

گزارش علمی کوتاه

ارزیابی و گزینش لاین‌های بین‌المللی جو تحت شرایط خشکی آخر فصل

احمد رضا کوچکی^{۱*}، اشکبوس امینی^۱، محمد شریف الحسینی^۲، حمید رضا کمیلی^۲

۱. اعضاء هیئت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج؛ ۲. اعضاء هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۸

چکیده

دستیابی به ارقام جو که با حداقل آبیاری در بهار بتوانند عملکرد دانه قابل قبولی تولید کرده و دارای عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت باشند از جایگاه ویژه‌ای در برنامه‌های به نژادی برخوردار است. به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی، تعداد ۱۷۱ ژنوتیپ بین‌المللی جو دریافتی از ایکاردا به همراه شاهد ریحان ۰۳ در دو شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی) و بدون تنش در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج و مشهد کشت و ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی (GMP) انجام گردید. بطور کلی براساس نتایج ایستگاه‌های کرج و مشهد و در نظر گرفتن تمام شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی و همچنین عملکرد در دو شرایط نرمال و خشکی لاین‌های شماره ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۲، ۱۱۶، ۱۰۴ و ۱۰۶ به عنوان لاین‌های برتر و متحمل به تنش خشکی و ژنوتیپ‌های ۱۳۱، ۶۴، ۲۴، ۲۶، ۱۳۰، ۶۳ و ۲۰ و ۱۱۸ به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی شناسایی و جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی جو و آزمایشات مقایسه عملکرد یکنواخت سراسری در نظر گرفته شدند. برای تعیین روابط بین عملکرد دانه و شاخص‌ها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید و مشخص شد که شاخص‌های STI، GMP و MP در هر دو شرایط دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه می‌باشند و می‌توانند جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و پر محصول در هر دو شرایط محیطی بکار روند.

واژه‌های کلیدی: جو، عملکرد دانه، شاخص حساسیت به تنش، تحمل به خشکی

مقدمه

می‌گیرد (Kardvani, 1988). تنش خشکی معمولاً به عنوان شایع‌ترین تنش غیرزنده که گیاهان آن را تجربه می‌کنند، شناخته می‌شود و خسارات سنگینی را به محصولات عمده کشاورزی در بسیاری از کشورهای مختلف جهان از جمله ایران وارد می‌کند. اغلب کشاورزان به دلیل نداشتن آب کافی در بهار در نتیجه اختصاص آبیاری‌های آخر فصل به زراعت‌های تابستانه، نتیجه مطلوب از کشت ارقام پرتوقع نسبت به آب بدست نیاورده و در نتیجه زراعت جو دچار تنش خشکی آخر فصل می‌شود. بنابراین معرفی ارقامی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری معمول و یا تنش خشکی آخر فصل محصول بیشتر و مطمئن‌تری تولید کنند، اهمیت بسیار زیادی پیدا می‌کند. یک ژنوتیپ متحمل می‌تواند به عنوان ژنوتیپی معرفی شود که

جو (*Hordeum vulgare L.*) با سازگاری وسیع اکولوژیکی، با سطح زیر کشت حدود ۵۴ میلیون هکتار و تولید حدود ۱۵۲ میلیون تن، چهارمین محصول مهم غلات بعد از گندم، ذرت و برنج در جهان می‌باشد که به عنوان غذا مورد استفاده انسان و دام قرار می‌گیرد. در ایران نیز جو با سطح زیر کشت حدود ۱/۷ میلیون هکتار و تولید حدود ۳/۵ میلیون تن، دومین محصول بعد از گندم محسوب می‌شود (FAO, 2009).

خشکی مهمترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی بوده که ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Bray, 1979). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال، طبق تعریف آمبرژه در زمره مناطق خشک و نیمه خشک قرار

زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج و مشهد اجرا شد. شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در تحقیق به دلیل تعداد زیاد آورده نشده است ولی تحت عنوان SPII07 در سایت ایکاردا موجود می باشد. هر ژنوتیپ بر روی یک پشته شامل دو خط ۲ متری کشت شد و به ازای هر ۱۵ ژنوتیپ، رقم ریحان ۰۳ به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت. زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات-آیش بوده و کلیه عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود برهم، کودپاشی و ایجاد فارو انجام گرفت. کود مصرفی بر اساس آزمون خاک با فرمول ۵۰-۶۰-۹۰ (N-P-K) بود که کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفره از منبع فسفات آمونیوم به صورت پایه و کود ازته از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک به مصرف رسید. عملیات آبیاری در آزمایشات نرمال به صورت نشتی شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و سه نوبت آبیاری بهاره بود. آبیاری در آزمایش‌های تنش خشکی شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و یک نوبت آبیاری بهاره قبل از مرحله گلدهی انجام گرفت. در آزمایش مربوط به تنش خشکی با هدف ایجاد تنش آخر فصل، عملیات آبیاری پس از مرحله گلدهی متوقف و تا زمان برداشت، آبیاری صورت نگرفت. بعد از رسیدن کامل، جهت تعیین عملکرد دانه، محصول کرت‌ها برداشت و توزین گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها، ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی پس از مرحله گلدهی با استفاده از شاخص‌های Tol و MP (Rosielle and Hamblin, 1981)، SSI (Fischer and Maurer, 1978) و GMP و STI (Fernandez, 1992) انجام شد. برای تعیین همبستگی ساده بین شاخص‌ها و عملکرد دانه (در هر دو شرایط) از ضرائب پیرسون استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI)، مقادیر بالاتر این شاخص نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش می باشد. بر اساس شاخص STI، ژنوتیپ‌های ۱۶۰، ۱۵۲، ۱۱۶، ۱۵۹، ۵۱، ۱۷۰، ۱۶۲، ۵۲، ۱۰۴ و ۱۰۶ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از تحمل به تنش بیشتری برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های یاد شده ضمن احراز بالاترین مقادیر شاخص STI در بین ژنوتیپ‌های تحت مطالعه، از لحاظ

عملکردی بالاتر از متوسط در شرایطی دارد که عوامل محیطی دسترسی به آب را برای گیاه زراعی دچار محدودیت کرده‌اند (Narayan and Misra, 1989). تنش رطوبتی در طول دوره پر شدن دانه ممکن است از طریق کاهش دوره پر شدن دانه و یا سرعت پر شدن دانه عملکرد را کاهش دهد (Ahmadi and Baker, 2001). در تحقیقی که توسط اوزترک و آیدین (Ozturk and Aydin, 2004) انجام شد، تیمارهای مختلف تنش آبی عملکرد دانه و وزن هزار دانه را کاهش دادند. روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های تحمل^۱ (Tol) و میانگین بهره‌وری (حسابی)^۲ (MP) را معرفی نمودند. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش^۳ (SSI) را پیشنهاد نمودند. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص‌های تحمل به تنش^۴ (STI) و شاخص میانگین هندسی عملکرد^۵ (GMP) را معرفی نمود. شاخص میانگین هندسی عملکرد حساسیت کمتری به مقادیر مختلف عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) در مقایسه با عملکرد در شرایط تنش (Ys) دارد، در صورتی که شاخص میانگین بهره‌وری چون بر اساس میانگین حسابی می‌باشد، زمانی که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و عملکرد در شرایط تنش (Ys) وجود داشته باشد، ارزیابی زیادی به طرف عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) خواهد داشت (Fernandez, 1992).

هدف از اجرای این آزمایش، بررسی واکنش ژنوتیپ‌های بین المللی جو در برابر تنش خشکی با استفاده از شاخص‌ها، معرفی شاخص‌های برتر و در نهایت دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی پس از مرحله گلدهی بر روی ۱۷۱ ژنوتیپ جو دریافتی از ایکاردا (SPII07 Nursery) در یک آزمایش مقایسه عملکرد مشاهده‌ای (سیستماتیک) در دو شرایط تنش (قطع آبیاری از مرحله گلدهی) و بدون تنش در سال

¹. Tolerance

². Mean productivity

³. Stress susceptibility index

⁴. Stress tolerance index

⁵. Geometric Mean Productivity

ژنوتیپ‌های ۴۳، ۴۴، ۲۰، ۱۳، ۱۸، ۷۷، ۶۴، ۹۴، ۶۳، ۲۲، ۱۰۷، ۱۳۱، ۱۳۸ و ