

تعیین شاخص های تنش خشکی برای گزینش تیمار کودی مناسب در زراعت ذرت علوفه ای

علیرضا دادیان*، عضو هیأت علمی گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فراهان، فراهان-ایران

چکیده

به منظور بررسی تعیین شاخص های تنش خشکی برای بررسی تیمار کودی مناسب در گیاه ذرت علوفه ای، هیبرید ماکسیما آزمایش هایی جداگانه طی سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در اراک انجام شد. این آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (I_0) و کم آبیاری (I_1) به عنوان عامل اصلی، نیتروکسین در سه سطح ۰، ۰/۵ و ۱ لیتر به ازاء هر ۳۰ کیلوگرم بذر و نیتروژن در سه سطح ۰، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که به عنوان عوامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد از میان شاخص های مورد مطالعه STI GMP, و MP مناسب ترین شاخص ها برای تعیین تیمار کودی برتر، برای رسیدن به بالاترین مقدار عملکرد علوفه تولیدی در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و اعمال تنش خشکی می باشد. با توجه به این که بیشترین مقدار عملکرد علوفه تحت هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی از ترکیب تیماری مصرف ۱ لیتر نیتروکسین به ازاء ۳۰ کیلوگرم بذر همراه با ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (No_2N_2) به دست آمد، این تیمار به عنوان مطلوب ترین ترکیب تیماری گزینش شد.

واژه های کلیدی: ماکسیما، کم آبیاری، نیتروکسین، نیتروژن

* نویسنده مسئول: E-mail :Alireza_dadian@yahoo.com

مقدمه

یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در نواحی خشک و نیمه خشک بروز تنش کمبود آب در مراحل رشد است. تنش آب عملاً موقعی رخ می دهد که مقدار آب دریافتی بر اثر عواملی مانند خشکی، درجه حرارت بالا و شوری، کمتر از تلفات آن باشد. اثرات سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نمو و ژنوتیپ گیاه دارد. بر اساس گزارش اسپورن و همکاران (۲۰۰۶) وقوع تنش آب در مراحل قبل از گل دهی، زمان گل دهی و بعد از گل دهی عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱٪ کاهش می دهد. کاتیولی و همکاران (۲۰۰۸) چنین اظهار نمودند که کاهش افت و افزایش ثبات عملکرد در شرایط بروز تنش های مختلف اصلی ترین و مهم ترین راهکار برای تأمین غذا برای آینده بشر می باشد. ولتاس و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند در اغلب مطالعات مربوط به تشخیص ارقام حساس و مقاوم، برخی ارزیابی های فیزیولوژیک مربوط به عکس العمل ژنوتیپ ها در برابر خشکی مد نظر قرار می گیرند. خلیلی و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه ای با هدف بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه در هشت ژنوتیپ دیررس ذرت در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله رویشی و زایشی، گزارش نمودند بر اساس شاخص های GMP و STI هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با استفاده از شاخص SSI هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب می گردند.

برخی محققان واکنش هیبریدهای ذرت و لاین های والدی آن ها به خشکی را با استفاده از شاخص های مختلف تحمل به تنش بررسی کردند. نتایج نشان داد از میان چهار شاخص محاسبه شده SSI، STI، MP و TOL شاخص STI از مزایای بیشتری برای گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بود (۲۰). به منظور بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ های امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص های حساسیت و تحمل به تنش آزمایشی توسط شفازاده و همکاران (۲۰۰۴) اجرا گردید.

سایر نتایج نشان داد رتبه بندی ژنوتیپ ها برای میانگین حسابی MP، میانگین هندسی GMP و شاخص تحمل به خشکی STI یکسان بود و از طرفی همبستگی مثبت و معنی داری بین این شاخص ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود داشت. بنابراین نتیجه گیری شد که سه شاخص مذکور برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ ها مناسب ترند. تحقیقات انجام شده توسط برخی پژوهشگران بر روی سایر گیاهان زراعی نظیر گندم و کلزا موید آن است که شاخص های میانگین هندسی عملکرد (GMP)، متوسط عملکرد (MP) و شاخص تحمل به تنش (STI) نسبت به سایر شاخص ها برای گزینش ژنوتیپ های مقاوم به خشکی با توجه به همبستگی بالاتر آن ها با عملکرد دانه مناسب تر می باشند (۵، ۶، ۱۰، ۱۶ و ۲۲). فرناندز (۱۹۹۲) با استفاده از شاخص های تحمل به تنش

(STI) و میانگین هندسی تولید (GMP) همراه با شاخص های دیگر برای ارزیابی لاین های اصلاحی ماش (*Vigna radiata*) مشاهده نمود که از لحاظ کلیه شاخص ها در بین ژنوتیپ ها تفاوت معنی داری وجود دارد و این طور نتیجه گیری نمود شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش همراه با عملکرد بالا می باشد. اشنایدر و همکاران (۱۹۹۷) با به کار گیری شاخص های GMP و SSI برای ارزیابی ژنوتیپ های لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) شاخص GMP را شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ های متحمل به تنش معرفی کردند.

