به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۲ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۱۸۵-۱۹۷

ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی در برخی ژنوتیپ‌های کنجد

محمد ضابط*[۱] و علی‌رضا صمدزاده[۲]

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲. مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

تنوع ژنتیکی و تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های کنجد از طریق مطالعهٔ شاخص‌های تحمل به خشکی و ترسیم بای‌پلات با آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۱۳۸۹ـ ۱۳۹۰ بررسی شد. تیمار مورد نظر در ۱۲ سطح شامل ژنوتیپ‌های بیرجند، خوسف، تربت جام، رقم سینتتیک (صفی‌آباد)، داراب ۱، داراب ۱۴، بندرعباس، یلووایت، دشتستان ۲، دشتستان ۵ و لاین‌های ۲ و *TN234* و تنش در دو سطح (تنش خشکی و نرمال) بود. آبیاری در محیط نرمال براساس ۱۰۰ و در محیط تنش براساس ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس *A* انجام گرفت. ژنوتیپ‌های مورد نظر از نظر کلیهٔ صفات به استثنای طول، عرض و تعداد کپسول تفاوت معناداری با هم در هر دو محیط داشتند و تنش بر کلیهٔ صفات به‌جزطول و عرض کپسول تأثیرگذار بود. ژنوتیپ‌های بندرعباس و داراب ۱۴ بیشترین و ژنوتیپ‌های صفی‌آباد و لاین ۲ کمترین عملکرد در شرایط نرمال را داشت. در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های داراب ۱ و لاین *TN234* بیشترین و ژنوتیپ‌های بیرجند و داراب ۱۴ کمترین عملکرد داشتند. بیشترین آسیب تنش در صفات تعداد کپسول، عملکرد دانه، تعداد برگ و شاخص برداشت و کمترین آسیب در صفات تعداد شاخهٔ فرعی، وزن هزاردانه، وزن کپسول، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد. بنابراین، شاخص‌های *STI*[۱]، *GMP*[۲]، *MP*[۳] و *Harm*[۴] مطلوب بوده و گزینش براساس آن‌ها ژنوتیپ‌های داراب ۱ و لاین *TN234* را به‌منزلهٔ ژنوتیپ‌های مطلوب شناسایی کرد.

کلیدواژه‌ها: پلات، خوشه، شاخص، مؤلفه، همبستگی.

1. Stress Tolerance Index
2. Geometric Mean Productivity
3. Mean Productivity
4. Harmonic Mean

* نویسنده مسئول Email: mzabet@birjand.ac.ir

مقدمه

کنجد (*sesamus indicum* L.) یکی از دانه‌های روغنی قدیمی است و در ایران نیز کشت‌وکار آن قدمتی طولانی دارد. دانهٔ کنجد منبع مهم روغن (۴۴ـ ۵۸ درصد)، پروتئین (۱۸ـ ۲۵ درصد) و کربوهیدرات (۱۳/۵ درصد) است (۴، ۶، ۷، ۸ و ۳۳). روغن کنجد بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان را دارد (۶، ۱۱، ۱۶ و ۱۷) و شامل چندین اسید چرب ازجمله اسید اولئیک (۴۳ درصد)، اسید لینولئیک (۳۵ درصد)، اسید پالمیتیک (۱۱ درصد)، و اسید استئاریک (۷ درصد) است (۲۲، ۲۳، ۲۹ و ۳۸). علاوه بر این، روغن کنجد در صنعت مواد غذایی بسیار مهم است، زیرا عطر و طعم آن متمایز و کیفیت روغن دانهٔ این گیاه برای تغذیه عالی است (۳ و ۱۶). سطح کشت جهانی کنجد در ۶/۶۲ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ۶۱۷/۴ کیلوگرم و در ایران، ۴۰ هزار هکتار با میانگین عملکرد ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار است (۱۸). یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه و سطح زیر کشت آن، فقدان گونه‌های اصلاح‌یافته است (۳۸). این وضعیت را می‌توان با انتخاب ارقام با کیفیت خوب و پتانسیل سازگاری بالا با شرایط آب و هوایی گوناگون اصلاح کرد (۵ و ۳۹).

خشکی از تنش‌های غیرزندهٔ محیطی است که تولید گیاهان زراعی را در جهان با محدودیت روبه‌رو ساخته است (۲۵، ۳۶ و ۳۷). به‌طورکلی، تنش خشکی موجب آثار مخرب جدی بر جنبه‌های مختلف ازجمله کاهش طول دورهٔ رشد گیاه، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد دانهٔ گیاهان مختلف می‌شود (۲۱). کنجد محصولی بسیار متحمل به خشکی است و در انواع مناطق، خاک‌های ضعیف و دماهای بالا رشد می‌کند (۱۵ و ۳۰). خرده‌مالکان آن را در مقیاس کوچک و تحت تنش رطوبتی با بازده کم کشت‌وکار می‌کنند (۱۰). تنش خشکی با تأثیر بر نرخ رشد، توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، تعداد و اندازهٔ برگ‌ها، ارتفاع گیاه و زیست‌توده[1] سبب کاهش رشد و توسعهٔ کنجد می‌شود. تأثیر تنش در مرحلهٔ گل‌دهی بیش از مرحلهٔ گیاهچه‌ای است و اجزای عملکرد به استثنای وزن هزاردانه را بیشتر تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. تنش در مرحلهٔ گیاهچه‌ای بیشتر بر وزن هزاردانه تأثیرگذار است، اما تنش در مرحلهٔ گل‌دهی تأثیر زیادی بر ارتفاع بوتهٔ کنجد، اندازهٔ کپسول، دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و وزن خشک ریشه دارد و ارقام مختلف کنجد پاسخ‌های متفاوتی به تنش خشکی دارند (۳۵). به‌طورکلی، عملکرد دانه در کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه بستگی دارد و افزایش دفعات آبیاری به‌طور معناداری تعداد دانه در کپسول، تعداد شاخه‌های فرعی و میزان زیست‌توده در واحد سطح را افزایش می‌دهد (۱۴). در یک پژوهش با افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در واحد سطح کاهش یافت. شاخص برداشت ارقام کنجد با کاهش میزان آب افزایش یافت، به‌طوری‌که اثر کم‌آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی بیشتر از اثر آن بر عملکرد دانه بود (۱). در پژوهشی که به‌منظور بررسی آثار تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی و کمّی کنجد صورت گرفت تنش خشکی سبب ۵۵، ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصد کاهش به‌ترتیب در شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد مادهٔ خشک شد. به‌طورکلی، تنش کمبود رطوبتی سبب کاهش رشد و عملکرد دانهٔ کنجد از ۱۲۱۲ به ۶۲۵ کیلوگرم در هکتار شد (۲۶ و ۲۷).

