مقاله پژوهشی

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره سوم، زمستان ۱۴۰۲، ص ۶۰۴-۵۹۱

مطالعه واکنش برخی از ژنوتیپ‌های کنجد به تنش خشکی در شرایط آب و هوایی مهران

زهرا طهماسبی[۱*]، حسین محمدی دهبالایی[۲]، مریم محمودی[۳]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* مسئول مکاتبه: z.tahmasebi@ilam.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲ /۰۵/۱۷ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.395235.1339**

چکیده

منطقه مهران از مناطق کشت کنجد در کشور می‌باشد. هدف از این مطالعه کشت ارقام کنجد در منطقه مهران در سال زراعی ۱۴۰۱ در شرایط آبی و تنش خشکی به منظور شناسایی ارقام برتر از لحاظ عملکرد و متحمل به تنش خشکی است. ۱۴ رقم کنجد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه ایلام در مهران کاشته شد. عامل اصلی شامل بدون تنش و تنش خشکی و عامل فرعی ژنوتیپ‌های کنجد بود. آبیاری در محیط آبی براساس ۱۰۰ و در محیط تنش براساس ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده عملکرد اقتصادی، تعداد کپسول در بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، طول کپسول، عرض کپسول، وزن تر و خشک کپسول و ارتفاع بوته بودند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ کلیه صفات تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در هر دو محیط آبی و تنش داشتند. تنش بر کلیه صفات به استثنای طول کپسول، تعداد برگ، تعداد کپسول در بوته و تعداد شاخه فرعی تأثیر داشت. در شرایط آبی رقم یلووات بیشترین و رقم ناشکوفا کمترین عملکرد را داشتند. در شرایط تنش رقم هلیل دارای بیشترین و ناز چند شاخه دارای کمترین عملکرد بودند. شاخص‌های GMP، STI و MP بیشترین همبستگی را با عملکرد در شرایط آبی و تنش داشتند و لذا به عنوان بهترین شاخص انتخاب شدند. با استفاده از بای پلات دشتستان۲، شوین و هلیل به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در محیط بدون تنش و با تنش معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد، هلیل، همبستگی

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L) گیاهی یکساله متعلق به خانواده Pedelacea و باستانی است که از حدود ۷۵۰۰ سال قبل در آسیا و آفریقا کشت و کار شده است. کنجد دارای ۶۰-۴۰ درصد روغن است و به این علت به عنوان گیاه روغنی در کشورهای زیادی (کشورهای چین، هند، سودان و میانمار مهمترین تولید کنندگان کنجد در جهان بشمار می‌روند) کاشته می‌شود (Baraki *et al*., 2020). به دلیل اینکه کنجد می‌تواند در انواع مختلف خاک رشد کند، کشت آن نسبتاً ساده است. هم‌چنین این گیاه نیازی به آبیاری بیش از حد ندارد، متحمل به دماهای بالا است و با محصولات دیگر در برنامه‌های کشت متناوب به خوبی تناسب دارد (Langham, 2007). کنجد اغلب در مناطق خشک و نیمه خشک و در شرایط دیم کاشته می‌شود و به این دلیل در معرض تنش خشکی پایان فصل و متناوب قرار می‌گیرد (Boureima *et al*., 2016). با وجود تحمل نسبی کنجد به خشکی، خشکسالی شدید یا طولانی‌مدت بر تعداد کپسول‌ها تأثیر می‌گذارد و عملکرد دانه، روغن و کیفیت آن را کاهش می‌دهد (Kadkhodaie *et al*., 2014). بنابراین، شناسایی ژنوتیپ‌های کنجد مقاوم به خشکی برای برنامه‌های اصلاحی اهمیت زیادی دارد (Pathak *et al*., 2014).

در مناطق خشک و نیمه خشک جهان خشکسالی یک مشکل جدی برای تولید محصولات زراعی است. خشکسالی به صورت کمبود طولانی مدت آب که بر رشد و بقای گیاه تأثیر می‌گذارد و در نهایت موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شود، در زراعت تعریف می‌شود. در علوم گیاهی، کمبود آب زمانی اتفاق می‌افتد که میزان تعرق از جذب آب بیشتر شود (Bray, 1997). اولین واقعه در تنش خشکی از دست دادن آب سلول است. کم آبی معمولاً پیام‌هایی را ارسال می‌کند که با هورمون‌های گیاهی از جمله آبسیزیک اسید ارتباط دارد (Blum, 2015).

در کشورهای مختلف کنجد دارای ارقام بومی بسیاری است.

بنابراین باید قابلیت سازگاری آن‌ها برای کشت در مناطق خشک و نیمه خشک جهان ارزیابی شود. در اصلاح ارقام کنجد، جهت شناسایی صفات مرتبط به مقاومت به خشکی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی، بررسی عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و آبی امری ضروری است (Afshari *et al.*, 2015). در کنجد تنش خشکی در مرحله گل‌دهی بیشتر از مرحله گیاهچه‌ای تأثیرگذار است. در مرحله گیاهچه‌ای تنش خشکی بیشتر بر وزن هزار دانه تأثیر دارد. ولی در مرحله گل‌دهی بر ارتفاع، اندازه کپسول، عملکرد اقتصادی در بوته و وزن خشک ریشه اثرگذار است. (Sun *et al.*, 2010).اما پاسخ‌های انواع گیاهان و حتی ارقام مختلف به تنش ممکن است یکسان نباشد (Zabet *et al.*, 2003). تجزیه همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بر کنجد نشان داد که ارتفاع بوته و تعداد کپسول در گیاه همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه دارند (Sravanthi *et al.*, 2021). در مطالعه ۷۶ ژنوتیپ کنجد در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی انتهای فصل به منظور شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه در هر دو شرایط، نشان داد که ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا دمای کنوپی پایین، محتوای نسبی آب و شاخص برداشت بالایی داشتند (Pandey *et al.*, 2021). در مطالعه عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام کنجد در شرایط تنش خشکی، افزایش عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول در مقایسه با شرایط تنش خشکی ۲۸/۶۷ درصد بود (Dahie-Zehi *et al.*, 2022).

شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های حساس، متحمل و مقاوم به تنش خشکی، از مهمترین برنامه‌های اصلاحی در مدیریت تنش خشکی در گیاهان است. برای این منظور پژوهشگران روش‌های مختلفی را ارائه داده‌اند. جهت تعیین نحوه تظاهر و واکنش ژنوتیپ‌های در شرایط تنش و بدون تنش شاخص تحمل به تنش (STI) پیشنهاد شده است (Fernandez, 1992). ژنوتیپی تحمل به خشکی و پتانسیل عملکرد بالاتری دارد که مقادیر STI آن بالاتر باشد. شاخص حساسیت به تنش (SSI) برای شناسایی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به تنش، ارائه شده است (Fisher and Maurer, 1978) بر این اساس ژنوتیپ هایی که توسط SSI انتخاب می‌شوند، عملکرد ذاتی پایینی دارند اما در شرایط تنش عملکرد آن‌ها زیاد است. محققین شاخص بهره‌وری (MP) و شاخص تحمل (TOL) را پیشنهاد کردند که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، بر اساس مقادیر کم TOLو مقادیر بالای MP انتخاب می‌گردند (Rosielle and Hamblin, 1981).

منطقه مهران از مناطق کشت کنجد در کشور است که بروز تنش خشکی در زراعت کنجد در این منطقه رایج است و معمولاً از اواخر شهریورماه به بعد رخ می‌دهد. بنابراین هدف از این مطالعه کشت برخی از ارقام کنجد به همراه رقم محلی آن در این منطقه در شرایط آبی و تنش خشکی به منظور شناسایی ارقام برتر از لحاظ عملکرد و تحمل به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

۱۳ رقم کنجد که از موسسه اصلاح بذر کرج بخش تحقیقات دانه‌های روغنی تهیه شدند به همراه رقم بومی استان ایلام (جدول ۱) به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام واقع در مهران با عرض جغرافیایی ۳۳/۴۰ درجه شمالی از خط استوا و طول جغرافیایی ۴۶/۱۰ شرقی از نصف النهار مبدا، با ارتفاع ۱۵۰ متر از سطح دریا، کاشته شد. عامل اصلی سطوح آبیاری شامل آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A (آبیاری متداول) و آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A (تنش خشکی) و عامل فرعی ژنوتیپ‌های کنجد مورد مطالعه بود. به منظور آماده‌سازی زمین ابتدا به کمک گاوآهن زمین را شخم زده وسپس با دو مرتبه دیسک عمود بر هم و کلوخ شکن، بستر کشت نرم شد. سپس به کمک لولر تسطیح انجام گرفت. خطوط کشت به فواصل ۵۰ سانتی‌متر و طول خطوط کشت ۲ متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر بود. در مرحله ۶ برگی عملیات تنک کردن انجام شد. در کل دوره رشد، وجین علف های هرز طی سه مرتبه به صورت دستی انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات ۱۰ بوته از ۲ خط میانی هر کرت و با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد اقتصادی: دانه‌های به‌دست آمده از ۱۰ بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند؛ تعداد کپسول در بوته: متوسط تعداد کپسول در ۱۰ بوته؛ تعداد شاخه فرعی: متوسط تعداد شاخه‌های فرعی در ۱۰ بوته؛ تعداد

برگ: متوسط تعداد برگ در ۱۰ بوته؛ طول کپسول: متوسط طول ۱۰ کپسول (برحسب سانتی‌متر)؛ عرض کپسول متوسط عرض ۱۰ کپسول (برحسب سانتی‌متر)؛ وزن کپسول: وزن ۱۰ کپسول که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و ارتفاع بوته: متوسط ارتفاع ۱۰ بوته (برحسب سانتی‌متر) بود (Zabet *et al*., 2014).

در ادامه طبق روابط زیر (Fisher and Maurer, 1978; Fernandez, 1992; Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های مختلف مربوط به مقاومت به تنش در همه ارقام محاسبه شد:

SSI: شاخص حساسیت به تنش:

$$SSI=[1-(Y_S/Y_P)]/\ 1-(\bar{Y}S/\bar{Y}P)$$

STI: شاخص تحمل تنش:

$$STI=(Y_P/\bar{Y}_P)(Y_S/\bar{Y}_S)(\bar{Y}_S/\bar{Y}_P)$$

TOL: شاخص تحمل:

$$TOL=Y_P-Y_S$$

MP : شاخص بهره‌وری متوسط:

$$MP=(Y_P+Y_S)/2$$

GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری:

$$GMP=\sqrt{(Y_S)(Y_P)}$$

Harm: شاخص میانگین هارمونیک:

$$Harm=[2(YP\times YS)]/(YP+YS)$$

Y_P: عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط آبیاری، Y_S : عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی.

$\bar{Y}_P$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری، $\bar{Y}_S$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در تنش خشکی.

داده‌ها پس از جمع‌آوری، ابتدا از لحاظ مفروضات تجزیه واریانس از جمله نرمال بودن و عدم وجود داده پرت با نرم افزار Minitab 16 آزمون شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD برای صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. جهت محاسبه ضرایب همبستگی پیرسونی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد در محیط آبی و تنش خشکی از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. جهت تجزیه به مولفه‌های اصلی و رسم نمودار بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده شد.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1– Name of studied genotypes

شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name
1	ناز تک شاخه Nazunib	8	داراب۱ Darab1
2	دشتستان Dashtestan	9	TC-25
3	دشتستان۲ Dashtestan2	10	یلووایت Yellow white
4	محلی مهران Mahali Mehran	11	داراب۱۴ Darab14
5	ناشکوفا Nashekhifa	12	اولتان Oltan
6	هلیل Holeil	13	داراب۲ Darab2
7	شوین Shevin	14	ناز چند شاخه Nazmultib

نتایج و بحث

تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و صفات ریختی و بررسی تغییرات ناشی از تنش صفات

