# ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد

مسعود گلستانی و حسن پاک نیت[۱]

## چکیده

**به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کنجد، شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی، تعداد ۸ ژنوتیپ کنجد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری مطلوب و محدود در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز مورد آزمایش قرار گرفتند. بر مبنای عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب (Yp) و محدود (Ys) شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی از قبیل: میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL) محاسبه شدند. نتایج تجزیه واریانس، اختلاف بسیار معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده، عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب و محدود نشان داد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب و محدود و نیز MP، GMP، HM و STI متعلق به ژنوتیپ شماره ۵ می‌باشد. تحلیل هم‌بستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب و محدود نشان داد که هر چهار شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ‌ها مناسب هستند. با توجه به این شاخص‌ها و عملکرد بالا در دو محیط بهترین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۵ بودند. نمودار چند متغیره بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۵ در مجاورت شاخص‌های تحمل به خشکی یعنی MP، GMP، HM و STI قرار دارند. تجزیه خوشه‌ای و رسم دندروگرام فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها را مشخص نمود و ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۵ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲ و ۳ به عنوان لاین‌های حساس به خشکی شناخته شدند.**

**واژه‌های کلیدی: کنجد، تنوع ژنتیکی، تحمل به خشکی، شاخص‌های کمّی**

## مقدمه

کشت دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی بسیاری از کشورها بوده و جزء مهمی از اقلام صادراتی این کشورها را تشکیل می‌دهد. در ایران نیز کاشت دانه‌های روغنی مانند کنجد، گلرنگ، کرچک و آفتابگردان قدمتی طولانی دارد (۳). کنجد یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و احتمالاً کهن‌ترین نبات روغنی جهان است. امروزه از کنجد به عنوان منبع تأمین روغن مطلوب خوراکی استفاده می‌شود. کنجد دانه روغنی با ارزشی است که بسته به شرایط و نوع رقم دارای ۴۵ تا ۶۲ درصد روغن بوده و روغن آن به دلیل وجود یک ترکیب

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]

فنلی آنتی‌اکسیدان به نام سزامول (Sesamol) از دوام خوبی برخوردار است (۱۴). سطح زیر کشت کنجد در جهان طبق آمار منتشره فائو (F.A.O) در سال ۲۰۰۴ میلادی حدود ۶/۵۶ میلیون هکتار بوده است و در ایران در همین سال معادل ۴۲ هزار هکتار گزارش شده است (۹).

خشکی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که تولید گیاهان زراعی را در جهان با محدودیت روبه‌رو ساخته است (۴). در مناطق نیمه خشک که پراکنش بارندگی متناسب نیست، پتانسیل عملکرد در شرایط تنش بهترین معیار تحمل به خشکی نبوده، بلکه پایداری عملکرد و مقایسه میزان عملکرد در شرایط تنش و مطلوب، به عنوان معیارهای مناسب‌تری برای واکنش ارقام به تنش رطوبتی معرفی شده‌اند (۱۸). به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط آبیاری مطلوب و آبیاری محدود، عملکرد یکسانی داشته باشند و یا حداقل تفاوت عملکرد آنها در این دو وضعیت زیاد نباشد، دارای تحمل نسبی بیشتری به خشکی می‌باشند (۵). طبق نظریه فیشر و مورر (۱۱) بهترین معیار تحمل به خشکی میزان عملکرد دانه در شرایط خشک است. بنابراین، وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و در شرایط مطلوب به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی صفات مربوط به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است (۲). روزیو (۱۶) تعدادی از ارقام مختلف گندم را تحت شرایط آبی و دیم مورد مقایسه قرار داد و نتیجه گرفت که به طور کلی ارقامی که در شرایط دیم بیشترین عملکرد را داشتند، در شرایط آبی نیز دارای عملکرد بالایی بودند.