حساسیت به خشکی یک ژنوتیپ معمولاً براساس میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش آبی برآورد می‌شود (۹). پژوهش‌های متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان

1. Biomass

زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و به همین منظور شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش پیشنهاد شده است (۱۹، ۲۸، ۳۱، ۳۴ و ۳۵). پژوهشگران دیگری نیز بهترین معیار تحمل به خشکی را عملکرد دانه دانسته‌اند (۲۰). یکی از اهداف اصلاحی و مهم در کنجد، پرورش ارقام کنجد مقاوم به خشکی است. براساس پژوهش انجام‌شده بر روی ۱۷ ژنوتیپ کنجد در دو شرایط تنش آبی و نرمال، عملکرد و اجزای عملکرد، حساسیت بیشتری نسبت به صفات مورفولوژیکی از خود نشان دادند (۲۵). تنش خشکی سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانهٔ کنجد را کاهش داد (۲۴). بنابراین، وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و در شرایط مطلوب به‌منزلهٔ نقطهٔ شروع برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است. میزان تحمل به خشکی و شاخص‌های تحمل به تنش در کنجد بررسی شد و شاخص‌های MP، Harm، STI و GMP به‌منزلهٔ بهترین شاخص‌ها در جداسازی ارقام متحمل شناخته شدند، لیکن شاخص‌های SSI[1] و TOL[2] در تمایز ارقام نقش زیادی نداشتند (۱۳).

بهینه‌سازی آبیاری یک عمل بسیار مهم در مدیریت محصول است که در آن می‌تواند تلفات آب آبیاری کاهش و عملکرد بالا حاصل شود. زمانی‌که تعداد دفعات آبیاری از ۷ به ۵ می‌رسد عملکرد کنجد ۶/۴۲ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین، کاهش تعداد دفعات آبیاری، سبب از دست رفتن مقدار کمی از محصول می‌شود (۳۶). تنوع ژنتیکی کافی و درنتیجه امکان انتخاب ژنوتیپ مقاوم به خشکی وجود دارد. تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که هر ۴ شاخص MP، HARM، STI و GMP برای غربال ژنوتیپ‌ها مناسب‌اند (۲۱).

تقریباً دو سوم زمین‌های زیرکشت ایران در حوزهٔ مناطق نیمه‌خشک یا دیم قرار دارد و در سال‌های متمادی میزان بارندگی‌ها متغیر بوده و سبب اعمال تنش آبی شده است و ازآنجاکه کنجد محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است، در بسیاری از نواحی ممکن است از توده‌های محلی کنجد برای کاشت استفاده شود که پتانسیل عملکرد کمی دارد. کپسول در این توده‌ها شکوفا و خطر ریزش آن‌ها زیاد است، اما توده‌های بومی سازگاری بسیار خوبی با شرایط اقلیمی هر منطقه دارند و می‌توان با انجام انتخاب در بین آن‌ها به رقم مطلوبی دست یافت (۲).

بهبود ارقام برای تحمل به خشکی یکی از اهداف عمدهٔ اصلاحی کنجد است. شرایط آب و هوای نیمه‌بیابانی بیرجند (زمستان‌های سرد و تابستان‌های خشک و گرم) و کمی میزان بارش سبب شده است که کشت‌وکار این محصول ارزشمند روغنی به فراموشی سپرده شود. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی ارقام کنجد از نظر عملکرد و تحمل تنش کم‌آبی با استفاده از عملکرد در شرایط نرمال و تنش و شاخص‌های تحمل به تنش است.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۱۲ ژنوتیپ کنجد شامل ژنوتیپ‌های بیرجند، خوسف، تربت جام، رقم سینتتیک (صفی‌آباد)، داراب ۱، داراب ۱۴، بندرعباس، یلووایت، دشتستان ۲، دشتستان ۵ و لاین‌های ۲ و TN234 استفاده شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در مزرعهٔ آموزشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در پردیس امیرآباد در سال زراعی ۱۳۸۹ـ ۱۳۹۰ اجرا شد. یک قطعه به محیط تنش و دیگری به محیط نرمال اختصاص یافت. عملیات تهیهٔ زمین شامل شخم پاییزه،

1. Stress Susceptibility Index
2. Tolerance Index

دیسک بهاره، تسطیح و تهیهٔ جوی و پشته بود. بذور مربوط به هر ژنوتیپ در ۴ خط به طول ۲ متر کشت شد. فاصلهٔ بین بوته‌ها ۱۰ و فاصلهٔ بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری در تاریخ ۱۳۹۰/۰۲/۱۵ انجام و به عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. تنش مورد نظر براساس میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. تا قبل از اعمال تنش هر ۲ قطعه (نرمال و تنش) براساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A آبیاری شد. با شروع گل‌دهی تنش مورد نظر آغاز شد و در محیط نرمال آبیاری براساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و در محیط تنش براساس ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت پذیرفت.