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش و تنش خشکی از خود نشان دادند که بیان می‌کند به احتمال زیاد تنوع ژنتیکی بین این ارقام وجود دارد و امکان گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی هست (جدول ۲ و ۳). نتایج جدول نشان داد که اثر آبیاری برای صفات وزن تر کپسول، عملکرد اقتصادی و عرض کپسول اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد و برای صفات وزن خشک کپسول و ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد نشان داد که بیانگر این مطلب است که صفات مورد بررسی در شرایط تنش دچار تغییر می‌شوند. سایر صفات اختلاف معنی‌داری نداشتند. گیاه کنجد در مرحله رشد گیاهچه‌ای، مرحله گلدهی و اوایل دانه‌بندی نسبت به خشکی بسیار حساس است (Khajehpour, 2004). در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف کنجد، با افزایش شدت تنش خشکی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در واحد سطح به طور معنی‌داری کاهش یافت (Eskandari *et al.*, 2009). همچنین بررسی نتایج حاصل از آزمون F برای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان داد که اثر این عامل، برای همه صفات به جز وزن تر کپسول، عملکرد اقتصادی و طول کپسول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲ و ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ شوین بیشترین و ژنوتیپ ناشکوفا کمترین وزن تر کپسول (به ترتیب به میزان ۱۱/۸۶ و ۴/۵۸ گرم) را داشتند. محلی مهران با میانگین ۷۸۴۲/۹۴ کیلوگرم/هکتار بیشترین و ناز چند شاخه با میانگین ۶۵۹/۵۳ کیلوگرم/هکتار کمترین مقدار عملکرد اقتصادی را در بین ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص داد. ژنوتیپ محلی مهران بیشترین و ژنوتیپ ناز چند شاخه کمترین وزن خشک کپسول به ترتیب به میزان ۳/۸۱ و ۱/۷۱ گرم را داشتند. بیشترین طول کپسول مربوط به ژنوتیپ دشتستان ۲ به میزان ۲/۸۱ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به ناز چند شاخه به میزان ۱/۱۸ بود. سه ژنوتیپ محلی مهران، شوین و دشتستان بیشترین عرض کپسول ۰/۶۷ (سانتی‌متر) را داشتند و کمترین عرض کپسول مربوط به ژنوتیپ ناز چند شاخه به میزان ۰/۵۳ سانتی‌متر بود. بیشترین میانگین ارتفاع بوته مربوط به هلیل به میزان ۱۲۷/۲۵ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به ناز چند شاخه به میزان ۶۲/۲۱ سانتی‌متر بود. ژنوتیپ داراب ۱ با ۱۹۲/۸۳ و ناز تک شاخه با ۴۲/۱۳ عدد برگ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ را داشتند (جدول ۴).

در شرایط آبی ژنوتیپ شوین بیشترین و ناشکوفا کمترین میزان وزن خشک کپسول به ترتیب به میزان ۱۳/۵۹ و ۵/۴۹ گرم را داشتند. ژنوتیپ یلووایت با ۷۷۹۷/۲۳ کیلوگرم/هکتار و ناشکوفا با ۴۷۹/۵۸ کیلوگرم/هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی را داشتند. بیشترین و کمترین وزن تر کپسول به ترتیب مربوط به محلی مهران با ۵/۷۳ و ناز شاخه با ۲/۱۶ گرم بود. بیشترین طول کپسول مربوط به رقم دشتستان ۲ با ۳/۱۹ سانتی‌متر طول و کمترین آن مربوط به رقم ناشکوفا با ۱/۸۲ سانتی‌متر بود (جدول ۵). در مطالعه‌ای نشان دادند که عملکرد دانه با صفات طول کپسول، تعداد کپسول در بوته، عملکرد اقتصادی و تعداد دانه در کپسول همبستگی مثبت و بالا داشت (Salehi and Saeidi, 2010).

هم‌چنین ارقام اولتان و T2-25 بیشترین عرض کپسول (۰/۷۱ سانتی‌متر) و رقم ناز تک شاخه کمترین عرض کپسول (۰/۵۶ سانتی‌متر) را داشتند. بیشترین ارتفاع بوته به هلیل (۱۵۳/۶۳سانتی‌متر) و کمترین آن به ناز تک شاخه (۷۲ سانتی‌متر) تعلق داشت. رقم هلیل با میانگین ۲۰۷/۷۶ عدد بیشترین و ناز تک شاخه با ۴۴/۸۰ عدد کمترین برگ را داشتند. بیشترین تعداد شاخه فرعی به میزان ۷/۶۶ مربوط به رقم یلووایت و کمترین آن به میزان ۲ عدد در بوته مربوط به رقم شوین بود. هم‌چنین بیشترین تعداد کپسول در بوته مربوط به رقم یلووایت به میزان ۱۴۴/۹۳ عدد و کمترین آن به میزان ۴۰/۷۶ عدد مربوط به رقم TC-25 بود (جدول ۵).

در مطالعه‌ای بر روی ۵۰ ژنوتیپ کنجد نشان داده شد که عملکرد دانه همبستگی بسیار قوی و مثبت با ارتفاع گیاه، تعداد شاخه های اولیه و ثانویه، ارتفاع تا اولین گره میوه‌دهنده، تعداد کپسول روی ساقه اصلی و شاخه های فرعی، روز تا برداشت، طول کپسول، شاخص برداشت و تولید ماده خشک داشت. هم‌چنین تعداد دانه در کپسول با همه صفات همبستگی منفی داشت (Reddy and Doraiaj, 1994). در شرایط تنش خشکی، بیشترین و کمترین وزن خشک کپسول به ترتیب به

شوین (۱۰/۱۲ گرم) و رقم ناشکوفا (۳/۶۷ گرم) مربوط می‌شد.

در این تحقیق، بیشترین عملکرد اقتصادی مربوط به رقم هلیل(۴۶۵۶/۵۴ کیلوگرم/هکتار) و کمترین آن مربوط به رقم ناز چند شاخه (۶۷/۵۸ کیلوگر/هکتار) بود (جدول ۵). در بررسی تنش خشکی در دو منطقه کرج و مغان در ژنوتیپ‌های کنجد گزارش شد که تنش خشکی تأثیر معنی‌دار و منفی از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد و عملکرد نهایی دارد (Gharibeshghi and Mansoori, 2006). هم‌چنین در تحقیقی که در شرایط آب و هوایی پارس آباد انجام شده بود بیشترین عملکرد دانه برای رقام اولتان با ۱۱۲۶/۹۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در شرایط تنش خشکی برای رقم هندی ۱۴ با ۲۸۶/۳۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در پژوهشی دیگر در شرایط آب و هوایی منطقه مغان بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش مربوط به ژنوتیپ کرج ۱ با ۱۸۸۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در شرایط تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ هندی ۱۲ با ۷۷۸ کیلوگرم در هکتار بود (Eshghi *et al*., 2011).