فرشادفر (۷) طی بررسی روی تحمل به خشکی لاین‌های گندم نشان داد که دو شاخص MP و TOL قادرند لاین‌های متحمل به خشکی را که هم در محیط آبی و هم در محیط دیم دارای عملکرد بالایی هستند را از سایر گروه‌ها جدا کنند. راضی و آساد (۴) در ارزیابی واکنش ۱۴ رقم آفتابگردان نسبت به خشکی مشخص کردند که انتخاب بر اساس میانگین بهره‌وری و شاخص تحمل تنش گزینش را به سمت انتخاب ارقامی با عملکرد زیاد و متحمل به خشکی سوق می‌دهد. اشکانی (۱) در تحقیقی که روی ارقام گلرنگ بهاره در شرایط آبیاری مطلوب و محدود انجام داد، نشان داد که MP، GMP و STI بهترین شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی می‌باشند. با توجه به این‌که بخش وسیعی از اراضی زیر کشت در ایران در شرایط آب و هوایی نیمه خشک واقع شده‌اند، لزوم شناسایی ارقام متحمل به خشکی و هم‌چنین، معیارهای مناسب گزینش برای این مناطق قطعی به نظر می‌رسد. تحقیق حاضر یکی از اولین پژوهش‌هایی است که در زمینه بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های کنجد از لحاظ شاخص‌های کمی تحمل به خشکی انجام شده است. هدف از این پژوهش، بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کنجد از نظر تحمل به خشکی، انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های کنجد، تعیین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و شناسایی لاین‌های متحمل به خشکی، تعداد ۸ لاین کنجد از مرکز تحقیقات کشاورزی داراب- فارس تهیه گردید (جدول ۱). آزمایش در سال ۱۳۸۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه (′۵۰ °۲۹ شمالی و ′۴۶ °۵۲ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۸۱۰ متر، بافت خاک لوم رسی) انجام گرفت. دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. طرح‌ها فقط از نظر تیمار آبیاری با یکدیگر تفاوت داشتند. در یک آزمایش آبیاری مطلوب و متناسب با شرایط منطقه و در آزمایش دیگر (تنش آبی) معادل ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد. شرایط متفاوت آبیاری پس از استقرار کامل گیاه اعمال گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۶ ردیف ۴ متری بود. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله گیاهان روی یک ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت به وسیله یک ردیف



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]

**جدول ۱. نام و محل پیدایش یا تهیه ارقام و لاین‌های مورد آزمایش**

| شماره | نام رقم یا لاین | محل پیدایش یا تهیه |
|---|---|---|
| ۱ | TN240 | بانک‌ژن مؤسسه‌اصلاح و تهیه نهال بذر |
| ۲ | TN239 | بانک‌ژن مؤسسه‌اصلاح و تهیه نهال بذر |
| ۳ | TN238 | بانک‌ژن مؤسسه‌اصلاح و تهیه نهال بذر |
| ۴ | نتاج توده محلی دزفول | دزفول |
| ۵ | رقم محلی دزفول | دزفول |
| ۶ | رقم داراب ۱۴ | داراب |
| ۷ | لاین۱ از نتاج توده محلی داراب | داراب |
| ۸ | لاین۲ از نتاج توده محلی داراب | داراب |

کشت نشده از کرت بعدی جدا شد. برای ایجاد حاصل‌خیزی مناسب مقدار۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل قبل از کاشت اعمال شد. هم‌چنین، مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به شکل اوره پس از تنک کردن و هنگامی که بوته‌ها ارتفاعی معادل ۲۵ سانتی‌متر داشتند، در کف جوی‌ها و بین ردیف‌ها پخش شد. برای محاسبه میزان آب مورد نیاز کنجد از داده‌های تشتک تبخیر در ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی در باجگاه استفاده شد. به این صورت که ابتدا داده‌های تشتک تبخیر در ضریب تشتک ضرب شدند و سپس عدد حاصل در ضریب Kc کنجد (۱۷) ضرب شد و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل کنجد (میزان آب مورد نیاز کنجد) به دست آمد (۶). به کرت‌هایی که تحت تیمار آبیاری مطلوب بودند به میزان آب مورد نیاز گیاه و به کرت‌هایی که تحت تیمار تنش بودند، به طور هم‌زمان با تیمار آبیاری مطلوب، ولی به میزان ۶۰ درصد آن آب داده می‌شد. جهت اجرای آبیاری از رابطه QT=AH استفاده گردید که در این رابطه Q دبی هر سیفون بر حسب مترمکعب در ثانیه، T زمان لازم بر حسب ثانیه، A سطح کرت بر حسب متر مربع و H عمق آب آبیاری بر حسب متر می‌باشد. Q یا دبی در هر نوبت آبیاری با استفاده از فرمول مایکل و اجها (۱۳) یعنی $Q = ۰/۶۵ \times ۱۰^{-۳} a\sqrt{۲gh}$ محاسبه شد که Q دبی سیفون بر حسب لیتر در ثانیه، a مساحت سطح مقطع داخلی سیفون بر حسب سانتی‌متر مربع، g شتاب ثقلی برابر ۹۸۱ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه و h اختلاف ارتفاع آب در نهر و کرت بر حسب سانتی‌متر می‌باشد. سپس این دبی به متر مکعب در ثانیه تبدیل گردید و در نهایت، زمان لازم برای آبیاری هر کرت با در نظر گرفتن بازده ۸۰ درصد آبیاری محاسبه و آبیاری انجام می‌گرفت. مقدار کل آب داده شده به آزمایش آبیاری مطلوب ۷۲ سانتی‌متر و آزمایش آبیاری محدود ۴۴ سانتی‌متر بود.

