



## ارزیابی شاخص‌های تحمل گندم نان به تنش رطوبتی

\*محمدرضا شیرینی<sup>۱</sup>، مصطفی ولی‌زاده<sup>۲</sup>، اسلام مجیدی<sup>۳</sup>، امیرقلی سنجری<sup>۴</sup>  
و امیرغریب عشقی<sup>۵</sup>

<sup>۱،۴،۵</sup> اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، <sup>۲</sup> عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، <sup>۳</sup> عضو هیات علمی موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی

### چکیده

اصلاح و بهبود تحمل گندم به تنش‌های محیطی از جمله مهمترین هدف‌های اساسی اصلاح نباتات است و در بین تنش‌ها، تنش رطوبتی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در تولید پایدار گندم به شمار می‌رود. به منظور بررسی تحمل به تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های مختلف گندم، شاخص‌های تحمل ۲۴ ژنوتیپ گندم نان، تحت شرایط بدون تنش رطوبتی، تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی و تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی در سه آزمایش جدا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آاروق اردبیل مورد مقایسه قرار گرفتند. در ارزیابی تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به تنش رطوبتی از شاخص‌های SSI (شاخص حساسیت به تنش)، MP (میانگین حسابی محصول دهی)، TOL (شاخص تحمل)، GMP (میانگین هندسی محصول دهی)، STI (شاخص تحمل به تنش)،  $K_1STI$  (STI) و  $K_2STI$  (STI) تعدیل شده برای شرایط بدون تنش رطوبتی) و  $K_2STI$  (STI) تعدیل شده برای شرایط تنش رطوبتی) استفاده شد. ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۲۱ در کلیه شرایط آبیاری، عملکرد دانه بالاتر از میانگین داشتند. این دو ژنوتیپ با بالاترین مقدار STI، در نمودار بای پلات در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت به خشکی پایین قرار گرفتند. در مجموع در هر دو شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ شماره ۱۵ با توجه به TOL و STI (در تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی به ترتیب با ۲/۱۱ و ۱/۰۵ در تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی به ترتیب با ۰/۸۱ و

\*- مسئول مکاتبه: mohammadrezashiri52@gmail.com

۱/۲۸) از تحمل به تنش و عملکرد بالایی برخوردار بود. نتایج حاصله از نمودار چند متغیره بای پلات و همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی نشان داد، شاخص‌های  $MP$ ،  $GMP$  و  $STI$  نسبت به سایر شاخص‌ها در پیش‌بینی عملکرد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و با این شاخص‌ها می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل را بهتر گزینش نمود. همچنین شاخص‌های  $K_1STI$  و  $K_2STI$  همراه با شاخص  $STI$  از شاخص‌های مهم انتخاب رقم برای شرایط مناسب و تنش می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** گندم، شاخص مقاومت به خشکی، بای پلات

#### مقدمه

عملکرد گندم تحت تأثیر شرایط محیطی، پتانسیل ژنتیکی و برهم کنش آنها قرار می‌گیرد. اگر چه همه تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده از عوامل تهدیدکننده کاهش تولید گندم به حساب می‌آیند (ایتز و فلور، ۱۹۹۰؛ نادری و همکاران، ۲۰۰۰)، اما در حال حاضر تنش کم آبی مهمترین عامل محدودکننده برای تولید موفق گندم در ایران و جهان به شمار می‌رود (سرمدنی، ۱۹۹۲). یافتن ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی از عملکرد مطلوبی برخوردار باشند، به علت معنی‌دار بودن برهم کنش موجود میان ژنوتیپ و محیط امر پیچیده‌ای به نظر می‌رسد (سکارلی و همکاران، ۱۹۹۱؛ برام و همکاران، ۱۹۹۲؛ تیسفایی و همکاران، ۱۹۹۸ و سنجری و یزدان سپاس، ۲۰۰۸). بدین منظور محققین روش‌های مختلفی را به شرح زیر پیشنهاد کرده‌اند: ۱- گزینش بر اساس عملکرد بالقوه ژنوتیپ‌ها، ۲- گزینش بر اساس معیارهای پایداری، ۳- گزینش بر اساس تلفیقی از عملکرد و صفت‌هایی که با عملکرد همبستگی نشان می‌دهند و ۴- استفاده از عملکرد حاصل از هر دو شرایط تنش و بدون تنش. ارزیابی عملکرد گیاه، مهمترین شاخص برای شناسایی رقم‌های سازگار به محیط دارای تنش است. انتخاب بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا می‌شود. چون پاسخ به انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل بالا بودن وراثت‌پذیری عملکرد در این شرایط بیشتر است (قاویوزی و همکاران، ۱۹۹۷). فرناندز (۱۹۹۲) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش به چهار گروه A (عملکرد بالا در هر دو محیط)، گروه B (عملکرد خوب فقط در شرایط بدون تنش)، گروه C (عملکرد خوب فقط در شرایط تنش) و گروه D (عملکرد ضعیف

در هر دو محیط)، تقسیم کرد. به نظر فرناندز بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. زیرا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مربوط به این گروه بیشتر است. فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش ( $SSI^1$ ) را به منظور اندازه‌گیری پایداری عملکرد دانه ارایه کردند که تغییرات عملکرد دانه بالقوه و عملکرد دانه واقعی را در محیط‌های متغیر در بر می‌گیرد. روزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل ( $TOL^2$ ) را به عنوان معیار تعیین اختلاف عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و میانگین حسابی محصول دهی ( $MP^3$ ) به عنوان تخمین عملکرد متوسط بکار بردند. مقدار بالای شاخص TOL نشان‌دهنده حساسیت بالاتر ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی است. بنابراین برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب، پایین‌تر بودن مقدار TOL یک معیار مناسب محسوب می‌شود. گزینش بر مبنای میانگین محصول دهی در شرایط تنش و بدون تنش با مقدار عددی بالاتر برای آن همراه است. شاخص تحمل به تنش ( $STI^4$ )، به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های که در شرایط تنش همانند شرایط بدون تنش عملکرد دانه بالایی دارند و همچنین میانگین هندسی محصول دهی ( $GMP^5$ ) توسط فرناندز (۱۹۹۲) معرفی شد.

نادری و همکاران (۲۰۰۰) برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی شاخص‌های  $K_1STI$  و  $K_2STI$  معرفی و استفاده نمودند.  $K_1$  و  $K_2$  به ترتیب ضرایب تعدیل کننده شاخص  $STI$  برای شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی هستند. در این بررسی استفاده از شاخص  $K_1STI$  و  $K_2STI$  برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در زیر اقلیم‌ها کارائی  $STI$  را بالا برد.