اندازه‌گیری صفات براساس ۱۰ بوتهٔ برداشت‌شده از ۲ خط وسطی و با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام گرفت. صفات اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: ۱. وزن هزاردانه: متوسط وزن هزاردانه (برحسب گرم)؛ ۲. عملکرد اقتصادی: دانه‌های به‌دست‌آمده از ۱۰ بوته که نمایندهٔ آن خط بودند با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند؛ ۳. عملکرد بیولوژیکی: ۱۰ بوته که به‌طور تصادفی انتخاب و نمایندهٔ آن خط بودند با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند؛ ۴. تعداد کپسول در بوته: متوسط تعداد کپسول در ۱۰ بوته؛ ۵. تعداد شاخهٔ فرعی: متوسط تعداد شاخه‌های فرعی در ۱۰ بوته؛ ۶. تعداد برگ: متوسط تعداد برگ در ۱۰ بوته؛ ۷. طول کپسول: متوسط طول ۱۰ کپسول (برحسب سانتی‌متر)؛ ۸. عرض کپسول متوسط عرض ۱۰ کپسول (برحسب سانتی‌متر)؛ ۹. وزن کپسول: وزن ۲۰ کپسول که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و ۱۰. ارتفاع بوته: متوسط ارتفاع ۱۰ بوته (برحسب سانتی‌متر). بعد از برآورد صفات، داده‌ها تحلیل آماری شدند. برای تعیین میزان تحمل ارقام به خشکی از ۶ شاخص SSI، MP، GMP، TOL، Harm و STI استفاده و براساس مقادیر به‌دست‌آمده ارقام گروه‌بندی شدند. فرمول محاسباتی این شاخص‌ها به شرح زیر است:

۱. شاخص حساسیت به تنش: $SSI = \frac{1-(YS/YP)}{SI}$

۲. SI: شدت تنش: $SI = (1-\frac{\bar{Y}S}{\bar{Y}P})$

۳. میانگین حسابی باروری: ۴ $MP = \frac{YP+YS}{2}$

۴. میانگین هندسی باروری: $GMP = \sqrt{(YS)(SP)}$

۵. شاخص تحمل: $Tol = YP - YS$

۶. شاخص تحمل به تنش: $STI = \frac{(YP)(YS)}{(\bar{Y}P)^2}$

۷. میانگین هارمونیک: $Harm = (2(YP,YS)) / (YP + YS)$

در این رابطه‌ها، YS و YP عملکرد بالقوهٔ هر ژنوتیپ در محیط تنش و نرمال و $\bar{Y}S$ و $\bar{Y}P$ میانگین عملکرد کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و نرمال را نشان می‌دهد.

ابتدا فرض همگن‌بودن واریانس‌ها با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. باتوجه به همگنی واریانس، تجزیهٔ واریانس مرکب صورت گرفت تا معناداری آثار ژنوتیپ، اثر تنش (محیط یا مکان نرمال و تنش) و آثار متقابل محیط × ژنوتیپ محاسبه شود. مقایسهٔ میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همبستگی بین شاخص‌ها با استفاده از تجزیهٔ همبستگی به روش پیرسون محاسبه شد. در تجزیهٔ بای‌پلات ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط‌های تنش و نرمال از سایر ژنوتیپ‌ها تفکیک شد. برای انجام تجزیهٔ بای‌پلات[1] شاخص‌های محاسبه‌شده به همراه دو متغیر عملکرد در محیط تنش و نرمال وارد تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شدند و سپس دو مؤلفهٔ اول که بیشترین تغییرات را توجیه کردند، برای

1. Bi-Plot

تمامی ژنوتیپ‌ها محاسبه شد. در مرحلهٔ بعد، مؤلفه دوم بر روی مؤلفهٔ اول پلات شد. دو مؤلفه به‌صورت دو محور عمود بر هم نمایش و ژنوتیپ‌ها براساس این دو مؤلفه در سطح نمودار به‌دست‌آمده توسط نقاطی مشخص شد. با توجه به همبستگی شاخص‌ها با عملکرد در محیط‌های نرمال و تنش، بهترین شاخص‌ها تعیین و براساس این شاخص‌های برتر متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی معرفی شدند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیهٔ کلاستر به روش وارد[1] و براساس معیار فاصله‌ای اقلیدوسی انجام شد. برای محاسبهٔ درصد تغییرات ناشی از تنش از رابطهٔ زیر استفاده شد:

$$C = \frac{(CP - CD)}{CP} \times 100 \quad - ۸ \qquad (۱)$$

در این رابطه، C درصد تغییر صفت، CP میانگین صفت تحت شرایط نرمال و CD میانگین صفت تحت شرایط تنش است. در تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS، Excel و Statgraph استفاده شد.

نتایج و بحث

الف) تجزیهٔ واریانس مرکب و بررسی تغییرات ناشی از تنش

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس مرکب در دو محیط نرمال و تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد نظر از نظر بیشتر صفات به استثنای طول، عرض و تعداد کپسول، تفاوت معناداری با هم دارند. ژنوتیپ‌های مختلف در دو محیط نرمال و تنش، در بیشتر صفات با یکدیگر مختلف بودند. اثر مکان (محیط‌های نرمال و تنش) در کلیهٔ صفات به استثنای طول و عرض کپسول معنادار نشد. به عبارت دیگر، شرایط نرمال و تنش بر روی بیشتر صفات تأثیرگذار بوده است. تنش اعمال‌شده در سطح یادشده تنها بر پارامترهای طول و عرض کپسول تأثیر نداشته است لیکن بر کلیهٔ صفات دیگر تأثیرگذار بوده است. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، تنها برای وزن ۲۰ کپسول، عملکرد و شاخص برداشت معنادار شد. وزن کپسول، عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های مختلف عکس‌العمل متفاوتی نشان داد.