شاخص‌های کمّی متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی و تعیین تحمل به خشکی و حساسیت آنها ارائه شده است. روزیل و هامبلین (۱۵) شاخص تحمل (TOL یا Tolerance index) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP یا Mean productivity) را معرفی نمودند. فیشر و مورر (۱۱) شاخص حساسیت به تنش (SSI یا Stress Susceptibility Index) را معرفی نمودند. فرناندز (۱۰) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش عملکرد بالایی دارند، از شاخص تحمل تنش (STI یا Stress Tolerance Index) استفاده کرد. کریستین و همکاران (۱۲) و فرناندز (۱۰) شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP یا Geometric Mean Productivity) را پیشنهاد نمودند. در این تحقیق ابتدا با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب (Yp) و شرایط آبیاری محدود (Ys) شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی به صورت زیر محاسبه شدند.



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]

۱- شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP) (۱۲):

$$TOL = Yp - Ys$$

۲- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (۱۱):

$$SSI = \frac{1 - \frac{Ys}{Yp}}{SI} \qquad SI = 1 - \frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}}$$

در فرمول شدت تنش (SI یا Stress Intensity)، $\overline{Ys}$ میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و $\overline{Yp}$ میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش است.

۳- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) (۱۰و۱۲):

$$GMP = \sqrt{Yp.Ys} \qquad STI = \frac{Yp.Ys}{\left(\overline{Yp}\right)^2}$$

۴- میانگین هارمونیک (HM یا Harmonic mean) (۷و۸):

$$HM = \frac{2(Yp.Ys)}{Yp + Ys}$$

پس از محاسبه شاخص‌های کمّی، این شاخص‌ها همراه با عملکرد دانه در محیط آبیاری مطلوب و محدود با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای تحلیل هم‌بستگی بین شاخص‌های کمّی محاسبه شده و عملکرد دانه در محیط مطلوب و محدود از نرم‌افزار MINITAB استفاده شد. به منظور انتخاب چند متغیره از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principle component analysis) و نمودار بای‌پلات (Biplot) استفاده شد که برای این منظور از نرم‌افزار S-PLUS 2000 استفاده شد. به منظور بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌ها و انتخاب لاین‌های مطلوب از تجزیه خوشه‌ای (Cluster analysis) و روش UPGMA استفاده شد و نتایج حاصل به صورت نمودار دندروگرام (فنوگرام) ارایه گردید. تجزیه خوشه‌ای و رسم دندروگرام توسط نرم‌افزار MINITAB انجام شد.

## نتایج و بحث

وجود اختلاف معنی‌دار بین لاین‌ها از نظر شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی و عملکردهای مطلوب و محدود (جدول ۲) بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به خشکی و دورگ‌گیری برای مطالعات ژنتیکی و اصلاحی بعدی است. با مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۲) مشخص شد که بیشترین‌عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی مربوط به لاین شماره ۵ (Ys=۱۱۲۰ Kg/ha , Yp=۱۷۵۷/۶۷ Kg/ha) بود (جدول ۲). از نظر شاخص‌های کمی تحمل به خشکی نیز بیشترین شاخص تحمل تنش به لاین شماره ۵ (۰/۹۹۸) و ۴ (۰/۸۶۹)، بیشترین میانگین بهره‌وری (۱۴۳۸/۸۳ Kg/ha)، بیشترین میانگین هندسی بهره‌وری (۱۴۰۲/۸ Kg/ha) و میانگین هارمونیک (۱۳۶۷/۳ Kg/ha) نیز متعلق به لاین شماره ۵ بود. با توجه به این‌که ژنوتیپ شماره ۵ (رقم محلی دزفول) از نظر عملکرد دانه در شرایط مطلوب و محدود در وضعیت مطلوبی قرار دارد؛ لذا می‌توان آن را مناسب‌ترین ژنوتیپ برای کشت در شرایط دیم پیشنهاد کرد. تحمل به خشکی صفتی پیچیده بوده و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، لذا قضاوت پیرامون ژنوتیپ‌ها از نظر یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است (۸). بنابراین، با استفاده از تحلیل هم‌بستگی بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، شاخص‌های تحمل مورد ارزیابی قرار گرفته و مناسب‌ترین شاخص‌ها انتخاب‌گردیدند (جدول۳). به طور کلی، شاخص‌هایی که در محیط تنش و مطلوب دارای هم‌بستگی بالایی با عملکرد باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند. زیرا این شاخص‌ها قادر به جدا کردن ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند (۱۰). نتایج حاصل از تجزیه هم‌بستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط مطلوب (Yp) و تنش آبی (Ys) (جدول ۳) نشان داد که بین شاخص‌های MP، GMP، HM و STI (شاخص‌هایی که در تجزیه واریانس نیز معنی‌دار بودند) با عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (Yp) و تنش آبی (Ys) هم‌بستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد، لذا می‌توان