نتایج تحقیق‌های قبلی نشان می‌دهد گزینش بر اساس شاخص‌های  $TOL$  و  $SSI$  سبب هدایت برنامه اصلاح نباتات به سوی انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین می‌شود ولی انتخاب براساس میانگین عملکرد ( $MP$ ) سبب گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا می‌شود (سنجری و یزدان سپاس، ۲۰۰۸ و شیرین‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹). شاخص‌های  $TOL$  و  $SSI$  قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از C و شاخص  $MP$  قادر تفکیک به گروه A از B نمی‌باشند (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱؛ سنجری و یزدان سپاس، ۲۰۰۸؛ شیرین‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹). در حالی که فرناندز (۱۹۹۲)، در بررسی ۲۱ رقم ماش در دو شرایط تنش شدید و متوسط آبیاری نشان داد که شاخص تحمل به تنش ( $STI$ ) با قدرت

- 
- 1- Stress Susceptibility Index
  - 2- Tolerance
  - 3- Mean Productivity
  - 4- Stress Tolerance Index
  - 5- Geometric Mean Productivity

تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها، گزینش را به طرف انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به خشکی سوق می‌دهد و هرچه مقدار آن زیادتر باشد نشان‌دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی و در نتیجه عملکرد بالاست. همچنین در این مطالعه روابط بین شاخص‌ها بوسیله نمایش بای پلات به تصویر کشیده شد، بطوری‌که در شدت تنش متوسط مؤلفه اول ۶۹ درصد از تنوع داده‌ها را توصیف کرد و به‌علت اینکه با شاخص‌های  $Y_P$ ،  $Y_S$ ،  $MP$ ،  $GMP$  و  $STI$  همبستگی مثبت بالایی داشت، به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد نامگذاری شد، مؤلفه دوم نیز حدود ۳۰ درصد از کل تنوع بین داده‌ها را توصیف کرد و به جهت اینکه با شاخص‌های  $TOL$  و  $SSI$  همبستگی مثبت بالایی داشت، به‌عنوان مؤلفه تحمل به تنش نامیده شد. در شرایط تنش شدید نیز نتایج مشابهی را گزارش نمود.

تنش‌های محیطی غیر زنده نظیر خشکی، میزان تولید و متوسط عملکرد گندم را در کشور هم در اراضی آبی و هم در اراضی دیم تحت تاثیر شدید قرار می‌دهند. الگوی بارندگی و توزیع آن نیز از سالی به سال دیگر متغیر است، بطوری‌که خشکسالی‌های متوالی در سال‌های اخیر باعث کاهش تولید گندم در کشور شده است. با توجه به مطالب فوق، بایستی در کنار تحقیقات برای شرایط آبیاری معمولی، تحقیقات در شرایط کم آبی نیز اجرا شود تا رقم مناسب برای این شرایط نیز تولید شوند. این تحقیق نیز به‌منظور بررسی کارایی شاخص‌های تحمل به تنش رطوبتی و همچنین شناسایی ژنوتیپ‌های گندم متحمل به تنش رطوبتی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

در این بررسی، ۲۴ ژنوتیپ گندم نان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در سه شرایط شامل بدون تنش رطوبتی، تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی و تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی در سه آزمایش جدا در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آلازوق اردبیل با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا در بین ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل دو پشته به عرض ۶۰ سانتی‌متر و به‌طول شش متر بود و در روی هر پشته سه ردیف با فاصله ۱۵ سانتی‌متر کشت شد. شجره ژنوتیپ‌های که در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفتند، در جدول (۱) نشان داده شده‌اند. مقدار بذر بر مبنای ۵۰۰ دانه در مترمربع بر اساس وزن هزار دانه محاسبه و کشت شد. مساحت هر کرت آزمایشی ۷/۲ مترمربع بود. برداشت پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت در سطح شش متر

مربع انجام گرفت. از زمان کاشت تا برداشت کلیه مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل آبیاری براساس تیمارهای آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، کوده‌ی و غیره به‌عمل آمد.

کود مصرفی بر اساس آزمون خاک محل آزمایش انجام گرفت. بطوری‌که، ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم اوره نیز به‌صورت سرک در اوایل بهار در مرحله پنجه‌دهی و اوایل ساقه‌دهی مصرف شد.

تیمارهای آبیاری به شرح زیر اعمال شد: ۱- کشت در شرایط بدون تنش رطوبتی (پنج نوبت آبیاری به مقدار ۷۵۸۷ متر مکعب در هکتار در طول دوره رویش بر اساس نیاز آبی گیاه در مراحل کاشت، پنجه‌زنی، اواخر ساقه‌رفتن، گرده افشانی و پرکردن دانه‌ها انجام گرفت) ۲- کشت در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی (یک نوبت آبیاری در موقع کاشت و قطع آب بعد از آبیاری اول تا مرحله گرده افشانی و دو نوبت آبیاری بعد از گرده افشانی تا آخر دوره رشد در مراحل گرده افشانی و پرکردن دانه انجام گرفت که کل آب مصرفی در این شرایط ۵۲۱۷ متر مکعب در هکتار بود) ۳- کشت در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی (سه نوبت آبیاری از مرحله کاشت تا مرحله گرده افشانی در مراحل کاشت، ساقه‌رفتن و شروع سنبله‌رفتن به مقدار ۵۲۴۷ متر مکعب در هکتار انجام گرفت و آبیاری بعد از گرده‌افشانی تا آخر دوره رشد قطع گردید). میزان آب آبیاری با پارشال فلوم اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از نرم افزارهای آماری STATISTICA و SPSS به‌ترتیب به‌منظور رسم نمودار سه بعدی و انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه همبستگی و رسم نمودار بای پلات استفاده شد.

به‌منظور برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی از عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر یک از رژیم‌های قطع آبیاری ( $Y_S$ ) به‌صورت جداگانه با عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش رطوبتی ( $Y_P$ ) به شرح زیر استفاده شد:

$$1) \text{ شاخص حساسیت به تنش خشکی (SSI) (فیشر و مورر، ۱۹۷۸): } SSI = \left[ 1 - \left( \frac{Y_S}{Y_P} \right) \right] / SI$$

که در آن  $SI = 1 - (\bar{Y}_S / \bar{Y}_P)$  است.

$$2) \text{ میانگین حسابی محصول دهی (MP) (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱): } MP = \frac{(Y_P + Y_S)}{2}$$

$$3) \text{ شاخص تحمل (TOL) (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱): } TOL = Y_P - Y_S$$

۴) شاخص تحمل به تنش (STI) (فرناندز، ۱۹۹۲):  $STI = (Y_P \times Y_S) / (\bar{Y}_P)^2$

۵) میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) (فرناندز، ۱۹۹۲):  $GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$

۶) شاخص تحمل به تنش تعدیل شده برای شرایط بدون تنش رطوبتی ( $K_1STI$ ) (نادری و همکاران،

$$K_1STI = \frac{Y_P^2}{\bar{Y}_P^2} \times STI \quad (2000)$$

۷) شاخص تحمل به تنش تعدیل شده برای شرایط تنش رطوبتی ( $K_2STI$ ) (نادری و همکاران،

۲۰۰۰):  $K_2STI = \frac{Y_S^2}{\bar{Y}_P^2} \times STI$  که در روابط بالا  $\bar{Y}_P$  و  $\bar{Y}_S$  به ترتیب میانگین عملکرد دانه کلیه

ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری و تنش رطوبتی می‌باشند. بدین ترتیب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس برای رژیم‌های مختلف آبیاری با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

شاخص‌های تحمل به تنش رطوبتی از عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر یک از شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی ( $Y_S$ ) و شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی ( $Y_P$ ) به صورت جداگانه با عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش رطوبتی ( $Y_P$ ) برآورد شدند (جدول‌های ۱ و ۲).