برای آنکه مقدار تأثیر تنش مشخص شود درصد تغییرات ناشی از تنش محاسبه شد (جدول ۱). صفات تعداد کپسول، عملکرد دانه، تعداد برگ و شاخص برداشت، آسیب جدی از تنش دیدند. صفات تعداد شاخهٔ فرعی، وزن هزاردانه، وزن کپسول، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی آسیب کمتری متحمل شدند. صفات طول و عرض کپسول بر اثر تنش خشکی تغییری از خود نشان ندادند. بدیهی است که تنش خشکی با تأثیر بر توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، تعداد و اندازهٔ برگ‌ها، ارتفاع گیاه و عملکرد بیولوژیکی، سبب کاهش رشد و توسعهٔ کنجد می‌شود (۳۵). چنین نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد، زیرا با افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در واحد سطح کاهش می‌یابد (۱). نتایج حاصل از تحقیقات دیگر پژوهشگران مؤید این مطلب است که تنش در مرحلهٔ گیاهچه‌ای بیشتر بر وزن هزاردانه تأثیرگذار بود، لیکن تنش در مرحلهٔ گل‌دهی تأثیر زیادی بر ارتفاع بوتهٔ کنجد، اندازهٔ کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و وزن خشک ریشه گذاشته است و ارقام مختلف کنجد پاسخ‌های متفاوتی نسبت به تنش خشکی نشان داده‌اند (۳۵). عملکرد و اجزای عملکرد حساسیت بیشتری نسبت به صفات مورفولوژیکی از خود نشان می‌دهند (۲۴ و ۲۵).

1. ward

جدول ۱. تغییرات ناشی از تنش خشکی بر روی صفات اندازه‌گیری شده در کنجد

صفات	میانگین صفت در شرایط نرمال	میانگین صفت در شرایط تنش	درصد تغییرات صفات
تعداد کپسول	۴۷/۱۵	۲۸/۶۹	۳۹/۱
ارتفاع بوته	۸۲/۰۱	۷۱/۱۹	۱۳/۱
تعداد شاخهٔ فرعی	۵/۷۱	۴/۷	۱۷/۶
تعداد برگ	۱۲۶/۵۲	۹۵/۹۹	۲۴/۱
طول کپسول	۲/۵۵	۲/۵۵	۰/۰
عرض کپسول	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۰
وزن کپسول	۲/۳۸	۲/۰۳	۱۴/۷
وزن هزاردانه	۲/۱۴	۱/۷۷	۱۴/۲۸
عملکرد بیولوژیکی	۱۱۹/۴۴	۱۱۳/۸	۴/۷۲
عملکرد دانه	۲۰/۶۴	۱۵/۰۵	۲۷/۰۸
شاخص برداشت	۰/۱۷	۰/۱۳	۲۳/۵۲

جدول ۲. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در ژنوتیپ‌های کنجد

	YP	YS	SSI	TOL	MP	STI	GMP	Harm
YP								
YS	۰/۷۸**							
SSI	۰/۵۰	-۰/۱۲						
TOL	۰/۸۰**	۰/۲۶	۰/۹۰**					
MP	۰/۹۶**	۰/۹۱**	۰/۲۷	۰/۶۲*				
STI	۰/۹۵**	۰/۹۲**	۰/۲۲	۰/۵۸*	۰/۹۹**			
GMP	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۲۲	۰/۵۷*	۰/۹۹**	۰/۹۹**		
Harm	۰/۹۳**	۰/۹۵**	۰/۱۶	۰/۵۲	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	

† ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ب) تجزیهٔ همبستگی، مقایسهٔ میانگین عملکردها و شاخص‌ها و شناسایی بهترین شاخص و متحمل‌ترین ژنوتیپ

نتایج حاصل از بررسی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که شاخص‌های STI، GMP، MP و Harm همبستگی مثبت و معناداری با عملکرد در محیط‌های نرمال و تنش داشت و شاخص‌های TOL و SSI هیچ‌گونهٔ همبستگی معناداری با عملکرد در شرایط تنش نداشت (جدول ۲). شاخص TOL همبستگی مثبت و معناداری با عملکرد در شرایط نرمال داشت، اما هیچ‌گونه همبستگی معناداری با عملکرد در شرایط تنش نشان نداد. شاخص SSI نیز هیچ‌گونه همبستگی معناداری با عملکرد

در هر دو شرایط نشان نداد. باتوجه به وجودنداشتن همبستگی یا همبستگی در یک محیط شاخص‌های TOL و STI نمی‌توانند در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل مفید واقع شوند و بنابراین، شاخص‌های مناسبی در جهت تشخیص ژنوتیپ‌های مطلوب کنجد در هر دو شرایط نیستند.

شاخص‌های MP، Harm، STI و GMP به‌منزلهٔ بهترین شاخص‌ها در جداسازی ارقام متحمل شناخته شدند، لیکن شاخص‌های SSI و TOL در تمایز ارقام نقش زیادی نداشتند که از این نظر با مطالعهٔ کنونی مطابقت دارد. مطالعهٔ شاخص‌های تحمل به خشکی در گیاهان دیگر نیز کارایی بالاتر شاخص‌های MP، Harm، STI و GMP نسبت به SSI و TOL را نشان می‌دهد (۱۲، ۱۳ و ۳۲).

با توجه به اینکه شاخص‌های STI، GMP، MP و Harm همبستگی بالایی با عملکرد در هر دو محیط تنش و نرمال نشان دادند، بنابراین به‌منزلهٔ بهترین شاخص معرفی می‌شوند و با توجه به همبستگی مثبت و معنادار بین این شاخص‌ها با عملکرد ژنوتیپ‌هایی که میزان بالایی از این شاخص‌ها را دارند به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. میزان شاخص‌های تحمل به خشکی، میانگین عملکرد و همچنین مقایسهٔ عملکردها و شاخص‌های ژنوتیپ‌های مختلف کنجد در جدول ۳ آمده است. براساس شاخص‌های یادشده ژنوتیپ‌های داراب ۱، لاین TN234 و ژنوتیپ بندرعباس عملکرد بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط داشته‌اند. با وجود عملکرد بالاتر ژنوتیپ بندرعباس و لاین TN234 نسبت به داراب ۱ در محیط نرمال لیکن به‌دلیل عملکرد پایین‌تر در محیط تنش از نظر کلیهٔ شاخص‌ها بعد از داراب ۱ قرار می‌گیرند. با نگاهی به شاخص‌های TOL و SSI مشاهده شد که ژنوتیپ بندرعباس بالاترین مقدار را دارد، بنابراین، این ژنوتیپ حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش است. بنابراین با درنظر گرفتن کلیهٔ شاخص‌ها ژنوتیپ داراب ۱ بهترین ژنوتیپ در هر شرایط‌های تنش و نرمال است.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی در کنجد

