Arshive of SID

تعیین شاخص‌های مناسب برای ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های دابل هاپلوئید گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

مژگان مسچی‌باهوش[۱]، غلامعلی رنجبر*[۲]، حمید عباس‌دخت [۳]و حمید نجفی‌زرینی[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲ و ۴) دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

*** نویسنده مسئول: Ali.ranjbar@gmail.com**

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می باشد.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۴ **تاریخ پذیرش:** ۹۶/۰۸/۰۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی ارقام گندم و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس بر اساس شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش، پژوهشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در دو شرایط آبی و تنش خشکی در قالب طرح لاتیس ساده ۷ در ۷ (شامل ۷ بلوک ناقص) و با ۲ تکرار برای ۴۹ ژنوتیپ گندم شامل ۴۵ لاین دابل هاپلوئید گندم (هاپلوئید مضاعف) به همراه والدین و دو رقم محلی (گاسکوژن و پیشتاز) به‌عنوان شاهد، در شهرستان شاهرود اجرا شد. نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هارمونیک (HM)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل (STI) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی داشتند و به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش ارقام پرمحصول در هر دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. در بین این شاخص‌ها شاخص STI به‌عنوان بهترین شاخص تعیین شد. بیش‌ترین مقدار شاخص‌های بالا نیز متعلق به لاین دابل هاپلوئید ۴۳ (DH43) بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس هفت شاخص تحمل به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که مولفه اصلی اول، ۶۸/۱۵ درصد و مولفه اصلی دوم ۳۱/۳۹ درصد از تنوع داده‌های اولیه را توجیه کرده و بدین ترتیب این دو مولفه اصلی مجموعا ۹۹/۵۵ درصد از کل تنوع را توصیف نمودند. با رسم نمودار بای‌پلات مشخص شد که دابل هاپلوئیدهای DH43، DH22، DH89، DH19 و DH13 متحمل‌ترین لاین‌ها به تنش خشکی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند.

واژه‌های کلیدی: ژنوتیپ‌های گندم، شاخص‌های تحمل و بای پلات.

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید در جهان است و در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری نقش اساسی دارد. تولید گندم در ایران در سال‌های اخیر دارای سطحی حدود ۵/۷ میلیون هکتار بوده‌است که حدود ۵۰ درصد سطح زیر کشت کشور را شامل می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). میزان نزولات جوی کشور (متوسط حدود۲۵۰ میلی‌متر)، نوسانات زیاد آن و هم‌چنین وسعت اراضی دیم و وابستگی تولید در این مناطق به نزولات جوی باعث آسیب فراوانی به عملکرد گندم شده است (آقایی‌سریزه و همکاران، ۱۳۸۸؛ رشیدی‌اصل، ۱۳۹۱). بنابراین یکی از راهکارهای موثر برای به حداقل رساندن اثرات تنش خشکی در کشور، تولید و معرفی ارقام با عملکرد دانه بیش‌تر، متحمل به خشکی آخر فصل و ارقام زودرس گندم در مناطق سرد و سرد معتدل به همراه سایر روش‌های مدیریت کم آبی می‌باشد (Trethowan and Reynolds, 2007 ; آقایی‌سریزه و همکاران،۱۳۸۸). خضری عفراوی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی روی ۲۰ رقم بومی و ۲ رقم تجاری گندم دروم نتیجه گرفتند که میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل به خشکی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌درای با عملکرد ارقام در شرایط تنش آبی و بدون تنش داشتند و به‌عنوان بهترین شاخص‌ها شناخته شدند. آن‌ها بر اساس مقادیر این شاخص‌ها و رسم نمودار بای‌پلات حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی ارقام متحمل و حساس را نیز معرفی کردند که این نتایج با آزمون مقایسه میانگین در هر دو شرایط تنش آبی و آبیاری مشابه بودند. دستفال و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه واکنش ۱۰ ژنوتیپ گندم پس از گل‌دهی، به تنش خشکی (ملایم و شدید) و شرایط مطلوب رطوبتی بیان داشتند که شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین بهره‌وری (MP) بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد دانه در شرایط مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید داشتند و آن‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی توصیه نمودند. کریم‌زاده سورشجانی و همکاران (۱۳۹۱) نتیجه گرفتند که از بین شاخص‌های تحمل به تنش سه شاخص میانگین بهره‌وری (MP) میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش داشتند و می-توانند شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ارقام گندم متحمل به تنش خشکی آخر فصل باشند. کاکائی و همکاران (۱۳۹۱) چهارده ژنوتیپ متحمل گندم نان را در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی بررسی نمودند و بعد از رسم نمودار بای‌پلات حاصل از دو مولفه اصلی اول توانستند سه ژنوتیپ را که در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های میانگین هارمونیک، میانگین هندسی تولید، متوسط تولید و تحمل به تنش قرار گرفتند به‌دلیل دارا بودن بیش‌ترین میزان عملکرد در هر دو شرایط محیطی و STI بالا به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل پیشنهاد نمایند. آزادی و همکاران (۱۳۹۲) در آزمایشی به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی ارقام گندم بر اساس شاخص‌های حساسیت و تحمل نشان دادند که شاخص‌های STI و GMP

www.SID.ir

Arshive of SID

وMP همبستگی مثبت و معنی‌داری با پتانسیل عمل دانه در محیط‌های تنش (ملایم، متوسط و شدید) داشتند و می‌توانند جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و پر محصول برای هر دو شرایط به‌کار روند. رسم نمودارهای دو بعدی این شاخص‌ها نیز نشان داد که ارقام سرداری وآذر ۲ دارای عملکرد بالایی در هر دو محیط بودند. کامرانی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی ۳۴ ژنوتیپ گندم در دو شرایط تنش و بدون تنش نتیجه گرفتند که شاخص‌های STI، GMP، MP و HMP همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشتند و به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت دستیابی به ارقام پرمحصول محسوب شدند. آن‌ها هم‌چنین با انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش را نیز معرفی کردند. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی حساسیت یا تحمل ژنوتیپ‌های دابل هاپلوئید گندم که توسط سیستم تلاقی بین گونه‌ای گندم و ذرت و سپس با به‌کارگیری تکنولوژی نجات جنین تولید شده بود (Ranjbar *et al*, 1996a) در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی، برای گزینش برترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از ارزیابی شاخص‌های مهم حساسیت و تحمل به تنش انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۵- ۱۳۹۴ در شهرستان شاهرود و در دو شرایط آبی و تنش‌خشکی در قالب طرح لاتیس ساده ۷ در ۷ (شامل ۷ بلوک ناقص) و با ۲ تکرار برای ۴۹ ژنوتیپ گندم نان شامل ۴۵ لاین دابل هاپلوئید گندم (هاپلوئید مضاعف) به همراه والدین (Molineux و Trident) و دو رقم محلی به‌عنوان شاهد اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۲ متر و با فاصله بین ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متر و به‌صورت خطی در نظر گرفته شد. زمین آزمایش در سال قبل به‌صورت آیش بود. بدین منظور ابتدا زمین مورد نظر توسط گاو آهن برگردان‌دار شخم و سپس با استفاده از لولر تسطیح و در پایان به‌وسیله فاروئر پشته‌هایی به‌فاصله ۲۰ سانتی‌متر ایجاد شد. بعد از انتساب تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی، تمامی عملیات زراعی از قبیل پخش کود ، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مطابق عرف منطقه انجام گرفت. بذرهای مورد مطالعه بعد از ضدعفونی با سم کربوکسین تیرام ۲ درصد به‌صورت دستی در عمق تقریبی ۵ سانتی‌متر به‌صورت هیرم کاری روی پشته‌ها با دست کاشته شد. بلافاصله پس از کاشت بذر آبیاری سنگینی به‌صورت نشتی انجام شد. آبیاری‌های بعدی تا انتهای دوره رشد در تیمار آبی (بدون تنش) هر ۷ روز یک‌بار صورت گرفت. با توجه به زمان معمول تنش در منطقه، تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله (زمانی که ۵۰ درصد بوته‌های هر رقم وارد این مرحله شده باشند) شروع و تا پایان فصل ادامه پیدا کرد. به این ترتیب که تیمارهای آبی و تنش تا مرحله ظهور سنبله به‌طور هم‌زمان با یکدیگر آبیاری و از این مرحله به بعد آبیاری تیمار تنش قطع شد. در صورتی که تیمارهای عدم تنش تا پایان مرحله رشد آبیاری شدند. برداشت محصول وقتی که سنبله‌های هر کرت به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند (یعنی وقتی که زرد رنگ