بر اساس شاخص TOL ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ به ترتیب با میزان TOL برابر با ۰/۹۹، ۰/۹۲، ۰/۵۳، ۰/۳۸ و ۰/۹۳ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی (جدول ۱) و ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۷ و ۲۰ به ترتیب با میزان TOL برابر با ۰/۰۳، ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۹ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی بودند (جدول ۲). این ژنوتیپ‌ها عملکرد دانه پایین‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده‌افشانی و بدون تنش رطوبتی تولید نمودند. لذا این شاخص‌گزینش رقم‌ها را به سوی رقم‌های کم بازده ولی متحمل سوق داد.

بر اساس شاخص SSI ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ به ترتیب با میزان شاخص برابر با ۰/۷۴، ۰/۵۹، ۰/۴۳، ۰/۳۲ و ۰/۵۸ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی بودند (جدول ۱). ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۴، ۱۷ و ۲۰ به ترتیب با مقادیر ۰/۱۰، ۰/۰۵، ۰/۱۱، ۰/۱۷ و

و ۰/۲۴ متحمل ترین ژنوتیپها در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی بودند (جدول ۲). این ژنوتیپها نیز عملکرد دانه پایین تر از میانگین کل ژنوتیپها در تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی داشتند. این نشان می دهد، شاخص SSI همانند شاخص TOL، ارقام متحمل به تنش و کم بازده را انتخاب کرده است. با توجه شاخص های SSI و TOL به نظر می رسد ژنوتیپ های ۳، ۱۷، ۱۲ و ۲۰ ژنوتیپ های متحمل هستند و یا حساسیت کمتر به تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی دارند که نشان دهنده این مطلب است که این دو شاخص قدرت تشخیص یکسانی دارند و ژنوتیپ های متحمل با عملکرد پایین را انتخاب می کنند. بهتر است از این شاخص ها در حذف ارقام حساس و نه گزینش ارقام متحمل به تنش استفاده کرد. در این خصوص نادری و همکاران (۲۰۰۰) و شیرین زاده و همکاران (۲۰۰۹) نتایج مشابهی را ارائه کردند.

بر اساس شاخص MP ژنوتیپ های شماره ۲، ۴، ۶، ۷، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۲۱ و ۲۳ به ترتیب با مقادیر ۶/۶۳، ۶/۲۷، ۶/۰۷، ۶/۱۰، ۶/۳۰، ۶/۱۱، ۶/۸۱، ۶/۴۱، ۶/۶۶ و ۶/۰۶ متحمل ترین ژنوتیپها در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی (جدول ۱) و ژنوتیپ های شماره ۲، ۴، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۱ به ترتیب با مقادیر ۷/۰۷، ۷/۱۹، ۷/۰۷، ۷/۴۶، ۷/۳۷ و ۷/۴۶ متحمل ترین ژنوتیپها در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی شناسایی شدند (جدول ۲). ژنوتیپ های ۲، ۴، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۱ بر اساس شاخص MP متحمل ترین ژنوتیپها در هر دو شرایط تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی تعیین شدند و عملکرد دانه بالاتر از میانگین در هر سه شرایط مورد بررسی داشتند.

استفاده از شکل های سه بعدی  $Y_p$ ،  $Y_s$  و STI (شکل های ۱ و ۲) ژنوتیپها را به چهار گروه A، B، C و D تقسیم کرد. با شاخص STI در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی ژنوتیپ های شماره ۲، ۴، ۶، ۷، ۸، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۲۱ و ۲۳ با مقادیر ۰/۹۹، ۰/۸۸، ۰/۸۴، ۰/۸۳، ۰/۷۸، ۰/۷۵، ۰/۹۱، ۰/۸۵، ۱/۰۵، ۰/۹۱ و ۱/۰۸۳ متحمل ترین ژنوتیپها بودند، این ژنوتیپها که اکثراً STI بالایی دارند و در شکل سه بعدی  $Y_p$ ،  $Y_s$  و STI (شکل ۱) در گروه A قرار گرفتند. نشان می دهد شاخص STI در گزینش ارقام پر پتانسیل و متحمل به تنش رطوبتی مؤثر می باشد. ژنوتیپ های شماره ۵، ۱۰ و ۲۲ در گروه C قرار گرفتند. یعنی این ژنوتیپها عملکرد دانه بالاتر از میانگین در شرایط تنش قبل از گرده افشانی دارند (جدول ۱ و شکل ۱).

با شاخص STI در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی، ژنوتیپ های شماره ۱، ۲، ۴، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۲۱ و ۲۳ با مقادیر ۰/۹۹، ۱/۱۵، ۱/۲، ۱/۱۳، ۱/۰۸، ۱/۰۸، ۰/۹۸، ۰/۹۸، ۱/۰۴، ۱/۰۸

۱/۱۶، ۱/۲۹، ۱/۲۶، ۱/۲۹ و ۱/۰۵ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند، این ژنوتیپ‌ها که اکثراً STI بالایی دارند و در شکل سه بعدی  $Y_p$ ،  $Y_s$  و STI (شکل ۲) در گروه A و ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱۰ و ۲۲ در گروه C قرار گرفتند. این ارقام عملکرد دانه بالاتر از میانگین در شرایط تنش بعد از گرده‌افشانی دارند (جدول ۲ و شکل ۲). با توجه به دو شاخص MP و STI ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۱ ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده‌افشانی بودند. این ژنوتیپ‌ها بالاترین عملکرد دانه را در هر سه شرایط کشت تولید نمودند که نشان می‌دهد که این دو شاخص ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا را انتخاب می‌کند.

در شاخص SSI متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش بعد از گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۴، ۱۷، ۲۰ و ۲۲ می‌باشند. ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۷ و ۲۰ در گروه D، ژنوتیپ شماره ۱۴ در گروه A و ژنوتیپ شماره ۲۲ در گروه C قرار گرفتند. در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی نیز ارقام مورد گزینش با این شاخص در گروه‌های مختلف قرار گرفتند. بنابراین شاخص SSI در تقسیم‌بندی ارقام به گروه‌های مختلف کاملاً ضعیف می‌باشد. این شاخص ژنوتیپ‌ها را فقط بر اساس تحمل و حساسیت آنها به تنش‌های محیطی، بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها گروه‌بندی می‌کند. در حالی که شاخص STI قدرت تفکیک بالایی داشته و ارقام مورد مطالعه را به چهار گروه متفاوت تفکیک کرد.

شفازاده و همکاران (۲۰۰۴) و صادق‌زاده اهری (۲۰۰۶)، در بررسی که روی ژنوتیپ‌های گندم انجام دادند، به این نتیجه رسیدند شاخص‌های STI، GMP و MP در به‌گزینی ارقام نسبت به سایر شاخص‌ها موفق‌تر بودند. شیرین‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) نیز در بررسی تحمل به خشکی هیبریدهای ذرت تحت شرایط تنش رطوبتی نتیجه مشابهی گزارش نمودند. سنجرى و یزدان‌سپاس در سال ۲۰۰۸ در آزمایشی که روی ژنوتیپ‌ها و لاین‌های گندم انجام داد، مشخص نمودند که شاخص STI و GMP در جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A از سایر شاخص‌ها موفق‌تر بوده است. در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی، با توجه به مقادیر برآورد شده برای شاخص STI ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۱۴ (به‌ترتیب با مقادیر ۱/۱۵ و ۱/۱۶)، ارقام بسیار نزدیک به هم ارزیابی شدند و در گروه A قرار گرفتند. اما با بررسی عملکرد دانه این دو ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش ملاحظه می‌شود در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی ژنوتیپ شماره ۱۴ عملکرد بالاتری (۷/۱۰ تن در هکتار) نسبت به رقم شماره ۲ (۶/۳۹ تن در هکتار) و برعکس ژنوتیپ شماره ۲ (۷/۷۵ تن در هکتار) در



شرایط بدون تنش رطوبتی عملکرد بالاتری نسبت به شماره ۱۴ (۷/۰۵ تن در هکتار) دارد (جدول ۲). بنابراین در صورتی که با توجه آمار بلند مدت هواشناسی احتمال بروز یکی از این دو شرایط (تنش رطوبتی و بدون تنش رطوبتی) بیشتر باشد، در این صورت بهتر است در انتخاب ژنوتیپ‌ها دقت بیشتری شود و علاوه بر شاخص STI از شاخص‌های  $K_1STI$  و  $K_2STI$  همراه شاخص STI استفاده شود. در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی، مقادیر  $K_1STI$  و  $K_2STI$  برای ژنوتیپ شماره ۲ به ترتیب ۱/۶ و ۱/۰۹ برای رقم شماره ۱۴ به ترتیب ۱/۳۴ و ۱/۳۶ بدست آمد، بنابراین به نظر می‌رسد چنانچه در منطقه‌ای با توجه به آمار بلند مدت هواشناسی احتمال بروز شرایط مطلوب بیشتر باشد، ژنوتیپ شماره ۲ با توجه به  $K_1STI$  قابل توصیه‌تر است. در حالی که اگر احتمال بروز شرایط تنش بیشتر باشد، ژنوتیپ شماره ۱۴ با توجه به  $K_2STI$  و TOL مناسب‌تر پیش‌بینی می‌شود. این تحلیل در مورد دو ژنوتیپ شماره ۱۵ و ۲۱ در تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی (جدول ۲) و همچنین برای ژنوتیپ‌های ۷ و ۲۳، ۱۶ و ۱۳ در تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی (جدول ۱) نیز صادق است. به نظر می‌رسد هنگام معرفی ژنوتیپ‌ها به شرایط مطلوب و تنش بهتر است از شاخص‌های  $K_1STI$  و  $K_2STI$  همراه STI استفاده شود. همانند این بررسی، در بررسی نادری و همکاران (۲۰۰۰) نیز استفاده از شاخص‌های  $K_1STI$  و  $K_2STI$  کارایی انتخاب ارقام را برای زیر اقلیم‌ها بالا برده بود.

در یک نمودار سه بعدی فقط روابط بین سه متغیر (عملکرد در شرایط تنش، عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص STI) را می‌توان مطالعه کرد. برای مطالعه روابط بیش از سه متغیر، یک شکل حاصل از نمایش چند متغیره مانند بای پلات می‌تواند سودمند واقع شود. بنابراین برای بهره‌مندی از سودمندی شکل بای پلات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ماتریس داده‌های مربوط به ۷ شاخص و ۲۴ ژنوتیپ انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۱- برآورد شاخص های متصل به تنش از روی عملکرد شرایط بدون تنش رطوبتی (Yp) و عملکرد شرایط تنش رطوبتی قبل از گروه افشایی (Ys) در رقم های گندم

رتبه	K <sub>2</sub> STI	K <sub>1</sub> STI	STI	SSI	TOL	GMP	MP	Y <sub>s</sub> (در هکتار)	Y <sub>p</sub> (در هکتار)	پدبگری	رتبه
۱	۰/۳۴	۰/۷۴	۰/۸۱	۱/۳۳	۷/۱۷	۰/۵۳	۰/۶۴	۴/۵۵	۷/۷۲	MV17	۱
۲	۰/۸۰	۱/۳۸	۰/۹۹	۱/۱۰	۷/۲۴	۷/۵۳	۷/۳۳	۵/۵۱	۷/۷۵	ALAMOOT	۲
۳	۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۷۴	۰/۹۹	۴/۵۵	۴/۵۸	۴/۰۸	۵/۰۷	F13011.132.ROM/FDI	۳
۴	۰/۵۳	۱/۱۳	۰/۸۸	۱/۱۹	۷/۳۴	۷/۱۶	۷/۲۷	۵/۱۰	۷/۴۴	ID13/Mlt.s.Wm121774.Mex/Tur	۴
۵	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۵۰	۱/۱۳	۱/۶۴	۴/۶۴	۴/۷۱	۳/۸۹	۵/۵۳	Aur/3/Mimm/11K/38Ma/4/Xmh/Era/5/Dhf	۵
۶	۰/۵۰	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۹۵	۱/۷۳	۷/۰۱	۷/۰۷	۵/۲۱	۷/۹۴	Horis	۶
۷	۰/۴۶	۱/۰۳	۰/۸۳	۱/۲۷	۷/۴۴	۵/۹۸	۷/۱۰	۴/۸۸	۷/۳۲	Gk-Zuyloy	۷
۸	۰/۴۴	۰/۸۵	۰/۷۸	۱/۰۷	۱/۹۴	۵/۸۱	۵/۸۹	۴/۹۲	۷/۸۶	Ymh/Tob/Mcd/3/Lira	۸
۹	۰/۱۵	۰/۳۲	۰/۴۷	۱/۱۹	۱/۶۹	۴/۴۹	۴/۵۷	۳/۷۲	۵/۴۱	Ayf94-Tjb788-1089/Aldem/3/Resk//Eno/G11wre86099	۹
۱۰	۰/۳۰	۰/۶۳	۰/۶۶	۱/۱۸	۷/۰۰	۵/۳۳	۵/۴۲	۴/۴۲	۷/۴۲	Hkng.Sxl-7044/Bow/Ksa74681/Sxl/Cit	۱۰
۱۱	۰/۴۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۱/۱۲	۷/۰۰	۵/۶۹	۵/۷۸	۴/۷۸	۷/۷۸	Mnch/Bez/Grk/Cit89067-Ose..	۱۱
۱۲	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۵۹	۰/۹۲	۵/۴۰	۵/۴۲	۴/۹۶	۵/۸۸	Ba/6229.13	۱۲
۱۳	۰/۶۳	۱/۰۶	۰/۹۱	۰/۸۷	۱/۶۳	۷/۲۴	۷/۳۰	۵/۴۸	۷/۱۱	Jup/4/C11f/3/111.53/Odino/Ci18431/Wa os477	۱۳
۱۴	۰/۵۲	۰/۹۷	۰/۸۵	۱/۰۲	۱/۸۹	۷/۰۳	۷/۱۱	۵/۶۶	۷/۰۵	Jup/4/C11f/3/Odino/Ci18431/W...	۱۴