ژنوتیپ	میانگین هارمونیک	میانگین هندسی	شاخص تحمل به تنش	میانگین حسابی	شاخص تحمل	شاخص حساسیت به تنش	عملکرد در محیط تنش (gr)	عملکرد در محیط نرمال (gr)
صفی‌آباد	۱۲/۵^{d}	۱۲/۵^{e}	۰/۳۶^{d}	۱۲/۵^{d}	−۱/۲^{c}	−۰/۳۳^{c}	۱۳/۱^{de}	۱۱/۹^{e}
لاین ۲	۱۳/۶^{cd}	۱۳/۶^{de}	۰/۴۴^{cd}	۱۳/۷^{d}	۱/۳^{c}	۰/۲۹^{bc}	۱۳^{de}	۱۴/۳^{e}
یلووایت	۱۶/۳^{bcd}	۱۶/۵^{cde}	۰/۶۳^{cd}	۱۶/۷^{cd}	−۱/۶^{c}	−۰/۵۱^{c}	۱۷/۴^{bc}	۱۵/۸^{de}
دشتستان ۵	۱۵/۸^{bcd}	۱۵/۸^{cde}	۰/۵۸^{cd}	۱۵/۸^{d}	۱/۸^{c}	۰/۴۰^{abc}	۱۴/۹^{cde}	۱۶/۸^{cde}
دشتستان ۲	۱۶/۳^{bcd}	۱۶/۴^{cde}	۰/۶۳^{cd}	۱۶/۵^{cd}	۱/۷^{c}	۰/۱۹^{bc}	۱۵/۶^{cd}	۱۷/۴^{cde}
تربت جام	۱۴/۱^{cd}	۱۴/۷^{cde}	۰/۵۲^{cd}	۱۵/۴^{d}	۴/۴^{c}	۰/۱۶^{bc}	۱۳/۱^{de}	۱۷/۶^{cde}
خوسف	۱۷/۵^{bc}	۱۷/۶^{bcd}	۰/۷۴^{bcd}	۱۷/۷^{bcd}	۲/۸^{c}	۰/۴۴^{abc}	۱۶/۳^{bc}	۱۹/۱^{cde}
بیرجند	۱۵/۱^{cd}	۱۵/۶^{cde}	۰/۵۶^{cd}	۱۶/۱^{cd}	۷/۷^{bc}	۱/۴۰^{abc}	۱۲/۱^{e}	۱۹/۹^{bcde}
داراب ۱	۲۲/۳^{a}	۲۲/۴^{a}	۱/۲^{a}	۲۲/۶^{ab}	۴/۶^{c}	۰/۶۱^{abc}	۲۰/۳^{a}	۲۴/۸^{abcd}
لاین TN234	۲۱/۳^{a}	۲۱/۸^{ab}	۱/۱۷^{a}	۲۲/۴^{ab}	۷/۷^{bc}	۰/۹۰^{abc}	۱۸/۵^{ab}	۲۶/۲^{abc}
داراب ۱۴	۱۶/۹^{bc}	۱۸/۸^{abc}	۰/۸۳^{abc}	۲۱/۱^{abc}	۱۷/۲^{ab}	۱/۹۴^{ab}	۱۲/۴^{e}	۲۹/۶^{ab}
بندرعباس	۱۹/۳^{ab}	۲۱/۴^{ab}	۱/۱۳^{ab}	۲۳/۸^{a}	۲۰/۵^{a}	۲/۲۲^{a}	۱۳/۵^{de}	۳۴^{a}

† میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

ژنوتیپ‌های صفی‌آباد و لاین ۲ کمترین مقادیر از نظر کلیهٔ شاخص‌ها را دارند، بنابراین، این ژنوتیپ‌ها به‌منزلهٔ نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و نرمال معرفی می‌شوند. ژنوتیپ داراب ۱۴ عملکرد بالایی نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر در شرایط نرمال دارد، لیکن عملکرد آن در محیط تنش خیلی کم است. با نگاهی به شاخص SSI و TOL آن ملاحظه می‌شود که از سایر ژنوتیپ‌ها به‌جز بندرعباس بالاتر است که بالاتربودن این شاخص‌ها نشان‌دهندهٔ حساس‌بودن آن‌ها نسبت به خشکی است. بنابراین، ژنوتیپ داراب ۱۴ در شرایط نرمال بسیار خوب ولی حساس به تنش است. در مورد سایر ژنوتیپ‌ها شاخص‌های فوق در حد میانه‌اند، بنابراین، ژنوتیپ‌های فوق در دو شرایط عملکرد بالایی تولید نمی‌کنند. ژنوتیپ‌های صفی‌آباد و یلووایت عملکرد بیشتری در شرایط تنش نسبت به نرمال داشته‌اند. دلیل این موضوع می‌تواند به‌دلیل اعمال تنش نه‌چندان شدید یا ناشی از خطاهای آزمایشی باشد. به‌طورکلی، ژنوتیپ‌های داراب ۱ و لاین TN234 از باقی ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط بهتر عمل کرده‌اند و با در نظر گرفتن کلیهٔ شاخص‌ها برای منطقهٔ بیرجند توصیه می‌شود، ضمن آنکه در شرایط آبیاری نرمال ژنوتیپ بندرعباس نیز بسیار مطلوب است.