www.SID.ir

Arshive of SID

شدند) انجام شد. برای ارزیابی صفات، نمونه برداری از ۱۰ بوته تصادفی در هر کرت انجام شد و میانگین ۱۰ بوته در محاسبات آماری منظور شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد (گرم در متر مربع)، وزن هزار دانه (گرم) و تعداد دانه در سنبله (عدد) استفاده شد. برای ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش از روش فرناندز (۱۹۹۲) استفاده شد که تظاهر گیاهان نسبت به دو محیط را به ۴ گروه تقسیم نموده بود: گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و غیرتنش دارند. گروه B: ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند. گروه C: ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط تنش دارند. گروه D: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی در هر دو محیط دارند. در نهایت ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های حساسیت به‌تنش (SSI) و تحمل (TOL) و شاخص‌های تحمل به‌تنش (STI)، میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی(GMP) و شاخص خشکی نسبی(RDI) که از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شدند، ارزیابی شدند (Moosavi *et al*, ; Fernandez, 1992 ; Rosielle and Hamblin,1981; Fischer and Maurer, 1978) (2008

رابطه ۱: $$SSI = \frac{1-(\frac{Y_S}{Y_P})}{S}$$

رابطه ۲: $$SI = 1 - (\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P})$$

رابطه ۳: $$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$$

رابطه ۴: $$TOL = Y_P - Y_S$$

رابطه ۵: $$STI = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(\bar{Y}_P)^2}$$

رابطه ۶: $$MP = \frac{(Y_P+Y_S)}{2}$$

رابطه ۷: $$HM = \frac{2(Y_P)(Y_S)}{Y_P+Y_S}$$

رابطه ۸: $$RDI = \frac{D}{\bar{X}_D}$$

رابطه ۹: $$DI = \frac{Y_S}{Y_P}$$

رابطه ۱۰: $$\bar{X}_D = \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}$$

www.SID.ir

Arshive of SID

Y_S و Y_P: به‌ترتیب میانگین عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش و بدون تنش (مطلوب)

$\overline{Y}_S$ و $\overline{Y}_P$: به‌ترتیب میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش (مطلوب)

$SI = D$: شدت تنش خشکی

DI: شاخص خشکی

$\overline{Y}_P^{\,2}$: مربع میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب

به‌منظور مطالعه روابط این شاخص‌ها با همدیگر و با عملکرد دانه تحت هر دو شرایط، همبستگی ساده آن‌ها محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و انجام کلیه تجزیه‌های آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و SAS نسخه ۹/۱ و برای رسم نمودار از نرم افزار STATGRAPH استفاده شد. عددهای داخل تمامی شکل‌ها نشان دهنده شماره ردیف لاین‌ها در جدول ۱ می‌باشند.

نتایج وبحث:

به‌منظور ارزیابی تحمل به‌خشکی ژنوتیپ‌های دابل هاپلوئید گندم در محیط بدون تنش خشکی (Y_P) و محیط تنش خشکی (Y_S)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص تحمل به‌خشکی (STI)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، میانگین حسابی (MP) و شاخص خشکی نسبی (RDI) محاسبه شدند. شدت تنش (SI) بر اساس فرمول Fischer and Maurer (۱۹۷۸) معادل ۰/۴۵بود. بررسی نتایج تحمل به‌تنش خشکی بر اساس شاخص‌های MP ، GMP و STI نشان داد که DH43 با داشتن بیش‌ترین مقدار این شاخص‌ها نسبت به سایر دابل هاپلوئیدها، تحمل بیش‌تری به‌شرایط تنش خشکی داشت و در گروه ژنوتیپ‌های متحمل به‌خشکی در شرایط مزرعه قرار گرفت. با توجه به عملکرد بالای این لاین در شرایط تنش (۵/۳ تن در هکتار) و بدون تنش (۸/۸ تن در هکتار)، طبق گروه-بندی فرناندز به گروه A تعلق گرفت (جدول ۱). این لاین هم‌چنین از نظر شاخص‌های SSI، TOL و HM نیز برترین ژنوتیپ شناخته شد. بعد از لاین DH43 لاین‌های DH22، DH19، DH13 و DH89 از نظر شاخص‌های MP، GMP و STI در محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی داشتند و بر اساس طبقه‌بندی به گروه A تعلق گرفتند. لاین‌های DH117، DH34، DH62، DH109 و DH111 بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI در محیط بدون تنش عملکرد خوبی داشتند اما در محیط تنش عملکرد پایینی نشان دادند و به گروه B تعلق گرفتند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). لاین‌های DH184، DH92 و DH186 بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI در محیط تنش عملکرد خوبی داشتند اما در محیط بدون تنش عملکرد پایینی نشان دادند و در گروه C قرار گرفتند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). لاین‌های DH147،DH42، DH142،

www.SID.ir

Arshive of SID

DH151، DH148، DH003،DH41، DH108، DH124، والد M و T، رقم گاسکوژن و پیشتاز از نظر شاخص‌های MP، GMP و STI در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد پایینی بودند. بنابراین در گروه D طبقه‌بندی شدند (شکل-های ۱، ۲ و ۳). مقایسه شاخص‌های MP، GMP و STI ژنوتیپ‌های مختلف نشان داد که انتخاب بر اساس این معیارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌شود (نورمند مویدی، ۱۳۸۰). مقدار MP بیش‌تر بیانگر مقدار بالای ($Y_P + Y_S$) می‌باشد ولی اگر مقدار Y_S خیلی کم باشد و برعکس Y_P آنقدر بالا باشد که بتواند کاهش Y_S را جبران کند. انتخاب رقم متحمل دچار اشکال می‌شود. هم‌چنین با توجه به این که دابل هاپلوئیدهای دارای شاخص حساسیت (SSI) بیش‌تر از یک، حساس قلمداد می‌شوند بنابراین ژنوتیپ‌های DH43، DH89، DH22، DH19 و DH13 با مقادیر بالاتر شاخص‌های MP، GMP، HM و STI و مقادیر کم‌تر شاخص‌های SSI و TOL نسبت به‌سایر ژنوتیپ‌ها تحمل بالایی به‌خشکی داشتند. با توجه به‌اینکه مقادیر پایین شاخص تحمل TOL نشان دهنده تحمل ارقام به‌تنش می‌باشد، ارزیابی این شاخص برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که معمولاً ژنوتیپ‌هایی که تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان دادند فاقد عملکرد بالا بودند. لاین‌های DH185، DH186، DH142 و والد M کم‌ترین شاخص تحمل به خشکی TOL و شاخص حساسیت به‌تنش SSI را در بین ژنوتیپ‌ها نشان دادند ولی از عملکرد مناسبی در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار نبودند (جدول ۱). بنابراین پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن کشت در شرایط تنش و بالا بودن عملکرد آن رقم در محیط تنش نیست زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به‌خشکی می‌باشند، اما پتانسیل عملکرد پایینی دارند (سوری و همکاران، ۱۳۸۴) یعنی با وجود عملکرد پایین در شرایط بدون تنش، افت عملکرد کم‌تری در شرایط تنش نیز دارند که این باعث کوچک شدن شاخص تحمل به تنش می‌شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقمی متحمل معرفی شد. ژنوتیپ‌هایی که دارای RDI بزرگ‌تر از یک می‌باشند، دارای تحمل نسبی به‌خشکی بوده و اگر ارزش فوق کوچک‌تر از یک باشد، ژنوتیپ مربوطه دارای حساسیت نسبی به‌خشکی می‌باشد. از نظر این شاخص نیز لاین DH43 دارای RDI بیش‌تر از یک و تحمل نسبی به‌خشکی بود. اما بالاترین RDI متعلق به لاین DH184 بود درحالی‌که در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد مطلوبی نداشت و در گروه C قرار گرفت. بنابراین این شاخص نمی‌تواند به‌طور مناسب لاین‌های مقام را گزینش نماید. نتایج ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل به‌خشکی و عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی برابر r = ۰/۷۰۹ و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. شاخص‌های تحمل به تنش با همدیگر نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشتند. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Y_P) و تنش (Y_S) با همدیگر و با شاخص-های GMP، MP، STI و HM همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند (جدول ۲) که این همبستگی

www.SID.ir

Arshive of SID

بیانگر هم جهت و مفید بودن اثر این شاخص‌ها برای انتخاب تحت هر دو شرایط محیطی می‌باشد و می‌تواند به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به‌خشکی برای هر دو شرایط به‌کار روند.

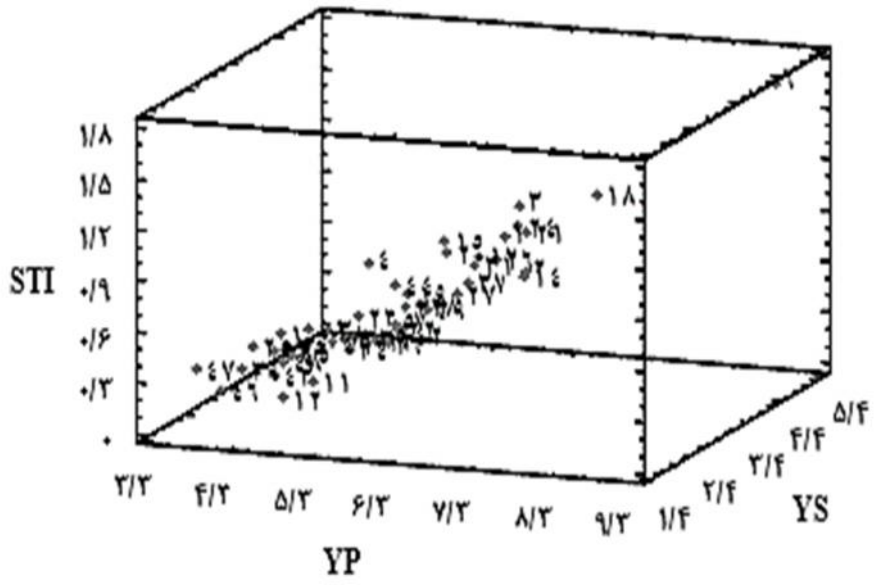
جدول ۱: شاخص‌های تحمل به‌خشکی و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و بدون تنش

شماره ردیف	دابل هاپلوئید (DH)	شاخص‌های تحمل به خشکی								
		MP	GMP	TOL	SSI	HM	RDI	STI	YS	YP
۱	۹	۵/۱	۴/۹	۲/۲	۰/۸	۴/۸	۱/۵	۰/۸	۳/۹	۶/۲
۲	۱۹۳	۵/۱	۴/۷	۳/۵	۱/۱	۴/۴	۰/۸	۰/۷	۳/۳	۶/۸
۳	۸۹	۵/۳	۵/۲	۱/۶	۰/۵	۵/۲	۱/۳	۰/۹	۴/۵	۶/۱
۴	۱۸۴	۴/۲	۴/۲	۴/۵	۰/۲	۴/۲	۱/۶	۰/۶	۴	۴/۵
۵	۱۱۷	۴/۱	۳/۸	۲/۸	۱/۱	۳/۶	۰/۸	۰/۵	۲/۶	۵/۵
۶	۴۳	۷/۱	۶/۹	۳/۴	۰/۸	۶/۷	۱/۱	۱/۶	۵/۳	۸/۸
۷	۳۴	۴/۱	۳/۸	۳	۱/۱	۳/۶	۰/۸	۰/۵	۲/۶	۵/۷
۸	۶۱	۳/۷	۳/۵	۲/۵	۱/۱	۳/۳	۰/۸	۰/۴	۲/۴	۵
۹	۳۵	۴	۳/۶	۳/۳	۱/۲	۳/۳	۰/۷	۰/۴	۲/۳	۵/۶
۱۰	۱۸۵	۳/۴	۳/۳	۱/۳	۰/۷	۳/۳	۱/۲	۰/۳	۲/۷	۴/۱
۱۱	۱۴۷	۳/۴	۲/۹	۳/۳	۱/۴	۲/۵	۰/۶	۰/۳	۱/۷	۵
۱۲	۴۲	۳/۱	۲/۶	۳/۳	۱/۵	۲/۲	۰/۵	۰/۲	۱/۴	۴/۸
۱۳	۲۸	۳/۹	۳/۶	۳	۱/۲	۳/۳	۰/۸	۰/۴	۲/۴	۵/۴
۱۴	۶۲	۵	۴/۷	۳/۶	۱/۱	۴/۴	۰/۸	۰/۷	۳/۲	۶/۸
۱۵	۱۸۶	۴/۷	۴/۷	۱/۲	۰/۵	۴/۷	۱/۴	۰/۷	۴/۱	۵/۴
۱۶	۱۰۹	۴	۳/۶	۳/۲	۱/۲	۳/۳	۰/۷	۰/۴	۲/۴	۵/۶
۱۷	۲۰۵	۴/۹	۴/۷	۲/۳	۰/۸	۴/۶	۱/۱	۰/۷	۳/۷	۶
۱۸	۲۲	۵/۷	۵/۶	۲/۸	۰/۸	۵/۴	۱/۱	۱	۴/۳	۷/۲
۱۹	۱۹۵	۴/۳	۴/۲	۲/۱	۰/۸	۴	۱	۰/۶	۳/۲	۵/۴
۲۰	۱۵۰	۴/۷	۴/۶	۱/۶	۰/۶	۴/۶	۱/۲	۰/۷	۳/۹	۵/۵
۲۱	۱۹	۵/۲	۵	۲/۵	۰/۸	۴/۹	۱/۱	۰/۹	۳/۹	۶/۵
۲۲	۱۱۱	۴/۱	۳/۸	۳	۱/۲	۳/۵	۰/۸	۰/۵	۲/۵	۵/۶
۲۳	۱۷	۳/۹	۳/۸	۲	۰/۹	۳/۶	۱	۰/۵	۲/۹	۴/۹
۲۴	۱۳	۵/۲	۵/۱	۲/۱	۰/۷	۵	۱/۲	۰/۹	۴/۱	۶/۳
۲۵	۱۴۲	۳/۲	۳/۱	۱/۳	۰/۷	۳	۱/۲	۰/۳	۲/۵	۳/۸
۲۶	۱۰۲	۴/۹	۴/۷	۲/۷	۰/۹	۴/۵	۱	۰/۷	۳/۵	۶/۳
۲۷	۴۸	۴/۶	۴/۳	۳	۱	۴/۱	۰/۹	۰/۶	۳	۶/۱
۲۸	۸۷	۴/۳	۴/۱	۲/۷	۱	۳/۹	۰/۹	۰/۵	۲/۹	۵/۷
۲۹	۱۲۶	۴/۳	۴/۱	۲/۹	۱/۱	۳/۸	۰/۹	۰/۵	۲/۸	۵/۸
۳۰	۳۸	۳/۷	۳/۶	۱/۹	۰/۹	۳/۴	۱	۰/۴	۲/۷	۴/۷
۳۱	۱۹۱	۴/۸	۴/۶	۲/۵	۰/۹	۴/۴	۱	۰/۷	۳/۵	۶
۳۲	۱۶۴	۳/۴	۳/۲	۱/۹	۰/۹	۳/۱	۱	۰/۳	۲/۴	۴/۳
۳۳	۱۸۲	۳/۸	۳/۶	۲/۶	۱/۱	۳/۳	۰/۸	۰/۴	۲/۵	۵/۱
۳۴	۱۵۱	۳/۷	۳/۴	۲/۹	۱/۲	۳/۲	۰/۸	۰/۴	۲/۳	۵/۲
۳۵	۱۴۸	۳/۴	۳/۲	۱/۸	۰/۹	۳/۱	۱	۰/۳	۲/۵	۴/۳
۳۶	۸۳	۴/۲	۴	۲/۵	۱	۳/۸	۰/۹	۰/۵	۲/۹	۵/۵
۳۷	۱۳۷	۴/۷	۴/۴	۲/۹	۱	۴/۲	۰/۹	۰/۶	۳/۲	۶/۱
۳۸	۰۰۳	۳/۳	۳/۱	۱/۸	۰/۹	۳	۱	۰/۳	۲/۴	۴/۲
۳۹	۴۱	۳	۲/۸	۱/۹	۱	۲/۷	۰/۹	۰/۲	۲	۳/۹
۴۰	۲۰	۳/۸	۳/۵	۲/۵	۱/۱	۳/۳	۰/۹	۰/۴	۲/۵	۵
۴۱	۱۰۸	۳/۶	۳/۵	۱/۵	۰/۸	۳/۴	۱/۱	۰/۴	۲/۸	۴/۴
۴۲	۲۵	۴/۱	۳/۷	۳/۳	۱/۲	۳/۴	۰/۷	۰/۵	۲/۴	۵/۷
۴۳	۱۲۴	۳/۲	۲/۹	۲/۵	۱/۲	۲/۶	۰/۷	۰/۳	۱/۹	۴/۴
۴۴	۹۲	۴/۳	۴/۲	۱/۷	۰/۷	۱/۴	۱/۲	۰/۶	۳/۴	۵/۱
۴۵	۶۰	۳/۴	۳/۲	۲/۱	۱	۳	۰/۹	۰/۳	۲/۳	۴/۴
۴۶	T	۲/۸	۲/۵	۲/۲	۱/۲	۲/۳	۰/۷	۰/۲	۱/۶	۳/۹
۴۷	M	۲/۷	۲/۷	۱/۱	۰/۷	۲/۶	۱/۱	۰/۲	۲/۲	۳/۳
۴۸	گاسکوژن	۳/۳	۳/۱	۲/۲	۱/۱	۲/۹	۰/۸	۰/۳	۲/۱	۴/۴
۴۹	پیشتاز	۳/۶	۳/۴	۲/۴	۱	۳/۲	۰/۹	۰/۴	۲/۴	۴/۹

عملکرد در شرایط تنش(Ys = Yield in stressed condition)، عملکرد در شرایط بدون تنش (YP = Yield potential)، شاخص میانگین حسابی(MP = Mean Productivity)، شاخص میانگین هندسی (GMP = Geometrical Mean Productivity)، شاخص میانگین هارمونیک (HM = Harmonic Mean)، شاخص حساسیت به‌تنش SSI = Stress Susceptibility (Index)، شاخص تحمل به‌تنش (STI = Stress Tolerance Index)، شاخص خشکی‌نسبی (RDI = Relative drought index)، شاخص تحمل (TOL = Tolerance index).

