

## استفاده از شاخص‌های تحمل در تعیین بهترین روش مقاوم سازی ذرت علوفه‌ای هیبرید ۵۴۰ به تنش خشکی در سطوح مختلف کود فسفر

مهدی رضانی<sup>۱\*</sup>، سید محمدرضا احتشامی<sup>۲</sup>، مظفر شریفی<sup>۳</sup> و محمدرضا چائی‌چی<sup>۴</sup>

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان،  
۳- دانشیار دانشکده علوم زیستی دانشگاه تربیت مدرس، ۴- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۱۹)

### چکیده

به منظور بررسی تاثیر تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی جهت مقاوم سازی رقم ذرت هیبرید ۵۴۰ به تنش خشکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مرکز آموزش شهید ناصری کرج اجرا شد. جهت اعمال تنش رطوبتی از سیستم لاین سورس با ۴ سطح آبیاری (بدون تنش، تنش ملایم، تنش متوسط، تنش شدید) استفاده شد. عامل کود نیز در ۵ سطح شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیایی سوپرفسفات‌تریپل و بدون کود زیستی، ۷۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده همراه با کود زیستی، ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده همراه با کود زیستی، ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده همراه با کود زیستی و کود زیستی بدون کود شیمیایی بود. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین تولید (MP)، میانگین هندسی تولید (GMP) و میانگین هارمونیک (Harm) در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و طی هر دو سال همبستگی بالایی با عملکرد داشتند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که دو مولفه اصلی نزدیک به ۱۰۰ درصد از تغییرات عملکرد را در هر دو سال اجرای آزمایش توجیه می‌کنند. به طور کلی، نتایج حاصل از شاخص‌های تحمل به تنش نشان داد که کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی نه تنها موجب افزایش عملکرد می‌شود، بلکه باعث مقاوم سازی رقم مورد آزمایش به شرایط تنش خشکی نیز می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص‌های تحمل، عملکرد، کود زیستی، لاین سورس، مولفه‌های اصلی

## مقدمه

خشکسالی و تنش ناشی از آن، مهمترین تنش محیطی است که تولیدات کشاورزی را در جهان با محدودیت روبرو ساخته است. در کشاورزی، خشکی به وضعیتی اطلاق می‌شود که میزان و توزیع بارندگی طی فصل رشد به اندازه ای ناچیز باشد که موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی شود (Siani and Aspinall, 1981). از طرف دیگر، خشکی به عنوان فقدان یا کمبود نزولات و به عبارتی کمبود رطوبت در محیط ریشه تعریف شده که موجب آسیب رسیدن به محصول می‌گردد (Kramer, 1983). از آنجایی که روش مستقیمی برای اندازه‌گیری تحمل به تنش خشکی وجود ندارد، همین امر موجب گردیده است تا شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی امری مشکل قلمداد گردد (Takeda and Matsuoka, 2008). ریزجانداران متعددی در بخشی از خاک و یا منطقه نزدیک ریشه که به نام ریزوسفر نامیده می‌شود، زندگی می‌کنند. برخی از این ریزجانداران آثار مثبتی بر رشد گیاه دارند که به آنها ریزوباکتری‌های تسریع کننده رشد گیاه یا PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) می‌گویند (Ansary et al., 2012). تحمل به خشکی در گیاهان را می‌توان از طریق تلقیح گیاهان با ریزوباکتری‌هایی که متحمل به شرایط کم آبی هستند، القا کرد (Marulanda et al., 2008). یاسمین و همکاران (Yasmin et al., 2013) ضمن شناسایی و معرفی سویه خاصی از PGPR برای مناطق خشک و نیمه خشک اعلام داشتند که PGPR از طریق گسترش ریشه و بهبود مقدار نسبی برگ در گیاه ذرت باعث افزایش مقاومت به خشکی شد. خلیلی و همکاران (Khalili et al., 2004) در بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشی و رویشی نشان دادند که بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با استفاده از شاخص حساسیت به تنش (SSI) هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب می‌شوند. چوکان و همکاران (Choukan et al., 2006) نیز در تحقیقی اعلام کردند که استفاده از شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) موجب شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در شرایط تنش خواهد شد. آنها توانستند با استفاده از شاخص‌های

میانگین تولید (MP)، STI، GMP و شاخص میانگین هارمونیک (Harm) لاین‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بهینه را انتخاب کنند. خاکسار و همکاران (Khaksar et al., 2014) نیز در تحقیقی ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم درومی را که دارای بالاترین مقدار شاخص-های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و تحمل به تنش بودند را شناسایی نمایند. آنها همچنین اعلام نمودند که شاخص عملکرد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط دیم داشت. ایزددوست و همکاران (Izaddoost et al., 2013) در بررسی تحمل به تنش شوری ۱۷ ژنوتیپ برنج با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، توانستند ژنوتیپ‌های مقاوم را شناسایی نمایند. همچنین بر اساس نتایج حاصل از همبستگی میان شاخص‌ها و تجزیه به مولفه‌های اصلی، شاخص‌های STI، GMP و Harm را به عنوان شاخص‌های مطلوب مقاومت معرفی نمودند. ولیزاده و همکاران (Valizadeh et al., 2012) نیز در تحقیقی با توجه به مثبت و معنی‌دار بودن همبستگی شاخص‌های میانگین هندسی عملکرد، میانگین حسابی عملکرد و تحمل به تنش با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش، توانستند ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی را از میان ۱۲ ژنوتیپ پیشرفته گندم مورد مطالعه شناسایی نمایند.