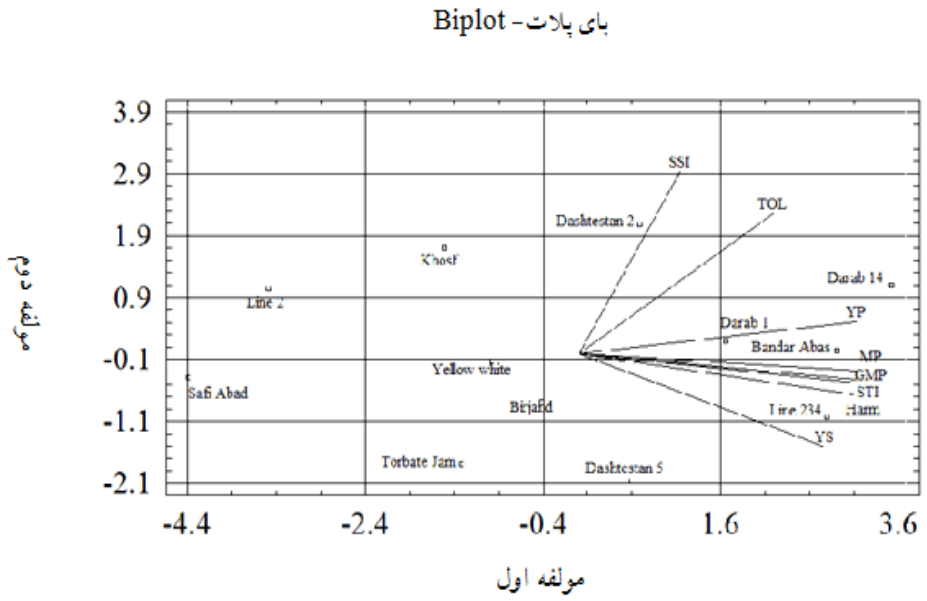
ج) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، بای‌پلات و تجزیهٔ خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفهٔ اول حدود ۹۹/۶۱ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۴). استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها تنها موجب از دست رفتن بخش ناچیزی از تغییرات می‌شود و تفسیر نتایج براساس دو مؤلفهٔ اول و دوم کارایی بالایی دارد. با توجه به این امر ترسیم بای‌پلات براساس دو مؤلفهٔ فوق صورت گرفت.

اولین مؤلفه ۷۸/۱۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی بالایی را با شاخص‌های GMP،STI، MP،Harm، YP و YS نشان داد (شکل ۱). ازآنجاکه مقادیر بالای این شاخص‌ها برای ما مطلوب است و با توجه به رابطهٔ مثبت مؤلفهٔ اول با این شاخص‌ها اگر میزان بالای آن را انتخاب کنیم ژنوتیپ‌هایی را برمی‌گزینیم که عملکرد بالایی در محیط‌های نرمال و تنش دارند، از این‌رو آن را مؤلفهٔ پتانسیل عملکرد در دو محیط نام می‌گذاریم. از طرف دیگر، مؤلفهٔ دوم ۲۱/۵۰ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های SSI و TOL داشت. از این‌رو آن را مؤلفهٔ حساسیت به تنش نامیدیم. با توجه به آنکه مقادیر پایین این شاخص‌ها مورد نظر ماست و با توجه به رابطهٔ مثبت مؤلفهٔ دوم با این شاخص‌ها، اگر میزان این مؤلفه را پایین بگیریم، ژنوتیپ‌های متحمل به تنش و با عملکرد بالا در محیط تنش را انتخاب خواهیم کرد.

جدول ۴. مقادیر ویژه، واریانس، درصد تجمعی واریانس و بردارهای ویژهٔ حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ژنوتیپ‌های کنجد

مؤلفه	مقادیر ویژه	واریانس	درصد تجمعی واریانس	YP	YS	MP	TOL	SSI	GMP	STI	Harm
۱	۶/۲۵	۷۸/۱۱	۷۸/۱۱	۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۳۷	−۰/۰	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۸
۲	۱/۷۲	۲۱/۵	۹۹/۶۱	۰/۵۱	−۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۱۷



شکل ۱. تجزیهٔ بای‌پلات عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی و تعیین بهترین ژنوتیپ متحمل به خشکی در کنجد

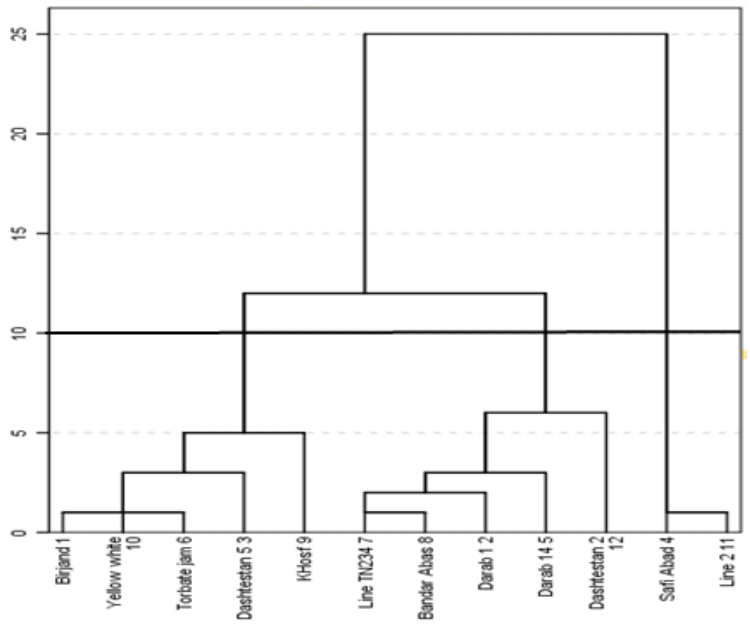
با توجه به این نکات قسمت مطلوب بای‌پلات، پایین و سمت راست خواهد بود. بنابراین، ژنوتیپ‌های مطلوب داراب ۱، بندرعباس، لاین TN234 و دشتستان ۵ است. ازآنجاکه ژنوتیپ‌های داراب ۱، بندرعباس و لاین TN234 جزء ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده از طریق بهترین شاخص‌ها بود. از طرف دیگر، در ناحیهٔ مطلوب بای‌پلات نیز قرار گرفت، بنابراین به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا در هر دو محیط نرمال و تنش معرفی شدند. ضمن آنکه از میان این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های داراب ۱، بندرعباس و لاین TN234 به‌علت عملکرد بالاتر در هر دو محیط نرمال و تنش به‌منزلهٔ بهترین ژنوتیپ شناخته شد. سمت راست و بالای بای‌پلات ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در محیط نرمال و عملکرد پایین در محیط تنش را نشان می‌دهد. ژنوتیپ داراب ۱۴ که در این ناحیه قرار می‌گیرد ویژگی یادشده را دارد. ژنوتیپ‌های صفی‌آباد و لاین ۲ با کمترین عملکرد در محیط نرمال و تنش در ناحیهٔ چپ و پایین بای‌پلات قرار گرفت. بنابراین، ناحیهٔ سمت چپ و پایین بای‌پلات مربوط به ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط نرمال و تنش است و بنابراین مطلوب نخواهد بود.