کلارک و همکاران (۱۹۹۲) نیز شاخص SSI را برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش رطوبتی در گندم به کار بردند و از نظر این شاخص در بین ژنوتیپ های مورد بررسی، تنوع زیادی مشاهده کردند. بر اساس نتایج یکی از تحقیقات انجام شده توسط فررز و همکاران (۱۹۸۶) با استفاده از شاخص SSI برای ارزیابی مقاومت به خشکی، ژنوتیپ های آفتابگردان (*Helianthus annuus*) تنوع ژنتیکی زیادی را برای مقاومت به خشکی در این گیاه نشان دادند. یکی از محققان در مطالعه ای به منظور شناسایی لاین های مقاوم بر اساس شاخص های کمی مقاومت به خشکی در ۲۰ لاین گندم در دو شرایط آبیاری و دیم نشان داد مناسب ترین شاخص ها برای غربال کردن لاین ها شاخص های MP و TOL هستند (۹). آکوستا گالئوس و آدامز (۱۹۹۱) شاخص میانگین هندسی را شاخص مناسبی برای ارزیابی ژنوتیپ های لوبیا تشخیص دادند. گرزسیاک و همکاران (۱۹۹۶) برای تعیین عکس العمل ۱۸ رقم از گونه های لگوم نسبت به خشکی با استفاده از شاخص حساسیت به خشکی، ارقام را به دو گروه مقاوم به خشکی ($SSI < 31$) و حساس به خشکی ($SSI > 44$) دسته بندی نمودند.

هدف از انجام این آزمایش ارزیابی کاربرد شاخص های مختلف تنش خشکی برای تعیین مناسب ترین ترکیب تیماری متشکل از سطوح مختلف نیتروکسین و نیتروژن در تغذیه ذرت علوفه ای هیبرید ماکسیما به منظور نیل به بیشترین مقدار عملکرد علوفه تولیدی تحت دو شرایط محیطی آبیاری متداول و اعمال تنش خشکی در اراک بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در اراک اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶۳۵ متر و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و ۳۴ درجه و ۳ دقیقه شمالی می باشد. بافت خاک رسی لومی و pH آن ۷/۱ می باشد.

گیاه مورد مطالعه در این تحقیق ذرت، هیبرید ماکسیما (*Zea mays cv Maxima*) بود. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (I_0) و کم آبیاری (I_1) به عنوان عامل اصلی، نیتروکسین در سه سطح No_0 ، No_1 و No_2 (به ترتیب صفر، ۰/۵ و ۱ لیتر به ازاء هر ۳۰ کیلوگرم بذر مصرفی) و نیتروژن در

سه سطح N_0 ، N_1 و N_2 (به ترتیب صفر، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود که به عنوان عوامل فرعی در نظر گرفته شدند.

آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی اجرا شد. در هر دو سال اجرای آزمایش در اواسط اردیبهشت ماه زمین زراعی مورد نظر آماده و کرت بندی شد. تعداد ردیف های کاشت در هر کرت آزمایشی ۴ ردیف و طول هر ردیف کاشت ۶ متر و فاصله بذر ها بر روی خطوط کاشت ۱۹ سانتی متر تعیین شد. قبل از کاشت کلیه بذرهای مربوط به تیمارهای کاربرد نیتروکسین با توجه به سهم های از قبل تعیین شده ($No_1=0/5$ و $No_2=1$) لیتر به ازاء ۳۰ کیلوگرم بذر، به طور جداگانه برای هر کرت آزمایشی توزین و با مقدارهای مذکور در سایه آغشته و سپس خشک شد. کاشت بذرها به صورت دستی انجام شد. قبل از انجام آبیاری اول یک پنجم از نیتروژن مصرفی با مقادیر $N_1=250$ و $N_2=250$ کیلوگرم در هکتار، در کرت های هر کدام از تیمارهای مربوطه از منبع کود اوره ۴۶٪ توزیع شد. چهار نوبت دیگر کوددهی نیز به صورت سرک به ترتیب در مراحل سه برگی، شش برگی، قبل از ظهور تاسل و بعد از گرده افشانی انجام شد. مقدار کود فسفره نیز با توجه به نتیجه آزمایش خاک و بر مبنای مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هر هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل محاسبه و مصرف شد.

طی مراحل رشد و نمو گیاه مبارزه با علف های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. همچنین هیچ گونه آثاری از بیماری یا آفت طی اجرای طرح مشاهده نشد. به منظور اعمال تنش خشکی چون در هر استقرار کامل، با فعال شدن آب پاش ها مدت ۴ ساعت زمان برای آبیاری مطلوب، در محدوده عمق توسعه ریشه ها لازم بود (بر اساس اطلاعات دفترچه طراحی آبیاری مزرعه) این زمان با مشورت کارشناسان آبیاری به ۲/۵ ساعت کاهش یافت. لذا حجم آب مصرفی در مزرعه در هر مرحله از آبیاری نیز برای هر دو بخش آبیاری متداول و تنش خشکی محاسبه گردید. برای اطمینان از دریافت میزان رطوبت کمتر توسط ریشه ها در بخش کم آبیاری از روش اندازه گیری درصد وزنی رطوبت خاک مطابق با رابطه (۱) استفاده شد و پس از انجام محاسبات لازم در جدول (۱) مورد مقایسه قرار گرفت.

رابطه ۱:

$$\text{درصد وزنی رطوبت خاک} = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100$$

در این رابطه، W_2 = وزن تر خاک، W_1 = وزن خاک خشک پس از خروج از آن می باشد.