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]
[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]





جدول ۵ . میانگین صفات ژنوتیپ‌های مختلف در تجزیه خوشه‌ای

| ژنوتیپ | گروه | وزن خشک برگ(گرم) | وزن خشک ساقه(گرم) | وزن خشک گیاه(گرم) | سطح برگ(سانتی متر مربع) | تعداد شاخه فرعی اولیه | وزن صد دانه(گرم) | تعداد غلاف در بوته | تعداد دانه در بوته | روز تا ۵۰٪ گل دهی | عرض بوته(سانتی متر) | ارتفاع گیاه موقع برداشت(سانتی متر) | عملکرد دانه(گرم) | عملکرد بیولوژیک(گرم) | شاخص برداشت(درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Flip – 82-1L | اول | ۳/۱ | ۲/۹۶ | ۶/۰۶ | ۱۲۱/۶۶ | ۲/۴۶ | ۴/۲۲ | ۴۸/۹۴ | ۴۸/۲۶ | ۶۳ | ۱۰/۸۳ | ۲۰/۴۳ | ۱۷/۱۶ | ۵۱/۴۲ | ۳۳/۳۰ |
| ILL –6002 | اول | ۳ | ۳/۳۳ | ۶/۳۳ | ۱۱۹ | ۲/۴ | ۴/۲۳ | ۴۱/۱۶ | ۵۴/۴۶ | ۶۳ | ۹/۷۰ | ۱۹/۴۵ | ۲۰/۴۶ | ۶۲/۹۷ | ۳۳/۴۳ |
| TN- 1778 | اول | ۲/۷۶ | ۲/۵۶ | ۵/۳۳ | ۹۶/۶۶ | ۲/۰۶ | ۳/۳۳ | ۳۴/۲۶ | ۳۷/۶۵ | ۶۷ | ۸/۸۵ | ۲۳/۳۹ | ۱۳/۶۳ | ۴۷/۷۶ | ۲۹/۲۴ |
| ILL – 6439 | دوم | ۲/۷ | ۲/۷ | ۵/۴ | ۷۲/۳۳ | ۲/۶۳ | ۴/۰۰۶ | ۴۹/۳۵ | ۴۷/۴ | ۷۲ | ۱۰/۵۶ | ۱۸/۳۵ | ۲۲/۸۶ | ۸۸/۸۵ | ۲۵/۹۴ |
| TN-1758 | دوم | ۲/۶ | ۲/۵۳ | ۵/۱ | ۸۴/۳۳ | ۲/۸ | ۵/۲۷ | ۵۰/۳۸ | ۳۷/۴۸ | ۷۰ | ۱۲/۱۳ | ۱۹/۵۵ | ۲۰/۵۶ | ۸۷/۸۸ | ۲۳/۵۲ |
| Flip – 97-8 | دوم | ۳/۱۳ | ۳/۴۳ | ۶,۵۶ | ۹۵/۶۶ | ۲/۴۶ | ۴/۸۷ | ۴۹/۱ | ۵۹/۰۶ | ۶۶ | ۱۲/۱۷ | ۱۹/۱۶ | ۲۵/۵۶ | ۸۱/۲۲ | ۳۱/۴۸ |
| رقم قزوین | دوم | ۲/۴۶ | ۲/۵۳ | ۵ | ۱۰۳/۶۶ | ۲/۸۳ | ۴/۹۱ | ۵۰/۸۵ | ۳۹/۸ | ۶۸ | ۱۱/۳۵ | ۲۲/۲۴ | ۲۰/۷ | ۷۹/۳۱ | ۲۶/۲۰ |
| IIL-6030 | دوم | ۲/۱۳ | ۲/۸۶ | ۵ | ۵۳ | ۲/۵۶ | ۵/۰۷ | ۶۴/۸۸ | ۵۴/۹ | ۷۰/۳۳ | ۱۳/۳۳ | ۱۹/۱۶ | ۱۳/۲۲ | ۸۹/۲۴ | ۱۵/۲۷ |