ژنوتیپ‌هایی که در وسط بای‌پلات قرار گرفته‌اند، عملکرد متوسطی در شرایط نرمال و تنش دارند. این ژنوتیپ‌ها شامل ژنوتیپ بیرجند، خوسف، تربت جام، دشتستان ۲ و ۵ و یلووایت هستند. قرارگرفتن ژنوتیپی در بالای ژنوتیپ دیگر به‌منزلهٔ متحمل‌تر بودن آن نسبت به خشکی و عملکرد بالاتر در محیط تنش است و قرارگرفتن ژنوتیپی در سمت راست ژنوتیپ دیگر به‌منزلهٔ عملکرد بالاتر آن در محیط نرمال است. به عنوان مثال، ژنوتیپ‌های خوسف و یلووایت در بالای ژنوتیپ بیرجند قرار گرفته است و بنابراین عملکرد بالاتری در محیط تنش نسبت به ژنوتیپ بیرجند دارند، لیکن این ژنوتیپ‌ها عملکرد کمتری نسبت به بیرجند در محیط نرمال دارند. به‌طورکلی، از تجزیهٔ بای‌پلات این نتیجه حاصل می‌شود که ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به تنش خشکی و عملکرد مکان‌های مختلفی از بای‌پلات را اشغال کرده‌اند. بنابراین، تنوع ژنتیکی کافی در

ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده برای این صفات وجود دارد و این تنوع زمینهٔ مناسب برای اصلاح این صفات را فراهم می‌کند. نتایج حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای نیز این مطلب را تأیید کرد (شکل ۲).

نتایج حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های موردنظر در ۳ دسته قرار می‌گیرند. دستهٔ اول، مربوط به ژنوتیپ‌های صفی‌آباد و لاین ۲ بود که عملکرد پایینی در هر دو شرایط نرمال و تنش داشتند. در دستهٔ دوم ژنوتیپ‌های داراب ۱ و داراب ۱۴، لاین TN234، بندرعباس و دشتستان ۲ قرار گرفت. این دسته مربوط به ژنوتیپ‌هایی بود که عملکرد بالایی در محیط نرمال و تنش داشت. در دستهٔ سوم که باقی ژنوتیپ‌ها قرار داشتند عملکرد در هر دو شرایط در حد وسط بود. در این دسته، ژنوتیپ‌های بیرجند، خوسف، دشتستان ۵، تربت جام و یلووایت قرار گرفت.

نتایج حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای نشان داد که تنوع ژنتیکی تا حدودی از تنوع جغرافیایی تبعیت می‌کند. به‌طور مثال، ژنوتیپ‌های مربوط به منطقهٔ خراسان جنوبی (خوسف، بیرجند و تربت جام) در یک دسته و ژنوتیپ‌های مربوط به جنوب کشور (داراب ۱ و ۱۴، بندرعباس و دشتستان ۲) در یک دستهٔ مجزا قرار گرفتند، بنابراین نتایج حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای نتایج به‌دست‌آمده از بای‌پلات را مورد تأکید قرار داد. تنوع ژنتیکی کافی و درنتیجه امکان انتخاب ژنوتیپ متحمل به خشکی در کنجد وجود دارد و ۴ شاخص MP، Harm، STI و GMP برای غربال ژنوتیپ‌ها مناسب‌اند (۲۱). با توجه به نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای و با در نظر گرفتن عملکرد در دو محیط، تلاقی ژنوتیپ‌های دستهٔ دوم با ژنوتیپ محلی خوسف که عملکرد نسبتاً بالایی در شرایط نرمال و تنش از خود نشان داد شاید منجر به ایجاد ارقام بهتری که مناسب منطقه نیز هستند، شود.



شکل۲. تجزیهٔ خوشه‌ای ژنوتیپ‌های کنجد با استفاده از عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، شاخص‌های STI، GMP، Harm و MP در این مطالعه توانستند تا حدود زیادی ژنوتیپ‌ها را براساس تحمل به خشکی از یکدیگر تفکیک کنند و به عنوان بهترین شاخص‌ها در جهت شناسایی بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در دو محیط نرمال و تنش شناخته شدند. براساس این شاخص‌ها و با در نظر گرفتن عملکرد در دو شرایط نرمال و تنش ژنوتیپ‌های داراب ۱ و لاین TN234 به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط نرمال و تنش، ژنوتیپ بندرعباس و داراب ۱۴ بهترین ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و ژنوتیپ‌های صفی‌آباد و لاین ۲ بدترین ژنوتیپ‌ها در شرایط آب و هوایی بیرجند هستند. سایر ژنوتیپ‌ها عملکرد نسبی در هر دو شرایط داشتند. بنابراین، با توجه به نتایج حاصله می‌توان به ژنوتیپ‌های داراب ۱ و لاین TN234، بندرعباس و داراب ۱۴ امیدواری بیشتری داشت که البته برای توصیهٔ دقیق‌تر نیاز به آزمایش‌های پایداری این ژنوتیپ‌هاست.

منابع

۱. اسکندری ح و زهتاب س (۱۳۸۹) «ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد دانهٔ ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت به عنوان کشت دوم». *دانش کشاورزی پایدار*، ۲۰/۲(۱): ۳۸ـ ۵۱

۲. پاپری مقدم فرد ا و بحرانی م ج (۱۳۸۴) «تأثیر کاربرد نیتروژن و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های زراعی کنجد». *علوم کشاورزی ایران*، ۳۶: ۱۲۹ـ ۱۳۵.

۳. خواجه‌پور م ر (۱۳۸۳) *گیاهان صنعتی*. انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.