جدول ۱: مقایسه درصد وزنی رطوبت خاک در دو قطعه آبیاری متداول و تنش خشکی مزرعه در اعماق مختلف خاک

عمق خاک (سانتی متر)	درصد وزنی رطوبت خاک (قطعه آبیاری متداول)	درصد وزنی رطوبت خاک (قطعه تنش خشکی)
۱۰	۰/۲۵	۰/۱۹
۲۰	۰/۳۳	۰/۲۶
۳۰	۰/۲۴	۰/۲۱

برای تعیین میزان مقاومت ایجاد شده نسبت به تنش خشکی در هیبرید مورد آزمایش و با توجه به ترکیب های متنوع تیمارهای آزمایشی، از شاخص های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی تولید (GMP)، تحمل (TOL) و میانگین تولید (MP) مطابق با رابطه های ۲ تا ۶ استفاده شد:

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_S}{Y_P}\right)}{1 - \left(\frac{Y_S}{Y_P}\right)} \quad \bullet \text{ شاخص حساسیت به تنش (۱۳)}$$

$$STI = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(Y_P)^2} \quad \bullet \text{ شاخص تحمل به تنش (۱۲)}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_S)(Y_P)} \quad \bullet \text{ شاخص میانگین هندسی تولید (۱۲)}$$

$$TOL = Y_P - Y_S \quad \bullet \text{ شاخص تحمل به تنش (۲۶)}$$

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2} \quad \bullet \text{ شاخص میانگین تولید (۲۶)}$$

نتایج و بحث

شاخص حساسیت به تنش (SSI)^۱

بر اساس جدول های ۲ و ۳ در هر دو سال اجرای آزمایش، ترکیب تیماری مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بدون کاربرد نیتروکسین (NO_0N_1) کم ترین مقدار عددی مربوط به شاخص حساسیت به تنش را نشان داد. لذا از نظر این شاخص، به عنوان بهترین ترکیب تیماری که سبب بروز کم ترین میزان حساسیت ذرت علوفه ای (هیبرید ماکسیما) نسبت به بروز شرایط تنش خشکی می شود، گزینش گردید. علی رغم نتیجه گیری اخیر نکته قابل توجه آن است که در هر دو سال انجام آزمایش به لحاظ رتبه بندی ترکیب تیماری مذکور از نظر عملکرد علوفه تولیدی در هر دو شرایط آبیاری مطلوب مزرعه و اعمال تنش خشکی در میان ۹ تیمار مورد مطالعه در رتبه هشتم جای دارد (جدول های ۲ و ۳) حال آن که دو ترکیب تیماری مصرف یک لیتر نیتروکسین توأم با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (NO_2N_2) و مصرف یک لیتر نیتروکسین توأم با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (NO_2N_1) در هر دو سال

آزمایش و تحت هر دو شرایط آبیاری مطلوب و اعمال تنش خشکی، در مقایسه با سایر تیمارها، عملکرد علوفه بالاتر را نتیجه داد و به ترتیب رتبه های اول و دوم را به خود اختصاص دادند. بنابراین چنین نتیجه می گیریم که این شاخص قادر نیست ترکیب تیماری متحمل به تنش رطوبتی را از آن هایی که دارای پتانسیل عملکرد پایین هستند تفکیک نماید، لذا انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) به گزینش تیمارهای متحمل به تنش و با پتانسیل عملکرد پایین منجر می شود. شایان ذکر است بین شاخص SSI با عملکرد علوفه در شرایط تنش خشکی در هر دو سال اجرای آزمایش همبستگی مشاهده نشد (جدول های ۴ و ۵). ابوالحسنی و سعیدی (۲۰۰۶) ضمن انجام آزمایشی با هدف ارزیابی تحمل به خشکی لاین های گلرنگ بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی چنین ابراز داشتند ژنوتیپی که به لحاظ شاخص حساسیت به تنش، کم ترین مقدار این شاخص را داشت دارای عملکرد پایینی در مقایسه با بسیاری از ژنوتیپ های دیگر بود.

جدول ۲: ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی برای تیمارهای کاربردی در شرایط مزرعه در سال زراعی ۱۳۹۳

تیمارهای آزمایشی	Yp		Ys		SSI		STI		GMP		TOL		MP	
	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار
No ₀ N ₀	۹	۵۶/۶	۹	۴۸/۸	۲	۰/۷۸	۹	۰/۴۶	۹	۵۲/۵	۲	۷/۸	۹	۵۲/۷
No ₀ N ₁	۸	۶۲/۶۳	۸	۵۶/۳۲	۱	۰/۵۵	۸	۰/۵۹	۸	۵۹/۴	۱	۶/۳۱	۸	۵۹/۴۷
No ₀ N ₂	۵	۷۹/۰۶	۵	۶۳/۴۸	۵	۱/۱۱	۵	۰/۸۴	۵	۷۰/۸	۵	۱۵/۵۸	۵	۷۱/۲۷
No ₁ N ₀	۷	۷۰/۱	۷	۵۸/۰۵	۱	۰/۷۸	۷	۰/۶۸	۷	۶۳/۸	۴	۱۲/۰۵	۷	۶۴/۰۷
No ₁ N ₁	۶	۷۲/۷۸	۶	۶۱/۶۳	۳	۰/۸۹	۶	۰/۷۵	۶	۶۷	۳	۱۱/۱۵	۶	۶۷/۲
No ₁ N ₂	۳	۸۵/۵۵	۳	۶۶/۵	۷	۱/۲۸	۳	۰/۹۵	۳	۷۵/۴	۷	۱۹/۰۵	۳	۷۶/۰۲
No ₂ N ₀	۴	۸۰/۶۶	۴	۶۳/۵۹	۶	۱/۱۷	۴	۰/۸۶	۴	۷۱/۶	۶	۱۷/۰۷	۴	۷۲/۱۲
No ₂ N ₁	۲	۹۲/۱	۲	۷۳/۷۷	۵	۱/۱۱	۲	۱/۱۴	۲	۸۲/۴	۸	۱۸/۳۳	۲	۸۲/۹۳
No ₂ N ₂	۱	۹۵/۸۱	۱	۷۶/۴۶	۵	۱/۱۱	۱	۱/۲۳	۱	۸۵/۶	۹	۱۹/۳۵	۱	۸۶/۱۳

در این جدول No، معرف سطوح نیتروکسین و N، معرف سطوح نیتروژن است.

Y_p: عملکرد رقم در شرایط آبیاری مطلوب، Y_s: عملکرد رقم در شرایط تنش خشکی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: شاخص میانگین هندسی تولید، TOL: شاخص تحمل، MP: شاخص میانگین تولید

فرناندز (۱۹۹۲) بیان نمود انتخاب اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) منجر به گزینش ژنوتیپ هایی می شود که در شرایط بدون تنش دارای عملکرد پایین تری هستند ولی در شرایط تنش، عملکرد نسبتا بالاتری دارند. بنا بر اظهارات گروهی از محققان، در شاخص حساسیت به تنش (SSI) علاوه بر میزان عملکرد لاین های آزمایشی در شرایط تنش تغییر یا آسیب وارده به لاین ها در اثر تنش نیز مد نظر قرار می گیرد. بدین معنی که اگر لاینی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد اما

درصد تغییر زیادی نشان دهد به عنوان لاین متحمل شناسایی نمی شود (۷). به همین جهت است که در این آزمایش علی رغم عملکرد بالای دو تیمار (NO_2N_1) و (NO_2N_2)، بر اساس شاخص حساسیت به تنش این تیمار ها گزینش نمی شوند.

جدول ۳: ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی برای تیمارهای کاربردی در شرایط مزرعه در سال زراعی ۱۳۹۴

تیمار های آزمایشی	Yp		Ys		SSI		STI		GMP		TOL		MP	
	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار
NO_0N_0	۹	۵۷/۵۴	۹	۴۶/۶۸	۹	۱/۰۵	۵	۰/۴۵	۹	۵۱/۸	۹	۱۰/۸۶	۳	۵۲/۱۱
NO_0N_1	۸	۶۲/۵۸	۸	۵۶/۵۷	۸	۰/۵۵	۱	۰/۶	۸	۵۹/۵	۸	۶/۰۱	۱	۵۹/۵۷
NO_0N_2	۵	۷۷/۸۱	۵	۶۴/۶	۴	۰/۹۴	۳	۰/۸۴	۵	۷۰/۹	۵	۱۳/۲۱	۴	۷۱/۲
NO_1N_0	۶	۷۲/۳۴	۶	۵۸	۷	۱/۱۱	۶	۰/۷	۷	۶۴/۷	۷	۱۴/۳۴	۵	۶۵/۱۷
NO_1N_1	۷	۷۱/۸۲	۷	۶۲/۲۳	۶	۰/۷۲	۲	۰/۷۴	۶	۶۶/۸	۶	۹/۵۹	۲	۶۷/۰۲
NO_1N_2	۳	۸۵	۳	۶۹/۱۸	۳	۱/۰۵	۵	۰/۹۸	۳	۷۶/۷	۳	۱۵/۸۲	۶	۷۷/۰۹
NO_2N_0	۴	۸۱/۱۱	۴	۶۳/۳۵	۵	۱/۲۲	۷	۰/۸۵	۴	۷۱/۷	۴	۱۷/۷۶	۸	۷۲/۲۳
NO_2N_1	۲	۹۲/۶۳	۲	۷۵/۹۷	۲	۱	۴	۱/۱۷	۲	۸۳/۸	۲	۱۶/۶۶	۷	۸۴/۳
NO_2N_2	۱	۹۶/۴۱	۱	۷۷/۰۲	۱	۱/۱۱	۶	۱/۲۴	۱	۸۶/۱	۱	۱۹/۳۹	۹	۸۶/۷۱

در این جدول NO ، معرف سطوح نیتروکسین و N ، معرف سطوح نیتروژن است.

