظر تمامی شاخص‌ها به جزء شاخص TOL، اختلاف معنی‌دار و در شرایط تنش 50 درصد نیاز آبی، از نظر تمامی شاخص‌ها به جزء شاخص TOL، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد، ارقام کرج 1 و اولتان متحمل‌ترین ارقام در شرایط تنش آبی بودند و رقم IS در گروه بعدی قرار گرفت (جدول 3). در شرایط آبیاری به مقدار 50 درصد نیز، ارقام کرج 1، اولتان و IS متحمل‌ترین ارقام در شرایط تنش آبی بودند و رقم ناز چند شاخه در گروه بعدی واقع شد (جدول 4).

نتایج نشان داد که شاخص‌های TOL و SSI تاثیر زیادی در تمایز ارقام نداشتند. این دو شاخص قدرت تشخیص یکسانی دارند و ژنوتیپ‌های متحمل ولی با عملکرد پایین را انتخاب می‌کنند. بهتر است از این شاخص‌ها در حذف ارقام حساس و نه گزینش ارقام متحمل به تنش استفاده شود (فیشر و مورر 1978). رامیرز- والجو و کلی (1998) نشان دادند که شاخص TOL در تشخیص ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط

جدول 3- مقادیر عملکرد ارقام مورد مطالعه کنجد در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی (Ys) و بدون تنش (Yp) بر حسب کیلوگرم در هکتار و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی.

HARM	STI	GMP	MP	Ys	Yp	رقم
611/65f	0/562fg	613/54f	615/44f	567/17e	663/70ef	پاناما
435/62h	0/286h	437/63h	439/66h	397/53g	481/78g	هندی 14
725/68d	0/791d	727/44d	729/20d	678/55c	779/85d	مغان 17
539/61g	0/444g	545/11g	550/66g	472/63f	628/69f	یلووایت
988/56b	1/463b	989/48b	990/40b	947/73a	1033/06b	IS
687/73de	0/710de	689/41de	691/09de	642/94cd	739/24de	ورامین 37
648/64ef	0/635ef	651/80ef	654/97ef	590/58de	719/36	چینی
843/16c	1/067c	845/10c	847/01c	789/95b	904/07c	ناز چندشاخه
1049/31a	1/65a	1050/62a	1051/93a	999/46a	1104/39ab	کرج 1
1061/90a	1/69a	1063/67a	1065/44a	1003/95a	1126/95a	اولتان

جدول 4- مقادیر عملکرد ارقام مورد مطالعه کنجد در شرایط آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی (Ys) و بدون تنش (Yp) بر حسب کیلوگرم در هکتار و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی.

HARM	STI	GMP	SSI	MP	Ys	Yp	رقم
565/33c	0/488cd	571/65c	0/993bcd	578/03c	492/36c	663/70d	پاناما
359/20e	0/206e	371/42e	1/561f	384/06e	286/35d	481/78e	هندی 14
623/51c	0/605c	636/43c	1/285e	649/61c	519/38c	779/85c	مغان 17
454/31d	0/334de	472/86d	1/671f	492/17d	355/65d	628/69d	یلووایت
928/61a	1/302a	933/39a	0/707a	938/20a	843/34a	1033/06a	IS
652/85c	0/646c	657/36c	0/805ab	661/89c	584/54bc	739/24cd	ورامین 37
603/60c	0/559c	611/57c	1/067d	619/65c	519/93c	719/36cd	چینی
768/79b	0/903b	777/55b	1/001cd	786/40b	668/73b	904/07b	ناز چندشاخه
991/63a	1/485a	996/84a	0/713a	1002/08a	899/76a	1104/39a	کرج 1
991/20a	1/490a	998/47a	0/827abc	1005/79a	884/64a	1126/94a	اولتان

تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند، از ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط تنش عملکرد نسبتاً بالایی تولید می‌کنند، ناتوان است. یکی دیگر از معایب شاخص SSI این است که این شاخص نسبت عملکرد در شرایط دارای تنش و بدون تنش را برای هر ژنوتیپ در مقایسه با همین نسبت برای کل ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین، دو ژنوتیپ با عملکرد زیاد و کم می‌توانند مقدار SSI یکسانی داشته باشند. چون، اختلاف عملکرد بین شرایط دارای تنش و فاقد تنش برای هر ژنوتیپ می‌تواند یکسان باشد (کلارک و همکاران 1992). هم‌چنین، انتخاب بر اساس SSI منجر به گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و باعث کاهش پتانسیل عملکرد دانه در محیط‌های مطلوب و بدون تنش می‌شود (کلارک و همکاران 1992). در این تحقیق رقم ورامین

37، کرج 1، اولتان و IS دارای مقادیر SSI یکسانی بودند، ولی از لحاظ میانگین تولید (MP) و عملکرد دانه در شرایط تنش آبی و بدون تنش تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول 4).

بر اساس شاخص MP، GMP، STI و HARM در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی گیاه، ارقام کرج 1 و اولتان و در شرایط آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی گیاه ارقام IS، کرج 1 و اولتان متحمل به تنش بودند (جداول 3 و 4). مطالعات محققین نشان داد که در گندم (سنجری 1377)، ماش (فرناندز 1992) و گلرنگ (ابولحسنی و سعیدی 1385) شاخص STI، در لوبیای معمولی شاخص GMP (اشنایدر و همکاران 1997)، در توتون ویرجینیا (حسنی و همکاران 1387) و نخود شاخص‌های GMP، STI و MP (سوری و همکاران 1384)، در سویا (ایزانلو و همکاران 1381 و کارگر و همکاران 1383)، ذرت دانه‌ای (احمدی و همکاران 1379) و آفتاب‌گردان شاخص‌های GMP و STI (مظفری و همکاران 1375 و رضایی زاد 1386) بهترین شاخص برای جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشند.

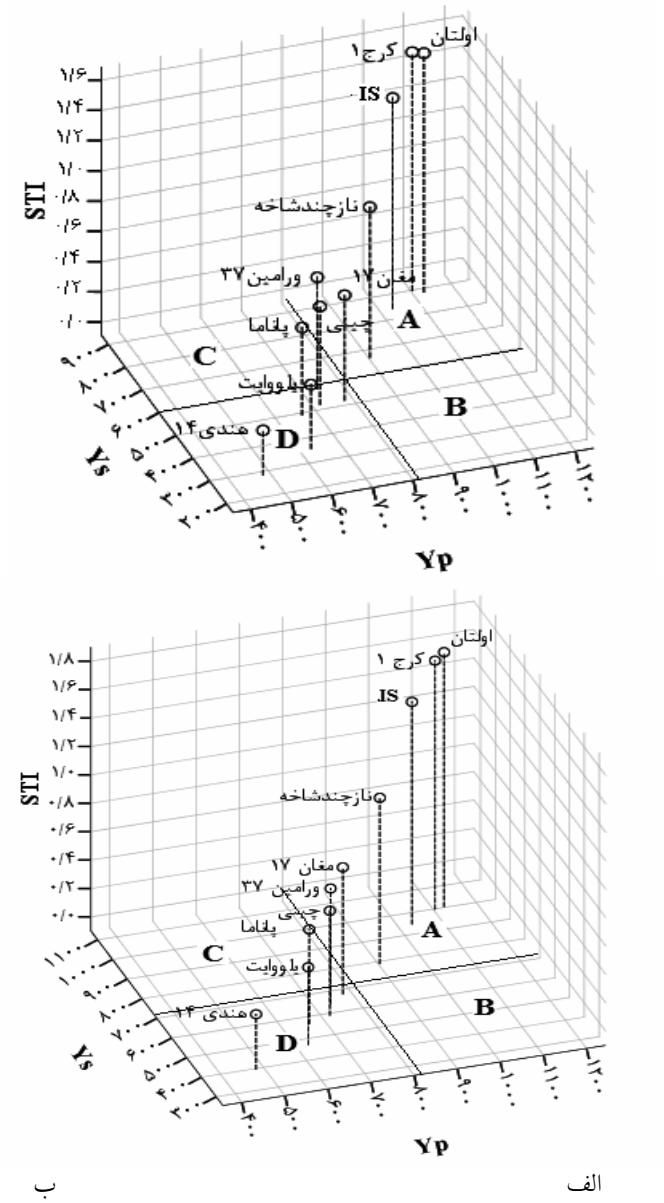
محاسبه همبستگی ساده بین عملکرد و شاخص‌های تحمل خشکی در کنجد در هر دو سطح تنش (آبیاری به مقدار 75 و 50 درصد نیاز آبی) و آبیاری معمولی نشان داد که شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM همبستگی مثبت و معنی‌دار، شاخص TOL همبستگی پایین و غیر معنی‌دار و شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش داشتند (جدول 5). هم‌چنین، شاخص TOL همبستگی مثبت و بالایی با شاخص SSI و همبستگی پایین و غیر معنی‌دار با شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM داشت. شاخص SSI نیز همبستگی منفی و بالایی با شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM داشت. شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول 5). رضایی‌زاد (1386) گزارش کرد که شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی مثبت و بسیار بالا و شاخص TOL همبستگی منفی و غیر معنی‌دار با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارند. همبستگی بین شاخص‌های MP، GMP و STI مثبت و معنی‌دار بود و شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر و همبستگی غیر معنی‌دار با شاخص‌های MP، GMP و STI داشتند. کارگر و همکاران (1383) نیز بیان کردند که شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر و با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارند. شاخص TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار با شاخص SSI و عملکرد در شرایط بدون تنش، همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار با شاخص‌های GMP، STI و HARM و همبستگی منفی و غیر معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش داشت. شاخص SSI نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در شرایط بدون تنش، همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی پایین و غیر معنی‌دار با شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM داشت.