هرچند که استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی در گیاهان مختلف به کار برده شده است، ولی با توجه به اینکه یکی از روش‌های مقاومت به خشکی اعمال تیمارهایی است که منجر به ایجاد مقاومت به خشکی در یک گیاه می‌گردد را نیز شامل می‌شود، بنابراین شناسایی و ارزیابی این روش‌ها بر اساس معیارهای ارزیابی تحمل به خشکی و مقایسه آنها می‌تواند در آینده راه‌کاری جهت شناسایی این پیش-تیمارها در هر رقم گردد. بر این اساس آزمایش فوق طراحی گردید تا بهترین روش مقاوم سازی به شرایط تنش در ذرت شناسایی گردد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی مرکز آموزش کشاورزی شهید ناصری کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۵ متر در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. عوامل مورد

مرحله تنک کردن و وجین علف‌های هرز به صورت نواری داده شد. در تیمارهایی که بایستی بذرها با این ریزجانداران تلقیح می‌شدند، بذرها را به مدت ۲۰ دقیقه در محلول حاوی ترکیب سویه‌های سودوموناس خوابانده و سپس بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن تا بذرهای خشک شدند. سپس به سرعت نسبت به کاشت آنها اقدام شد. رقم مورد استفاده، ذرت هیبرید رقم ۵۴۰ بود. کاشت در هر دو سال در نیمه اول تیر ماه به عمق ۵ سانتی‌متر با دست انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۶۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت، ۴ ردیف کاشت به طول ۴ متر را شامل شد. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی و کلیه عملیات داشت در همه تیمارها به طور یکسان انجام گرفت. بعد از سبز شدن گیاهچه و رسیدن آنها به مرحله سه تا چهار برگی عملیات تنک کردن بوته‌های اضافی انجام شد. آبیاری بلافاصله پس از کشت بذرها و به صورت یکنواخت از طریق سیستم آبیاری بارانی برای همه تیمارها تا مرحله ۸ برگی انجام شد. در زمان ۸ برگی بوته‌ها، به منظور ایجاد تنش رطوبتی از سیستم لاین سورس تک شاخه برای آبیاری تیمارها استفاده گردید. وجود این سیستم باعث ایجاد یک شیب رطوبتی در دو طرف خط اصلی لوله آبیاری می‌شود. اعمال تنش با توجه به آزمایش رطوبت خاک دو خط وسط ردیف‌های نزدیک به خط اصلی آبیاری در سه تکرار صورت گرفت.

بررسی در این تحقیق شامل کود و تنش خشکی بودند. عامل آب آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۴ سطح (بدون تنش، تنش ملایم، تنش متوسط، تنش شدید) اعمال شد. عامل کود نیز به عنوان عامل فرعی در ۵ سطح شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیایی سوپرفسفات‌تریپل مورد نیاز زمین آزمایش بدون کود زیستی (۱۱۰ کیلوگرم در هکتار)، ۷۵ درصد کود شیمیایی مورد نیاز همراه با کود زیستی، 11, (Pseudomonas fluorescens strains 108 169, 4) (۸۲/۵ کیلوگرم در هکتار)، ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۵ کیلوگرم در هکتار) همراه با کود زیستی، ۲۵ درصد کود شیمیایی (۲۷/۵ کیلوگرم در هکتار) همراه با کود زیستی و کود زیستی بدون کود شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ایجاد سطوح مختلف تنش رطوبتی از سیستم لاین سورس تک شاخه (Hanks et al., 1976) استفاده شد. برای اجرای این طرح ابتدا تیمار سطوح مختلف کود در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا و سپس سیستم آبیاری لاین سورس تک شاخه به صورت عمود بر جهت اجرای تیمار کودی نصب گردید.

به منظور کوددهی نیز با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم همراه با دیسک در زمان آماده سازی بستر و نیتروژن خالص از منبع اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (که تقسیط و در سه مرحله کاشت، ۶ برگی و در زمان تاسل‌دهی) افزوده شد. کود فسفر نیز با توجه به نوع تیمارهای کود در زمان ۴ برگی و همزمان با

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی (سال ۱۳۹۱)

Table 1. Soil properties of experimental field (2012)

پی اچ	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیتروژن Total N (mg/kg)	فسفر قابل جذب Available P (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب Available K (p.p.m)	درصد ماده آلی Organic matter (%)	بافت خاک Texture (mg/kg)	درصد سیلت Silt (%)	درصد رس Clay (%)	درصد شن Sand (%)
7.3	0.48	0.063	6.9	285	0.57	Sandy loam	12.8	18.2	69

جدول ۲- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی (سال ۱۳۹۲)

Table 2. Soil properties of experimental field (2013)

پی اچ	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیتروژن Total N (mg/kg)	فسفر قابل جذب Available P (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب Available K (p.p.m)	درصد ماده آلی Organic matter (%)	بافت خاک Texture (mg/kg)	درصد سیلت Silt (%)	درصد رس Clay (%)	درصد شن Sand (%)
7.4	0.48	0.064	6.5	273	0.55	Sandy loam	11	17	72

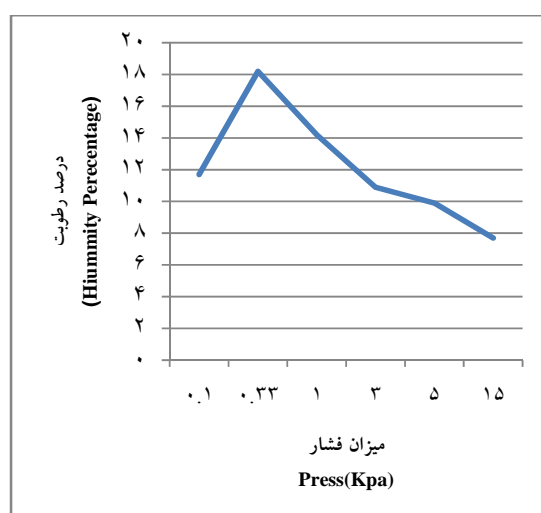
که در آن  $I$  ارتفاع آب در هر آبیاری،  $\theta_f$  رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی،  $\theta$  رطوبت وزنی خاک به هنگام آبیاری،  $\rho_b$  چگالی ظاهری خاک و  $D$  عمق موثر ریشه. حجم آب آبیاری نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد:

$$V=I \times A \times 1000 \quad (2)$$

که در آن  $V$  حجم آب مورد نیاز و  $A$  برابر مساحت هر کرت بر حسب مترمربع است.

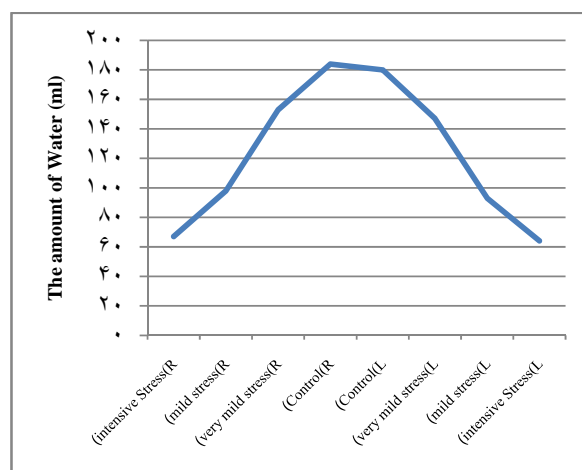
دور آبیاری ثابت فرض شده و یک روز قبل از آبیاری، از خاک نزدیک پای ریشه بوته‌ها در عمق گسترش ریشه، نمونه خاک تهیه و توزین و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۴ درجه قرار داده شد. سپس با توجه به روابط ۱ و ۲ مدت زمان لازم برای کار کردن آب‌پاش‌ها تعیین گردید (Masjedi *et al.*, 2009). حجم آب دریافتی در هر نیمه از تکرارها نیز با توجه به ظروف جمع‌آوری آب که روی پایه‌ها نصب شده بود، تعیین شد (شکل ۲):

$$I = \frac{(\theta_f - \theta)(\rho_b / \rho_w)}{100} D \quad (1)$$



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک

Figure 1. Soil water retention curve



شکل ۲- میزان آب جمع شده در ظرف هر تیمار در هر دور آبیاری

Figure 2. The water content of cache per treatment in each irrigation

(Marulanda *et al.*, 2008). حتی این امر به صراحت در بررسی شاخص SSI نیز قابل مشاهده است. به طوری که اعمال تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، موجب ایجاد مقاومت در ژنوتیپ حاضر گردیده است. هرچند که شیرینزاده و همکاران (Shirin-zadeh *et al.*, 2009) معتقد هستند که بهتر است از شاخص‌های TOL و SSI تنها در شناسایی ارقام حساس و نه گزینش ارقام متحمل به تنش استفاده نمود که بر این اساس مشخص گردید که اعمال تیمار کود زیستی بدون کود شیمیایی و تیمار ۲۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، به شدت موجب حساسیت رقم به تنش می‌گردند به طوری که اعمال این دو تیمار موجب کاهش شدید عملکرد در شرایط تنش خشکی شده و این امر موجب بالا بودن مقادیر شاخص‌های TOL و SSI می‌گردد. روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) اعلام نمودند که انتخاب ارقامی که دارای مقادیر بالایی از شاخص بهره‌وری متوسط (MP) هستند اغلب موجب گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و متحمل به شرایط تنش می‌گردد که با توجه به این امر مشخص گردید که اعمال تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی و ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی بالاترین مقدار شاخص مذکور را نشان دادند. این در حالی بود که در سال اول اعمال تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی بالاترین مقدار شاخص بهره‌وری و در سال دوم تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی، بالاترین مقدار شاخص را نشان داد. احتمالاً بالا بودن مقدار عملکرد تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی در شرایط بدون تنش را می‌توان به عنوان دلیل اصلی انتخاب این تیمار در این شاخص ذکر کرد. فرناندز (Fernandez, 1992) استفاده از شاخص MP را به دلیل اینکه تحت تاثیر عملکرد در شرایط بدون تنش قرار می‌گیرد، برای گزینش اکوتیپ‌های با عملکرد بالای در شرایط تنش، چندان مناسب نمی‌داند. سی و سه‌مرده و همکاران (Sio-se *et al.*, 2006) نیز کارایی این شاخص را زمانی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش بالا مناسب دانسته‌اند که شدت تنش زیاد نباشد و اختلاف بین عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش نیز خیلی بالا نباشد.

در مرحله خمیری شدن دانه، از ردیف‌های دوم و سوم هر کرت آزمایشی پس از حذف تاثیر حاشیه‌ای و به مساحت ۲ مترمربع، بوته‌های هر تیمار کفبر شده و پس از اندازه‌گیری وزن تر علوفه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک علوفه تعیین شد. جهت بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی تنها از دو وضعیت رطوبتی بدون تنش و تنش شدید و بر اساس شاخص‌های ذیل استفاده گردید:

شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین تولید (MP) (Rosielle and Hamblin, 1981)، میانگین هندسی عملکرد در دو محیط (GMP)، شاخص هارمونیک (Harm) و شاخص تحمل به تنش (STI) (Fernandez, 1992)، شاخص حساسیت به خشکی (SSI) (Fisher and Maurer, 1978)، درصد کاهش عملکرد (Re %) (Choukan *et al.*, 2006)، شاخص پایداری عملکرد (YSI) (Bousslama and Schapaugh, 1984)، شاخص مقاومت به خشکی (DI) (Lan, 1998) و شاخص عملکرد (YI) (Gavuzzi *et al.*, 1997).

محاسبه شاخص‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل و برای محاسبه همبستگی داده‌ها و همچنین انجام تجزیه عاملی و رسم نمودارهای دو بعدی و ۳ بعدی از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده گردید.

## نتایج و بحث

با توجه به ارزیابی شاخص تحمل (TOL) مشخص گردید اعمال تیمارهای کود زیستی بدون کود شیمیایی، ۲۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی سوپرفسفات‌تریپل بدون کود زیستی، در هر دو سال موجب حساسیت ژنوتیپ مورد مطالعه به تنش گردید، در حالی که اعمال تیمارهای ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، موجب ایجاد مقاومت به شرایط تنش در گیاه گردید (جدول‌های ۳ و ۴). بنابراین نتایج این آزمایشات حاکی از آن است که وجود میزان مناسبی از کود فسفر به همراه تلقیح بذرها با باکتری‌های حل‌کننده فسفات نه تنها تامین کننده بخش قابل توجهی از کود مورد نیاز گیاه می‌باشد، بلکه باعث افزایش توانایی گیاه در تحمل شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش رطوبتی را نیز فراهم می‌نماید. همانطور که نتایج دیگر محققین نیز بر این مطلب تاکید داشته است

جدول ۳- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس عملکرد در دو شرایط بدون تنش (Yp) و تنش خشکی (Ys) در سال اول  
Table 3. Estimating of stress tolerance indices based on yield in stress (Ys) and non-stress (Yp) conditions in the first year

تیمار (Treats)	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	STI	SSI	Harm	Re %	YSI	DI	YI
T1	83.538	49.184	34.35	66.36	64.10	0.55	1.85	61.91	41.12	0.59	0.43	0.73
T2	80.379	56.431	23.95	68.41	67.35	0.60	1.34	66.31	29.79	0.70	0.59	0.84
T3	83.798	75.555	8.24	79.68	79.57	0.84	0.44	79.46	9.84	0.90	1.01	1.12
T4	92.725	80.528	12.20	86.63	86.41	0.99	0.59	86.20	13.15	0.87	10.04	1.19
T5	93.587	75.921	17.67	84.75	84.29	0.94	0.85	83.83	18.88	0.81	0.91	1.12

T1 (تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کود فسفر)، T2 (تلقیح با کود بیولوژیکی و ۲۵ درصد کود فسفر)، T3 (تلقیح با کود بیولوژیکی و ۵۰ درصد کود فسفر)، T4 (تلقیح با کود بیولوژیکی و ۷۵ درصد کود فسفر) و T5 (۱۰۰ درصد کود فسفر)

T1 (Biofertilifer), T2 (25% Chemical+biofertilizer), T3 (50% Chemical+biofertilizer), T4 (75% Chemical+biofertilizer), T5 (100% chemical)

جدول ۴- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس عملکرد در دو شرایط بدون تنش (Yp) و تنش خشکی (Ys) در سال دوم  
Table 4. Estimating of stress tolerance indices based on yield in stress (Ys) and non-stress (Yp) condition in the second year

تیمار (Treats)	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	STI	SSI	Harm	Re %	YSI	DI	YI
T1	83.316	53.118	30.20	68.22	66.53	0.50	1.63	64.88	36.24	0.64	0.46	0.73
T2	86.261	60.946	25.32	73.60	72.51	0.60	1.32	71.43	29.35	0.71	0.59	0.84
T3	93.303	81.600	11.70	87.45	87.26	0.87	0.57	87.06	12.54	0.87	0.98	1.12
T4	94.970	86.970	8.00	90.97	90.88	0.94	0.38	90.79	8.42	0.92	1.09	1.19
T5	110.900	81.995	28.90	96.45	95.36	1.03	1.17	94.28	26.06	0.74	0.83	1.12

T1 (تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کود فسفر)، T2 (تلقیح با کود بیولوژیکی و ۲۵ درصد کود فسفر)، T3 (تلقیح با کود بیولوژیکی و ۵۰ درصد کود فسفر)، T4 (تلقیح با کود بیولوژیکی و ۷۵ درصد کود فسفر) و T5 (۱۰۰ درصد کود فسفر)

T1 (Biofertilifer), T2 (25% Chemical+biofertilizer), T3 (50% Chemical+biofertilizer), T4 (75% Chemical+biofertilizer), T5 (100% chemical)

درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی موجب متحمل-تر شدن ژنوتیپ مورد مطالعه به شرایط خشکی گردید و در سال دوم اعمال تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، موجب این امر گردید چون که اعمال این دو تیمار طی این دو سال بالاترین میزان YSI و کمترین میزان شاخص درصد کاهش عملکرد را نشان دادند. از نظر این شاخص اعمال تیمارهای کود زیستی بدون کود شیمیایی و ۲۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، موجب حساسیت بالای ژنوتیپ به تنش خشکی طی هر دو سال گردید که این امر از بالا بودن مقادیر Re به وضوح قابل مشاهده می‌باشد و این امر از تفاوت زیاد بین عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش ناشی می‌گردد.

از نظر سی و سه مرده و همکاران (Sio-se Mardeh *et al.*, 2006) شاخص عملکرد (YI) ارقام را بر حسب میزان عملکرد آنها در محیط تنش رتبه‌بندی می‌کند که بر این اساس به ترتیب اعمال تیمارهای ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی و ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با کود

با توجه به اینکه شاخص STI قادر است اکوتیپ‌هایی را که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش دارای عملکرد بالایی را تفکیک نماید (Sanjari-Pirevatlou and Yazdansepas, 2008) مشخص گردید که اعمال تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی، موجب افزایش تحمل ژنوتیپ طی دو سال می‌گردند ولی به دلیل اینکه تنها در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی تفاوت عملکرد در هر دو شرایط نسبتاً ثابت و پایین می‌باشد به نظر می‌رسد که از نظر این شاخص نیز تنها تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، قابل انتخاب می‌باشد. با توجه به اینکه روند ارزیابی شاخص GMP نیز مانند شاخص STI می‌باشد نتایج نیز به صورت مشابه تکرار شده است.

مقدار بالای شاخص پایداری عملکرد (YSI) و مقدار پایین شاخص درصد کاهش عملکرد (Re %) نشان دهنده تحمل بالای ارقام مورد نظر در برابر تنش خشکی می‌باشد (Taghipour *et al.*, 2014) در سال اول اعمال تیمار ۵۰