Y_p : عملکرد رقم در شرایط آبیاری مطلوب، Y_s : عملکرد رقم در شرایط تنش خشکی، SSI : شاخص حساسیت به تنش، STI : شاخص تحمل به تنش، GMP : شاخص میانگین هندسی تولید، TOL : شاخص تحمل، MP : شاخص میانگین تولید

شاخص تحمل به تنش (STI)^۱

جدول های ۲ و ۳ نشان داد طی دو سال انجام آزمایش کاربرد تیمار مصرف یک لیتر نیتروکسین همراه با ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (NO_2N_2) سبب القاء بیشترین مقدار تحمل در ذرت هیبرید ماکسیما نسبت به تنش خشکی می شود و پس از آن تیمار های (NO_2N_1) و (NO_1N_2) در رتبه های دوم و سوم جای گرفتند. علاوه بر آن تیمار های مذکور به ترتیب اولویت بندی انجام شده، بیشترین مقدار عملکرد علوفه را در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و اعمال تنش خشکی سبب گردیدند. همچنین بین شاخص STI با عملکرد علوفه در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد (جدول های ۴ و ۵). بنابراین از نظر شاخص تحمل به تنش (STI) ترکیب تیماری کاربرد یک لیتر نیتروکسین توأم با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان تیمار مطلوب تر گزینش می شود. کم ترین مقدار این شاخص نیز مربوط به تیمار شاهد بود و در آخرین رتبه قرار گرفت. نتایج پژوهش های بسیاری حاکی از مطلوبیت بیشتر شاخص تحمل به تنش (STI) در مقایسه با دیگر شاخص های مرتبط با تنش خشکی است. ویسی مالمیری و همکاران (۲۰۱۰) شاخص STI را برترین شاخص

برای گزینش ژنوتیپ های مقاوم به خشکی معرفی کردند و چنین ابراز داشتند با استفاده از مؤلفه می توان ارقام و ژنوتیپ های مقاوم به خشکی با عملکرد بیشتر را انتخاب کرد. چوکان و همکاران (۲۰۰۶) در خصوص اهمیت کاربرد شاخص تحمل به تنش چنین اظهار داشتند ممکن است لاین های شناسایی شده بر اساس شاخص STI، لاین های متحمل نباشد زیرا امکان دارد لاینی دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش ولی دارای عملکرد پایین در شرایط تنش باشد. بنابراین این شاخص زمانی قابل اعتماد است که ژنوتیپ در شرایط تنش نیز دارای عملکرد بالایی باشد. بر اساس گزارش شعاع حسینی و همکاران (۲۰۰۸) شاخص تحمل به تنش در گزینش ژنوتیپ هایی که در هر دو شرایط تنش و نرمال دارای عملکرد بالا تری هستند موفق عمل نموده و از سایر شاخص ها مطمئن تر می باشد. احمدی (۲۰۰۸) نیز چنین نتایجی را به دست آورد. در آزمایش انجام شده توسط مقدم و هادی زاده (۲۰۰۲) مشاهده گردید شاخص تحمل به تنش (STI) نسبت به شاخص حساسیت به تنش (SSI) از کارایی بیشتری در گزینش ژنوتیپ های ذرت متحمل به تنش برخوردار بود. مظفری و همکاران (۱۹۹۶) در ارزیابی مقاومت آفتابگردان در برابر تنش خشکی در طی دو سال اعلام نمودند شاخص تحمل به خشکی (STI) شاخص معتبری برای شناسایی ژنوتیپ های حساس و مقاوم به خشکی در آفتابگردان می باشد و در برنامه های به نژادی می تواند مفید واقع شود.

شاخص میانگین هندسی تولید (GMP)^۱

نتایج انجام آزمایش در هر دو سال نشان داد استفاده از تیمار مصرف یک لیتر نیتروکسین همراه با ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (No_2N_2) سبب ایجاد بیشترین مقدار شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) در ذرت علوفه ای (هیبرید ماکسیما) می شود و رتبه اول را از نظر این مؤلفه به خود اختصاص داد. تیمارهای (No_2N_1) و (No_1N_2) نیز به ترتیب در رتبه های دوم و سوم قرار گرفتند. کم ترین مقدار این شاخص نیز به تیمار شاهد اختصاص یافت (جدول های ۲ و ۳). به لحاظ مقایسه ای کلیه تیمار های آزمایشی از نظر هر دو مؤلفه شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) در رتبه های مشابهی جای گرفتند و ارتباط مستقیمی بین دو شاخص مذکور با توجه به کاربرد تیمار های مختلف آزمایش مشاهده گردید. به عبارتی دیگر همان طور که تیمار مصرف یک لیتر نیتروکسین توأم با ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین میانگین هندسی محصول (GMP) را نتیجه داده است، سبب ایجاد بیشترین مقدار عددی شاخص تحمل به تنش (STI) که ناشی از القاء مقاومت بیشتر در ذرت نسبت به بروز شرایط تنش خشکی می گردد، شده است. علاوه بر آن، بر اساس جدول های ۴ و ۵، بین شاخص میانگین هندسی تولید با عملکرد علوفه در هر دو شرایط اجرای آزمایش همبستگی مثبت و معنی داری

مشاهده شد. لذا به نظر می رسد شاخص GMP نیز شاخص مطلوبی جهت گزینش تیمار می باشد. فرایندی (۲۰۰۴) گزارش نمود سه شاخص STI, GMP و MP همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش برای انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی نخود کابلی دارند و استفاده از این شاخص ها را در تکنیک شناسایی ژنوتیپ حساس و مقاوم مناسب دانست. نارویی راد و همکاران (۲۰۰۹) ضمن انجام آزمایشی چنین ابراز داشتند بین عملکرد دانه سورگوم در شرایط تنش خشکی، با شاخص های STI, GMP و MP همبستگی مثبت و معنی داری نتیجه شده و در این بین بالا ترین همبستگی عملکرد در شرایط تنش با شاخص GMP به دست آمده است. برخی محققین شاخصی را بهتر می دانند که با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی داشته و بتوانند ارقام برتر را در هر دو شرایط مشخص کنند (روسل و هامبلین، ۱۹۸۱). در نتیجه در شرایط آزمایش حاضر نیز که مناسب ترین ترکیب تیماری جهت نیل به عملکرد بیشتر ذرت علوفه ای تحت شرایط آبیاری مطلوب و یا در صورت بروز شرایط محدودیت آبی مد نظر است می توان شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) را مناسب دانست.