جدول 5- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد در شرایط آبیاری معمولی و عملکرد در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد (زیر قطر) و 50 درصد (روی قطر) نیاز آبی در کنجد.

HARM	STI	GMP	SSI	MP	TOL	Ys	Yp	
0/993**	0/988**	0/994**	-0/776*	0/996**	0/115ns	0/984**	1	Yp
0/998**	0/989**	0/997**	-0/869**	0/996**	-0/063ns	1	0/995**	Ys
-0/005ns	0/022ns	0/010ns	0/498*	0/026ns	1	-0/118ns	-0/017ns	TOL
0/999**	0/992**	1/000**	-0/826**	1	-0/068ns	0/999**	0/999**	MP
-0/843**	-0/795**	-0/835**	1	-0/791**	0/640*	-0/820**	-0/760*	SSI
1/000**	0/992**	1	-0/794**	1/000**	-0/072ns	0/999**	0/998**	GMP
0/991**	1	0/994**	-0/780**	0/994**	-0/082ns	0/993**	0/992**	STI
1	0/994**	1/000**	-0/797**	1/000**	-0/077ns	0/999**	0/998**	HARM

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1% .

استفاده از نمودار سه بعدی Yp، Ys و STI (شکل 1) ارقام را در هر دو شرایط تنش آبی به دو گروه A شامل ارقام IS، ناز چندشاخه، کرج 1 و اولتان و گروه D شامل ارقام پاناما، هندی 14، مغان 17، یلووایت، ورامین 37 و چینی تقسیم کرد. این نشان می‌دهد که شاخص STI قادر به شناسایی ارقامی با عملکرد بالقوه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن بیانگر ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط خشکی است (شکل 1). استفاده از نمودار سه بعدی Yp، Ys و STI برای تشخیص ارقام گروه A از سایر گروه-ها در لوبیا توسط فرناندز (1992)، در ذرت دانه‌ای توسط احمدی و همکاران (1379)، در نخود توسط فرشادفر و همکاران (1380) و سوری و همکاران (1384) مورد استفاده و تأیید قرار گرفته است.



ب الف

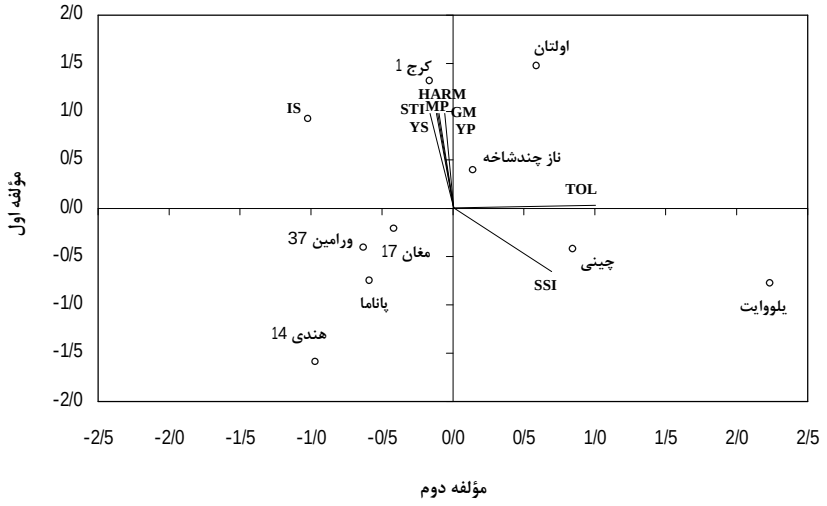
شکل 1- نمودار تعیین ارقام متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص STI در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی گیاه (الف) و در شرایط آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی گیاه (ب).

برای اینکه در انتخاب ارقام متحمل به تنش آبی از تمام شاخص‌ها به طور همزمان استفاده شود، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، نیز استفاده شد و 6 شاخص در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی، دو مؤلفه اصلی اول 99/59 درصد از تغییرات کل بین شاخص‌ها را توجیه کرد. مؤلفه اصلی اول 80/61 درصد از تغییرات کل را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط بدون تنش، تنش و نیز با کلیه شاخص‌ها به جزء TOL داشت. ارتباط این مؤلفه تنها با شاخص SSI به صورت منفی بود. با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند، در صورت گزینش بر اساس مؤلفه اصلی اول، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط هستند. بنابراین، مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل خشکی نامگذاری کرد. دومین مؤلفه اصلی نیز 18/984 درصد از تغییرات کل شاخص‌ها را تبیین کرد و همبستگی منفی با عملکرد در هر دو شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص های TOL و SSI داشت. بنابراین، مؤلفه اصلی دوم را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش نامید. با توجه به اینکه مقادیر کم شاخص‌های TOL و SSI مطلوب هستند، لذا مقادیر بالای این مؤلفه می‌تواند در شناسایی ارقام حساس مفید باشد. فرناندز (1992) نیز روابط بین شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل تنش را به صورت نمودار بای‌پلات چند متغیره بررسی نمود. در شدت تنش متوسط مؤلفه اول 69 درصد از تنوع شاخص‌ها را بیان نمود که آن را بنام مؤلفه پتانسیل عملکرد نامگذاری کرد. مؤلفه دوم که حدود 30 درصد تغییرات کل داده‌ها را در برداشت به نام مؤلفه تحمل تنش نامید. احمدی و همکاران (1379)، کارگر و همکاران (1383)، سوری و همکاران (1384)، ابولحسنی و سعیدی (1385)، رضایی‌زاد (1386) و حسنی و همکاران (1387) نیز در مطالعه و گروه‌بندی شاخص‌ها، مؤلفه اول را بنام مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی و مؤلفه دوم را به نام مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری کردند.

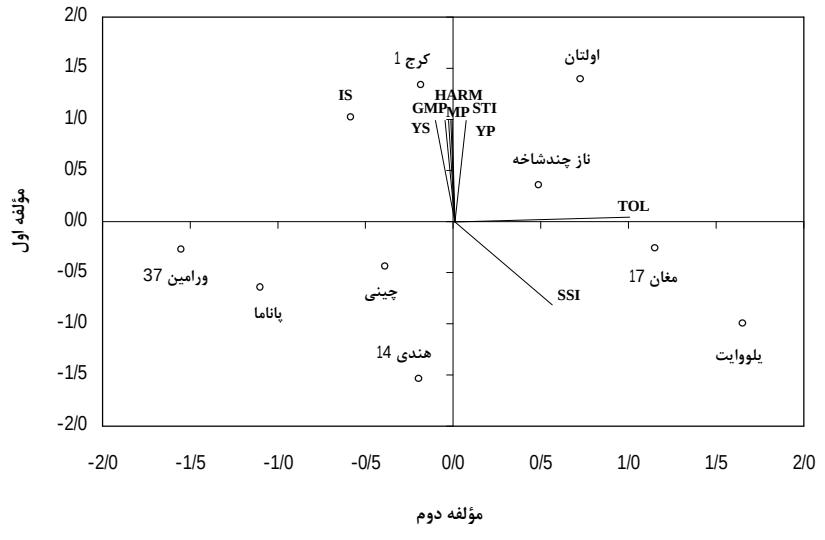
در شرایط آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی گیاه نیز دو مؤلفه اصلی اول و دوم 99/34 درصد از تغییرات و عملکرد در شرایط دارای تنش و بدون تنش به دو مؤلفه مستقل از هم تبدیل شدند (جدول 6) و در نهایت از این دو مؤلفه برای گروه‌بندی ارقام استفاده گردید. کل بین شاخص‌ها را توجیه کرد. در این سطح تنش نیز ساختار ضرایب دو مؤلفه، مشابه شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی گیاه بدست آمد.

گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم در سطوح آبیاری به مقدار 75 و 50 درصد نیاز آبی انجام شد. علاوه بر گروه‌بندی، روابط بین شاخص‌ها نیز در نمودارهای دوگانه مشخص گردید (شکل 2). در شرایط آبیاری به مقدار 75 و 50 درصد نیاز آبی گیاه، ارقام IS و کرج 1 در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به تنش کم‌آبی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل خشکی STI، GMP، MP و HARM قرار داشتند (قسمت بالا و سمت چپ) (شکل 2) و ارقام یلووایت و چینی در تنش 75 درصد نیاز آبی گیاه (شکل 2- الف) و ارقام مغان 17 و یلووایت در شرایط آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی گیاه (شکل 2- ب) در ناحیه با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی TOL و SSI بودند (قسمت پایین و سمت راست). این نوع توزیع بیان کننده تنوع ژنتیکی موجود در ارقام نسبت به شرایط تنش است.

برای گروه‌بندی ارقام بر مبنای عملکرد آن‌ها و شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA نیز استفاده شد (شکل 3). در فاصله ده، در سطح آبیاری به مقدار 75 درصد نیاز آبی، 4 گروه و در سطح آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی، 3 گروه از ارقام مشخص شد. گروه‌های حاصل در تجزیه واریانس چند متغیره در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. در سطح تنش آبیاری به مقدار 75 نیاز آبی، ارقام IS، کرج 1 و اولتان در یک گروه قرار گرفته، تحمل و عملکرد بیشتری در شرایط تنش آبی



الف



ب

شکل 2- بای پلات 10 رقم کنجد و هشت شاخص تحمل به خشکی بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد (الف) و 50 درصد (ب) نیاز آبی