ادامه جدول ۱-  
رتبه بندی

K <sub>2</sub> STI	K <sub>1</sub> STI	STI	SSI	TOL	GMP	MP	Y <sub>5</sub> (در معیار)	Y <sub>p</sub> (در معیار)	پدگجری	رتبه بندی
۰/۸۱	۱/۵۱	۱/۰۵	۱/۰۲	۲/۱۱	۲/۷۲	۲/۸۱	۵/۷۵	۷/۸۶	Owl84524-3H-o=Hoh-No/P101// Bb...	۱۵
۰/۵۳	۱/۲۹	۰/۹۱	۱/۳۵	۲/۷۸	۲/۲۶	۲/۴۱	۵/۰۲	۷/۸۰	Sbn//Saamina/Ald"S"	۱۶
۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۵۳	۴/۴۱	۴/۴۲	۴/۱۵	۴/۷۸	Stepinae/Karvana	۱۷
۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۳۸	۴/۲۸	۴/۲۸	۴/۰۹	۴/۴۷	Vratza/Wisc245	۱۸
۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۷۰	۰/۹۱	۱/۵۱	۵/۵۰	۵/۵۶	۴/۸۰	۶/۳۱	Agri/Nac(Es91)Swm6599	۱۹
۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۷۳	۰/۵۸	۰/۹۳	۵/۲۲	۵/۶۴	۵/۱۷	۶/۱۰	Agri/Nac-Swm6599-20H-1H-3p-Op-8M-1Mw-Owm	۲۰
۰/۷۲	۱/۳۹	۱/۰۰	۱/۰۷	۲/۱۸	۲/۵۷	۲/۶۶	۵/۵۷	۷/۷۵	Gaspard	۲۱
۰/۳۹	۰/۷۳	۰/۷۳	۱/۰۱	۱/۷۴	۵/۶۰	۵/۶۷	۴/۸۰	۶/۵۴	Spn/Mcd//Cama/3/Nzi	۲۲
۰/۵۰	۰/۹۵	۰/۸۳	۱/۰۴	۱/۹۳	۵/۹۸	۶/۰۶	۵/۰۹	۷/۰۲	1-66-76	۲۳
۰/۱۷	۰/۵۷	۰/۵۶	۱/۷۱	۳/۰۰	۴/۹۳	۵/۱۵	۳/۶۵	۶/۶۵	Sabalan	۲۴
۰/۴۳	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۹۵	۱/۶۹	۵/۶۱	۵/۶۸	۴/۸۳	۶/۵۶		میانگین

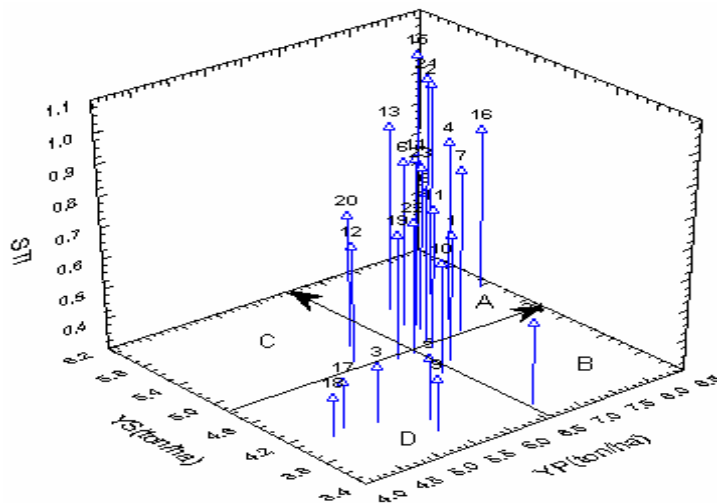
میانگین حساسی محصول دهی، GMP = میانگین حساسی محصول دهی، TOL = شاخص تحمل، SSI = شاخص حساسیت به تنش، STI = شاخص تحمل به تنش، K<sub>1</sub>STI = شاخص تحمل به تنش تعدیل شده برای شرایط بدون تنش رطوبتی و K<sub>2</sub>STI = شاخص تحمل به تنش تعدیل شده برای شرایط تنش رطوبتی.

جدول ۲- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش از روی عملکرد شرایط بدون تنش رطوبتی ( $Y_P$ ) و عملکرد شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی ( $Y_S$ ) در رقم‌های گندم.