شاخص تحمل (TOL)^۱

بر اساس جدول های ۲ و ۳ در هر دو سال اجرای آزمایش، تیمار مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن، بدون کاربرد نیتروکسین (No_0N_1) بیشترین مقدار تحمل نسبت به خشکی را در ذرت علوفه ای هیبرید ماکسیما ایجاد نمود و رتبه اول را به خود اختصاص داد. کم ترین مقدار تحمل نسبت به تنش خشکی نیز در اثر کاربرد تیمار مصرف یک لیتر نیتروکسین توأم با ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (No_2N_2) به دست آمد و این ترکیب تیماری از نظر شاخص تحمل در رتبه آخر جای گرفت. از آن جایی که شاخص تحمل (TOL) از تفاضل میانگین عملکرد تحت شرایط تنش خشکی از میانگین عملکرد تحت شرایط آبیاری مطلوب به دست می آید، کم ترین مقدار عددی حاصل از تفاضل عملکرد در دو شرایط سبب گردید تا تیمار (No_0N_1) به عنوان تیمار برتر معرفی گردد حال آن که عملکرد علوفه حاصل از کاربرد این تیمار در دو سال آزمایش تحت هر دو شرایط محیطی مطلوب و تنش خشکی در مقایسه با تیمار (No_2N_2) به ترتیب ۵۳/۱ و ۳۵/۱٪ و در سال دوم به ترتیب ۵۲/۹ و ۳۶/۷٪ کاهش نشان داد. لذا چنین نتیجه می شود کاربرد شاخص TOL در گزینش ترکیب تیماری که کاربرد آن سبب ایجاد اختلاف کم تر در مقدار عملکرد علوفه تولیدی تحت شرایط مطلوب و تنش خشکی می شود، یا به عبارتی دیگر دارای ثبات عملکرد بیشتری است مطلوب است ولی در گزینش تیمار هایی که کاربرد آن ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش سبب تولید عملکرد مناسب باشند، موفق نیست. مقدم و هادی زاده (۲۰۰۰) گزارش نمودند

پایین بودن TOL الزاماً به معنی بالا بودن عملکرد در شرایط بدون تنش نیست بلکه ممکن است عملکرد یک لاین در شرایط بدون تنش پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کم تری همراه باشد، که این باعث کوچک ماندن TOL می شود. بر اساس گزارش برخی محققان شاخص TOL در گزینش ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش موفق بوده است ولی در گزینش ژنوتیپ هایی که تحت هر دو شرایط محیطی مطلوب و تنش خشکی دارای عملکرد مطلوبی باشند موفق نبود چوکان و همکاران (۲۰۰۶). بر اساس نتایج آزمایش شعاع حسینی و همکاران (۲۰۰۸) شاخص تحمل (TOL) قادر نیست به طور هم زمان رقمی را گزینش کند در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای عملکرد بالایی باشد. سوری و همکاران (۲۰۰۵) ضمن انجام آزمایش با هدف مطالعه ژنوتیپ های نخود در شرایط تنش آبی چنین ابراز داشتند که صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد و پایین بودن حساسیت آن نسبت به شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ هایی یافت می شوند که دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به خشکی می باشند اما عملکرد پایینی نیز دارند، لذا این ژنوتیپ ها فقط دارای حساسیت کم به خشکی هستند و از لحاظ عملکرد اصلاً ژنوتیپ های مطلوبی به شمار نمی آیند. ویسی مال امیری و همکاران (۲۰۱۰) چنین نتیجه گرفتند کم بودن مقدار TOL، معیار مناسبی برای شناسایی ارقام پرمحصول و متحمل به خشکی نیست، چون ارقامی با عملکرد کم در هر دو شرایط نرمال و تنش و مقدار TOL کم تر، ارقام مطلوبی نیستند. با وجود این پایداری ژنوتیپ ها و ارقام در دو شرایط آبیاری و تنش نکته مهمی است که باید در نظر گرفته شود.

شاخص میانگین تولید (MP)^۱

با توجه به این که میزان بالای عددی این شاخص نشان دهنده تحمل نسبی به تنش است، چنین نتیجه شد تیمار مصرف یک لیتر نیتروکسین همراه با ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (No_2N_2) به واسطه آن که سبب افزایش میانگین تولید علوفه در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی طی هر دو سال اجرای آزمایش در مقایسه با کاربرد سایر تیمار های آزمایش شده است، در رتبه اول جای گرفت. پس از آن تیمار های (No_2N_1) و (No_1N_2) به ترتیب رتبه های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. تیمار شاهد نیز به دلیل آن که سبب کم ترین مقدار میانگین تولید علوفه در شرایط مطلوب و تنش مورد آزمایش شد، در رتبه آخر (نهم) جای گرفت (جدول های ۲ و ۳). از آن جایی که شاخص میانگین تولید (MP) موفق به شناسایی تیمار هایی شد که در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی سبب تولید عملکرد بالا تر علوفه شده اند، و نیز چون بین شاخص MP با عملکرد علوفه در هر دو شرایط آبیاری