در تحقیق حاضر بیشترین میانگین وزن تر کپسول به رقم محلی مهران (۵/۳ گرم) و کمترین آن به رقم ناز چند شاخه (۲/۱۶ گرم) تعلق داشت. رقم محلی مهران با ۲/۶۳ سانتی‌متر طول بیشترین و رقم ناشکوفا با ۱/۶۵ سانتی‌متر طول کمترین طول کپسول را داشتند. دشتستان ۲ و ناز تک شاخه به ترتیب با ۰/۶۹ و ۰/۵۱ سانتی‌متر بیشترین و کمترین عرض کپسول را در این شرایط داشتند. بیشترین ارتفاع بوته ۱۲۷/۳ و کمترین آن ۴۷/۹۳ سانتی‌متر و به ترتیب مربوط به رقم دشتستان ۲ و ناز چند شاخه بود. بیشترین تعداد شاخه فرعی به میزان ۶/۱۳ مربوط به رقم TC-25 و کمترین آن به میزان ۱/۳۰ عدد در بوته مربوط به رقم ناز تک شاخه بود. هم‌چنین بیشترین تعداد کپسول در بوته مربوط به رقم TC-25 به میزان ۹۵/۹۰ عدد و کمترین آن به میزان ۲۶/۲۳ عدد به رقم ناشکوفا بود (جدول ۵). مطالعه بر روی ۲۵ ژنوتیپ کنجد نشان داده است که تعداد کپسول در بوته یکی از تعیین کننده‌ترین و حیاتی‌ترین صفات زراعی در ایجاد ارقام پرمحصول کنجد می‌باشد (Baraki *et al*., 2020). در شرایط تنش خشکی، دوره رشد رویشی گیاه کوتاه می‌شود و با کم شدن ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته کاهش می‌یابد. گیاه برای جبران کاهش عملکرد دانه که ناشی از کاهش تعداد کپسول در بوته می‌باشد، تعداد دانه در کپسول و نیز وزن هزار دانه را افزایش می‌دهد. به عبارتی دیگر در شرایط تنش خشکی اجزای عملکرد دانه نقش جبران‌کننده را بازی می‌کنند (Asadi et al., 2020).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در شرایط آبی و تنش

Table 2- Analysis of variance for some studied traits under water and stress conditions

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square		
		وزن تر کپسول Capsule fresh weight	عملکرد اقتصادی Economic yield	وزن خشک کپسول Capsule dry weight
بلوک Block	2	2.77	0.86	0.22
آبیاری Irrigation	1	188.55**	46.65**	14.26*
خطای a Error a	2	4.07	0.059	0.3
ژنوتیپ Genotype	13	21.31**	4.22**	2.31**
آبیاری×ژنوتیپ genotype×Irrigation	13	3.38ns	0.74 ns	2.38**
خطایb Error b	52	4.27	1.21	0.19
ضریب تغییرات CV (%)		23.54	41.49	15.40

ns، *و ** : به ترتیب نشان دهندهٔ غیر معنی‌دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس سایر صفات مورد مطالعه در شرایط آبی و تنش

Table 3- Analysis of variance for other studied traits under water and stress conditions

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		ارتفاع بوته Plant height	عرض کپسول Capsule width	طول کپسول Capsule length	تعداد برگ Number of leaves	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches
بلوک Block	2	598.001	0.128	2.02	1175.36	5198.33	16.69
تیمار آبیاری Irrigation treatment	1	105160.64*	0.50**	15.79ns	430093.71ns	159023.4 ns	190.15ns
خطای a Error a	2	1350.77	0.004	1.29	34445.31	30142.07	46.71
ژنوتیپ Genotype	13	23425.97**	0.08**	5.55**	127016.05**	25553**	96.73**
آبیاری×ژنوتیپ genotype× Irrigation	13	8283.85**	0.046**	0.83 ns	54260.18**	18094**	47.37**
خطایb Error b	808	543.31	0.007	0.72	4484.14	1921.61	5.39
ضریب تغییرات CV (%)		22.73	13.12	36.48	53.82	61.75	56.61

ns، *و **: به ترتیب نشان دهندهٔ غیر معنی‌دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability respectively

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین صفات در بررسی تحمل تنش کنجد

Table 4- Comparison of mean of traits in the study of drought stress tolerance of sesame

شماره ژنوتیپ Genotype number	وزن تر کپسول Capsule fresh weight (gr)	عملکرد اقتصادی Economic yield (kg/ha)	وزن خشک کپسول Capsule dry weight (gr)	طول کپسول Capsule length (cm)	عرض کپسول Capsule width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ Number of leaves	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant
1	6.39ef	1998.57 k	2.28cd	2.05de	0.64bcd	69.00h	42.13f	1.73h	46.05fg
2	9.67b	5080.36 d	3.51a	2.33cd	0.67ab	118.83bc	145.83b	4.81bc	79.88bc
3	9.64b	4640.16 f	3.61a	2.81a	0.66abc	124.03ab	143.68b	4.33cd	69.05cde
4	7.95bcde	7842.94 a	3.81a	2.64ab	0.67a	121.61ab	175.48a	5.30ab	105.70a
5	4.58f	1736.72 m	2.14de	1.74f	0.61e	82.01g	75.75ed	2.86fg	51.08f
6	9.27bc	6103.64 b	2.86b	2.47bc	0.65abcd	127.25a	176.32a	5.35ab	92.20ab
7	11.86a	4605.2 g	2.82b	2.66ab	0.67a	110.08d	80.35d	2.20gh	58def
8	9.08bc	5259.24 c	3.65a	2.48bc	0.63de	110.96cd	192.83a	5.65a	83.48bc
9	8.63bcd	2842.52 j	2.62bcd	2.28cd	0.66abc	107.60de	127.03bc	4.30cd	68.33cde
10	7.83bcde	4931.87e	2.62bcd	2.23cd	0.61e	98.60e	124.15bc	5.96a	95.21ab
11	7.39cde	4294.98 h	2.79b	2.40bc	0.64bcd	101.03fe	139.50bc	4.03cde	83.56bc
12	6.25ef	1991.61l	2.72bc	2.39bc	0.63de	101.18fe	145.13b	3.76de	56.58ef
13	6.50def	3919.89 i	2.42bcd	2.27cd	0.63cde	101.21fe	119.52c	3.66def	79.35dc
14	5.98ef	659.53 n	1.71e	1.18ef	0.53f	61.21i	54.13ef	3.45ef	32.33g

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD ندارند.

Means with the same letter are not significantly different from each other (P>0.05 followed by LSD test)

جدول ۵- میانگین صفات ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط آبی و تنش خشکی

Table 5- Means of traits of sesame genotypes in water and drought stress conditions

تیمار آبیاری treatment Irrigation	شماره ژنوتیپ Genotype number	وزن تر کپسول Capsule fresh weight(gr)	عملکرد اقتصاد Economic yield (kg/ha)	وزن خشک کپسول Capsule dry weight (gr)	طول کپسول Capsule length (cm)	عرض کپسول Capsule width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ Number of leaves	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant
بدون تنش آبی No water stress	1	8.65^{cd}	654.93^{f}	2.43^{d}	2.07^{ab}	0.61^{ab}	72.00^{e}	44.80^{f}	2.16^{e}	56.46^{f}
	2	11.04^{b}	4958^{c}	4.73^{b}	2.36^{ab}	0.70^{a}	127.00^{c}	175.5^{c}	5.16^{b}	99.16^{c}
	3	10.73^{b}	2081.05^{e}	4.07^{b}	3.19^{a}	0.64^{ab}	120.00^{c}	148.70^{d}	4.06^{c}	64.23^{e}
	4	8.55^{cd}	5585.14^{b}	5.73^{a}	2.65^{ab}	0.69^{a}	126.36^{c}	197.23^{b}	5.73^{b}	117.83^{b}
	5	5.49^{f}	479.58^{c}	2.59^{d}	1.82^{b}	0.64^{ab}	108.96^{c}	102.20^{de}	3.33^{d}	79.93^{d}
	6	9.29^{c}	3974.12^{d}	2.88^{d}	2.66^{ab}	0.68^{a}	153.63^{a}	207.76^{b}	5.56^{b}	106.26^{b}
	7	13.59^{a}	1844.50^{e}	2.66^{d}	2.88^{ab}	0.68^{a}	118.23^{c}	76.5^{e}	2.00^{e}	66.83^{e}
	8	9.82^{c}	4503^{c}	2.90^{c}	2.75^{ab}	0.68^{a}	132.86^{b}	261.46^{a}	6.80^{a}	95.00^{c}
	9	9.77^{c}	1442.90^{e}	3.24^{c}	2.46^{ab}	0.71^{a}	98.70^{d}	73.30^{e}	2.46^{e}	40.76^{g}
	10	9.86^{c}	7797.23^{a}	2.95^{c}	2.23^{ab}	0.62^{ab}	129.90^{b}	161.06^{c}	7.66^{a}	144.93^{a}
	11	9.19^{c}	1947.42^{e}	2.74^{d}	2.57^{ab}	0.69^{a}	111.43^{d}	190.83^{b}	4.90^{bc}	104.7^{b}
	12	8.34^{d}	3827.92^{d}	3.30^{c}	2.65^{ab}	0.71^{a}	111.06^{d}	198^{b}	5.23^{b}	81.10^{d}
	13	9.32^{c}	4512.27^{c}	2.95^{c}	2.37^{ab}	0.65^{ab}	106.20^{d}	155.80^{c}	5.00^{b}	96.83^{c}
	14	7.00^{e}	664.3^{f}	2.16^{d}	1.84^{b}	0.56^{b}	74.50^{e}	65.46^{e}	4.00^{c}	36.50^{g}

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD ندارند.

Means with the same letter are not significantly different from each other (P>0.05 followed by LSD test)

شاخص‌های تحمل به خشکی

برای گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تحمل به خشکی، ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های اندازه‌گیری شده رتبه‌بندی شدند (جدول ۶). با توجه به اینکه هر چه شاخص‌های SSI و TOL کوچک‌تر باشد، تحمل به خشکی آن ژنوتیپ بهتر است، در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین ژنوتیپ، ژنوتیپ هلیل بود. هم‌چنین بالاترین مقدار شاخص‌های STI، MP، GMPو HARM مربوط به رقم هلیل بود. بنابراین از لحاظ این شاخص‌ها نیز این رقم به عنوان متحمل‌ترین انتخاب می گردد. با توجه به شاخص‌های SSI، GMP, MP و STI کمترین تحمل مربوط به ژنوتیپ ناشکوفا می‌باشد. ولی با توجه به شاخص TOL کمترین تحمل مربوط به ژنوتیپ اولتان بود و باتوجه به شاخص HARM کمترین تحمل مربوط به ژنوتیپ ناز چند شاخه بود.

در ارزیابی ۲۷ ژنوتیپ کنجد در شرایط عادی و تنش رطوبتی بر پایهٔ شاخص تحمل فرناندز (STI) ژنوتیپ ورامین ۲۸۲۲ با تحمل متوسط و رقم های کرج ۱، ناز تک شاخه و ژنوتیپ ورامین ۲۳۷ با تحمل بالا و مناسب برای شرایط تنش خشکی تشخیص داده شدند (Hassanzadeh *et al*., 2009). در تحقیقی بر روی ۲۱ گونه ویگنا (از حبوبات) در دو محیط آبی و تنش رطوبتی، نشان داده شد که انتخاب بر اساس شاخص MP به نفع ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالاست، در حالی‌که انتخاب بر اساس شاخص SSI به نفع ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با پتانسیل عملکرد پایین است و گزینش بر اساس شاخص TOL به نفع ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد کم است (Fernandez, 1992). وی در این تحقیق شاخص جدید STI را پیشنهاد نمود که ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی را شناسایی می‌نماید و نیز به جای شاخص MP، شاخص GMP را معرفی نمود و آن را مناسب‌تر از MP دانست. در مطالعه دیگر در ارزیابی تحمل به خشکی در ۳۲ ژنوتیپ کنجد از شاخص STI به عنوان بهترین شاخص جهت انتخاب ارقام متحمل و حساس به خشکی استفاده شد (Asadi *et al*., 2021).

جدول۶- مقادیر شاخص‌های تحمل و حساسیت تنش خشکی در ژنوتیپ‌های کنجد مورد بررسی

Table 6- Drought stress tolerance and susceptibility indices in the studied sesame genotypes

ژنوتیپ Genotype	YS	YP	SSI	رتبه Rank	STI	رتبه Rank	TOL	رتبه Rank	MP	رتبه Rank	GMP	رتبه Rank	HARM	رتبه Rank
1	0.14	0.58	0.07	11	0.027	2	0.44	7	0.65	2	0.28	2	1.22	12
2	1.32	2.5	-0.21	7	1.12	11	1.18	11	3.16	10	1.81	11	0.61	9
3	1.91	4.89	-0.86	2	1.05	10	-0.29	2	2.57	8	1.75	10	-0.16	2
4	1.94	1.62	-0.50	4	1.57	13	0.43	6	3.34	13	2.14	13	0.19	5
5	0.17	0.30	0.25	14	0.017	1	0.13	5	0.38	1	0.22	1	0.55	8
6	2.98	1.87	-1.27	1	1.90	14	-1.11	1	3.36	14	2.36	14	-0.45	1
7	1.62	1.38	-0.85	3	0.76	7	-0.24	3	2.19	5	1.49	7	-0.16	3
8	1.77	2.37	-0.18	8	1.43	12	0.60	8	3.25	12	2.04	12	0.28	6
9	1.12	1.77	-0.43	5	0.67	6	0.65	9	2.33	6	1.40	6	0.44	7
10	1.003	2.69	-0.31	6	0.92	9	1.68	13	3.19	11	1.64	9	0.91	11
11	0.90	0.93	-0.057	10	0.286	5	0.03	4	1.38	4	0.91	5	0.032	4
12	0.35	2.36	0.16	12	0.282	4	2.01	14	2.53	7	0.90	4	1.48	13
13	1.15	2.33	-0.17	9	0.91	8	1.18	12	2.90	9	1.63	8	0.67	10
14	0.12	0.91	0.18	13	0.037	3	0.79	10	0.97	3	0.33	3	1.53	14

همبستگی بین شاخص های مقاومت به خشکی

همبستگی عملکرد با ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (Y_S) و بدون تنش (Y_P) با شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شد (جدول۷). اساساً شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش باشند، به عنوان بهترین شاخص شناخته می‌شوند (Fernandez, 1992). زیرا این شاخص‌ها قادر به جداسازی و شناسایی ارقامی هستند که علاوه بر تحمل به خشکی، پتانسیل عملکرد بالایی را هم دارند.