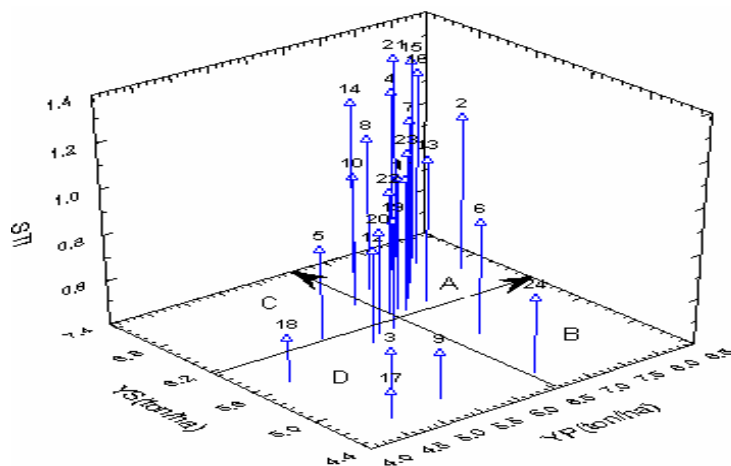
ژنوتیپ	$Y_P(t ha^{-1})$	$Y_S(t ha^{-1})$	MP	GMP	TOL	SSI	STI	$K_1STI$	$K_2STI$
۱	۶۷۲	۶۳۱	۶۵۲	۶۵۱	۰/۴۱	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۰۳	۰/۹۱
۲	۷۷۵	۶۳۹	۷۰۷	۷۰۴	۱/۳۶	۲/۸۳	۱/۱۵	۱/۶۰	۱/۰۹
۳	۵۰۷	۵۰۴	۵۰۶	۵۰۵	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۳۵
۴	۷۴۴	۶۹۴	۷۱۹	۷۱۹	۰/۵۰	۱/۰۹	۱/۲۰	۱/۵۴	۱/۳۴
۵	۵۰۳	۶۲	۵/۸۷	۵/۸۶	-۰/۶۷	-۱/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۶۹
۶	۶۹۴	۵۰۵	۶۲۵	۶۲۱	۱/۳۹	۳/۲۳	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۶۴
۷	۷۳۲	۶۶۵	۶۹۹	۶۹۸	۰/۶۷	۱/۴۸	۱/۱۳	۱/۴۱	۱/۱۶
۸	۶۸۶	۶۷۵	۶۸۱	۶۸۰	۰/۱۱	۰/۲۶	۱/۰۸	۱/۱۸	۱/۱۴
۹	۵۴۱	۴/۷۹	۵/۱۹	۵/۱۰	۰/۶۲	۱/۸۵	۰/۶۰	۰/۴۱	۰/۳۲
۱۰	۶۴۲	۶۵۶	۶۴۹	۶۴۹	-۰/۱۴	-۰/۳۵	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۸
۱۱	۶۷۸	۶۲۵	۶۵۲	۶۵۱	۰/۵۳	۱/۲۶	۰/۹۸	۱/۰۵	۰/۸۹
۱۲	۵/۸۸	۵/۹۰	۵/۸۹	۵/۸۹	-۰/۰۲	-۰/۰۵	۰/۸۱	۰/۶۵	۰/۶۵
۱۳	۷/۱۱	۶۲۸	۶۷۰	۶۶۸	۰/۸۳	۱/۸۹	۱/۰۴	۱/۲۲	۰/۹۵
۱۴	۷/۰۵	۷/۱۰	۷/۰۷	۷/۰۸	-۰/۰۵	-۰/۱۱	۱/۱۶	۱/۳۴	۱/۳۶
۱۵	۷/۸۶	۷/۰۵	۷/۴۶	۷/۴۴	۰/۸۱	۱/۶۶	۱/۲۹	۱/۸۴	۱/۴۸
۱۶	۷/۸۰	۶۹۴	۷/۳۷	۷/۳۶	۰/۸۶	۱/۷۸	۱/۲۶	۱/۷۸	۱/۴۱
۱۷	۴/۶۸	۴/۷۳	۴/۷۱	۴/۷۰	-۰/۰۵	-۰/۱۷	۰/۵۱	۰/۲۶	۰/۲۶
۱۸	۴/۴۷	۵/۷۰	۵/۰۹	۵/۰۵	-۱/۲۳	-۴/۴۴	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۴
۱۹	۶۳۱	۶۰۱	۶۱۶	۶۱۶	۰/۳	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۷۴
۲۰	۶/۱۰	۶۰۱	۶۰۶	۶۰۵	۰/۰۹	۰/۲۴	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۷۱
۲۱	۷/۷۵	۷/۱۶	۷/۴۶	۷/۴۵	۰/۵۹	۱/۲۳	۱/۲۹	۱/۸۰	۱/۵۴
۲۲	۶/۵۴	۶۲۵	۶۴۰	۶۳۹	۰/۲۹	۰/۷۲	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۸۶
۲۳	۷/۰۲	۶۴۲	۶۷۲	۶۷۱	۰/۶۰	۱/۳۸	۱/۰۵	۱/۲۰	۱/۰۱
۲۴	۶/۶۵	۴/۷۳	۵/۶۹	۵/۶۱	۱/۹۲	۴/۶۶	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۳۸
میانگین	۶/۵۶	۶/۱۵	۶/۳۶	۶/۳۵	۰/۴۷	۰/۶۳	۰/۹۵	۱/۰۳	۰/۸۹

MP = میانگین حسابی محصول دهی، GMP = میانگین هندسی محصول دهی، TOL = شاخص تحمل، SSI = شاخص حساسیت به تنش، STI = شاخص تحمل به تنش،  $K_1STI$  = شاخص تحمل به تنش تعدیل شده برای شرایط بدون تنش رطوبتی و  $K_2STI$  = شاخص تحمل به تنش تعدیل شده برای شرایط تنش رطوبتی.

نتایج شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی نشان داد که ۹۹/۸ درصد از تغییرات کل بین داده‌ها، توسط دو مؤلفه اصلی اول و دوم توجیه می‌شود. بنابراین ترسیم بای پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول صورت گرفت. در این شرایط (تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی) اولین مؤلفه اصلی ۷۶/۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد. این مؤلفه همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط تنش (Y<sub>P</sub>) و تنش (Y<sub>S</sub>) و نیز با شاخص‌های MP، GMP و STI داشت. با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند. بنابراین در صورت بالا بودن میزان مؤلفه اصلی اول، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط و مقادیر بالایی برای شاخص‌های MP، GMP و STI هستند. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه عملکرد بالا و مؤلفه تحمل به خشکی نامید. دومین مؤلفه اصلی ۲۳/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین کرد و همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش (Y<sub>S</sub>) و شاخص‌های MP، GMP و STI و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های TOL و SSI داشت. بنابراین مؤلفه اصلی دوم را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری کرد. این مؤلفه اصلی می‌تواند ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش را شناسایی کند. با توجه به اینکه مقادیر بالای شاخص‌های MP، GMP و STI و مقادیر پایین TOL و SSI مطلوب هستند. بنابراین اگر در بای پلات حاصله نواحی با میزان پایین این مؤلفه اصلی در نظر گرفته شود، می‌توان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و MP، GMP و STI بالا و SSI را انتخاب نمود.



شکل ۱- نمودار سه بعدی بین Y<sub>P</sub>، Y<sub>S</sub> و STI در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی.



شکل ۲- نمودار سه بعدی بین YP, YS و STI در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی.

نتایج حاصله از تجزیه بای پلات در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی مشابه نتایج تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی بود. در این شرایط نیز دو مؤلفه اصلی اول و دوم بیشترین تغییرات کل داده‌ها (۹۹/۷) را توجیه نمودند و مؤلفه اول مؤلفه تحمل به خشکی و مؤلفه دوم به‌عنوان مؤلفه حساسیت به خشکی شناخته شدند.