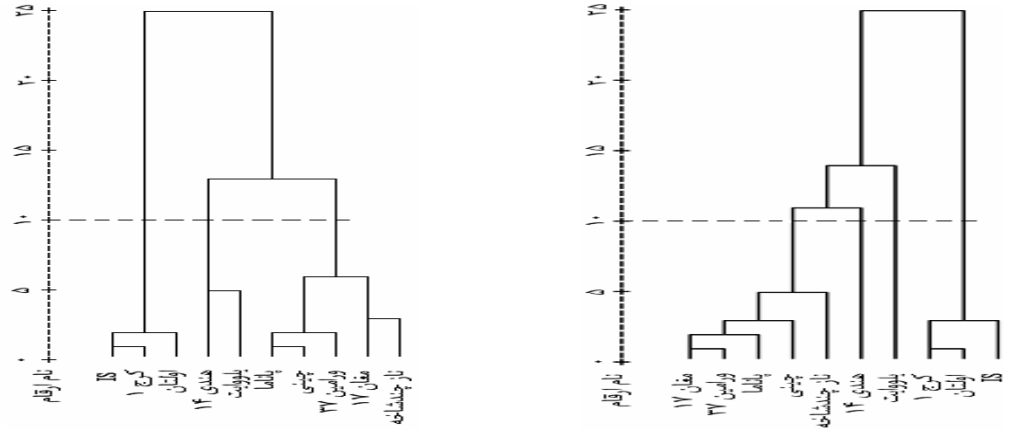
داشتند و ارقام پاناما، مغان 17، ورامین 37، چینی و ناز چندشاخه در گروه دوم قرار گرفتند. در این سطح تنش، رقم یلووایت در گروه سوم و رقم هندی 14 در گروه چهارم قرار گرفتند. این ارقام دارای کمترین مقادیر برای شاخص، عملکرد پایین و تحمل کمتر در شرایط تنش آبی بودند. در سطح آبیاری به مقدار 50 درصد نیاز آبی نیز ارقام IS، کرج 1 و اولتان در گروه یک، ارقام پاناما، مغان 17، ورامین 37، چینی و ناز چندشاخه در گروه دوم و ارقام هندی 14 و یلووایت در گروه سوم قرار گرفتند. در هر دو سطح تنش ارقام IS، کرج 1 و اولتان در گروه ارقام متحمل و با عملکرد بالا و ارقام هندی 14 و یلووایت در گروه یا گروه‌های با تحمل و عملکرد پایین قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی و خوشه‌ای تا حدودی با هم منطبق بودند. به دلیل سهم خیلی زیاد مولفه اول نسبت به مولفه دوم، این انطباق بیشتر براساس مولف اول می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های STI، GMP، MP و HARM همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر و با عملکرد در هر دو شرایط تنش (آبیاری به مقدار 75 و 50 درصد نیاز آبی گیاه) و بدون تنش دارند و می‌توان از آن‌ها برای شناسایی ارقام متحمل به تنش استفاده نمود. این شاخص‌ها مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی ارقام با عملکرد بالا و مقاومت به خشکی در کنجد می‌باشند. نتایج بدست آمده از گروه‌بندی ارقام با روش‌های مختلف نشان داد که رقم کرج 1، IS و اولتان به عنوان بهترین ارقام با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی در شرایط تنش آبی بودند. ارقام هندی 14 و یلووایت به عنوان ارقام حساس به تنش خشکی با عملکرد پایین در شرایط تنش آبی شناخته شدند.

جدول 6- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد (الف) و 50 درصد نیاز آبی (ب) برای دو مؤلفه اصلی اول و دوم در10 رقم کنجد.

	مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی (درصد)	Y_P	Y_S	TOL	MP	SSI	GMP	STI	HARM
الف	اول	6/449	80/607	0/999	0/989	0/030	0/995	-0/728	0/994	0/988	0/994
	دوم	1/519	99/590	-0/050	-0/150	0/997	-0/100	0/675	-0/105	-0/108	-0/110
ب	اول	6/625	83/614	0/998	0/994	0/050	1/000	-0/814	0/999	0/992	0/998
	دوم	1/322	99/340	0/065	-0/113	0/995	-0/024	0/557	-0/040	-0/016	-0/056



شکل 3- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای با روش UPGMA برای 10 رقم کنجد بر اساس شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد ارقام، در شرایط آبیاری به مقدار 75 درصد (راست) و 50 درصد (چپ) نیاز آبی گیاه

منابع مورد استفاده

ابولحسنی خ و سعیدی ق ا، 1385. ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 10، شماره 3(ب). صفحه‌های 407 تا 419.

احمدی ج، زینالی خانقاه ح، رستمی م ع و چوگان ر، 1379. بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای‌پلات در هیبریدهای ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 31، شماره 3. صفحه‌های 513 تا 523.

ایزانلو ع، زینالی ح، حسین زاده ع و مجنون حسینی ن، 1381. تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ارقام تجاری سویا. صفحه‌های 553 تا 554. مقاله‌های کلیدی هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج.

پورصالح م، 1374. گیاهان اقتصادی جهان (ترجمه). انتشارات مؤسسه اصلاح بذر و تهیه نهال کرج.

حسنی س، پیردشتی ه ا، مصباح ر و بابائیان جلودار ن ع، 1387. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در عملکرد شش رقم توتون ویرجینیا (*Nicotiana tabacum* L.). مجله نهال و بذر، جلد 24، شماره 1. صفحه‌های 129 تا 143.

رضایی‌زاد ع، 1386. واکنش برخی ژنوتیپ‌های آفتابگردان به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تنش خشکی. مجله نهال و بذر، جلد 23، شماره 1. صفحه‌های 43 تا 58.