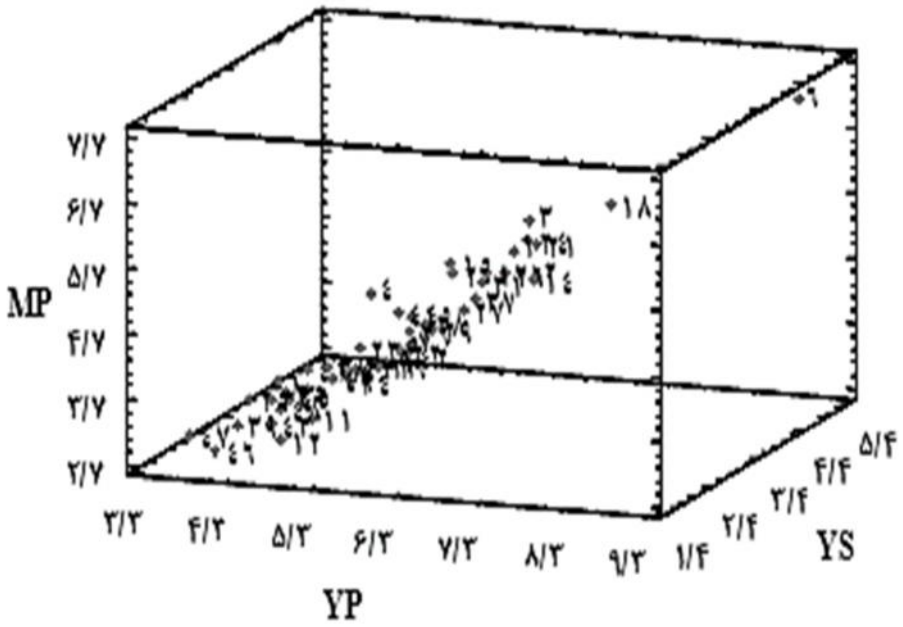
www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۱: تغییرات شاخص STI و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش در ژنوتیپ‌های گندم

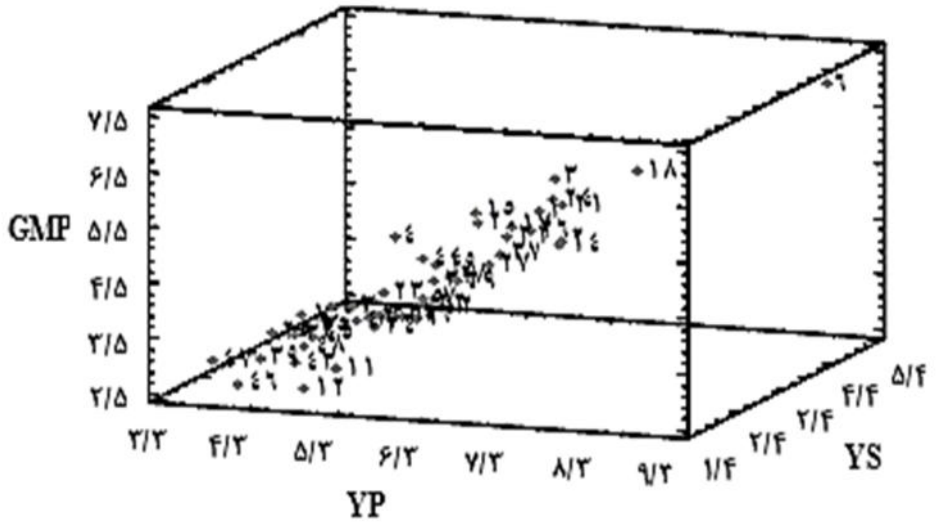
عددهای داخل تمامی شکل‌ها نشان دهنده شماره ردیف لاین‌ها در جدول ۱ می‌باشند.



شکل ۲: تغییرات شاخص MP و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش در ژنوتیپ‌های گندم

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۳: تغییرات شاخص GMP و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش در ژنوتیپ‌های گندم

به‌عبارت دیگر اگر گزینش بر اساس مقادیر بالای هر یک از این شاخص‌ها در ژنوتیپ‌ها صورت بگیرد به‌طور غیر مستقیم ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیش‌تر در شرایط بدون تنش گزینش خواهند شد. شاخص‌های GMP، MP، STI و HM با هم‌دیگر نیز همبستگی مثبت و بالایی داشتند که نشان‌گر هم‌راستا بودن این شاخص‌ها از نظر ماهیت می‌باشد. نقوی و همکاران (۱۳۹۵) در تحلیل همبستگی عملکرد در محیط تنش و بدون تنش، شاخص‌های GMP، MP، STI و HM را مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام گندم بهاره در هر دو شرایط محیطی معرفی نمودند. کامرانی و همکاران (۱۳۹۴) نیز این شاخص‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت دستیابی به ارقام پرمحصول معرفی کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارند. محققان دیگر نیز همبستگی بالا و معنی‌داری سه شاخص GMP، MP، STI را با عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی گزارش نمودند و این شاخص‌ها را به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ارقام برتر اعلام نمودند (بابایی و همکاران، ۱۳۸۶.، خضری عفراوی، ۱۳۸۹.، گراوندی و همکاران، ۱۳۸۹.، دستفال و همکاران، ۱۳۹۰.، کریم‌زاده سورشجانی، ۱۳۹۲.، کاکایی و همکاران، ۱۳۹۱.، آزادی و همکاران، ۱۳۹۲). شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با هم داشتند که از این نظر بابایی و همکاران (۱۳۸۶) نیز نتیجه‌ای مشابه گرفتند. شاخص TOL همبستگی مثبت و معنی داری با Y_P داشت ولی همبستگی بین Y_S و شاخص TOL منفی بود. احمدزاده و همکاران (۱۳۸۳) نیز نتایجی مشابه را گزارش نمودند. شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌داری با Y_S نشان داد. به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی دارند فاقد شاخص TOL و SSI مناسبی هستند. لاین‌های DH185، DH186، DH142 و والد M که بیش‌ترین تحمل به‌خشکی (کم‌ترین TOL) را داشتند تحت شرایط بدون تنش از عملکرد مناسبی برخوردار

www.SID.ir

Arshive of SID

نبودند. هم‌چنین لاین‌های DH147 و DH42 که از نظر شاخص SSI رتبه اول و دوم را بخود اختصاص دادند، از عملکرد متوسطی تحت شرایط بدون تنش برخوردار بودند. در مقابل ژنوتیپ‌های DH43 و DH22 که از عملکرد بالایی در هر دو شرایط برخوردار بودند از نظر شاخص TOL و SSI در حد متوسط بودند. بررسی همبستگی شاخص‌های تحمل به‌تنش و حساسیت به‌تنش، نشان داد که شاخص STI را می‌توان به‌عنوان بهترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به‌تنش درگندم پیشنهاد نمود به دلیل آن‌که این شاخص در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، ضریب همبستگی معنی‌دار و بالاتر از سایر شاخص‌ها داشته و هم‌چنین توانسته است ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا کند. احمدزاده و همکاران (۱۳۸۳) نیز شاخص STI را بهترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش اعلام نمودند. با توجه به نتایج بدست آمده از نظر شاخص STI لاین‌های DH43، DH22، DH13، DH89 و DH19 ژنوتیپ‌های متحمل و لاین‌های DH42، DH41 و والدهای M و T ژنوتیپ‌های حساس به‌تنش خشکی شناخته شدند. در این آزمایش با توجه به بالا بودن تعداد ژنوتیپ‌ها برای افزایش دقت در انتخاب، می‌توان گزینش را بر اساس شاخص‌ها را در چند مرحله انجام داد. به‌عنوان مثال در مرحله اول ژنوتیپ‌هایی که دارای STI بیش‌تر هستند را انتخاب کرده و برای گزینش دقیق‌تر در مرحله بعد ژنوتیپ‌هایی با SSI کم‌تر را انتخاب نمود. Fernandez (۱۹۹۲) با استفاده از نتایج همبستگی بین شاخص‌های MP، TOL، STI و SSI با Y_P و Y_S نتیجه گرفت که STI شاخص عملکرد بالقوه و تحمل به‌تنش می‌باشد و قادر است که ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها جدا نماید.

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی توسط تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات

با توجه به‌محاسبه شاخص‌های مختلف برای واکنش ارقام نسبت به‌تنش خشکی و داشتن ماهیت متفاوت تحمل تنش و حساسیت به‌تنش در این داده‌ها، نمی‌توان به‌طور هم‌زمان کلیه این متغیرها را برای یک رقم خاص نشان داد. لذا مناسب‌ترین روش استفاده از نمایش گرافیکی بای‌پلات داده‌ها در یک صفحه دو بعدی می‌باشد که بدین منظور، ابتدا شاخص‌های مختلف تحمل به‌خشکی با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی به تعداد اندکی مولفه تبدیل می‌شوند. سپس بر مبنای دو مولفه اصلی اول که سهم زیادی از تنوع داده‌های اولیه را توجیه می‌نمایند نمودار بای پلات ترسیم شده و موقعیت هر یک از ارقام مورد مطالعه در این فضای دو بعدی بر مبنای مقدار هر یک از مولفه‌ها در ارقام، به‌دست می‌آید. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی براساس هفت شاخص تحمل به‌خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تحت تنش و بدون تنش نشان داد که دو مولفه اصلی اول و دوم توانستند در مجموع ۹۹/۵۵ درصد از کل تنوع و تغییرات موجود را توجیه نمایند بنابراین استفاده از این دو مولفه و چشم‌پوشی از سایر مولفه‌ها تنها موجب از دست رفتن بخش ناچیزی در حدود ۰/۴۵ درصد از تغییرات داده‌ها خواهد شد. (جدول ۳). مولفه اصلی اول ۶۸/۱۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص-

www.SID.ir

Arshive of SID

های MP، GMP، STI، HM، Y_S و Y_Pداشت. به این ترتیب، می‌توان آن را به‌عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی نام‌گذاری کرد. از آن‌جا که مقادیر بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند و با توجه به همبستگی مثبت و بالای مولفه اصلی اول با این شاخص‌ها، اگر میزان مولفه اصلی اول بالا انتخاب شود، ژنوتیپ‌هایی انتخاب خواهند شد که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تحت تنش و بدون تنش هستند. هم‌چنین مولفه اصلی دوم ۳۱/۳۹ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های SSI و TOLداشت و لذا می‌توان آن را به‌عنوان مولفه حساسیت به خشکی نامید. در نتیجه ژنوتیپ‌هایی با مقادیر عددی بزرگ‌تر برای این مولفه، عملکرد کم‌تری دارند و نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها حساس‌ترند. با توجه به این نکات، قسمت مطلوب بای پلات، ناحیه بالا و پایین سمت راست نمودار گرافیکی بای-پلات می‌باشد که ژنوتیپ‌های برتر نیز در این قسمت قرار گرفته‌اند. لاین‌های DH43، DH89، DH22، DH19 و DH13 در این ناحیه قرار گرفته‌اند که به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تحت تنش می‌باشند و متحمل به تنش خشکی معرفی می‌شوند. در مجموع باید شاخص یا شاخص‌هایی انتخاب کرد که بتوانند این لاین‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ-های متحمل به تنش‌خشکی و با عملکرد بالا گزینش بنمایند. بررسی نتایج حاصل از بای‌پلات نشان داد که شاخص‌های تحمل به‌خشکی (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی (GMP) و میانگین هارمونیک (HM) به‌خوبی توانستند لاین‌ها را تفکیک نمایند، بنابراین می‌توان این شاخص‌ها را برای تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل به‌تنش خشکی و با عملکرد بالا از ژنوتیپ‌های حساس به‌تنش به کاربرد. توزیع ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی نیز بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای این صفت بود و لذا جمعیت مورد مطالعه، دارای زمینه ژنتیکی مناسب و متنوعی برای برنامه‌های به‌نژادی آینده از نظر تحمل به خشکی می‌باشد (شکل ۴). همان‌طور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، با توجه به زوایای خطوطی که شاخص‌ها نمایش داده شده‌اند، می‌توان استنباط کرد که شاخص‌های MP، GMP، STI و HM به-عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به‌خشکی در لاین‌های دابل‌هاپلوئید گندم بوده و همبستگی مثبت، بالا و معنی‌داری با یکدیگر و نیز با عملکرد دانه در شرایط تحت تنش و بدون تنش داشتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از نمودارهای سه بعدی شاخص‌های تحمل به خشکی و ترسیم بای‌پلات مشخص شد که لاین DH43 متحمل‌ترین ژنوتیپ در بین لاین‌های مورد مطالعه نسبت به تنش خشکی است. هم‌چنین لاین‌های، DH89، DH19 و DH13 که در مجاورت بردارهای مربوط به‌شاخص میانگین هارمونیک، شاخص میانگین هندسی تولید، شاخص متوسط تولید و شاخص تحمل به تنش قرار گرفته‌اند و با توجه به دارا بودن بیش‌ترین میزان عملکرد در هر دو شرایط محیطی و داشتن STI بالا به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل پیشنهاد می‌شوند. نقوی و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشتند ارقامی که بر اساس نمودار سه بعدی شاخص‌ها متحمل به‌خشکی

www.SID.ir

Arshive of SID

بودند، بر طبق نمودار چند متغیره بای پلات نیز در مجاورت بردارهای مربوط به بهترین شاخص‌های تحمل به‌خشکی یعنی MP، GMP، STI و HM قرار گرفتند.

جدول۲: ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش

	RDI	SSI	TOL	HM	STI	GMP	MP	YP	YS
YS	۰/۶۹۳**	-۰/۶۹۰**	-۰/۱۴۴	۰/۹۷۵**	۰/۹۳۶**	۰/۹۵۰**	۰/۹۰۷**	۰/۷۰۹**	۱
YP	۰/۰۲۳	۰/۰۱۱	۰/۵۹۶**	۰/۸۴۲**	۰/۸۸۸**	۰/۸۹۳**	۰/۹۴۰**	۱	
MP	۰/۳۵۰*	-۰/۳۲۸*	۰/۲۸۶*	۰/۹۷۵**	۰/۹۸۳**	۰/۹۹۳**	۱		
GMP	۰/۴۵۲**	-۰/۴۳۴**	۰/۱۷۱	۰/۹۹۵**	۰/۹۸۸**	۱			
STI	۰/۴۲۷**	-۰/۴۱۱**	۰/۱۸۰	۰/۹۸۲**	۱				
HM	۰/۵۳۵**	-۰/۵۲۱**	۰/۰۷۱	۱					
TOL	-۰/۷۵۷**	۰/۸۰۲**	۱						
SSI	-۰/۹۶۵**	۱							
RDI	۱								