بای پلات ترسیمی در تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی (شکل‌های ۱ و ۲) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برحسب شاخص‌های تحمل به تنش و عملکردشان در درون گروه‌های مشخص قرار داد. در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۶، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۱ و ۲۳ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی (قسمت بالا و سمت چپ) واقع شدند و ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۹ و ۱۰ در ناحیه با عملکرد پایین و حساسیت بالا به خشکی (قسمت پایین و سمت راست) قرار گرفته‌اند.

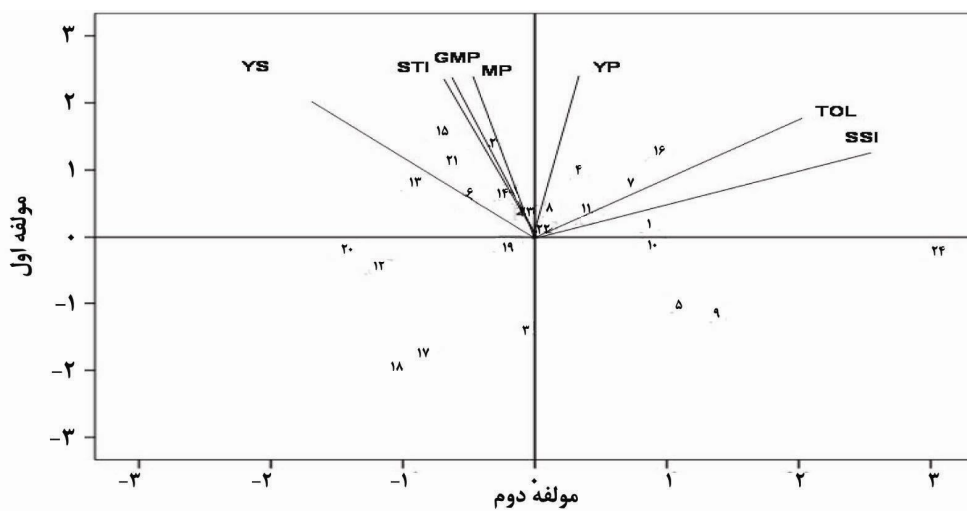
با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۶، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۱ و ۲۳ جزء ژنوتیپ‌های انتخابی از طریق شاخص STI نیز می‌باشند و از طرفی در ناحیه مطلوب بای پلات نیز واقع شده‌اند، به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی شناخته می‌شوند.

به همین منوال، در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۴، ۷، ۸، ۱۰، ۱۴، ۱۵ و ۲۱ در ناحیه با پتانسیل عملکرد بالا و حساسیت پایین به خشکی واقع شدند و با توجه به

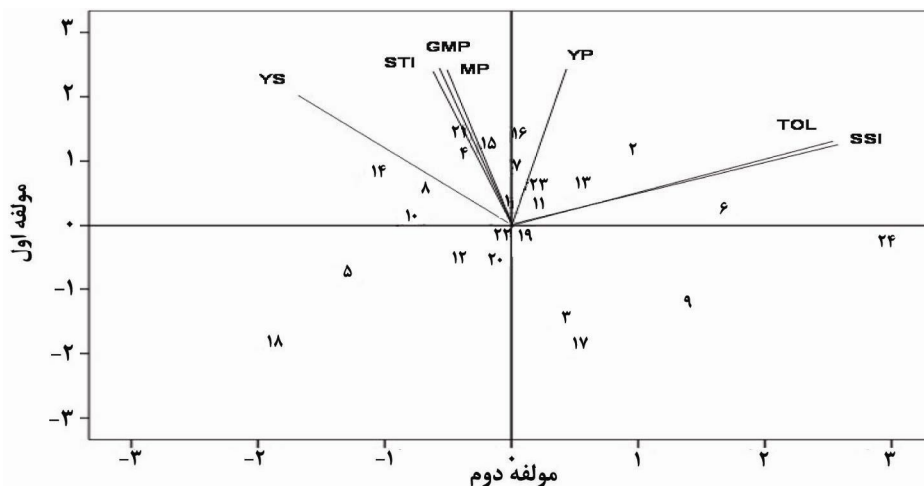
اینکه این ژنوتیپ‌ها جزء ژنوتیپ‌های انتخابی از طریق شاخص **STI** نیز می‌باشند، لذا به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی شناخته می‌شوند. بطورکلی این نحوه توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای پلات حاکی از وجود تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی می‌باشد.

فرناندز (۱۹۹۲) و احمدی و همکاران (۲۰۰۰) نیز مؤلفه اصلی اول را مؤلفه پتانسیل عملکرد و مؤلفه اصلی دوم را مؤلفه تحمل به خشکی نامگذاری کرده بودند.

با توجه به ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها در شرایط تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی، شاخص‌های **STI**، **GMP** و **MP** همبستگی بسیار معنی‌داری با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی در سطح احتمال ۱ درصد داشتند. همچنین نمودار بای پلات زاویه بین شاخص‌های **MP**، **GMP** و **STI** را حاده نشان می‌دهد که دلالت بر وجود همبستگی بالا بین این شاخص‌هاست. وجود همبستگی بالا بین دو شاخص **SSI** و **TOL** نیز در نمودار مشهود است (شکل‌های ۳ و ۴). از آنجایی که مناسبترین شاخص آن است که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی دارای همبستگی معنی‌دار و هم جهت با عملکرد داشته باشد، بنابراین به نظر می‌رسد برای پیش بینی عملکرد در شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی شاخص‌های **STI**، **GMP** و **MP** نسبت به شاخص‌های **TOL** و **SSI** مؤثرتر باشند.



شکل ۳- نمایش بای پلات ۲۴ ژنوتیپ گندم نان در هفت شاخص تحمل به خشکی بر اساس اولین و دومین اصلی در شرایط تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی.



شکل ۴- نمایش بای پلات ۲۴ ژنوتیپ گندم نان در هفت شاخص تحمل به خشکی بر اساس اولین و دومین اصلی در شرایط تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی.

جدول ۳- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد دانه در شرایط‌های بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی در ۲۴ ژنوتیپ گندم.