| TN-1768 | سوم | ۲/۸۶ | ۲/۷۶ | ۵/۶۳ | ۱۲۶/۳۳ | ۲/۸۳ | ۴/۶۶ | ۷۱/۶۴ | ۷۸/۲۷ | ۶۳ | ۱۲/۵۰ | ۲۱/۲۴ | ۳۰/۰۰۳ | ۸۷/۹۶ | ۳۴/۱۹ |
| ILL-7135 | چهارم | ۳/۹۶ | ۳/۳۶ | ۷/۳۳ | ۱۶۷ | ۲/۵۶ | ۳/۰۴ | ۶۲/۴۵ | ۶۰/۸۶ | ۷۱/۳۳ | ۱۱/۰۶ | ۲۰/۱۷ | ۱۹/۹۴ | ۷۲/۸۵ | ۲۷/۳۶ |
| ILL –590 | چهارم | ۳/۷۶ | ۴/۷ | ۸/۴۶ | ۱۸۱ | ۲/۷۳ | ۳/۹۷ | ۵۲/۹۵ | ۵۳/۵۷ | ۷۲/۳۳ | ۱۱/۹۹ | ۲۳/۱۶ | ۱۹/۱۰ | ۷۲/۶۵ | ۲۶/۳۹ |
| Flip – 85-71 | چهارم | ۳/۶۳ | ۳/۹۳ | ۷/۵۶ | ۱۸۵/۳۳ | ۲/۲۳ | ۵/۳۲ | ۴۵/۳۱ | ۳۱/۶۷ | ۷۰/۳۳ | ۹/۷۸ | ۲۱/۱۰ | ۱۹/۶۲ | ۷۱/۹۷ | ۲۷/۴۵ |
| رقم زیبا | چهارم | ۳/۱ | ۴/۰۶ | ۷/۱۶ | ۱۸۴/۶۶ | ۲/۵۹ | ۴/۲۹ | ۴۵ | ۳۳/۶ | ۷۰ | ۹/۰۷ | ۲۱/۷۳ | ۲۵/۶۱ | ۹۰/۹۰ | ۲۹/۱۷ |
| Cabralia inta | چهارم | ۳/۲۳ | ۳/۳ | ۶/۵۳ | ۱۹۰/۳۳ | ۲/۱۶ | ۴/۶۴ | ۴۱/۸۵ | ۹۷/۴۳ | ۶۴/۳۳ | ۱۰/۱ | ۱۹/۹ | ۱۷/۵۲ | ۵۳/۰۴ | ۳۳/۰۹ |
| TN-1772 | چهارم | ۳/۰۶ | ۲/۹۶ | ۶/۰۳ | ۱۳۶/۳۳ | ۲/۴۳ | ۳/۵۱ | ۴۳/۰۴ | ۴۱/۷۷ | ۶۷ | ۱۱/۱۱ | ۲۱/۸۱ | ۲۱/۲۳ | ۷۷/۹۵ | ۲۷/۲۷ |
| TN-1773 | چهارم | ۲/۶ | ۳/۲۳ | ۵/۹ | ۱۳۶/۳۳ | ۲/۳۶ | ۴/۷۳ | ۳۰/۱۶ | ۴۱/۱۹ | ۶۶/۳۳ | ۹/۵۶ | ۱۹/۶۲ | ۱۶/۰۸ | ۷۱/۶۲ | ۲۳/۰۴ |
| TN-1751 | چهارم | ۳/۸۶ | ۲/۳۸ | ۷/۷ | ۱۴۸/۳۳ | ۲/۳ | ۳/۲۴ | ۵۰/۸۳ | ۵۳/۲ | ۷۲ | ۱۱/۶۵ | ۲۴/۶ | ۲۴/۸۲ | ۷۷/۶۸ | ۲۲/۹۵ |
| رقم گچساران | چهارم | ۳/۳ | ۲/۸۳ | ۶/۱۳ | ۱۴۶/۳۳ | ۲/۲۶ | ۴/۲۲ | ۵۱/۴۵ | ۵۱/۷۴ | ۶۳ | ۱۱/۷۸ | ۲۲/۸۰ | ۱۷/۴۲ | ۷۰/۵۵ | ۲۶/۱۸ |
| TN-1758 | چهارم | ۳/۸۳ | ۳/۵۳ | ۷/۳۶ | ۱۶۲/۳۳ | ۲/۲۳ | ۴/۱۷ | ۴۲/۱۶ | ۴۷/۲۳ | ۶۶/۳۳ | ۱۰/۶۱ | ۱۹/۵۳ | ۱۷/۹۳ | ۷۶/۷۲ | ۲۴/۸۵ |
| TN-1756 | چهارم | ۳/۱۳ | ۲/۸۶ | ۶ | ۱۳۰ | ۲/۲۶ | ۴/۵۸ | ۳۸/۷۸ | ۳۳/۹ | ۷۲/۳۳ | ۱۰/۷۸ | ۲۰/۴۹ | ۲۱/۹۶ | ۱۰۱/۱۸ | ۲۱/۷۶ |

**جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی (r) بین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و عملکرد در دو شرایط آبیاری مطلوب (Yp) و تنش آبی (Ys)**

| | Yp | Ys | SSI | TOL | MP | GMP | HM | STI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yp | ۱ | | | | | | | |
| Ys | ۰/۷۹۷** | ۱ | | | | | | |
| SSI | ۰/۰۷۴ | -۰/۵۳۹** | ۱ | | | | | |
| TOL | ۰/۶۶۴** | ۰/۰۷۸ | ۰/۷۹** | ۱ | | | | |
| MP | ۰/۹۶۲** | ۰/۹۳۲** | -۰/۱۹۹ | ۰/۴۳۵* | ۱ | | | |
| GMP | ۰/۹۳۸** | ۰/۹۵۷** | -۰/۲۵۷ | ۰/۳۶۳ | ۰/۹۹۷** | ۱ | | |
| HM | ۰/۹۱۰** | ۰/۹۷۵** | -۰/۳۴۳ | ۰/۲۹۴ | ۰/۹۸۸** | ۰/۹۹۷** | ۱ | |
| STI | ۰/۹۴۳** | ۰/۹۴۷** | -۰/۲۴۷ | ۰/۳۸۵ | ۰/۹۹۶** | ۰/۹۹۷** | ۰/۹۹۲** | ۱ |

* و** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (Yp)، عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود (Ys)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل(TOL) میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل تنش (STI)

شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل تنش (STI) را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب لاین‌های متحمل به خشکی که در شرایط آبیاری مطلوب و تنش عملکرد بالایی دارند، در نظر گرفت. در مطالعه‌ای که توسط فرشادفر و همکاران (۸) روی لاین‌های نخود صورت گرفت، شاخص‌هایMP ، GMP، HM و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در نظرگرفته شدند. فرناندز (۱۰) دو شاخصMP و STI را برای انتخاب لاین‌های متحمل به خشکی در لوبیا در نظر گرفت. در بین شاخص‌های مورد مطالعه شاخص تحمل (TOL) تنها با عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب هم‌بستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت و شاخص حساسیت به تنش (SSI) نیز هم‌بستگی معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش آبی داشت. بنابراین، شاخص تحمل تنها برای غربال کردن ارقام متحمل به خشکی در شرایط آبیاری مطلوب مناسب می‌باشد. نکته مهم در جدول ۳ این است که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط مطلوب و محدود (۰/۷۹۷) وجود داشت که بیانگر افزایش یا کاهش هم جهت عملکرد دانه تحت دو شرایط فوق می‌باشد.

برای بررسی رابطه بین شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و عملکرد دانه در شرایط تنش از یک نمودار چند متغیره موسوم به بای‌پلات استفاده شد (۱۰). بنابراین، از تجزیه چند متغیره موسوم به تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید (جدول ۴). با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی دو مؤلفه اول در مجموع ۹۹/۸ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند. استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها، تنها موجب از دست رفتن بخش ناچیزی از تغییرات شده و بدین لحاظ ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول و دوم صورت گرفت (شکل ۱). در فضای بای‌پلات ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل آنها به کمبود آب است. جدول ۴ نشان می‌دهد که مؤلفه اول درصد بالایی از کل تغییرات را شامل می‌شود (۷۴/۹ درصد). این مؤلفه هم‌بستگی مثبت و نسبتاً بالایی را با عملکرد در شرایط تنش و مطلوب و شاخص‌های MP، GMP، HM و STI نشان داد که شاخص‌های مرتبط با عملکرد را در بر می‌گیرد و بنابراین، این

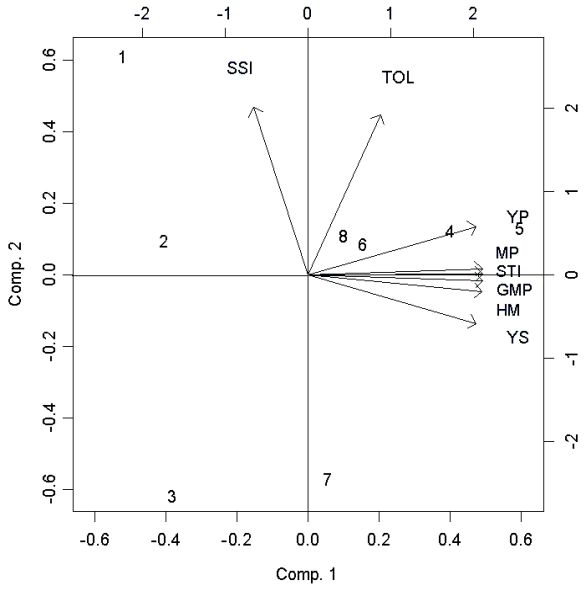


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]