با توجه به همبستگی عملکرد در شرایط تنش (Y_S) و بدون تنش (Y_P) با شاخص‌های تحمل به خشکی، شاخص‌های GMP، STI و MP به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۹۳، ۰/۹۰۵ و۰/۸۵۳ با عملکرد به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در شرایط تنش و شاخص‌های MP، GMP، STI و TOL به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۹۸۴، ۰/۹۳۵، ۰/۹۲۵ و۰/۷۳۵ با عملکرد به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل در شرایط بدون تنش بودند (جدول ۷) که با نتیجهٔ آزمایش پژوهش دیگر (Khammari *et al.*, 2013) هم‌خوانی دارد. از این شاخص‌ها می‌توان جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش آبی با عملکرد بالا بهره برد. بر این اساس رقم هلیل به عنوان متحمل‌ترین رقم به تنش خشکی معرفی می‌گردد. در بررسی مقاومت به خشکی ۱۱ رقم گندم نان مشخص شد که انتخاب ارقام براساس شاخص تحمل TOL موجب کاهش عملکرد در شرایط عادی می‌شود (Sio-Se Mardeh, 2006). شاخص‌های STI و GMP برای شناسایی لاین‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شدند (Fernandez, 1992). محققین در بررسی این شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص‌های انتخاب، به شدت تنش محیط و هدف بستگی دارد. شاخص SSIبرای اصلاح تحت تنش‌هایی با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتی شاخص‌های STI ،MP و GMP برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می شوند (Sio-Se Mardeh, 2006).

تجزیه‌به مؤلفه‌های اصلی وبای پلات ژنوتیپ‌هابا استفاده از شاخص‌های تنش

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مولفه اول حدود ۹۰/۱ درصد تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۸). بنابراین 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 مؤلفه اول و دوم کارایی بالایی دارد. با توجه به این امر ترسیم بای پلات نیز براساس دو مؤلفه فوق صورت گرفت (شکل ۱).

مولفه اول ۵۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبتی با STI، MP، GMP، YP و YS نشان داد (جدول ۸). از آنجا که مقادیر بالای این شاخص‌ها برای ما مطلوب است و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه اول با این شاخص‌ها اگر میزان بالای آن را انتخاب کنیم، ژنوتیپ‌هایی را برمی‌گزینیم که عملکرد بالایی در محیط‌های نرمال و تنش

دارند، از این رو آن را مؤلفه پتانسیل عملکرد در دو محیط نام می‌گذاریم. از طرف دیگر، مؤلفه دوم ۳۷/۱ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد و همبستگی مثبت و بالایی با SSI، TOL و HARM داشت (جدول ۸). از این رو آن را مؤلفه حساسیت به تنش نامیدیم. با توجه به آنکه مقادیر پایین این شاخص‌ها مورد نظر ماست و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه 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. با توجه به این نکات قسمت مطلوب بای پلات، پایین و سمت راست خواهد بود. بنابراین، ژنوتیپ‌های مطلوب دشتستان۲، شوین و هلیل است (شکل ۱). بنابراین به عنوان ژنوتیپ های با پتانسیل عملکرد بالا در هر دو محیط نرمال و تنش معرفی شدند. ژنوتیپ اولتان با کمترین عملکرد در محیط نرمال و تنش در ناحیه چپ و بالای بای پلات قرار گرفت. بنابراین، ناحیه سمت چپ و بالای بای پلات مربوط به ژنوتیپ با عملکرد پایین در شرایط نرمال و تنش است و بنابراین مطلوب نخواهد بود.

به‌طورکلی، از تجزی بای پلات این نتیجه حاصل می‌شود که ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به تنش خشکی و عملکرد مکان‌های مختلفی از بای پلات را اشغال کرده‌اند. بنابراین، تنوع ژنتیکی کافی در ژنوتیپ‌های مطالعه شده برای این صفات وجود دارد و این تنوع زمینه مناسب برای اصلاح این صفات را فراهم می‌کند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل و حساسیت در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنجد مورد مطالعه

Table 7- Correlation coefficients between yield and tolerance and susceptibility indices in study of drought tolerance in the studied sesame genotypes

	YS	YP	SSI	STI	TOL	MP	GMP
YP	0.746**						
SSI	-0.38ns	0.308ns					
STI	0.905**	0.925**	0.017ns				
TOL	0.097ns	0.735**	0.850**	0.461ns			
MP	0.853**	0.984**	0.139ns	0.967**	0.602*		
GMP	0.93 **	0.935**	-0.03ns	0.983**	0.447ns	0.983**	
HARM	-0.43ns	0.270ns	0.979**	-0.048ns	0.841ns	0.096ns	-0.08ns