مطلوب و تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد (جدول های ۴ و ۵) لذا می توان آن را به عنوان شاخصی مناسب لحاظ نمود. احمدزاده (۱۹۹۷) گزارش کرد که شاخص MP در شناسایی لاین های پرمحصول و متحمل به خشکی ذرت مطلوب است. سوری و همکاران (۲۰۰۵) شاخص MP را به عنوان شاخصی مناسب برای شناسایی ژنوتیپ های نخود که متحمل به شرایط خشکی می باشند می داند. نتایج آزمایش ابوالحسنی و سعیدی (۲۰۰۶) نشان داد انتخاب بر اساس MP باعث گزینش ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد بالا می گردد. فرناندز (۱۹۹۳) اعلام نمود این شاخص در گزینش ارقام با عملکرد بالا در شرایط تنش مناسب نیست زیرا اختلاف عملکرد زیاد در دو شرایط عادی و تنش باعث بالا رفتن میزان این شاخص می گردد.

جدول ۴: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳

شاخص	Yp	Ys	SSI	STI	GMP	TOL	MP
Yp	۱						
Ys	۰/۹۸**	۱					
SSI	۰/۷۸*	ns ۰/۶۵	۱				
STI	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۷*	۱			
GMP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۷۳*	۰/۹۹**	۱		
TOL	۰/۹۵**	۰/۸۷**	۰/۹۳**	۰/۹**	۰/۹۱**	۱	
MP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۷۳**	۰/۹۹**	۱/۰۰**	۰/۹۲**	۱

***، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۱، ۰/۰۵ و غیر معنی دار

جدول ۵: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴

شاخص	Yp	Ys	SSI	STI	GMP	TOL	MP
Yp	۱						
Ys	۰/۹۷**	۱					
SSI	ns ۰/۴۶	ns ۰/۲۳	۱				
STI	۰/۹۹**	۰/۹۹**	ns ۰/۳۶	۱			
GMP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	ns ۰/۳۵	۰/۹۹**	۱		
TOL	۰/۸۴**	۰/۶۹*	۰/۸۶**	۰/۷۸*	۰/۷۸*	۱	
MP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	ns ۰/۳۶	۰/۹۹**	۱/۰۰**	۰/۷۸*	۱

***، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۱، ۰/۰۵ و غیر معنی دار

نتیجه گیری

در یک جمع بندی کلی چنین نتیجه می شود از میان شاخص های *SSI*، *STI*، *GMP*، *TOL* و *MP* با هدف انتخاب بهترین ترکیبات تیماری کاربردی، در راستای دستیابی به بالاترین مقدار عملکرد ذرت علوفه ای تحت شرایط محیطی آبیاری مطلوب مزرعه و یا اعمال بروز محدودیت آبیاری، مطلوب ترین شاخص ها، شاخص تحمل به تنش (*STI*)، شاخص میانگین هندسی تولید (*GMP*) و شاخص میانگین تولید (*MP*) می باشند. نکته قابل توجه در این آزمایش آن است که رتبه های اختصاص یافته به تیمار ها در هر سه شاخص مذکور مشابه است. برای مثال تیمار NO_2N_2 که حائز رتبه اول در شاخص *STI* شده است، در دو شاخص دیگر (*GMP* و *MP*) نیز واجد رتبه اول است و این ویژگی در خصوص کلیه تیمار های آزمایشی دیده می شود. دو شاخص حساسیت به تنش و تحمل به تنش (*SSI* و *TOL*) علی رغم آن که معرف تیمار هایی هستند که به واسطه ویژگی های مرتبط با این شاخص ها برتر محسوب می شوند، ولی به دلیل آن که تحت هر دو شرایط آبیاری متداول و اعمال کم آبیاری کاربرد آن ها عملکرد های پایینی را در هیبرید مورد آزمایش نتیجه داد شاخص های مطلوبی به شمار نمی روند. چه بسا تیمار هایی مشاهده گردید از نظر این دو شاخص در رتبه آخر جای می گیرد ولی در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی عملکرد قابل قبول و مناسبی را موجب گردیده اند.

منابع

- 1- **Abolhasani, Kh. A. and Saeedi, Gh. A. 2006.** Evaluation of drought tolerance of Safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Journal*. 10 (3): 407-418.
- 2- **Acosta-Gallegos, J. A. and Adams, M. W. 1991.** Plant traits and yield stability of dry bean cultivars under drought stress. *J. Agric. Sci. Camb.* 117: 213-219.
- 3- **Ahmadi, J. 2008.** Evaluation of drought tolerance in maize hybrid business late. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University, 230 p.
- 4- **Ahmadzadeh, M. 1997.** Determination of the best indicator of drought tolerance in maize elite lines. Breeding Master's thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University, 238 pages.
- 5- **Aliakbari, R. G., Razi, H. and Kazemeini, S. A. 2010.** Evaluation of drought tolerance in rapeseed (*Brassica napus L.*) cultivars using drought tolerance indices. *International journal of advanced biological and biomedical research*. 2: 696-705.
- 6- **Choghakaboodi, Z., Zebarjadi, A. and Kahrizi, D. 2012.** Evaluation of drought tolerance in canola genotypes in farm and laboratory condition. 17: 28-37 (in Persian).
- 7- **Choukan, R., Taherkhani, T., Ghandha, M. R. and Khodarahmi, M. 2006.** Evaluation of drought tolerance in maize lines with drought tolerance indices. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 8(1): 79-89.
- 8- **Clark, J. M., Depauw, R. M. and Ownley-Smith, T.F. 1992.** Evaluation of methods for quantification of droughttolerance in wheat. *Crop Sci*. 32: 723-728.
- 9- **Farshadfar, A. 1994.** Determination of locate the stability of chromosomes and genes controlling phenotypic and physiological criteria for drought tolerance. Third Iranian Congress of Crop Sciences, University of Tabriz.
- 10- **Farshadfar, E., Poursiahbidi, M. M. and Safavi, S. M. 2013.** Assessment of drought tolerance in landraces of bread wheat based on resistance/tolerance indices. *International journal of advanced biological and biomedical research*. 1(2): 143-158.

- 11- **Fereres, E., Gimenez, C. and Fernandez, J.M. 1986.** Genetic variability in sunflower cultivars under drought, I: Yield relationships. *Aust. J. Agric. Res.* 37: 573-582.
- 12- **Fernandez, G.C. 1992.** Effective Selection criteria for assessing of plant stress tolerance. In proceeding of a symo. Taiwan. 13-16 aug. 1992. By C. G. Kuo. AVRDC.
- 13- **Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978.** Drought Tolerance in spring wheat cultivars. I. Grain yield Response: *Aust. Jour. Agri. Res.* 29: 897-912.
- 14- **Frayedi, Y. 2004.** Assessment of drought resistance in Kabuli chickpea genotypes. *Journal of Agricultural Sciences.* 6(2): 27-38.
- 15- **Grzesiak, S., Filek, W., Skrudlik, G. and Niziol, B. 1996.** Screening for drought resistance: evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 177: 245- 252.
- 16- **Kakaei, M., Zebarjadi, A., Mostafaei, A. and Rezaeizadeh, A. 2010.** Identification of rapeseed drought tolerance genotypes using tolerance indices. *Electronic Journal of Crop Production.* 2: 107-124.
- 17- **Khalili, M., Kazemi, H., Moghaddam, M. and Shakiba, M. R. 2004.** Evaluation of drought resistance indices in late maize genotypes at different growth stages. *Proceedings of the 8th Iranian Congress of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Guilan.* 25-27 Aug, p: 41.
- 18- **Moghaddam, A. 1998.** Final Report of the Drought Tolerant Maize commercial hybrids and parent lines delayed the. *Research Bulletin, No. 77.213, Agricultural Scientific Information and Documentation Centre.*
- 19- **Moghaddam, A. and Hadizadeh, M. H. 2000.** Evaluation Use of compression stress in the selection of drought tolerant maize varieties. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 2(3): 24-33.
- 20- **Moghaddam, A. and Hadizadeh, M. H. 2002.** Response of maize hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. *Seed and Plant Journal.* 18(3): 255-272.
- 21- **Mozaffari, K., Arshy, Y. and Zeinali khanghah, H. 1996.** Effects of water stress and yield component traits morphophysiological in Sunflower. *Seed and Plant Journal.* 12(3): 24-32.
- 22- **Naeemi, M., Akbari, Gh. A. and Shiranirad, A. H. 2007.** Investigation of some morphological and agronomical traits of rapeseed cultivars in response to withheld irrigation at reproductive growth stages. *Agricultural Research.* 7(3): 223-234 (in Persian).
- 23- **Narooyi rad, M. R., Abbasi, M. R. and Mohammad ghasemi, M. 2009.** Evaluation of drought tolerance using indicators of stress tolerance in sorghum landraces collected in National Plant Gene Bank of Iran. *Journal of Research and Development in Agriculture.* 82: 11-18.
- 24- **Osborne, S. L., Shepers, J. S., Fransis, D.D. and Schlemmer M. R. 2002.** Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen water-stressed corn. *Crop Sci.* 42: 165-171.
- 25- **Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1998.** Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136.
- 26- **Rosielle, A. T. and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspect of selection for yield in stress and non – stress environment. *Crop Sci.* 21: p.493.USA.
- 27- **Shafazadeh, M.K., Yazdansepas, A., Ashkbos, A. and Ghannadha, M.R. 2004.** Evaluation of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. *Seed and Plant Journal.* 20(1): 57-71.
- 28- **Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriques, B., Acosta-Gallegos, J. A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N. and Kelly, J. D. 1997.** Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.* 37:43-50.
- 29- **Shoaa hoseini, S. M., Farsi, M. and Khavari khorasani, S. 2008.** Effects of water deficit stress on yield and yield components of some maize hybrids using path analysis. *Journal of Agricultural Science.* 18(1): 71-85.
- 30- **Souri, J., Dehghani, H. and Sabbaghpoor, S.J. 2005.** Study of genotypes of chickpea under water stress. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.* 36(6): 1517-1527.
- 31- **Vaisi malamiri, V., Haghparast, R., Aghayi sarbarzeh, M., Farshadfar, E.A. and Rajabi, R. 2010.** Evaluation of drought tolerance in barley genotypes (*Hordeum vulgare L.*) Using physiological characteristics and indicators of drought tolerance. *Seed and Plant Journal.* 1-26(1): 43-60.