**جدول ۴. مقادیر و بردارهای ویژه شاخص‌های مورد استفاده در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های کنجد**

| شاخص‌های مورد استفاده در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی | مؤلفه | |
|---|---|---|
| | ۱ | ۲ |
| Yp | ۰/۳۸۸ | ۰/۲۲۰ |
| Ys | ۰/۳۸۶ | −۰/۲۳۱ |
| SSI | −۰/۰۹۷ | ۰/۶۸۶ |
| TOL | ۰/۱۶۳ | ۰/۶۴۸ |
| MP | ۰/۴۰۸ | ۰/۰۲۸ |
| GMP | ۰/۴۰۸ | −۰/۰۲۷ |
| HM | ۰/۴۰۶ | −۰/۰۷۹ |
| STI | ۰/۴۰۸ | −۰/۰۰۹ |
| مقادیر ویژه | ۵/۹۹۱ | ۱/۹۹۵ |
| سهم تجمعی (درصد) | ۷۴/۹ | ۹۹/۸ |



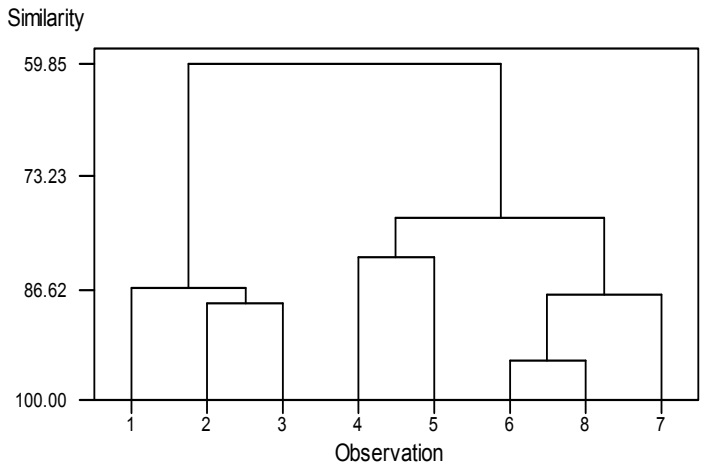

**شکل ۱. بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اول تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی و Yp و Ys**

مؤلفه به عنوان مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی نام‌گذاری می‌شود. این مؤلفه، ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد پایین و حساس جدا می‌کند. ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس این مؤلفه دارای SSI و TOL پایین هستند. دومین مؤلفه ۲۴/۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تفسیر نموده و با عملکرد در شرایط تنش هم‌بستگی منفی و با شاخص‌های TOL و SSI هم‌بستگی مثبت و بالایی داشت. بنابراین، این مؤلفه را می‌توان مؤلفه حساسیت به خشکی نام‌گذاری کرد. زیرا این مؤلفه قادر به جداسازی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط تنش و مقادیر بالای TOL و SSI می‌شود. با توجه به دو مؤلفه اول و دوم، ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشخص قرار می‌گیرند که



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]




**شکل ۲. دندروگرام گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کنجد به وسیله تجزیه خوشه‌ای**

مرتبط با میانگین عملکرد دانه و تحمل به تنش آنها است. نمودار بای‌پلات (شکل ۱) نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۵ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی یعنی MP، GMP، HM و STI قرار دارند. هم‌چنین، این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با شاخص‌های مهم تحمل به خشکی به Yp تمایل بیشتری دارند و این نشان می‌دهد که تحمل به خشکی در این ژنوتیپ‌ها بیشتر به علت عملکرد بالای آنها در شرایط آبیاری مطلوب می‌باشد. ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲ و ۳ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی قرار نداشتند و بیشتر به سمت بردارهای SSI و TOL تمایل داشتند. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های حساس به خشکی می‌باشند. ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۸ در بین شاخص‌های مهم تحمل به خشکی و شاخص‌های حساسیت به خشکی (SSI و TOL) قرار داشتند. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها نیمه حساس به خشکی می‌باشند. به طور کلی، می‌توان این نحوه توزیع لاین‌ها در فضای بای پلات را حاکی از وجود تنوع ژنتیکی لاین‌ها نسبت به خشکی دانست. هم‌چنین، نمودار بای‌پلات زاویه بین شاخص‌های انتخابی MP، GMP، HM و STI را حاده نشان می‌دهد که دلالت بر وجود هم‌بستگی بالا بین این شاخص‌هاست. وجود هم‌بستگی بالا بین دو شاخص TOL و SSI نسبت به سایر شاخص‌ها نیز در نمودار بای پلات مشهود است. استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای انتخاب ارقام متحمل در نخود (۸) و لوبیا (۱۰) مورد توجه قرار گرفته است.

ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد در شرایط مطلوب، تنش، MP، GMP، HM و STI با استفاده از تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) و روش UPGMA گروه‌بندی شدند و دندروگرام مربوطه رسم گردید (شکل ۲). هدف از تجزیه خوشه‌ای شناسایی لاین‌هایی بود که دارای بیشترین فاصله ژنتیکی با یکدیگر از نظر معیارهای مذکور بودند. با توجه به شاخص‌های یاد شده ژنوتیپ‌ها در سه گروه جداگانه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲ و ۳ در یک گروه قرار گرفتند. این گروه از نظر شاخص‌های ذکر شده در حد پایینی قرار دارد و دارای Yp و Ys پایینی بودند، پس این ژنوتیپ‌ها حساس به خشکی می‌باشند. ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۵ در یک گروه قرار می‌گیرند که دارای Yp، Ys بالا و مقادیر بالایی از شاخص‌های مهم تحمل به خشکی می‌باشند. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها متحمل به خشکی هستند. ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۷ و ۸ از نظر معیارهای یاد شده در حد متوسطی قرار دارند. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها نیمه حساس به خشکی هستند. لذا با توجه به فاصله ژنتیکی لاین‌های حساس و متحمل می‌توان برای مطالعات ژنتیکی مربوط به این معیارها از دو رگ‌گیری بین



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]

این لاین‌ها استفاده نمود. این روش برای گروه‌بندی لاین‌های متحمل به خشکی در گندم نان بر مبنای MP، TOL و STI توسط فرشادفر (۷) و بر مبنای MP، GMP، HM و STI در لاین‌های نخود توسط فرشادفر و همکاران (۸) مورد بررسی قرار گرفته است. به طور کلی، بر طبق شرایط این آزمایش بهترین لاین‌های متحمل به خشکی، ژنوتیپ‌های شماره ۴ (نتاج توده محلی دزفول) و شماره ۵ (رقم محلی دزفول)، مناسب‌ترین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی MP، GMP، HM و STI و بهترین لاین‌ها برای دورگ‌گیری که دارای بیشترین فاصله ژنتیکی با یکدیگر بودند، لاین‌های متحمل شماره ۴ و ۵ و لاین‌های حساس ۱، ۲ و ۳ تشخیص داده شدند.

## منابع مورد استفاده


۱. اشکانی، ج. ۱۳۸۱. تعیین مقاومت به خشکی ارقام گرنگ بهاره و بررسی چند شاخص مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲. اهدایی، ب. ۱۳۷۲. *انتخاب برای تحمل به خشکی در گندم*. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشکده کشاورزی تهران، کرج.

۳. بهدانی، م.ع. و م. ح. راشد. ۱۳۷۷. بررسی اثر تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم کنجد. مجله علوم و صنایع کشاورزی ۱۲(۲):۶۳-۷۵.

۴. راضی، ه. و م. آساد. ۱۳۷۷. ارزیابی تغییرات صفات مهم زراعی و معیارهای سنجش تحمل به خشکی در ارقام آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۲(۱):۳۱-۴۲.

۵. عبدمیشانی، س. و ج. جعفری شبستری. ۱۳۶۷. ارزیابی ارقام گندم برای تحمل به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۱۹ (۱ و ۲): ۳۷-۴۳.

۶. علیزاده، ا. ۱۳۷۲. *اصول طراحی سیستم‌های آبیاری*. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۷. فرشادفر، ع. ۱۳۷۹. انتخاب برای تحمل به خشکی در لاین‌های گندم نان. مجله علوم و صنایع کشاورزی ۱۴(۲):۱۶۱-۱۷۱.

۸. فرشادفر، ع.، م.ر. زمانی، م. مطلبی و ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای تحمل به خشکی در لاین‌های نخود. علوم کشاورزی ایران ۳۲(۱):۶۵-۷۷.

9. F.A.O. 2004. *Available* (*online: http// www.FAO.org*).
10. Fernandez, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. *In*: C.G. Kuo (Ed.), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan.
11. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought tolerance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
12. Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi and J.D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37:43-50.
13. Micheal, A.M. and T.P. Ojha. 1987. Principles of Agricultural Engineering. Volume II, New Delhi: Jain Brothers.
14. Roebbelen, G., R.K. Downey and A. Ashri. 1989. Oil Crops of the World. Mc Graw-Hill Pub., New York.
15. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.
16. Ruziev, B.R. 1973. The responses of wheat varieties to irrigation in Kaska-Darya Province. Byulleten V. sesoyuzongc Ordena Lenina Institute rasteniev dstva Imeni. N. I. Vavilovia 33: 16-23.
17. Sepaskhah, A.R. and M. Andam. 2001. Crop coefficient of sesame in a semi arid region of Iran. Agric. Water Manag. 49: 51-63.
18. Simane, B.P., C. Struik, M.M. Nachit and J.M. Peacock. 1993. Ontogenic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica 71: 211-219.




[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.41.12.4 ]