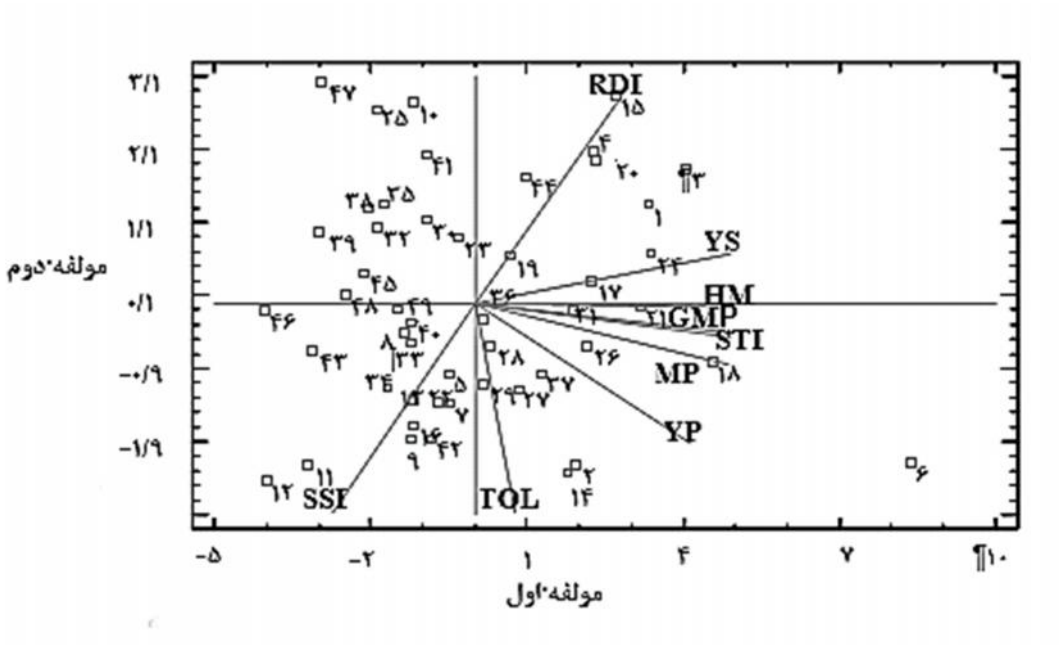
* و ** به‌ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

جدول ۳: درصد واریانس، واریانس تجمعی و ریشه‌های مشخصه مولفه اصلی اول و دوم در روش تجزیه به مولفه-های اصلی

مولفه‌های اصلی	ریشه مشخصه	واریانس مولفه‌ها (درصد)	واریانس تجمعی (درصد)
۱	۶/۱۳	۶۸/۱۵	۶۸/۱۵
۲	۲/۸۲	۳۱/۳۹	۹۹/۵۵

www.SID.ir

Arshive of SID



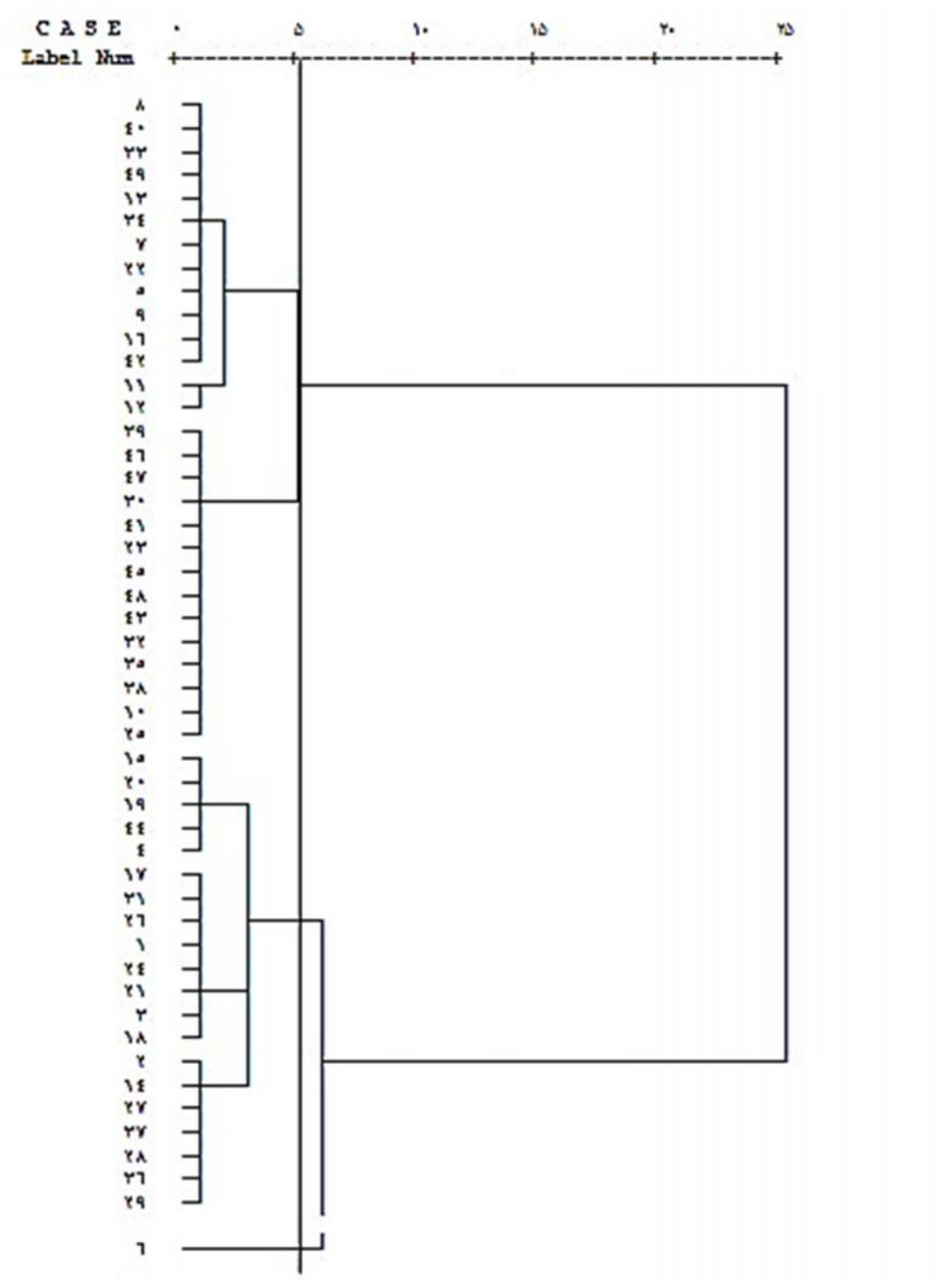
شکل ۴: گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از تجزیهٔ خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی به روش حداقل واریانس Ward و با فاصله مربع اقلیدسی صورت گرفت. با برش نمودار درخت واره‌ای (دندروگرام) از فاصلهٔ حدود پنج واحد، چهار خوشه ایجاد شد و ژنوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۵) همان‌طور که دیده می‌شود درگروه اول دابل‌هاپلوئیدهای DH61، DH20، DH182، DH28، DH151، DH34، DH111، DH117، DH35، DH25، DH109، DH147 و DH42 و پیشتاز قرار گرفتد که ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد پایین و حساس به تنش خشکی می‌باشند. در گروه دوم دابل‌هاپلوئیدهای DH41، DH38، DH108، DH17، DH60، DH124، DH164، DH148،DH003، DH185، DH142، گاسکوژن، T و M قرار دارند. در گروه سوم دابل هاپلوئیدهای DH186، DH150، DH195، DH92، DH184، DH205، DH191، DH102، DH9، DH13، DH19، DH89، DH22، DH193، DH62، DH48، DH137، DH87، DH83 و DH126 قرار گرفتند. در گروه چهارم دابل‌هاپلوئید DH6 که دارای بالاترین پتانسیل عملکرد در محیط تنش و بدون تنش بود، به تنهایی قرار گرفت و متحمل‌ترین لاین به تنش خشکی محسوب شد. بنابراین بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، گروه سوم و چهارم با داشتن دابل‌هاپلوئیدهای DH43، DH22، DH89، DH19 و DH13 به عنوان متحمل‌ترین گروه به تنش خشکی در بین گروه‌ها شناسایی شدند. این نتایج با نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات در تمایز ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی، مطابقت داشتند و به‌عنوان روش مکملی برای تایید روش‌های قبلی بود. توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات نشان‌گر وجود تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت

www.SID.ir

Arshive of SID

به تنش خشکی است که نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز مؤید آن می‌باشد. محققان دیگر نیز با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نشان دادند که نتایج حاصل از این روش با تجزیه به مولفه‌های اصلی مطابقت دارد (کامرانی و همکاران، ۱۳۹۴ ;Mohammadi *et al*, 2011).



شکل ۵: گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس شاخص‌های مورد بررسی با استفاده از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش حداقل واریانس ward

عددهای داخل تمامی شکل‌ها نشان دهنده شماره ردیف لاین‌ها در جدول ۱ می‌باشند.

www.SID.ir

Arshive of SID

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بین دابل‌هاپلویدهای مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود داشت و شاخص‌های GMP، MP، STI و HM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بودند. در نهایت دابل هاپلوئیدهای DH43، DH22، DH89، DH19 و DH13 به‌عنوان متحمل-ترین لاین‌ها به تنش خشکی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شناخته شدند که می‌توانند در شرایط آب و هوایی مشابه محل اجرای آزمایش کشت شوند و برای تولید واریته‌های اصلاح شده در منطقه در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

منابع:

احمدزاده، ع.، مقدم، م. و ولیزاده، م. ۱۳۸۳. ارزیابی لاین‌های برخاسته از توده‌های بومی گندم بهاره آذربایجان شرقی از نظر تحمل به خشکی. هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. ص ۵.

احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، فضلی استبرق، م.، حسین‌پور، ر.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳. محصولات زراعی. جلد ۱، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. ص ۱۷۴.

آزادی،ا. روزبهانی، آ. و صادقی‌شجاع، م. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی و ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم .(*Triticum aestivum L.*) مجله زارعت و اصلاح نباتات. جلد ۹، شماره ۱، ص ۳۵-۴۷.

آقایی‌سربرزه، م.، روستائی، م.، محمدی. ر.، حق پرست، ر. و رجبی، ر. ۱۳۸۸. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۲شماره ۱، ص ۱-۲۳.

بابایی، ف.، ملکی، ع.، چهارسوقی امین، ح.، مرادخانی، ح. و احمدی، ج. ۱۳۸۶. مقایسه ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. جلد ۲ شماره ۱، ص ۶۲-۷۳.

خضری عفراوی، م.، حسین‌زاده، ع. ه.، محمدی، و. ا. و احمدی، ع.۱۳۸۹. ارزیابی مقاومت به خشکی در ارقام بومی گندم دوروم ایران تحت شرایط تنش آبی و آبیاری طبیعی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴۱ شماره ۴، ص ۷۴۱-۷۵۳.

دستفال، م.، براتی، و .، امام، ی .، حقیقت نیا، ح. و رمضان پور، م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به‌زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۷ شماره ۲،

www.SID.ir

Arshive of SID

ص ۱۹۵ - ۲۱۷.

رشیدی‌اصل، ا. ۱۳۹۱ . بررسی تحمل به تنش خشکی برخی از ارقام گندم در شرایط کم آبی. مجله پژوهش‌های به زراعی. جلد ۴ شماره ۳، ص ۲۱۷-۲۰۷.

کاکایی، م.، مظاهری‌لقب، ح.، زبرجدی، ع. ر. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان. مجله فن‌آوری تولیدات گیاهی. جلد ۱۲ شماره ۱، ص ۱-۱۳.

کامرانی، م.، فرضی، ع. و عبادی، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی توان تولید و تحمل به کم آبی در ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله تحقیقات غلات. جلد ۵ شماره ۳، ص ۲۳۱-۲۴۶.

کریم‌زاده سورشجانی، ه. ا.، امام، ی. و موری، س. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های مقاومت به تنش در ارقام گندم نان و دوروم به تنش خشکی پس از گلدهی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴۳ شماره ۱، ص ۱۵۱-۱۶۲.

گراوندی، م.، فرشادفر، ع.ا. و کهریزی، د. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ های پیشرفتهٔ گندم نان در شرایط مزرعه و آزمایشگاه. مجله به‌نژادی نهال و بذر. جلد (۱)۲۶ شماره ۲، ص ۲۳۳-۲۵۲.

نقوی، م.ر.، مقدم، م.، تورچی، م. و شکیبا، م.ر. ۱۳۹۵. ارزیابی ارقام گندم بهاره بر اساس شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. جلد ۸ شماره ۱۷، ص ۱۹۲-۲۰۷.

نورمندموید، ف.، رستمی، م. ع. و قنادها، م. ر. ۱۳۸۰.ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۲ شماره ۴، ص ۷۹۵-۸۰۵.

Fernandez,G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of symp. Taiwan,B-16 Aug 1992. BYC. G. kuo. AVRDC

Fischer, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

Moosavi, S., Yazdi Samadi, B., Naghavi, M., Zali, A., Dashti, H., & Pourshahbazi, A. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert*, *12*(2), 165-178.

Mohammadi, M., Karimzade, R. & Abdipour, M. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dry land and supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (4), 487-493.

www.SID.ir

Arshive of SID

Ranjbar, G. A., Hollamby, G. J., Shepherd, K.W., Islam, AKRF. 1996. Comparison of different source of pollen for F1 wheat haploid production via intergeneric hybridization system. Proceedings of Wheat Breeding. Australia.

Ranjbar, G. A., Hollamby, G. J., Shepherd, K.W., Islam, AKRF. 1996. Efficient wheat haploid production using different maize genotypes. Proceedings of Wheat Breeding. Australia.

Rosielle, A. A. and Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments. Crop Sciences, 21: 943-945.

Trethowan, R. M. and Reynolds, M. 2007. Drought resistance: Genetic approaches for improving productivity under stress. In: Buck H.R. et al. (eds): wheat production in stressed environments, 289-299, Springer Pub., the Netherlands.

www.SID.ir