۴. دینی تر کمانی م و کاراپتیان ژ (۱۳۸۶). Kبررسی میزان و تنوع پروتئین در بذر ۱۰ ژنوتیپ کنجد». *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۱: ۲۲۵ـ ۲۳۱.

۵. رضوانی‌مقدم پ، نوروزپور ق، نباتی ج و محمدآبادی ع ا (۱۳۸۴) «بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کنجد در تراکم‌های مختلف بوته و فواصل مختلف آبیاری». *پژوهش‌های زراعی ایران*، ۳(۱): ۵۷ـ ۶۸.

6. Ali MA, Niaz S, Abbas A, Sabir W and Jabran K (2009) Genetic diversity and assessment of drought tolerant sorghum landraces based on morph-physiological traits at different growth stages. Plant Omics Journal. 2: 214-227.

7. Anilakumar KR, Pal A, Khanum F and Bawa AS (2010) Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds-an overview. Agriculturae Conspectus Scientificus. 75: 159-168

8. Ashri A (2010) Sesame breeding. In: J Janick, Ed, Plant Breeding Reviews, Volume 16. John Wiley & Sons Inc., Oxford.

9. Bedigian D (2010) Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm: a critique. Genetic Resources and Crop Evolution. 57: 641-647.

10. Blum A (1988) Plant Breeding for Stress Environments. CRC press, Boca Raton, FL. p 38-78.

11. Cagirgan MI (2006) Selection and morphological characterization of induced determinate mutants in sesame. Field Crops Research. 96: 19-24.

12. Cheung SC, Szeto YT and Benzie IF (2007) Antioxidant protection of edible oils. Plant Foods for Human Nutrition. 62: 39-42.

13. Daneshian J and Jonoubi P (2008) Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water deficit stress In proc of the 5th International Crop Science Congress.

14. Dargahi Y, Asghari A, Shokrpour M, Rasulzadeh A, Garib Eshgi A and Shiri MR (2011) Evaluation of Water stress Tolerance in Sesame Varieties Based on Tolerance Indices. Journal of Agricultural Science. 21/2(3): 119-133.

15. Dilip K, Ajumdar M and Roy S (1991) Response of summer sesame to irrigation, row spacing & plant population. Indian Journal of Agronomy. 37: 758-762.

16. El- Habbasha SF, Abdel Salam MS and Kabesh MO (2007) Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of Chemical Fertilizer by Bio-organic Fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biological Science. 3(6): 563-571.

17. Elleuch M, Bedigian D, Besbes S, Blecker C and Attia H (2011) Dietary fiber characteristics and antioxidant activity of sesame seed coats (testae). International Journal of Food Properties. 15: 25-37

18. Elleuch M, Bedigian D, Zitoun A and Zouari N (2010) Sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds in food, nutrition and health. In VR Preedy, RR Watson, VB Patel,. Eds, Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, Elsevier. FAO. FAOSTAT Database. 2012.

19. FAO (2008) Bulletin of statistics. 4: 43-45.

20. 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.

21. Fischer RA and Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivar, I: Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 897- 912.

22. Golestani M and Pakniyat H (2007) Evaluation of drought tolerance indices in Sesame lines. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11(41/A):141-150.

23. Hiremath SC, Patil CG, Patil KB and Nagasampi MH (2007) Genetic diversity of seed lipid content and fatty acid composition in some species of *Sesamum* L. (*Pedaliacease*). African Journal of Biotechnology. 6: 539-543.

24. Karaaslan D, Boydak E, Gercek S and Simsek M (2007) Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame grown in Harran region. Asian Journal of Plant Sciences. 6: 623-627.

25. Kumar AS, Prasad TN and Prasad UK (1996) Effect of irrigation & nitrogen on growth, yield/oil content, nitrogen uptake & water-use of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian Journal of Agronomy. 41: 111-115.

26. Kuol BG (2004) Breeding for drought tolerance in Sesame (*Sesamum indicum*) in Sudan. Göttingen: Cuvillier press. 1th edit. 224 P.

27. Mehrabi Z and Ehsanzadeh P (2010) Effect of water stress on grain yield attributes and grain yield of four sesame genotypes. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan (Esfahan) Branch, College of Agriculture. 16 February 2011.

28. Mehrabi Z and Ehsanzadeh P (2011) A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. Journal of Crops Improvement. 13(2): 75-88.

29. Mensah JK, Obadoni BO, Eroutor PG and Onome-Irieguna F (2006) Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesame indicum*

L.). African Journal of Biotechnology. 5: 1249-1253.

30. Nzikou JM, Matos L, Bouanga-Kalou G, Ndangui CB, Pambou-Tobi NPG, Kimbonguila A, Silou T, Linder M and Desobry S (2009) Chemical Composition on the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum L.*) Grown in Congo- Brazzaville. Advance Journal of Food Science and Technology. 1: 6-11.
31. Pham TD, Nguyen TDT, Carlson AS and Bui TM (2010) Morphological evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties from different origins. Australian Journal of Crop Science. 4: 498-504.
32. Quarrie SA, Stojanovic J and Pekic S (1999) Improving drought tolerance in small-grain cereals: A case study, progress and prospects. Plant Growth Regulation. 29: 1-21.
33. Razi H and Assad MT (1998) Evaluation variability of important agronomic traits and drought tolerant criteria in sunflower cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 2: 30-43.
34. Richards RA (1996) Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regulation. 20: 157-166.
35. Jian, S, Yue-Liang R, Mei-Wang L, Ting-Xian Y, Xiao-Wen Y and Hong-Ying Z (2010) Effect of drought stress on Sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. Chinese Journal of Oil Crop Sciences. 4:525- 533.
36. Tantawy MM, Ouda SA and Khalil FA (2007) Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. Research Journal of Applied Sciences. 3: 7-12.
37. Ucan K, Killi F, Gencoglan C and 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 Research. 101: 249-258.
38. Were BA, Onkware OA, Gudu S, Welander M and Carlsson AS (2006) Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. Field Crops Research. 97: 254-260.
39. Yol E and Uzun B (2012) Geographical patterns of sesame accessions grown under Mediterranean environmental conditions, and establishment of a core collection. Crop Science 52: 2206-2214.