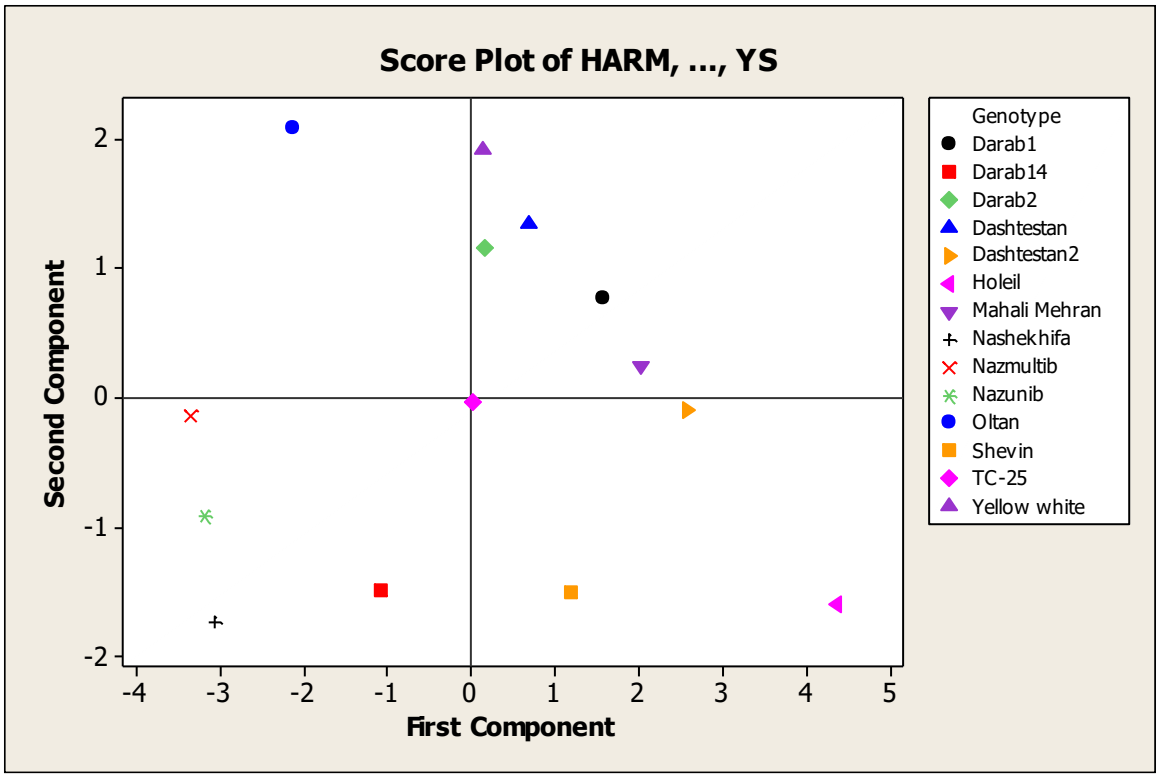
ns، *و** : به ترتیب نشان دهندهٔ غیر معنی‌دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

جدول ۸- مقادیر ویژه و بردارهای ویژهٔ به دست آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل حساسیت در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنجد

Table 8- Eigen values and Eigen vectors of components analysis of tolerance - susceptibility indices in study of drought tolerance in sesame genotypes

HARM	GMP	MP	TOL	STI	SSI	YS	YP	واریانس تجمعی Variance Proportion (%)	واریانس Variance	مقادیر ویژه Eigen value	مولفه Component
-0.020	0.482	0.478	0.237	0.474	0.000	0.442	0.250	53	53	4.24	1
0.575	-0.018	0.083	0.500	0.005	0.577	-0.223	-0.169	90.1	37	2.96	2



شکل ۱- بای پلات بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی برای ۱۴ ژنوتیپ کنجد با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

Figure 1- Drawing bi-plot based on first and second components for 14 sesame genotypes by using drought stress index

نتیجه‌گیری کلی

بر اســاس نتایج بدســت آمده از این تحقیق به‌طور کلی در شرایط آبی رقم یلووات بیشترین و رقم ناشکوفا کمترین عملکرد را داشــتند. در شــرایط تنش رقم هلیل بیشــترین عملکرد و ناز چند شــاخه کمترین عملکرد را داشــتند. شــاخص‌های GMP، STI و MP بیشــترین همبســتگی را با عملکرد در شــرایط بدون تنش و تنش آبی داشــتند و به‌عنوان بهترین شــاخص‌ها انتخاب شدند. با استفاده از بای پلات تجزیه به مولفه اصلی دشتستان۲، شــوین و هلیل به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب با عملکرد بالا در محیط بدون تنش و با تنش معرفی شــدند. هم‌چنین تجزیه بای پلات تنوع ژنتیکی و پراکنش مناســبی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشــان داد که نشــان‌دهنده پتانســیل اســتفاده از این ژنوتیپ‌ها در مطالعات آتی در ایجاد تحمل به تنش خشــکی در کنجد است.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

سپاسگزاری

داده‌های این مقاله مربوط به طرح پژوهشی مصوب دانشگاه ایلام می‌باشد و هزینه‌های این پژوهش توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه ایلام تأمین گردیده است.

References

Afshari, F., Golkar, P. and Mohammadinejad, G., 2015. Evaluation of drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes at different growth stages. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, *4*(2), pp.90-95. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.2008790.1393.4.2.8.9**

Asadi, H., Baradaran, R., Seghatoleslami, M.J. and Mousavi, S.G., 2021. Evaluation of drought tolerance in some

sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes based on stress tolerance indices. *Iranian Journal of Field Crops Research, 18*(4), pp.413-433. [In Persian]. **doi: 10.22067/JCESC.2020.88165**

Baraki, F., Gebregergis, Z., Belay, Y., Berhe, M., Teame, G., Hassen, M., Gebremedhin, Z., Abadi, A., Negash, W., Atsbeha, A. and Araya, G., 2020. Multivariate analysis for yield and yield-related traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *Heliyon*, *6*(10), p.e05295. **doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05295**

Blum, A., 2015. Stress, strain, signaling, and adaptation –not just a matter of definition. *Journal of Experimental Botany*, *67*(3), pp.562-565. **doi: 10.1093/jxb/erv497**

Boureima, S., Diouf, M., Amoukou, A.I. and Damme, V.P., 2016. Screening for sources of tolerance to drought in sesame induced mutants: Assessment of indirect selection criteria for seed yield. *International Journal of Pure and Applied Bioscience, 4*, pp.45-60. **doi: 10.18782/2320-7051.2218**

Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit. *Trends Plant Science, 2*(2), pp.48-54. **doi: 10.1016/s1360-1385(97)82562-9**

Dahie-Zehi, F., Ramroudi, M. and Raissi, A., 2022. Investigation of Some Morphological Traits, Yield, Yield Components, and Oil Percentage of Sesame Genotypes under Drought Stress Conditions. *Journal of Crops Improvement, 24*(1), pp.41-51. [In Persian]. **doi: 10.22059/jci.2021.316826.2499**

Eshghi, A. Gh., Muzaffari, J. and Azizov, A., 2011. Evaluation of different sesame genotypes in terms of tolerance to limited irrigation conditions using multivariate analysis methods. First National Congress of Advanced Agricultural Sciences and Technologies, Zanjan University, 10-21 September. pp.58 [In Persian].

Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S. and Ghasemi Golezami, K., 2009. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science*, *20*(1), pp.39-51. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.24764310.1389.20.1.4.5**

Fernandez, G.C., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Aug. 13-16, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R.A. and Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, *29*(5), pp.897-912. **doi: 10.1071/ar9780897.**

Gharibeshghi, A. and Mansoori, S., 2006. Response of sesame to water deficit. The first international conference on the theory and practical in biological water saving, 6-8 Dec, Beijing. China. pp.110-111.

