ارزیابی تحمل به خشکی و شناسایی صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های جو

سارا سماک[۱]، سید عبدالرضا کاظمینی[۲*] و الهه توکل[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۳۱)

چکیده

به‌منظور بررسی صفات مرتبط با تحمل به تنش آبی و روابط بین آنها در ژنوتیپ‌های جو و نیز شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در دو سال زراعی ۹۲ - ۱۳۹۱ و ۹۳ - ۱۳۹۲ انجام شد. هفتاد و چهار ژنوتیپ خارجی جو به‌همراه دو رقم تجاری ایرانی (ریحان و نصرت) در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به ضرایب همبستگی، شاخص تحمل تنش (STI) به‌عنوان بهترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گیاه جو شناخته شد و صفات تعداد سنبله بارور، طول سنبله، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری با شاخص تحمل به تنش داشتند. براساس این شاخص، ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۲۳، ۲۴، ۴۱، ۴۷، ۵۸، ۶۵، ۷۱ و ۷۲ از جمله ژنوتیپ‌های متحمل و پر محصول در هر دو شرایط نرمال و تنش شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص تحمل تنش، تجزیه و تحلیل همبستگی، زیست‌توده

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kazemin@shirazu.ac.ir

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که بسته به فصل، شدت و زمان وقوع می‌تواند موجب کاهش عملکرد در گیاهان زراعی شود (۱۷). براساس گزارش فائو ۹۰ درصد از اراضی کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (۸). گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) از جمله کم‌توقع‌ترین گیاهان زراعی و یکی از مهم‌ترین غلات در کشورهای در حال توسعه و مناطقی است که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری تولیدات را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۳ و ۷).

در پژوهشی روی ۲۷ ژنوتیپ جو در شرایط دیم و فاریاب مشخص گردید که ویژگی‌هایی از قبیل عملکرد بیولوژیک زیست‌توده، متوسط تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت می‌تواند به‌عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در شرایط دیم و فاریاب در نظر گرفته شود (۱۴). بررسی همبستگی عملکرد با شاخص‌های تحمل به خشکی برای معرفی لاین‌های جو که در شرایط تنش خشکی عملکرد بالایی دارند، به‌کار گرفته شده است (۲۸). شاخص‌های تحمل به خشکی معیارهای مؤثر در انتخاب برای ارزیابی در ژنوتیپ‌های جو می‌باشد (۵). همبستگی مثبت و معنی‌دار زیاد بین عملکرد دانه در بوته با شاخص‌های MP، GMP، STI خود نشان‌دهنده بهترین معیار برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی و حتی ژنوتیپ‌هایی هستند که تحت تنش خشکی در انتهای فصل قرار می‌گیرند (۹ و ۲۵ و ۲۸). توانایی شاخص‌های تحمل تنش در جدا کردن ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نیز با استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره و همبستگی شاخص‌های تنش با عملکرد در گیاهان مختلف ثابت شده است (۱۲ و ۱۸).

در پژوهشی با استفاده از روش‌های مختلف همبستگی، رگرسیونی و تجزیه علیت، مشخص گردید که وزن دانه در سنبله جو به‌عنوان معیار اصلی گزینش غیر مستقیم برای عملکرد بالا خواهد بود (۲۰). تجزیه به عامل‌ها یک روش آماری مؤثر در کاهش حجم داده‌ها است و صفات مختلف که همبستگی بالایی با همدیگر دارند، در چند عامل گروه‌بندی می‌کند (۲). بنابراین، استفاده از شاخص‌های تحمل و تعیین صفات مؤثر در عملکرد به روش‌های مذکور، به‌نژاد را قادر به انتخاب ارقام مناسب می‌کنند. از طرف دیگر، با توجه به تفاوت ارقام در پاسخ به تنش آبی، اصلاح‌گران همواره به‌دنبال منابع جدید تنوع برای بهبود عملکرد جو هستند (۱۳، ۲۳ و ۲۴). بنابراین در پژوهش حاضر به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های جو پاییزه متحمل به خشکی و نیز شناسایی مهم‌ترین صفات مرتبط با عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی، ۷۴ ژنوتیپ خارجی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۹۲ – ۱۳۹۱ و ۹۳ – ۱۳۹۲در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در پنج کیلومتری شمال غرب شیراز، منطقه باجگاه (با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی' ۴۶ °۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی '۲۹ °۵۰ شمالی) اجرا شد. در این پژوهش ۷۴ ژنوتیپ جو غیر بومی (خارجی) که از مرکز تحقیقات CRA در ایتالیا تهیه شده بود به‌همراه ۲ رقم ایرانی جو (نصرت و ریحان) بررسی شدند (جدول ۱). آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل رژیم آبیاری در دو سطح (آبیاری نرمال و تنش آبی) به‌عنوان کرت اصلی و ژنوتیپ‌ها (۷۴ ژنوتیپ خارجی و ۲ رقم شاهد ایرانی) به‌عنوان کرت فرعی در سه تکرار انجام گردید. برای هر ژنوتیپ ۲ پشته در نظر گرفته شده و بذر در دو طرف هر پشته (۴ ردیف کاشت به طول ۲ متر) با فاصله ۱۰ سانتی‌متری روی پشته در تاریخ ۱۵ آبان سال‌های زراعی ۹۲ – ۱۳۹۱ و ۹۳ – ۱۳۹۲کشت گردید. در طول دوره رشد برای مقابله با سن، آفت‌کش دسیس و برای کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی، از مخلوط علف‌کش گرانستار و

آکسیال استفاده شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، برای اندازه‌گیری صفات تعداد سنبله بارور، طول سنبله ساقه اصلی، تعداد گلچه ساقه اصلی، تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی، پس از حذف اثر حاشیه تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی برداشت شد و هم‌چنین پس از خشک شدن نمونه‌ها در آون صفات عملکرد دانه و بیولوژیک محاسبه گردید.

وزن هزار دانه با جدا کردن ۴۰۰ دانه به‌طور تصادفی و با ترازوی دیجیتال با دقت یک صدم توزین و محاسبه گردید (۱۹). شاخص‌های تنش شامل شاخص حساسیت تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین حسابی عملکرد (MP)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و درصد کاهش (D٪) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد (۱۰، ۱۱ و ۲۲).

$$\text{(Stress Susceptibility Index)} \quad SSI = \frac{1-\frac{Ys}{Yp}}{1-\frac{Ys}{Yp}} \qquad (۱)$$

$$\text{(Tolerance)} \quad TOL = Yp - Ys \qquad (۲)$$

$$\text{(Mean Productivity)} \quad MP = \frac{Ys + Yp}{Yp^2} \qquad (۳)$$

$$\text{(Stress Tolerance Index)} \quad STI = \frac{Yp + Ys}{Yp^2} \qquad (۴)$$

$$\text{(Geometric Mean Productivity)} \quad GMP = \sqrt{(Ys + Yp)} \qquad (۵)$$

$$D\% = (Yp\text{-}Ys) \times 100 \qquad (۶)$$

تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه و شاخص‌های تنش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. به‌منظور بررسی روابط و انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس مجموعه‌ای از صفات اندازه‌گیری شده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودار بای‌پلات در نرم‌افزار SPSS و به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس تشابه آنها از تجزیه کلاستر در نرم‌افزار MINITAB استفاده شد.

نتایج و بحث

مکانیسم پیچیده و چند ژنی تحمل به خشکی و نیاز به غربال کردن برای ژنوتیپ‌های متحمل، اصلاح‌گران را ترغیب کرده است که به‌دنبال شاخص‌های قابل اعتماد برای غربال‌گری باشند (۱). برای تعیین شاخص‌های مطلوب برای این هدف، معیارهایی که همبستگی بالایی با عملکرد دو محیط دارند شناسایی می‌شوند (۱۰). مقایسه همبستگی میان عملکرد در شرایط آبیاری نرمال(YP) و تنش (YS) با شاخص‌های تنش STI، GMP، MP، TOL، SSI و D% (جدول ۲) نشان داد بیشترین همبستگی بین عملکردها در هر دو شرایط آبیاری نرمال (شاهد) و تنش آبی با شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) به‌دست آمد (جدول ۳). افزون بر این، عملکرد در شرایط تنش با شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شاخص حساسیت همبستگی منفی و معنی‌داری (۰/۲۲-) را نشان داد، درحالی‌که عملکرد در شرایط آبی با همه شاخص‌های مورد ارزیابی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بهترین شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شاخصی است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از همبستگی بالاتری با عملکرد برخوردار باشد. بنابراین، برخی پژوهشگران بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها را شاخص (STI) معرفی کرده‌اند زیرا قادر است ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و نرمال عملکرد بالایی دارند، تفکیک نماید (۱۰، ۲۴ و ۲۶). در مقابل انتخاب براساس شاخص حساسیت تنش به خشکی می‌تواند منجر به کاهش عملکرد در محیط‌های مساعد شود (۴). هرچند ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی انتخاب شده براساس شاخص حساسیت لزوماً پتانسیل عملکرد بالاتری نخواهد داشت، اما ژنوتیپ‌های انتخابی دارای مکانیسم‌های تحمل به تنش رطوبتی می‌باشند که سبب تفاوت کمتر عملکرد آنها بین شرایط تنش و بدون تنش می‌شود (۱۵). ضرایب همبستگی میان شاخص STI با صفات تحت ارزیابی در جدول ۳ نشان داد که در هر دو شرایط نرمال و تنش تعداد سنبله بارور، طول سنبله،

جدول ۱. لیست و شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده

ژنوتیپ	شجره	ژنوتیپ	شجره
G001	فانی x کابرو	G039	مارینکاx تورنت
G002	آلفاx (آلفاx سنجا) x کاپروx (اکسx کت۲۷۳)	G040	(فریدریچسورتر برگx راگوسا)x دریا
G003	(بردیاx کنیا) xلاین۲۵۹-۷۱۱۰	G041	-
G004	(اپالxاچ جی ۵۴۱۱۱ x آلفاx تیپرx آلفا) x کتیx اچ جی ۵۴-۳۰ x اگریx آراد xبرکه	G042	x ۷۷۶۲ پلایسانت
G005	(گیتاx تیپر)x اردا	G043	پرگاx فدر لو ۲۰
G006	(تیپر x ایگری x ایگری x ایگری) x تیپر x آلفا x سنیا x دبلیو۱۱۷۱۱۸	G044	روبورx آتن
G007	ربلاx جایدر	G045	تورنتx فینس
G008	تیپرx ایگر	G046	(کاپری xبیسون)x ملوسین
G009	(گربلx پلستاین)x اکپرس	G047	آرپی بی ۵۱۵۵-۷۱ x مارینکا
G010	آگرx (آگرxکرس)	G048	ایگری x ماریس اوتر
G011	برکهx مسار	G049	۹۱۸۶ جی اچ ۲ x ماگی
G012	-	G050	((ووگلس.گلدx سنتا)x (دورا xآ))x ووگلی.گلد
G013	رجیناx با۹۴/۶۲۳	G051	کارولاx ال پی ۵۶۴-۶
G014	مارنکاx سل۷۷۶۱	G052	پلاx آستریکس
G015	ایگریx اچ جی ۵۱-۱۵-۳	G053	ال ۶۳۰ x گاز ۹۸
G016	ماننx آگرx هاترx آرس	G054	(آگرxجومبو)x فد ۹۵/۲۴۴ (آگر xاستریکسx مانا)
G017	باربروسx تیپر	G055	تورنتx پوفین
G018	(هرفردیاx هرد نیگروم اچ ۲۰۴) x مادروx ویسنهوس-ستام	G056	تیبوتx روبور
G019	جی کی امگاx تارم	G057	(روبورx آتن)x فد۶ ۱۷-۷۹۲۶
G020	اکپرس3169 x ال اچ۲	G058	(x641003توکا) x ووگلس.گلد x (پلاx دورا)
G021	(برویناx اکپرس) 75 x	G059	واربوزx ماریس اوتر
G021	(برویناx اکپرس) 75 x	G059	واربوزx ماریس اوتر
G022	اکپرسx وی آر ۵۰۳	G060	دورا ۱۲۵۶۳x (ویسناوس x۶۴۴۸ هاتر x دی ۵)
G023	(میداسx ریباری۳۳)x آلفا x باربروس	G062	توسکاx اینترو
G024	-	G063	پراگیس-ستامx سکلادنر
G025	کتجاx باربروس	G064	(هیبرید ۴۵۶ x هیبار)x هاتیف دی گریگنن
G026	ولیxکابریرو	G065	بوسکوت x هاپل
G027	(اس جی ۴۰۲۰۸۵ x فرانکا) x جی دبلیو ۱۳۷۰	G066	هپx آگر
G028	بابیلونx آنتر	G067	((ریکاx بالالدی ۱۶)x (امیرx۳۳))

ادامه جدول ۱. لیست و شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده

ژنوتیپ	شجره	ژنوتیپ	شجره
G029	ایگریx مگادور	G068	کارینx فیرفلی
G030	هوترسx آگر	G069	کارستن x یونیون x امیر x مالتا
G031	هپ x آگر	G070	نیکا x ایگری
G032	–	G071	اینترو x سانرایس
G033	تیپر x آروپوس	G072	گوتیک x اربلونت
G034	((راگوساx پراگیس۱۲) x (هلیس فرانکنx فروبرگ))x ((ماهند.ویکتریا) x (راگوساx بولیویا))	G073	بی آر ۲۶۹ سی x ال بی پی ۵۹۰۶
G035	29194 x ماریان	G074	(لودمیلاx نرد ۱۸۳۶) x مرلوت
G036	–	G075	لابی x اچ ۶/۸۷۵۸۵
G037	لابی x ام اچ ۳۸۷	G077	نصرت
G038	–	G078	ریحان

عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه دارای همبستگی معنی‌داری با شاخص STI بودند. بالاترین همبستگی، با صفات عملکرد زیست‌توده در شرایط نرمال و تنش به‌طور مشترک (۰/۸۶) و با عملکرد دانه در شرایط نرمال (۰/۹) و در شرایط تنش (۰/۷۱) مشاهده شد که نشان‌دهنده اهمیت این دو صفت در تحمل ژنوتیپ‌های جو به تنش خشکی است. در گزارشات قبلی نیز عملکرد دانه به‌عنوان یک صفت با همبستگی بالا با شاخص‌های STI و GMP گزارش شده است (۱۶ و ۱۸). هم‌چنین هیچ رابطه منفی بین شاخص STI با صفات عملکرد و اجزای آن دیده نشد. با توجه به بالا بودن ضریب همبستگی STI با عملکرد دانه، انتخاب این شاخص برای ارزیابی ژنوتیپ‌های مقاوم مناسب است.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر ارتباط میان شاخص‌های تنش برگزیده براساس همبستگی یعنی شاخص تحمل تنش و میانگین هندسی عملکرد به‌همراه صفات مورد ارزیابی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی به‌صورت جداگانه صورت گرفت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط آبیاری نرمال (جدول ۴) نشان داد که از بین ده مؤلفه، فقط سه مؤلفه مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک داشتند که در مجموع حدود ۸۱/۰۴ درصد از واریانس صفات را توجیه نمودند. در مؤلفه اول که ۴۵/۱۸ درصد از تغییرات مشاهده شده را دارا است، بالاترین ضرایب به عملکرد پتانسیل و شاخص‌های تحمل STI و GMP تعلق گرفت، بدین‌ترتیب ژنوتیپ‌های با مقادیر بالاتر و مثبت در مؤلفه اول نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها متحمل‌تر خواهند بود (شکل ۱). بزرگ‌ترین ضرایب در مؤلفه دوم مربوط به تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه است، درحالی‌که طول سنبله مؤثرترین صفت در مؤلفه سوم بود. مؤلفه‌های اول و دوم در مجموع ۶۹/۱۸ درصد واریانس را توجیه می‌کند.

نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم براساس صفات تحت ارزیابی و شاخص‌های تنش در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری نرمال (شکل ۱) به‌خوبی ارتباط بین شاخص‌ها و صفات تحت ارزیابی را به نمایش گذاشته و ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را تفکیک می‌کند. بر طبق این نمودار صفت وزن دانه با صفات تعداد دانه و تعداد سنبلچه رابطه معکوسی دارد. در شکل ۱ عملکرد دانه، عملکرد

جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش در بین ژنوتیپ‌های جو

ژنوتیپ	عملکرد نرمال (گرم در بوته) (Yp)	عملکرد تنش (گرم در بوته) (Ys)	کاهش عملکرد (%D)	شاخص تحمل (TOL)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص حساسیت تنش (SSI)
G001	۳۰/۸۵	۸/۴۴	۰/۷۳	۲۲/۴۱	۱۹/۶۵	۱۶/۱۱	۱۳/۶۶	۱/۳۴
G002	۹/۶۹	۷/۵	۰/۲۲	۲/۱۹	۸/۵۹	۸/۵۲	۴/۰۷	۰/۴۱
G003	۱۲/۱۸	۶/۶۴	۰/۴۶	۵/۵۵	۹/۴۱	۸/۹۸	۴/۵۴	۰/۸۴
G004	۱۶/۱۷	۷/۰۴	۰/۵۷	۹/۱۲	۱۱/۶	۱۰/۶۵	۶/۳۸	۱/۰۴
G005	۱۹/۹۲	۶/۹۹	۰/۶۵	۱۲/۹۲	۱۳/۴۶	۱۱/۷۷	۷/۸۱	۱/۲
G006	۱۶/۵۹	۷/۲	۰/۵۷	۹/۳۹	۱۱/۹	۱۰/۸۸	۶/۶۹	۱/۰۴
G007	۱۶/۴۶	۸/۲۲	۰/۵۱	۸/۲۴	۱۲/۳۴	۱۱/۶۱	۷/۶۹	۰/۹۳
G008	۱۷/۶۱	۱۳/۹۵	۰/۲۱	۶۳/۵	۱۵/۷۸	۱۵/۶۷	۱۳/۷۹	۰/۳۸
G009	۱۲/۳۲	۶/۷	۰/۴۷	۵/۶۲	۹/۵۱	۹/۰۴	۴/۶۵	۰/۸۵
G010	۲۰/۵۴	۶/۷۲	۰/۶۸	۱۳/۸۲	۱۳/۶۳	۱۱/۶۸	۷/۷۲	۱/۲۵
G011	۱۰/۸۹	۵/۷۴	۰/۴۸	۵/۱۵	۸/۳۱	۷/۹	۳/۵۷	۰/۸۸
G012	۱۸/۷۳	۱۴/۱۸	۰/۲۴	۴/۵۶	۱۶/۴۶	۱۶/۳	۱۳/۹	۰/۴۵
G013	۲۰/۹۶	۷/۲۶	۰/۶۵	۱۳/۷	۱۴/۱۱	۱۲/۲۷	۸/۴۸	۱/۲
G014	۱۶/۸۷	۱۰/۹	۰/۳۶	۵/۹۶	۱۳/۸۹	۱۳/۵	۱۰/۲۳	۰/۶۵
G015	۱۲/۲۶	۱/۳۳	۰/۸۶	۱۱/۸۱	۷/۲۳	۱/۸	۰/۸۳	۱/۶۹
G016	۱۰/۴۵	۷/۴۳	۰/۲۸	۳/۰۱	۸/۹۴	۸/۸۱	۴/۳۴	۰/۵۳
G017	۲۶/۵۱	۱۴/۷۳	۰/۴۵	۱۱/۷۷	۲۰/۶۲	۱۹/۷۴	۲۱/۸۳	۰/۸۲
G018	۱۰/۵۴	۶/۵۸	۰/۳۷	۳/۹۶	۸/۵۶	۸/۲۸	۳/۸۸	۰/۶۸
G019	۱۹/۹۹	۱۰/۸۵	۰/۴۷	۹/۱۴	۱۵/۴۲	۱۴/۶۸	۱۲/۱۶	۰/۸۵
G020	۱۲/۷۵	۸/۸	۰/۳۱	۳/۹۵	۱۰/۷۸	۱۰/۵۹	۶/۲۹	۰/۵۷

ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش در بین ژنوتیپ‌های جو

ژنوتیپ	عملکرد نرمال (گرم در بوته) (Yp)	عملکرد تنش (گرم در بوته) (Ys)	کاهش عملکرد (%D)	شاخص تحمل (TOL)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص حساسیت تنش (SSI)
G021	۱۹/۷۳	۱۱/۰۹	۰/۴۴	۸/۶۴	۱۵/۴۱	۱۴/۷۷	۱۲/۲۲	۰/۸۱
G022	۲۰/۲۸	۷/۱۱	۰/۶۶	۱۳/۱۷	۱۳/۶۹	۱۱/۹۵	۸/۱۵	۱/۲۱
G023	۲۵/۵۳	۱۰/۲۴	۰/۶	۱۶/۲۹	۱۸/۸۸	۱۶/۱۲	۱۴/۸۱	۱/۱
G024	۲۴/۰۴	۱۰/۷۷	۰/۵۶	۱۳/۲۷	۱۸/۴۱	۱۶/۰۵	۱۵/۱۰	۱/۰۲
G025	۲۲/۶۶	۸/۶۴	۰/۶۳	۱۴/۰۳	۱۵/۶۵	۱۳/۹۲	۱۱/۰۲	۱/۱۵
G026	۱۹/۶۴	۷/۶۸	۰/۶۲	۱۱/۹۶	۱۳/۶۶	۱۲/۱۳	۸/۴۹	۱/۱۳
G027	۱۹/۴۷	۸/۵۷	۰/۵۶	۱۰/۹	۱۴/۰۲	۱۲/۹	۹/۳۵	۱/۰۳
G028	۱۲/۳۸	۷/۵۲	۰/۴۱	۴/۸۷	۹/۹۵	۹/۶۲	۵/۳	۰/۷۴
G029	۱۳/۵۶	۸/۶۵	۰/۳۷	۴/۹۱	۱۱/۱	۱۰/۸۲	۶/۶۴	۰/۶۸
G030	۱۷/۴۶	۹/۶	۰/۴۶	۷/۸۶	۱۳/۵۳	۱۲/۹	۹/۳۶	۰/۸۳
G031	۱۴/۲۹	۵/۱۹	۰/۶۴	۹/۱	۹/۷۴	۸/۵۹	۴/۱۶	۱/۱۷
G032	۱۰/۶۶	۷/۸۹	۰/۲۶	۲/۷۷	۹/۲۸	۹/۱۷	۴/۷۶	۰/۴۷
G033	۲۰/۲۹	۱۱/۶۳	۰/۴۳	۸/۶۶	۱۵/۹۶	۱۵/۳۵	۱۳/۱۹	۰/۷۹
G034	۱۵/۰۸	۶/۱۹	۰/۶	۸/۸۹	۱۰/۶۳	۹/۶۳	۵/۲۵	۱/۰۹
G035	۱۳/۳۵	۷/۵۵	۰/۴۴	۵/۸	۱۰/۴۵	۱۰/۰۲	۵/۷۱	۰/۸
G036	۱۵/۶۴	۷/۷	۰/۵۲	۷/۹۴	۱۱/۶۷	۱۰/۹۴	۶/۷۷	۰/۹۴
G037	۱۰/۷۱	۵/۷۸	۰/۴۵	۴/۹۳	۸/۲۴	۷/۸۳	۳/۵۷	۰/۸۳
G038	۱۴/۲۲	۶/۱۵	۰/۵۸	۸/۰۷	۱۰/۱۸	۹/۳	۴/۹	۱/۵
G039	۲۴	۷/۴	۰/۷	۱۶/۶	۱۵/۷	۱۳/۲۴	۹/۹۲	۱/۲۸

ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش در بین ژنوتیپ‌های جو

ژنوتیپ	عملکرد نرمال (Yp) (گرم در بوته)	عملکرد تنش (Ys) (گرم در بوته)	کاهش عملکرد (%D)	شاخص تحمل (TOL)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص حساسیت تنش (SSI)
G040	۱۲/۵۴	۹/۵۹	۰/۲۴	۲/۹۴	۱۱/۰۷	۱۰/۹۶	۶/۷۴	۰/۴۳
G041	۲۵/۸۶	۱۰/۴۱	۰/۶	۱۵/۴۵	۱۸/۱۴	۱۶/۳۵	۱۵/۶۱	۱/۱
G042	۱۸/۷۶	۸/۸۷	۰/۵۳	۹/۸۹	۱۳/۸۱	۱۲/۸۷	۹/۳	۰/۹۷
G043	۱۵/۳۵	۵/۶۵	۰/۶۴	۹/۷	۱۰/۵	۹/۲۵	۴/۹	۱/۱۸
G044	۱۴/۴۱	۸/۳۵	۰/۴۳	۶/۰۶	۱۱/۳۸	۱۰/۹۶	۶/۸	۰/۷۸
G045	۱۶/۴	۵/۶۶	۰/۶۷	۱۰/۷۵	۱۱/۰۳	۹/۵۶	۵/۲۴	۱/۲۲
G046	۱۹/۰۵	۹/۳۹	۰/۳۷	۹/۶۶	۱۴/۲۲	۱۲/۷۷	۱۰/۴۱	۰/۶۶
G047	۳۲/۶۲	۱۳/۴۹	۰/۵۹	۱۹/۱۳	۲۳/۰۶	۲۰/۸۷	۲۴/۵۱	۱/۰۸
G048	۲۸/۸۷	۶/۷	۰/۷۷	۲۲/۱۷	۱۷/۷۸	۱۳/۸۲	۱۰/۷۹	۱/۴۲
G049	۹/۱۸	۶/۶۶	۰/۲۸	۲/۵۳	۷/۹۲	۷/۸۱	۳/۴۲	۰/۵
G050	۱۰/۲۳	۶/۵۶	۰/۳۶	۳/۶۴	۸/۴۱	۸/۱۷	۳/۷۸	۰/۶۵
G051	۱۸/۲۹	۱۱/۷۸	۰/۳۶	۶/۵۱	۱۵/۰۴	۱۴/۶۷	۱۲/۱۳	۰/۶۵
G052	۱۲/۴۴	۶/۹	۰/۴۵	۵/۵۴	۹/۶۷	۹/۲۶	۴/۸۶	۰/۸۲
G053	۹/۱۷	۶/۹۴	۰/۲۵	۲/۲۳	۸/۰۶	۷/۹۷	۳/۵۶	۰/۴۵
G054	۲۱/۳	۸/۴۶	۰/۶۱	۱۲/۸۴	۱۴/۸۸	۱۳/۳۷	۱۰/۱۶	۱/۱۲
G055	۱۴/۴۷	۷/۳۱	۰/۵۱	۷/۱۶	۱۰/۸۹	۱۰/۲۴	۵/۹۶	۰/۹۲
G056	۲۶/۲۹	۶/۵	۰/۷۶	۱۹/۷۹	۱۶/۳۹	۱۲/۹۸	۹/۵۴	۱/۳۹
G057	۲۲/۴۶	۶/۴۲	۰/۷۲	۱۶/۰۴	۱۴/۴۴	۱۱/۹۱	۸/۰۲	۱/۳۲
G058	۳۲/۲۴	۱۰/۳۶	۰/۶۸	۲۱/۸۸	۲۱/۳	۱۸/۲۲	۱۸/۶۲	۱/۲۵

ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش در بین ژنوتیپ‌های جو

ژنوتیپ	عملکرد نرمال (گرم در بوته)(Yp)	عملکرد تنش (گرم در بوته) (Ys)	کاهش عملکرد (%D)	شاخص تحمل (TOL)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص حساسیت تنش (SSI)
G059	۱۲/۳۲	۵/۵۸	۰/۵۶	۶/۷۴	۸/۹۵	۸/۲۷	۳/۹۲	۱/۰۲
G060	۱۱/۹	۵/۷۲	۰/۵۳	۶/۱۸	۸/۸۱	۸/۲۲	۳/۸۶	۰/۹۷
G062	۱۷/۰۵	۵/۹۹	۰/۶۶	۱۱/۰۶	۱۱/۵۲	۱۰/۰۷	۵/۷۷	۱/۲
G063	۱۰/۵۵	۷/۷۱	۰/۲۷	۲/۸۳	۹/۱۳	۹/۰۲	۴/۵۶	۰/۴۹
G064	۲۶/۰۷	۸/۸۶	۰/۶۷	۱۷/۲۱	۱۷/۴۶	۱۵/۱۴	۱۲/۹	۱/۲۲
G065	۳۱/۶۱	۹/۴۸	۰/۷۱	۲۲/۱۳	۲۰/۵۴	۱۷/۲۲	۱۶/۷۲	۱/۲۹
G066	۱۵/۹۱	۶/۹۸	۰/۵۸	۸/۹۳	۱۱/۴۴	۱۰/۴۷	۶/۲۸	۱/۰۵
G067	۲۰/۱۶	۸/۳۵	۰/۵۹	۱۱/۸	۱۴/۲۵	۱۲/۹۲	۹/۴۵	۱/۰۹
G068	۲۲/۴۷	۹/۰۲	۰/۶	۱۳/۴۵	۱۵/۷۴	۱۴/۱۹	۱۱/۳۷	۱/۱۱
G069	۲۷/۹	۹/۱۶	۰/۶۸	۱۸/۷۴	۱۸/۵۳	۱۵/۹۴	۱۳/۲۹	۱/۲۴
G070	۱۸/۱۱	۷/۱	۰/۶۱	۱۱/۰۱	۱۲/۶	۱۱/۲۶	۷/۱۷	۱/۱۲
G071	۲۳/۳۶	۹/۹۴	۰/۵۸	۱۳/۴۲	۱۶/۶۵	۱۵/۲۰	۱۴/۰۱	۱/۰۶
G072	۲۳/۶۱	۱۳/۰۳	۰/۴۵	۱۰/۵۹	۱۸/۳۲	۱۷/۵۳	۱۶/۹۷	۰/۸۳
G073	۱۵/۳۹	۱۱/۸	۰/۲۳	۳/۵۹	۱۳/۵۹	۱۳/۴۷	۱۰/۲	۰/۴۲
G074	۱۵/۳۹	۶/۲۲	۰/۶	۹/۱۶	۱۰/۸۱	۹/۷۶	۵/۳۹	۱/۱
G075	۲۲/۸۷	۶/۷	۰/۷۱	۱۶/۱۷	۱۴/۷۸	۱۲/۳	۸/۵۸	۱/۳۱
Nosrat77	۸/۴۱	۵/۴۳	۰/۴۱	۳/۵۸	۷/۲۱	۶/۹۸	۲/۵۸	۰/۷۷
Reyhan76	۸/۰۶	۴/۶۶	۰/۴۳	۳/۴	۶/۳۶	۶/۱۲	۲/۰۶	۰/۸
LSD 5%	۴/۲۶	۱/۲۳	۰/۴۲	۲/۱۳	۲/۸۹	۳/۴۴	۱/۵۶	۲/۸۹

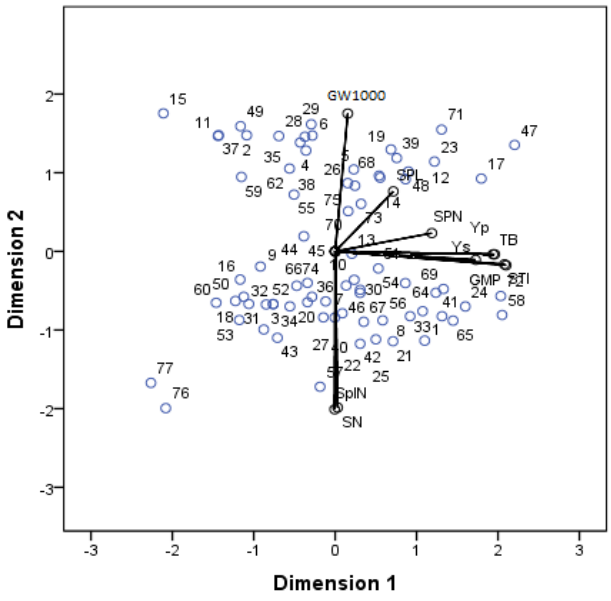
جدول ۳. ضرایب همبستگی صفات در محیط نرمال (بالای قطر) و تنش (پایین قطر) با شاخص تحمل تنش(STD) در ژنوتیپ‌های جو

صفات	تعداد سنبله بارور	طول خوشه	تعداد سنبلچه	تعداد دانه	عملکرد زیست‌توده	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص حساسیت	شاخص تحمل به تنش	میانگین هندسی عملکرد	میانگین حسابی عملکرد	شاخص تحمل	درصد کاهش عملکرد
تعداد سنبله بارور	۱	۰/۳۱**	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۳۱**	۰/۱	۰/۴۵**	-۰/۰۲	۰/۴۱**	۰/۴**	۰/۴**	۰/۲۱*	-۰/۰۲
طول خوشه	۰/۳۳**	۱	۰/۲۱	۰/۲۴*	۰/۲۳*	۰/۲۲	۰/۳۵**	۰/۰۴	۰/۲۳*	۰/۲۳*	۰/۲۳*	۰/۱۶	۰/۰۵
تعداد سنبلچه	۰/۲۳*	۰/۲۱	۱	۰/۹۹**	-۰/۰۲	-۰/۴۷**	-۰/۰۳	-۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۰۶	-۰/۱۴
تعداد دانه	۰/۲۵*	۰/۱۸	۰/۹۲**	۱	-۰/۰۱	-۰/۴۴**	۰/۰۱	-۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۱۳
عملکرد زیست‌توده	۰/۳۲**	۰/۲۷*	۰/۱۴	۰/۱۹	۱	-۰/۰۳	۰/۹۱**	۰/۵۸**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۹۵**	۰/۹۰**	۰/۵۹**
وزن هزار دانه	۰/۲۰	۰/۲۴*	-۰/۳۰**	-۰/۲۸*	۰/۲۸*	۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۱	-۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۵
عملکرد دانه	۰/۴۳**	۰/۴۸**	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۷۵**	۰/۲۹**	۱	۰/۴۷**	۰/۸۶**	۰/۸۴**	۰/۹۰**	۰/۷۹**	۰/۴۸**
شاخص حساسیت	-۰/۲۴*	-۰/۱۴	-۰/۰۵	-۰/۱۰	-۰/۱۱	-۰/۰۸	-۰/۴۷**	۱	۰/۱۶	/۱۳	۰/۳۵**	۰/۸۲**	۰/۹۹**
شاخص تحمل به تنش	۰/۳۰**	۰/۲۷*	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۸۶**	۰/۲۱	۰/۷۱**	۰/۱۶	۱	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۶۱**	۰/۱۷
میانگین هندسی عملکرد	۰/۳۱**	۰/۲۷*	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۸۲**	۰/۱۸	۰/۶۵**	۰/۱۳	۰/۹۷**	۱	۰/۹۶**	۰/۵۹**	۰/۱۵
میانگین حسابی عملکرد	۰/۲۵*	۰/۲۳*	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۷۵**	۰/۱۶	۰/۶**	۰/۳۵**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۱	۰/۸۷**	۰/۳۷**
شاخص تحمل	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۲۵*	۰/۰۱	-۰/۲۲*	۰/۸۲**	۰/۶۱**	۰/۵۹**	۰/۷۷**	۱	۰/۸۳**
درصد کاهش عملکرد	-۰/۲۳*	-۰/۱۴	-۰/۰۴	-۰/۱۰	-۰/۱۱	-۰/۰۸	-۰/۰۶	۰/۹۹**	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۳۷**	۰/۸۳**	۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد

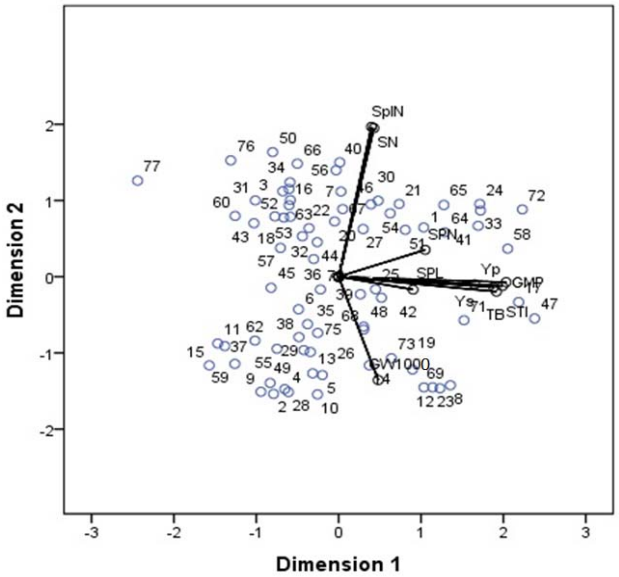
جدول ۴. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای سه مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های جو در شرایط شاهد آبیاری نرمال

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
تعداد سنبله بارور (SPN)	۰/۴۸	-۰/۰۰	۰/۵۶
طول سنبله (SPL)	۰/۲۹	۰/۱۴	۰/۷۸
تعداد سنبلچه (SPIN)	۰/۱۵	۰/۹۶	۰/۰۶
تعداد دانه (SN)	۰/۱۵	۰/۹۵	۰/۰۸
عملکرد زیست‌توده (گرم) (TB)	۰/۷۵	-۰/۱۲	-۰/۱۸
وزن هزار دانه (گرم) (GW)	-۰/۰۶	-۰/۷۲	۰/۴۱
شاخص تحمل تنش (STI)	۰/۹۷	-۰/۰۷	-۰/۱۱
میانگین هندسی عملکرد (GMP)	۰/۹۸	-۰/۰۴	-۰/۱۰
عملکرد تنش (گرم در بوته) (YS)	۰/۸۰	-۰/۰۳	۰/۰۵
عملکرد پتانسیل (گرم در بوته) (YP)	۰/۹۱	-۰/۱۴	-۰/۱۸
مقادیر ویژه	۴/۵۲	۲/۴۰	۱/۱۹
واریانس نسبی (٪)	۴۵/۱۸	۲۴	۱۱/۸۶



شکل ۱. بای‌پلات دو مؤلفه اصلی برای صفات تعداد دانه، تعداد سنبلچه، تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه و طول سنبله در وضعیت آبیاری نرمال، عملکرد در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی و شاخص‌های تحمل تنش و میانگین هندسی عملکرد در ژنوتیپ‌های جو

زیست‌توده، تعداد سنبله بارور و طول سنبله در مجاورت شاخص STI قرار گرفته است. به‌دلیل اینکه در میان صفات تحت ارزیابی، بردار این صفات نزدیک‌ترین بردار به شاخص STI است، این موضوع تأیید کننده این است که شاخص STI در مقاومت به تنش خشکی بسیار با اهمیت است. ژنوتیپ‌های مقاوم ۱۷، ۲۴،۲۳، ۴۱، ۴۷، ۵۸، ۶۵، ۷۱ و ۷۲ در سمت راست



شکل ۲. نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی برای تعداد دانه، تعداد سنبلچه، تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه و طول سنبله در شرایط تنش آبی، عملکرد در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی، و شاخص‌های تحمل تنش و میانگین هندسی عملکرد در ژنوتیپ‌های جو

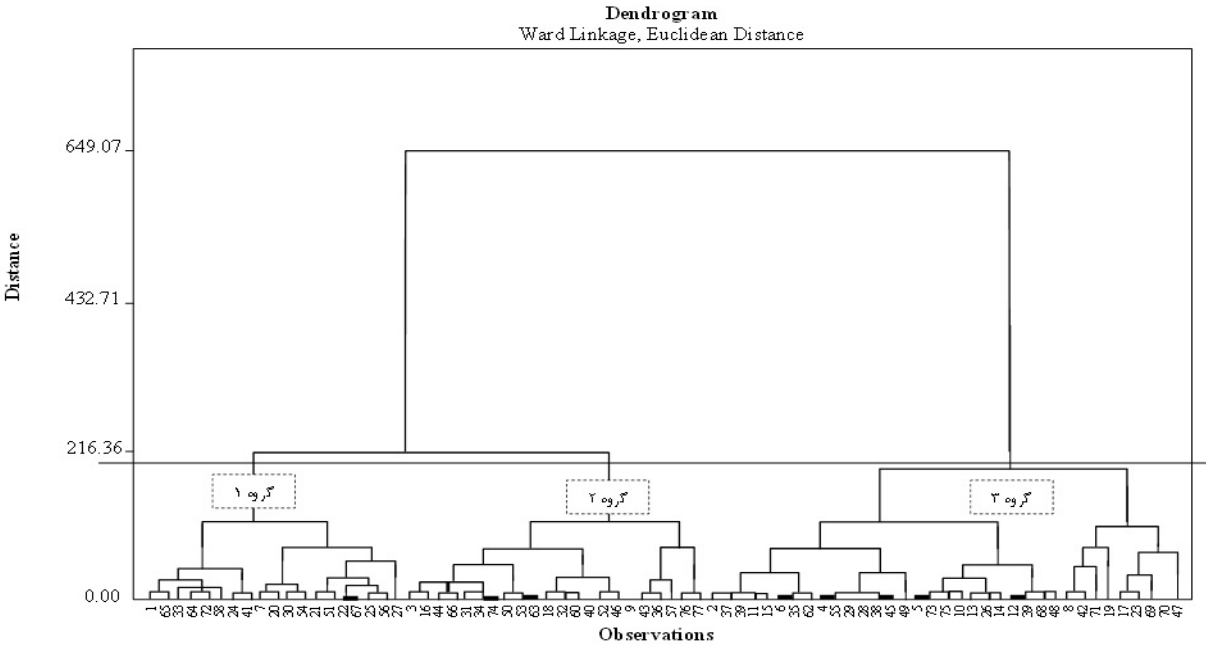
نمودار بای‌پلات و تقریباً نزدیک به شاخص (STI) قرار گرفتند (شکل ۲) که با یافته‌های دیگر محققین هم‌خوانی دارد (۱). در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش آبی (جدول ۵)، سه مؤلفه که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک دارند، در مجموع ۷۹/۹۲ درصد واریانس صفات را توجیه می‌کنند. ۴۶/۱۷ درصد از این واریانس به مؤلفه اول اختصاص داشت که بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به عملکرد زیست‌توده و شاخص‌های تنش STI و GMP می‌شود. مؤلفه دوم ۲۰/۶۴ درصد از واریانس را به خود اختصاص داده است و بالاترین ضرایب به صفات تعداد دانه و تعداد سنبلچه تعلق دارد که به‌صورت مثبت در این مؤلفه تأثیرگذار هستند. مؤلفه سوم ۱۳/۱۱ درصد از واریانس را به خود اختصاص داده است که بزرگ‌ترین ضرایب این مؤلفه مربوط به صفات تعداد سنبله بارور و طول سنبله می‌باشد.

نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در شرایط تنش آبی در مجموع ۶۶/۹۱ درصد واریانس را توجیه می‌کنند (شکل ۲). بر این اساس نتایج مشابهی از نظر رابطه بین صفات مورد بررسی در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش به‌دست آمد. در این نمودار نیز مانند شرایط نرمال ژنوتیپ‌های مقاوم ۱۷، ۲۴،۲۳، ۴۱، ۴۷، ۵۸، ۶۵، ۷۱ و ۷۲ در سمت راست و تقریباً نزدیک به بردار شاخص STI قرار دارند. در پژوهشی بر ۶۵۰ لاین بومی گندم نان در شرایط تنش مشخص گردید که در تجزیه به عامل‌ها پنج عامل وارد شده و در مجموع ۶۵/۵ درصد از تغییرات را توجیه نمودند (۲۲).

تجزیه کلاستر براساس تشابه و عدم تشابه برای شناسایی گروه‌ها و زیر گروه‌ها در برنامه‌های اصلاح نباتات مفید است (۶). بنابراین، از روش وارد (Ward's Method) و فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو (براساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد و اجزای آن) استفاده شد. در برنامه‌های دورگ‌گیری استفاده از ژنوتیپ‌هایی که کمترین قرابت را دارند، تنوع لازم را جهت پیشبرد برنامه‌های اصلاحی فراهم می‌آورد. هم‌چنین با دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشابه می‌توان از حجم کارهای اصلاحی کاسته و در هزینه‌ها صرفه‌جویی به‌عمل آورد (۲۷). خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی براساس صفات عملکرد و اجزای آن را در شرایط نرمال – تنش در سه گروه کلی

جدول ۵. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای سه مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های جو در شرایط تنش آبی

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
تعداد سنبله بارور (SPN)	۰/۴۴	۰/۱۶	۰/۶۵
طول سنبله (SPL)	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۶۳
تعداد سنبلچه (SPIN)	۰/۳۱	۰/۹۰	۰/۰۰
تعداد دانه (SN)	۰/۳۰	۰/۸۹	۰/۰۳
عملکرد زیست‌توده (گرم) (TB)	۰/۹۰	-۰/۱۱	-۰/۰۲
وزن هزار دانه (گرم) (GW)	۰/۲۱	-۰/۵۸	۰/۵۴
شاخص تحمل تنش (STI)	۰/۹۵	-۰/۱۳	-۰/۲۱
میانگین هندسی عملکرد (GMP)	۰/۹۶	-۰/۱۲	-۰/۱۹
عملکرد تنش (YS)	۰/۸۹	-۰/۱۱	۰/۰۳
عملکرد پتانسیل (YP)	۰/۷۹	-۰/۱۲	-۰/۳۳
مقادیر ویژه	۴/۶۱	۲/۰۶	۱/۳۱
واریانس نسبی (٪)	۴۶/۱۷	۲۰/۶۴	۱۳/۱۱



شکل ۳. دندروگرام ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی

قرار داد (شکل ۳). بر این اساس ژنوتیپ‌هایی که دارای شاخص تحمل بالایی بودند (ژنوتیپ‌های ۱۷، ۲۳، ۲۴، ۴۱، ۴۷، ۶۵، ۵۸، ۷۱ و ۷۲) در گروه اول و سوم قرار گرفتند. برای بررسی تفاوت بین گروه‌های تشخیص داده شده توسط تجزیه خوشه‌ای از لحاظ صفات تحت بررسی، آزمون مقایسه میانگین بین گروه‌ها انجام شد (جدول ۶). با بررسی میانگین صفات

جدول ۶. مقایسه میانگین گروه‌های تمایز یافته در حالت (نرمال – تنش) در ژنوتیپ‌های جو

صفات	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم
تعداد سنبله بارور در بوته	۲۸/۱۴ a	۲۲/۱۵ b	۲۱/۰۱ b
طول سنبله (سانتی‌متر)	۷/۱۴ a	۶/۵۲ b	۶/۴۸ b
تعداد سنبلچه	۴۵/۱۱ a	۲۵/۳۱ b	۴۶/۱۷ a
تعداد دانه در سنبله	۳۵/۱۸ a	۱۹/۲۵ b	۳۶/۱۶ a
عملکرد زیست‌توده (گرم در بوته)	۴۵/۱۱ a	۳۰/۱۶ b	۲۸/۱۵ b
عملکرد دانه (گرم در بوته)	۲۳/۱۶a	۱۲/۱۶ b	۱۱/۱۷ b
وزن هزار دانه (گرم)	۳۱/۶ b	۳۵/۵ a	۳۱/۱ b

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ هستند.