غیرمعنی دار بود. تقی پور و همکاران ( Taghipour *et al.*, 2014) نیز همبستگی عملکرد دانه اکوتیپ‌های آزیلوپس را در شرایط بدون تنش و تنش خشکی مثبت ولی ناچیز گزارش نمودند که از این نظر مشابه نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌باشد. گزارش‌های مشابهی توسط دیگر محققین در مورد گندم دورم ( Solimanifard *et al.*, 2010; Khaksar *et al.*, 2014) و جو ( Mohamadi and Fathi, 2003) ارائه گردیده است. این در حالی بود که عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های MP, GMP, STI, YSI, Harm, DI و YI و همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص‌های TOL, SSI و شاخص درصد کاهش در سال اول را نشان داد. در سال دوم نیز تقریباً روند مشابهی ملاحظه گردید. خاکسار و همکاران ( Khaksar *et al.*, 2014) نیز با وجود اینکه همبستگی عملکرد دانه در شرایط دیم را با شاخص عملکرد مثبت و معنی‌دار گزارش کردند، ولی به دلیل اینکه این شاخص تنها بر اساس عملکرد در شرایط دیم قادر به رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بود، آن را چندان مناسب ارزیابی نمودند. فرناندز ( Fernandez, 1992) معتقد بود که شاخص‌هایی که در دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی بالایی با عملکرد دارند، شاخص‌های بهتری هستند چون قادر به تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. بر این اساس چهار شاخص MP, GMP, STI و Harm که در هر دو سال و در هر دو محیط همبستگی مثبت و بالایی داشتند را می‌توان به عنوان شاخص‌های مناسب در تعیین معیارهای شناسایی تیمارهای مناسب برای مقاوم سازی ژنوتیپ به شرایط تنش خشکی می‌باشند. صادق‌زاده‌اهری ( Sadegh-Zadeh Ahari, 2006) نیز با استفاده از بررسی همبستگی عملکرد دانه در شرایط وجود تنش خشکی آخر فصل و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به تنش، توانستند شاخص‌های MP, GMP و STI را به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های گندوم دروم معرفی نمایند.

زیستی در هر دو سال بالاترین جایگاه را به خود اختصاص دادند. از نظر شاخص مقاومت به خشکی (DI) نیز اعمال تیمار درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی بهترین وضعیت را در هر دو سال آزمایش به خود اختصاص داد. باید توجه نمود که شاخص DI برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی مناسب است که با شرایط تنش و بدون تنش سازگاری دارند یعنی اعمال تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، در ژنوتیپ مورد مطالعه حالتی را ایجاد می‌نماید که گیاه در هر دو وضعیت تنش و بدون تنش بتواند عملکرد بالا و مطلوبی را داشته باشد.

با توجه به بررسی جداول ۳ و ۴ مشخص گردید که در سال اول بر اساس شاخص‌های MP, GMP, STI, Harm, DI و YI تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و بر اساس شاخص‌های TOL, SSI, Re% و YSI تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی به عنوان بهترین روش برای مقاوم سازی رقم به تنش خشکی معرفی گردید. این در حالی است که در سال دوم، انتخاب تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، نیز بر اساس ۶ تا از شاخص‌ها و انتخاب تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی، توسط ۴ تا از شاخص‌ها به عنوان روش مناسب، صورت پذیرفت و این حاکی از اهمیت تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، در انتخاب شدن به عنوان مناسب‌ترین روش برای مقاوم سازی رقم مورد مطالعه به تنش خشکی معرفی گردد. کانتوا و منا ( Kantwa and Meena, 2002) نیز در تحقیقی که روی گیاه خردل با تیمارهای مختلف کود فسفره و باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش کم‌آبی انجام دادند مشاهده نمودند که حداکثر عملکرد دانه در تیمار واجد ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و حاوی باکتری‌های محرک رشد به دست آمد و این تیمار شرایط خشکی را بهتر از سایر تیمارها تحمل نمود.

نتایج بررسی همبستگی عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی حاکی از آن بود که در سال اول عملکرد در شرایط بدون تنش همبستگی بالایی با شاخص‌های MP, GMP, STI و Harm داشت هر چند که معنی‌دار نبود (جدول ۵). در حالی که در سال دوم همبستگی عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های MP, GMP و STI بالا و معنی‌دار به دست آمد. همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش با عملکرد در شرایط تنش در هر دو سال مثبت ولی

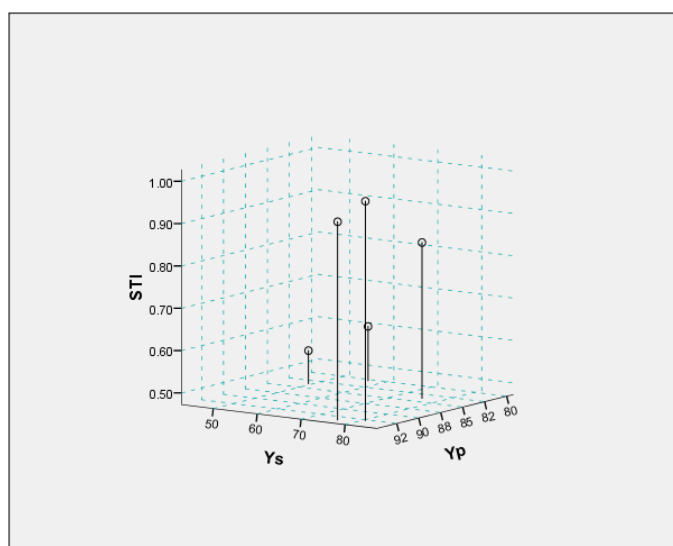
جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی در سال اول (پایین قطر) و دوم (بالای قطر)

Table 5. Correlation coefficients among drought tolerance indices in the first (down) and second (up) year

	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	STI	SSI	Harm	Re	YSI	DI	YI
Yp	1	0.73	-0.01	0.90*	0.88*	0.89*	-0.29	0.87	-0.29	0.29	0.52	0.72
Ys	0.73	1	-0.69	0.95*	0.96**	0.95*	-0.87	0.97**	-0.87	0.87	0.97**	1.00**
TOL	-0.40	-0.92*	1	-0.44	-0.48	-0.46	0.95*	-0.51	0.96**	-0.96**	-0.86	-0.70
MP	0.86	0.98**	-0.81	1	0.99**	1.00**	-0.68	0.99**	-0.67	0.67	0.84	0.95*
GMP	0.84	0.98**	-0.84	0.99**	1	1.00**	-0.71	0.99**	-0.70	0.70	0.86	0.96**
STI	0.85	0.98**	-0.82	1.00**	0.99**	1	-0.69	0.99**	-0.69	0.89	0.85	0.95*
SSI	-0.49	-0.95*	0.99**	-0.86	-0.88*	-0.87	1	-0.73	1.00**	-1.00**	-0.98**	-0.96**
Harm	0.82	0.99**	-0.85	0.99**	0.99**	0.99**	-0.89*	1	-0.73	0.73	0.88*	0.97**
Re	-0.49	-0.95*	0.99**	-0.86	-0.88*	-0.87	1.00**	-0.89*	1	-1.00**	-0.97**	-0.87
YSI	0.49	0.95*	-0.99**	0.87	0.89*	0.87	-1.00**	0.90*	-1.00**	1	0.97**	0.87
DI	0.63	0.99**	-0.96**	0.94**	0.95*	0.94*	-0.98**	0.96**	-0.98**	0.98**	1	0.97**
YI	0.72	1.00**	-0.92*	0.97**	0.98**	0.98**	-0.96**	0.99**	-0.95*	0.96*	0.99**	1