Hassanzadeh, M., Ebadi, A., Panahyan-e-Kivi, M., Jamaati-e-Somarin, S., Saeidi, M. and Gholipouri, A., 2009. Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Moghan region. *Research Journal of Environmental Sciences, 3*(2), pp.239-244. [In Persian]. **doi: 10.22059/ijfcs.2017.214318.654179**

Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M. and Pessarakli, M., 2014. Oil content and composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes as affected by irrigation regimes. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 91*, pp.1737-1744. [In Persian]. **doi: 10.1007/S11746-014-2524-0**

Khajehpour, M.R., 2004. Industrial plants. Isfahan University of Technology Press. pp.564 . [In Persian].

Langham, D.R., 2007. Phenology of sesame. In Issues in New Crops and New Uses; Janick, J., Whipkey, A., Eds.; ASHS Press: Alexandria, VA, USA, pp.144-182.

Pandey, B.B., Ratnakumar, P., Usha Kiran, B., Dudhe, M.Y., Lakshmi, G.S., Ramesh, K. and Guhey, A., 2021. Identifying traits associated with terminal drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *Frontiers in Plant Science*, *12*, p.739896. **doi**: **10.3389/fpls.2021.739896**

Pathak, N., Rai, A.K., Kumari, R., Thapa, A. and Bhat, K.V., 2014. Sesame crop: An underexploited oilseed holds tremendous potential for enhanced food value. *The Journal of Agricultural Science*, 5, pp.519-529. **doi: 10.4236/as.2014.56054**

Reddy, O.U.K. and Doraiaj, M.S., 1994. Path coefficient analysis in sesame. *Madras Agriculture of Journal*, *81*, pp.446-447. **doi: 10.9734/ijpss/2022/v34i1831075**

Rosielle, A.A. and Hamblin, J., 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and Non-Stress Environment. *Crop Science*, *21*(6), pp.943-946. **doi**: **10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x**

Salehi, M. and Saedi, C., 2010. Multivariate analysis of yield and yield components in four Sesame cultivars. 3th International congress of oilseed, pp. 85-86. [In Persian].

Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crops Research*, pp.222-229. **doi**: **10.1016/j.fcr.2006.02.001**

Sravanthi, A.L., Ratnakumar, P., Reddy, S.N., Eswari, K.B., Pandey, B.B., Manikanta, C.H.L.N., Ramya, K.T., Sonia, E., Mohapatra, S., Gopika, K. and Anusha, P.L., 2021. Morpho-physiological, quality traits and their association with seed yield in sesame (*Sesamum indicum* L.) indigenous collection under deficit moisture stress. *Plant Physiology Reports*, pp.1-11. **doi: 10.1007/s40502-021-00621-0**

Sun, J., Rao, Y., Yan, T., Yan, X., Zhou, H., 2010. Effects of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, *32*(4), pp.525-33.

Zabet, M., Hosein Zade, A.H., Ahmadi, A. and Khialparast, F., 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in Mung Bean (*Vigna radiata*). *Iranian Journal of Agriculture Science*, *34*(4), pp.889-898. [In Persian].

Zabet, M. and Samadzadeh, A.R., 2014. Evaluation of tolerance to water stress in some sesame genotypes. *Applied Crop Breeding*, *2*(2), pp.185-197. [In Persian].

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 3, Winter 2023, P. 591-604

Response of some sesame genotypes to drought stress in Mehran climate

Zahra Tahmasebi[1*], Hossein Mohammadi Dehballaee[2], Maryam Mahmoodi[3]

[1] Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
[2] Plant Breeding and Biotechnology Department, , Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[3] Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
[*]Corresponding Author: z.tahmasebi@ilam.ac.ir

Received: 30 April 2023 Accepted: 8 August 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.395235.1339**

Abstract

Introduction: Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an annual plant and an ancient plant that has been cultivated in Asia and Africa for about 7500 years. Sesame seeds contains 40-60% oil and for this reason, it is cultivated as an oil plant in many countries. Drought is a serious problem for crop production in arid and semi-arid regions of the world. One of the most important research programs in drought management in different plants is the identification and grouping of sensitive, drought-tolerant genotypes. Mehran region in Ilam province is one of the sesame growing regions in the country. Therefore, the purpose of this study was to cultivate sesame cultivars in Mehran under drought non- stress and stress conditions in order to identify superior cultivars in terms of yield and tolerance to drought stress.

Materials and Methods: 14 sesame cultivars were planted in the form of a split-plot design based on a randomized complete block with three replications in the Agricultural Research Farm of Ilam University in Mehran. The main factor of irrigation levels included irrigation after 100 mm of evaporation from the class a pan (conventional irrigation) and irrigation after 200 mm of evaporation from the class a pan, and the secondary factor was the studied sesame genotypes. Traits were measured based on 10 plants harvested from two central lines and taking into account the marginal effect. The measured traits were economic yield and number of capsules per plant, number of sub-branches, number of leaves, capsule length, capsule width, capsule weight and plant height. In order to determine resistant and sensitive cultivars to stress, various indices related to stress resistance were calculated.

Results and Discussion: The studied genotypes showed a significant difference in terms of the traits measured in the conditions of no stress and drought stress. The results of the table show that the effect of irrigation for the characteristics of capsule fresh weight, seed weight and capsule width showed a significant difference at the level of 1% and for capsule dry weight and plant height showed a significant difference at the level of 5%. Which indicates that the studied traits change under stress conditions. Other traits did not have significant differences. In the evaluation of tolerance to drought stress in different genotypes of sesame, plant height, biological yield and grain yield per surface unit decreased significantly with increasing drought stress intensity. According to the correlation of performance under stress (YS) and no stress (YP) conditions with drought tolerance indices, GMP, STI and MP indices have a correlation coefficient of 0.93, 0.905 and 0.853, respectively. Performance as the best indicators of drought tolerance in stress conditions and MP, GMP, STI and TOL indicators with correlation coefficient of 0.984, 0.935, 0.925 and 0.735 respectively with performance as the best indicator. The tolerances were under stress-free conditions. These indices can be used to identify genotypes tolerant to water stress with high yield. Based on this, Holeil variety is introduced as the most tolerant variety to drought stress.

Conclusion: In water conditions, the cultivar Yellow white had the highest yield and the cultivar Nashkofa had the lowest yield. Under stress conditions, Holeil variety had the highest yield and Nazmultib had the lowest yield. GMP, STI and MP indices had the highest correlation with

performance in water and stress conditions and therefore were chosen as the best indices. Based on this, Holeil variety is introduced as the most tolerant variety to drought stress.

Keywords: Correlation, Drought tolerance index, Holeil, Yield