سنجری ا ق، 1377. ارزیابی منابع متحمل به تنش و پایداری عملکرد ارقام و لاین‌های گندم در منطقه نیمه‌خشک کشور. صفحه 143. مقاله‌های کلیدی پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج.

سوری ج، دهقانی ح و صباغ‌پور س ح، 1384. مطالعه ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 36، شماره 6. صفحه‌های 1517 تا 1527.

فرشادفر ع، زمانی م ر، مطلبی م و امام‌جمعه ع ع، 1380. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 32. صفحه‌های 65 تا 76.

کارگر س م ع، قنادها م ر، بزرگی‌پور ر، خواجه‌احمد عطاری ا ع و بابایی ح ر، 1383. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 35، شماره 1. صفحه‌های 129 تا 142.

مظفری ک، عرشی ی و زینالی ح، 1375. بررسی اثر تنش خشکی در برخی از صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد آفتاب‌گردان. مجله نهال و بذر، جلد 12، شماره 3. صفحه‌های 24 تا 33.

ناصری ف، 1375. دانه‌های روغنی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی.

Bajji M, Lutts S and Kinet JM, 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf) arid condition. Plant Sci 160: 669-681.

Blum A, 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC press, Boca Raton, FL. pp 38-78.

Clark JM, Depauw RM and Townley-Smith TF, 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Sci 32: 723-728.

FAO. 2008. Bulletin of statistics. 4: 43-45

Fereres E, Gimenez C and Fernandez JM, 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought, I: Yield relationships. Aust J Agric Res 37: 573-582.

Fereres E, Gimenez C, Brengena J, Fernandez JM and Dominguez J, 1983. Genetic variability in sunflower cultivars in response to drought. Helia 6: 17-21.

Fernandez GCJ, 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

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

Jacob H and Clarke G, 2002. Methods of Soil Analysis. Soil Sci Am, Inc, Madison, Wisconsin, USA.

Karaaslan D, Boydak E, Gercek S, Simsek M, 2007. Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame grown in harran region. Asi. J Plant Sci 6: 623-627.

Ledent JF and Moss DN, 1979. Relation of morphological characters and shoot yield in wheat. Crop Sci 19: 445-451.

Mensah JK, Obadoni BO, Eroutor PG, Onome-Irieguna F, 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesame indicum* L.). Af J Biotechnol 5: 1249-1253.

Parry MJ, Androloje JP, Khan S, Lea PJ, Keys AJ, 2002. Rubisco activity: effects of drought stress. Ann. of Botany 89: 833-839.

Quarrie SA, Stojanovic J and Pekic S, 1999. Improving drought tolerance in small-grain cereals: A case study, progress and prospects. Plant Growth Regul 29: 1-21.

Quisenberry JE, 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. Pp. 193-212. In: Christiansen MN and Lewis CP (eds). Breeding plants for less favorable environments. Wiley Intersciences. New York, USA.

Ramirez-Vallejo P, Kelly JD, 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.

Richard GA, Pereira L, Raes D and Smith M, 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO, Rome.

Richards RA, 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regul 20: 157-166.

Rosielle AA and Hamblin J, 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci 21: 943-946.

Salehpour M, Ebadi A, Izadi M, Jamaati-e-Somarin S, 2009. Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. J Environ Sci 3: 103-109.

Schaap MG, Leij FJ and Van Genuchten MTH, 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. J Hydrol 251: 163-176.

Schnider KA, Rosales-Serna R, Ibarra-Perez F, Cazares-Enriques B, Acosta-Gallegos JA, Ramirez-Vallejo P, Wassimi N and Kelly JD, 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci 37: 43-50.

Sneller CH and Dombek D, 1997. Use of irrigation in selection for soybean yield potential under drought. Crop Sci 37: 1141-1147.

Srivastava JP, Acevedo E and Varma S, 1987. Drought Tolerance in Winter Cereal. John Wiley.

Tantawy MM, Ouda SA, Khalil FA, 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. J App Sci Res 3: 7-12.

Ucan K, Killi F, Gencoglan C, Merdun H, 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesame indicum* L.) under field conditions. Field Crops Res 101: 249-258.