STI	SSI	TOL	GMP	MP	Y <sub>S</sub>	Y <sub>P</sub>	سهم تجمعی %	مقادیر ویژه	مؤلفه	شرایط	تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی
۰/۹۷۹	۰/۵۰۵	۰/۵۲۹	۰/۹۸۲	۰/۹۸۴	۰/۸۲۴	۰/۹۸۹	۷۲/۶۲۵	۵/۰۸۴	اول		
-۰/۱۷۹	۰/۸۵۷	۰/۸۴۶	-۰/۱۸۹	-۰/۱۷۸	-۰/۵۶۵	۰/۱۴۱	۹۹/۷۱۳	۱/۸۹۶	دوم		
-۰/۰۰۶	۰/۰۹۷	-۰/۰۷۵	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۵	۰/۰۲۸	-۰/۰۳۰	۹۹/۹۵۲	۰/۰۱۷	سوم		
-۰/۰۵۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۹۹/۹۹۹	۰/۰۰۳	چهارم		
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۱۰۰	۰/۰۰۰	پنجم		
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۰۰	۰/۰۰۰	ششم		
۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	۱۰۰	۰/۰۰۰	هفتم		
۰/۹۷۳	۰/۵۱۴	۰/۷۳۰	۰/۹۷۷	۰/۹۸۸	۰/۸۲۵	۰/۹۹۳	۷۶/۳۱۱	۵/۳۴۲	اول		
-۰/۲۲۶	۰/۸۵۴	۰/۶۸۰	-۰/۲۱۲	-۰/۱۵۵	-۰/۵۶۴	۰/۱۱۱	۹۹/۷۸۶	۱/۶۴۳	دوم		
-۰/۰۰۹	۰/۰۷۷	-۰/۰۶۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	-۰/۰۲۲	۹۹/۹۵۶	۰/۰۱۲	سوم		
-۰/۰۴۸	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲	۹۹/۹۹۹	۰/۰۰۳	چهارم		
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۱۰۰	۰/۰۰۰	پنجم		
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۰۰	۰/۰۰۰	ششم		
-۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰	۱۰۰	۰/۰۰۰	هفتم		



جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط های بدون تنش و تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده افشانی در ۲۴ ژنوتیپ گندم.

TOL	STI	GMP	MP	Y <sub>S</sub>	Y <sub>P</sub>	تنش
					۰/۷۶**	Y <sub>S</sub>
				۰/۹۰**	۰/۹۶**	MP
			۰/۹۹**	۰/۹۳**	۰/۹۵**	GMP
		۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۳**	۰/۹۴**	STI
	۰/۵۶**	۰/۵۷**	۰/۶۲**	۰/۲۲ <sup>NS</sup>	۰/۸۰**	TOL
۰/۹۵**	۰/۳۱ <sup>NS</sup>	۰/۳۲ <sup>NS</sup>	۰/۳۷ <sup>NS</sup>	-۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۶۰**	SSI
					۰/۷۴**	Y <sub>S</sub>
				۰/۹۱**	۰/۹۵**	MP
			۰/۹۹**	۰/۹۲**	۰/۹۴**	GMP
		۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۲**	۰/۹۴**	STI
	۰/۳۵ <sup>NS</sup>	۰/۳۶ <sup>NS</sup>	۰/۳۷ <sup>NS</sup>	-۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۶۴**	TOL
۰/۹۹**	۰/۳۲ <sup>NS</sup>	۰/۳۳ <sup>NS</sup>	۰/۳۴ <sup>NS</sup>	-۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۶۲**	SSI

منابع

- Ahmadi, G., Zienaly-KhaneGhah, H. and Rostsmy, M.A. 2000. The study of drought tolerance and biplot method in eight corn hybrids. Iran. J. Agric. Sci. 31: 513-523.
- Bram, H., Pfeiffer, W.H. and Pollmer, W.G. 1992. Environments for selecting widely adapted spring wheat. Crop Sci. 32:1420-1427.
- Ceccarelli, S., Acevedo, E. and Grando, S. 1991. Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits and architecture of genotype. Euphytica. 56:169-185.
- Entz, M.H. and Flower, D.B. 1990. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to pre anthesis environmental stress. Crop Sci. 30:1119- 1123.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, Kuo, C.G. (Ed.). AVRDC Publication, Shanhua, Taiwan, pp: 257-270.
- Fischer, A.T. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: Grain yield responses. Aus. J. Agric. Res. 29:897-912.
- Gavuzzi, P.R., Palumbo, M., Campanile, R.G., Ricciarid, G.L. and Borgh, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictor of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant Sci. 77: 523-531.

- Naderi, A., Majidi-Hervan, E., Hashemi-Dezfoli, A., Rezaei, A., and Nourmohammadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. *Plant Seed J.* 15: 390-402.
- Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21:943-946.
- Sadeghzade-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. *Iran. J. Crop. Sci.* 8: 30-45.
- Sanjari-Pirevatlou, A. and Yazdanehpas, A. 2008. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes under pre- and post-anthesis drought stress conditions. *J. Agric. Sci. Technol.* 10: 109-121.
- Sarmadnia, G.H. 1992. The importance of environmental stresses in agronomy. In *Proc. of the first Iran Cong. Crop Sci.* Karaj, Iran. Pp: 157-172.
- Shafazadeh, M.K., Yazdanehpas, A., Amini, A., and Ghannadha, M.R. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. *Plant Seed J.* 20: 57-71.
- Shirinzadeh, A., Zarghami, R. and Shiri, M.R. 2009. Evaluation of drought tolerance in late and medium maize hybrids- using stress tolerance indices. *Iran. J. Crop. Sci.* 10: 416-427.
- Tesfaye, T., Tesfaye, S., Bechere, G. and Mitiku, D. 1998. Stability of performance of tetraploid wheat in Ethiopian highland. *Euphytica.* 102:301-308.



## Evaluation of wheat tolerance indices to moisture stress condition

\*M. Shiri<sup>1</sup>, M. Valizadeh<sup>2</sup>, E. Magjidi<sup>3</sup>, A. Sanjari<sup>4</sup>  
and A. Gharib-Eshghi<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup>Scientific member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil,

<sup>2</sup>Dept. of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agricultural, Tabriz University,

<sup>3</sup>Research Prof., Biotechnology Institute, Karaj

### Abstract

Breeding for environmental stress is one of the most important goals in plant breeding. Among stresses, drought stress has high influencing on limitation of wheat production. So, in order to find the best drought tolerant genotypes, 24 genotypes were planted in three separate experiments in Ardebil: one with optimum irrigation (control), another with water stress at pre-anthesis stage and the other with water stress at post-anthesis stage. RBCD experiment design with four replications was used. Stress Susceptibility Index (SSI), Mean Productivity (MP), Tolerance (TOL), Geometric Mean Productivity (GMP), Stress Tolerance Index (STI), Modified Stress Tolerance Index for optimum condition ( $K_1$ STI) and Modified Stress Tolerance Index for water stress condition ( $K_2$ STI) indices were used to evaluate susceptibility and tolerance of the genotypes. Results showed that, genotypes number 15 and 21 had higher grain yield than mean in all irrigation conditions. These genotypes had the highest STI and located at part of high yield potential and low sensitivity to drought in the biplot. According to TOL and STI, genotype number 15 had the highest water stress tolerant and highest yield in all studied conditions. Also, results of biplot analysis and correlation drought tolerant indices with  $Y_S$  and  $Y_P$  showed that STI, GMP and MP were the best indices for yield predicting.  $K_1$ STI and  $K_2$ STI along with STI were important indices to select genotype for control and stress conditions.

**Keywords:** Wheat; Drought Stress Tolerance Indices; Biplot.

---

\*- Corresponding authors; E-mail: mohammadrezashiri52@gmail.com