گروه‌های تمایز یافته در تجزیه خوشه‌ای مشاهده می‌شود که گروه اول و سوم (شامل ژنوتیپ‌های متحمل) در بعضی از صفات دارای وضعیت بهتری نسبت به گروه دوم می‌باشند. این گروه‌ها شامل ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد بیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد بالاتری در هر دو شرایط نرمال و تنش آبی دارا می‌باشند. از آنجا که این ژنوتیپ‌ها بومی ایران نبودند، واکنش‌های متفاوتی نسبت به تنش خشکی از خود نشان دادند. دو رقم شاهد ایرانی (ریحان و نصرت) به‌همراه برخی ژنوتیپ‌های خارجی در گروه دوم قرار گرفتند. در پژوهش مشابهی برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف جو تجزیه کلاستر با استفاده از روش وارد انجام شد و بر این اساس ژنوتیپ‌های مورد نظر در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی به‌ترتیب در ۳ و ۴ گروه تقسیم شدند (۲۱).

نتیجه‌گیری

براساس همبستگی شاخص‌های تنش با عملکرد در شرایط نرمال و تنش، شاخص STI و GMP به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در جو شناخته شدند. با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش آبی و آبیاری نرمال، سه مؤلفه اول توانستند در مجموع به‌ترتیب ۷۹/۹۲ و ۸۱/۰۴ درصد از واریانس صفات را توجیه نمایند که در مؤلفه اول بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به عملکرد زیست‌توده و شاخص‌های تنش STI و GMP بود و در مؤلفه دوم بالاترین ضرایب به صفات تعداد دانه و تعداد سنبلچه تعلق داشت و صفات تعداد سنبله بارور و طول سنبله بزرگ‌ترین ضرایب متعلق به مؤلفه سوم بود. براساس شاخص STI و نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط نرمال و تنش آبی ژنوتیپ‌های ۱۷، ۲۴،۲۳، ۴۱، ۴۷، ۵۸، ۶۵، ۷۱ و ۷۲ جز ژنوتیپ‌های مقاوم و پرمحصول در برابر تنش خشکی شناسایی شدند.

بررسی ضرایب همبستگی صفات مختلف در وضعیت‌های مختلف رطوبتی با شاخص تحمل تنش نشان داد که صفات تعداد سنبله بارور، طول سنبله، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری با شاخص تحمل به تنش دارند که نشان‌دهنده اهمیت توجه به این صفات در برنامه‌های اصلاحی جهت دست‌یابی به ژنوتیپ‌های متحمل و پرمحصول می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1. Bahrami, F., A. Arzani and V. Karimi. 2014. Evaluation of Yield-Based Drought Tolerance Indices for Screening Safflower Genotypes. *Agronomy Journal* 106:1219–1224.
2. Cooper, J. C. B. 1983. Factor analysis. An overview. *American Statistical Association* 37(2): 141 –147.
3. Ceccarelli, S., S. Grando and M. Baum. 2007. Participatory plant breeding in water-limited environments. *Experimental Agriculture* 43: 1-25.
4. Dencic, S., R. Kastori, B. Kobiljski and B. Duggan. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheatcultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113: 43-52
5. Eivazi, A. R., S. Mohammadi, M. Rezaei, S. Ashori and F. H. Pour. 2013. Effective selection criteria for assessing drought tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(4): 813-821.
6. El- Deeb, A. A. and N. A. Mohamed. 1999. Factor and cluster analysis for some quantitative characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *In:* Proceeding of the Annual Conference ISSR, Cairo University, Volume 34, part (II). Egypt, pp. 27-39.
7. Emam, Y. 2010. Cereal Production. 4th Ed, Shiraz University Press. Shiraz. (In Farsi).
8. FAO. 2013. FAO database collection. Available online at: http:// www.fao.org.
9. Fawzy F. S., A. Ashraf, A. A.El-Mohsen, M. A. Abd El-Shafi and I. H. Al-Soudan. 2014. Effective selection criteria for evaluating some barley crosses for water stress tolerance. *Advance in Agriculture and Biology* 2 (3): 112-123.
10. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257- 270. *In:* C. G. Kuo (Ed.) Adaptation of Food to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
11. Fischer, R. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars and grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
12. Golabadi, M., A. Arzani. and S. A. M. Mirmohammadi Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research* 1: 162–171.
13. Jallel, C. A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farook, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009. Drought characteristics and pigments compositions. *International Journal of Agricultural Biotechnology* 11: 100-105
14. Karami, E., M. R. Ghannadha, M. R. Naghavi and M. Mardi. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. *Iranian Journal of Agricultural Science* 36: 547-560. (In Farsi).
15. Karami, E., M. R. Ghannadha, M. R. Naghavi and M. Mardi. 2006. Detection of drought tolerant cultivars in barley. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 37: 371-379. (In Farsi).
16. Maleki Nejad R. and M. M. Majidi. 2015. Screening for Terminal Drought Tolerance in Iranian and Exotic Safflower Genotypes Using Drought Tolerance and Susceptibility Indices. *Journal of Crop Production and Processing* 5(15):69-82. (In Farsi).
17. Majer, P., L. Sass, T. Lelley, L. Cseuz, I. D. Dudits and J. Pauk. 2008. Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biologica Szegediensis* 52: 97-100.
18. Mohammadi, M., R. Karimizadeh and M. Abdipour. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Science* 5: 487–493.
19. Pask, A. J. D., J. Pietragalla, D. M. Mullan and M. P. Reynolds. 2012. Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. ISBN: 978-970-648-182-5, Mexico.
20. Puri, P. T., C. O. Quceiset and V. A. Williams. 1982. Evaluation of yield components as selection criteria in barley breeding. *Crop Science* 22: 927-934.
21. Rezaikalu, S., M. Khodarahmi and KH. Mostafavi. 2012. Study of traits in different barley types using factor analysis under terminal drought stress and without stress conditions. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(3): 149-160. (In Farsi).
22. Roostaii, M. 2000. Study on agronomic traits for increasing grain yield of wheat in cold dryland areas. *Seed and Plant Improvement Journal* 16 (3): 285-299. (In Farsi).
23. Ritzza, F., F. W. Badeck, L. Cattivelli, O. Lidestri, N. D. Fozo and A. M. Stanca. 2004. Use of a water stress index to identify barely genotypes adapted to rain fed and irrigated conditions. *Crop Science* 44: 2127-2137.
24. Shahmoradi, S., S. Shafaoddin and A.Yousefi. 2011. Phenotypic diversity in barley ecotypes of arid- zone of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal* 27: 495-515. (In Farsi).
25. Soleymani A. and M. H. Shahrajabian. 2013. Evaluation drought tolerance indices on the basis of physiological characteristics for different genotypes of barley in Esfahan region. *International Journal of Farming and Allied Science* 2(16): 533-536.
26. Wayssimallamiri, A., R. Haghparast, M. Aghaisarbarzeh, A. Farshadfar and R. Rajabi. 2011. Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance

indices. *Seed and Plant Improvement Journal* 26-1: 43-60. (In Farsi).
27. Zakizadeh, M., M. Esmaeilzadeh Moghaddam and D. Kahrizi. 2010. Study on genetic variation and relationship between plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes-using multivariate analysis. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12: 18-30. (In Farsi).
28. Zare, M. 2012. Evaluation of drought tolerance indices for the selection of Iranian barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology* 11: 15975-15981.