نمودار سه بعدی حاصل از عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص STI برای هر دو سال (شکل‌های ۳ و ۴)، حاکی از آن بود که در سال اول تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و در سال دوم تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی، مناسب‌ترین تیمار برای مقاومت سازی به خشکی می‌باشند. هر چند که در هر دو سال این دو تیمار مناسب‌ترین شرایط را برای مقاوم سازی ژنوتیپ ایجاد می‌نمودند. تقی‌پور و همکاران (Taghipour *et al.*, 2014) نیز در تحقیقی با استفاده از رسم نمودارهای سه بعدی توانستند اکوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی آزیلوپس را شناسایی نمایند. به طور کلی واکنش گیاهان زراعی و ارزیابی آن‌ها برای عملکرد بهینه در شرایط محیطی متنوع وابسته به توانایی متفاوت آن‌ها در استفاده از شرایط محیطی است (Choukan *et al.*, 2006).

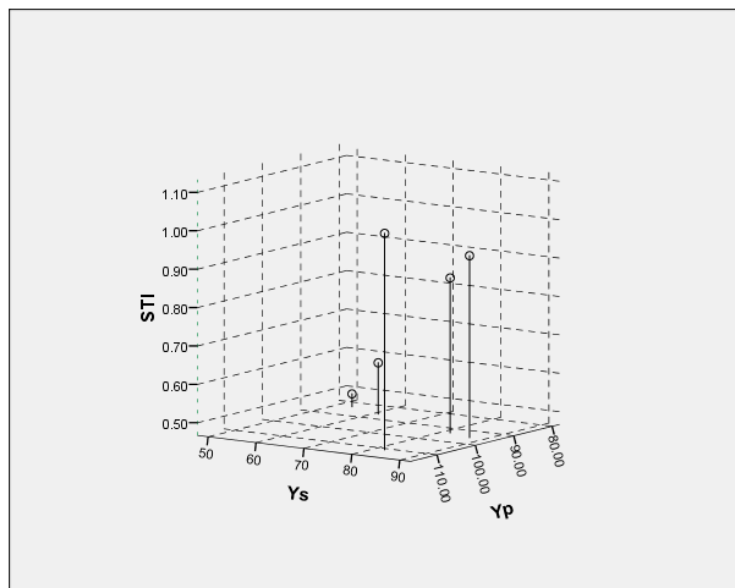
نمودار سه بعدی حاصل از عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص STI برای هر دو سال (شکل‌های ۳ و ۴)، حاکی از آن بود که در سال اول تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی و در سال دوم تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون کود زیستی، مناسب‌ترین تیمار برای مقاومت سازی به خشکی می‌باشند. هر چند که در هر دو سال این دو تیمار مناسب‌ترین شرایط را برای مقاوم سازی ژنوتیپ ایجاد می‌نمودند. تقی‌پور و همکاران



شکل ۳- پراکنش تیمارها بر اساس Ys, Yp و STI در سال اول

Figure 3. Dispersion of treatments based on Ys, Yp and STI in the first year





شکل ۴- پراکنش تیمارها بر اساس  $Y_s$ ,  $Y_p$  و  $STI$  در سال دوم  
Figure 4. Dispersion of treatments based on  $Y_s$ ,  $Y_p$  and  $STI$  in the second year

داشت (شکل ۵)، و در سال دوم نیز همین تیمار وضعیت مناسب‌تری داشت (شکل ۶). ایزد دوست و همکاران (Izaddoost *et al.*, 2013) نیز وجود دو مولفه اصلی اول را که توجیه کننده ۹۸/۳۱ درصد از تغییرات کل بود را در تحقیقات خود گزارش نمودند که بر اساس بای پلات حاصل از این دو مولفه ایشان ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۷ و ۱۵، شاه پسند و سنگ جو را به عنوان ژنوتیپ‌های برتری که در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد خوبی بودند شناسایی نمودند.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که از شاخص‌های تحمل به خشکی علاوه بر شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و مقاوم به خشکی می‌توان برای شناسایی تیمارهای مناسب برای مقاوم سازی ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار داد. استفاده از تجزیه به عامل‌ها و استفاده از نمودارهای سه بعدی نیز ابزارهای مناسبی برای شناسایی تیمارهای مناسب برای مقاوم سازی به شرایط تنش خشکی می‌باشند.

#### سپاسگزاری

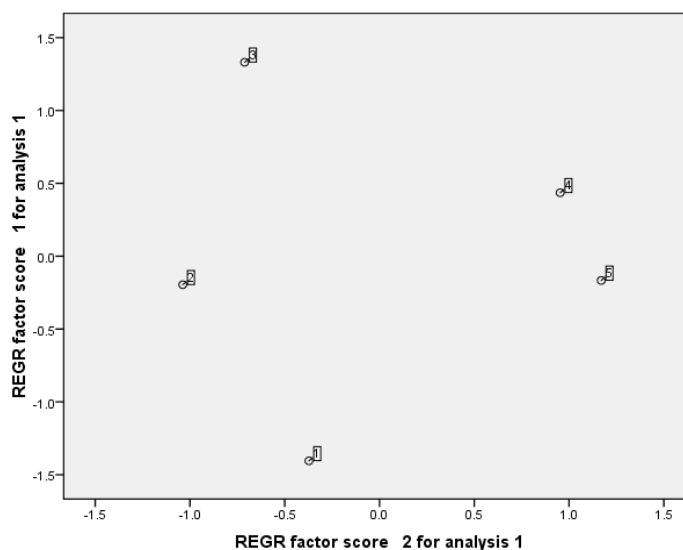
از ریاست و کارکنان مرکز آموزش کشاورزی شهید ناصری کرج به دلیل همکاری و مساعدت‌های لازم در اجرای این طرح سپاسگزاری می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها نیز برای هر دو سال نیز حاکی از آن بود که تنها وجود دو عامل به تنهایی ۹۹/۹۶ درصد و ۹۹/۹۷ درصد از کل تغییرات واریانس را به ترتیب برای سال اول و دوم توجیه می‌کند (جدول ۶). در سال اول شاخص‌های  $SSI$ ،  $TOL$  و شاخص درصد کاهش عملکرد دارای مقادیر بالا و منفی در عامل اول داشتند این در حالی بود که بقیه شاخص‌ها دارای مقادیر مثبت ولی نسبتاً پایین‌تری بودند. چیزی که بیش از هر چیزی جالب توجه است این می‌باشد که در هر دو سال تعداد عامل‌های شناسایی شده مشابه بود. بر همین اساس عامل اول را به دلیل بالا بودن ضرایب شاخص‌های  $YSI$  و  $DI$  به عنوان مولفه پایداری عملکرد نام‌گذاری گردید که به تنهایی ۵۹/۶۸ درصد از کل واریانس را در سال اول توجیه می‌کرد. عامل دوم را نیز به دلیل بالا بودن ضرایب شاخص‌های  $MP$ ،  $GMP$  و  $STI$  به نام مولفه میانگین تولید نام‌گذاری گردید که ۴۰/۲۸ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کرد. در سال دوم نیز عامل‌های اول و دوم را به ترتیب مولفه میانگین هندسی عملکرد و مولفه حساسیت به تنش نام‌گذاری گردید. بای پلات حاصل از این دو مولفه برای نشان دادن نحوه توزیع تیمارها بر اساس این مولفه‌ها مورد استفاده قرار گرفت و بر این اساس مشخص گردید که در سال اول تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی همراه با کود زیستی، از نظر هر دو مولفه وضعیت مطلوبی

جدول ۶- تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس مقادیر عملکرد در دو محیط و شاخص‌های تحمل خشکی در هر سال

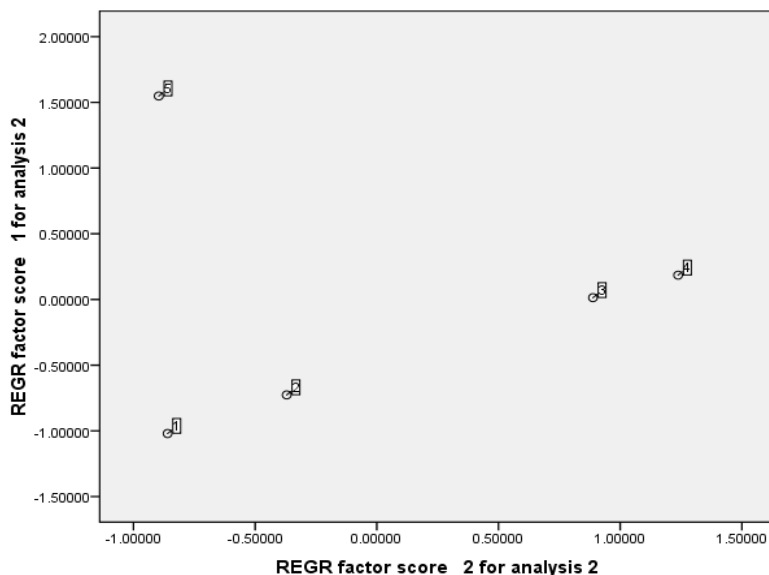
Table 6. Factor analysis based on yield under stress and non-stress conditions in each year

شاخص (Index)	عامل‌ها در سال اول (Factors in first year)		عامل‌ها در سال دوم (Factors in second year)	
	پایداری عملکرد (Yield stability)	میانگین تولید (Mean productivity)	میانگین هندسی عملکرد (Geometric mean)	حساسیت به تنش (STI)
	Yp	0.14	0.99	0.99
Ys	0.78	0.63	0.76	0.64
TOL	-0.96	-0.27	-0.07	-0.99
MP	0.62	0.78	0.93	0.38
GMP	0.65	0.76	0.91	0.41
STI	0.63	0.77	0.92	0.39
SSI	-0.93	-0.36	-0.35	-0.94
Harm	0.68	0.73	0.89	0.45
Re %	-0.93	-0.36	-0.35	-0.94
YSI	0.93	0.37	0.34	0.94
DI	0.85	0.52	0.57	0.82
YI	0.78	0.62	0.76	0.65
مقادیر ویژه	10.943	1.053	9.935	2.063
درصد سهم واریانس	59.68	40.28	51.50	48.47
درصد واریانس تجمعی	59.68	99.96	51.50	99.97



شکل ۵- پراکنش تیمارها بر اساس دو مولفه اصلی اول و دوم در سال اول

Figure 6. Dispersion of treatments based on two main components in the first year



شکل ۶- پراکنش تیمارها بر اساس دو مولفه اصلی اول و دوم در سال دوم

Figure 6. Dispersion of treatments based on two main components in the second year

## References

- Ansary, M. H., Asadi Rahmani, H., Ardakani, M. R., Paknejad, F., Habibi, D. and Mafakheri, S. 2012.** Effect of pseudomonas fluorescent on proline and phytohormonal status of Maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. **Annals of Biological Research** 3 (2): 1054-1062.
- Bousslama, M. and Schapaugh, W. T. 1984.** Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science** 24: 933-937.
- Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M. R. and Khodarahmi, M. 2006.** Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. **Journal of Agricultural Science** 8: 79-89. (In Persian).
- Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo C. G. (Ed.). Proceedings of an international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. August 13-18, Taiwan. pp: 257-270.
- Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. **Australian Journal of Agricultural Research** 29: 897-912.
- Hanks, R. J., Keller, J., Rasmussen, V. P. and Wilson, G. D. 1976.** Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Society American Journal** 40: 426-429.
- Izaddoost, H., Samizadeh, H., Rabiei, B. and Abdollahi, Sh. 2013.** Evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines with emphasis on stress tolerance indices. **Cereal Research** 3 (3): 167-180.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. and Borghi, B. 1997.** Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. **Canada Journal of Plant Science** 77: 523-531.
- Kantwa, S. R. and Meena, N. L. 2002.** Effect of irrigation, phosphorus and PSB on growth and yield of mustard. **Annals of Agricultural Research** 23 (3): 456-460.
- Khaksar, N., Farshadfar, E. and Mohamadi, R. 2014.** Evaluation of durum wheat advanced genotypes based on drought tolerance indices. **Cereal Research** 3 (4): 267-279.
- Kramer, P. J. 1983.** Water relations of plants. Academic Press, New York.
- Lan, J. 1998.** Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. **Acta Agricultural Boreali-Occidentalis Sinica**, 7: 85-87.
- Marulanda, A., Azco'n, R., Ruiz, J., Lozano, M. and Aroca, R. 2008.** Differential effects of a *Bacillus megaterium* strain on *Lactuca sativa* plant growth depending on the origin of the arbuscular

- mycorrhizal fungus inoculated: Physiologic and biochemical traits. **Journal of Plant Growth Regulation** 27: 10-18.
- Masjedi, A., Shokohfar, A. and Alavi-Fazel, M. 2009.** A survey of most suitable irrigation scheduling and effect of drought stress on yield for summer corn (S.C.704) with class a evaporation pan in Ahvaz. **Journal of Crop Production and Processing** 12 (4): 543-550. (In Persian).
- Mohamadi, M. and Fathi, G. 2003.** Comparison of selection tolerance and high yielding genotypes of barely in normal and non-normal conditions. **Journal of Agricultural Science** 26 (2): 25-31. (In Persian).
- Rosille, A. A., and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. **Crop Science** 21: 943-946.
- Sadegh-Zadeh Ahari, D. 2006.** Evaluation for tolerance to drought stress in promising dryland durum wheat genotypes. **Journal of Agricultural Science** 8: 30-45. (In Persian).
- Sanjari-Pirevatlou, A. and Yazdanehpas, A. 2008.** Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under pre- and post-anthesis drought stress conditions. **Journal of Agricultural Science and Technology** 10: 109-121. (In Persian).
- Shirin-zadeh, A., Zarghami, R. and Shiri, M. 2009.** Evaluation of drought tolerance in late and medium maize hybrids using stress tolerance indices. **Iranian Journal of Crop Sciences** 10: 416-427. (In Persian).
- Siani, H. S. and Aspinall, D. 1981.** Effects of water deficit on sporogenesis in wheat. **Annual of Botany** 43: 623-633.
- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohamadi, V. 2006.** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. **Field Crops Research** 98: 222-229.
- Soleymanifard, A., Fasihi, Kh., Nasirirad, H. and Naseri, R. 2010.** Evaluation of stress tolerance indices in durum wheat genotypes. **Journal of Plant Production** 17: 39-58. (In Persian).
- Taghipour, Z., Asghari Zakaria, R., Zare, N. and Shaikhzadeh Mosadegh, P. 2014.** The application of stress tolerance indices for evaluation of *Aegilops triuncialis* ecotypes to terminal drought tolerance. **Journal of Crop Production** 7 (1): 79-93. (In Persian).
- Takeda, S. and Matsuoka, M. 2008.** Genetic approaches to crop improvement responding to environmental and population change. **Nature** 9: 444-457.
- Valizadeh, M., Mahmoodian, Z., Mohammadzadeh Jalaly, H., Ghafari, A. and Roostaei, M. 2012.** Response of advanced winter wheat genotypes to drought stress using agronomic traits and protein patterns. **Cereal Research** 1 (1): 11-24.
- Yasmin, H., Bano, A. and Samiullah, A. 2013.** Screening of PGPR isolates from semi-arid region and their implication to alleviate drought stress. **Pakistan Journal of Botany** 45: 51-58.

## Using of tolerance indicators to determine the best method for resistance to drought stress of forage corn S.C.540 in different levels of phosphorus fertilizer

Mehdi Ramezani<sup>1\*</sup>, Seyed Mohammad Reza Ehteshami<sup>2</sup>, Mozafar Sharifi<sup>3</sup> and Mohammad Reza Chaichi<sup>4</sup>

1 and 2. Ph. D. Student and Assist. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 3. Assoc. Prof., Faculty of Bioscience, Tarbiat Modares University, 4. Prof., Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Tehran University, Iran

(Received: July 6, 2014- Accepted: November 10, 2014)

### Abstract

To investigate integrated effect of biofertilizer and chemical fertilizer to tolerance forage corn (Single Cross Hybrid 540) under drought stress, an experiment was conducted as line source based on completely randomized block design with three replications in Agricultural Education Center of Shahid Naseri, Karaj, during 2012 - 2013. The implementation of line source was applied four levels of irrigation (not stress, mild stress, moderate stress, severe stress). Phosphorus factor was used in five levels including the application of 100% triple super phosphate fertilizer without biofertilizer, 75% recommended chemical fertilizer + biofertilizer, 50% recommended chemical fertilizer + biofertilizer, 25% recommended chemical fertilizer + biofertilizer, biofertilizer without chemical fertilizer. Results of experiment showed that GMP, MP, Harm and STI had positive and significant correlations with grain yield in both stress and non stress conditions in two years. The results of principal components analysis showed that two principal components approximately explained 100% of the total variance of yield in the both first and second years. Totally, results of stress tolerance indices in this research showed that application of the 75% recommended chemical fertilizer together with biofertilizer not only increased yield but also resistance of experimented variety to drought stress.

**Keywords:** Biofertilizer, Line source, Principal components, Tolerance indicators, Yield

\*Corresponding author: [mramezani206@gmail.com](mailto:mramezani206@gmail.com)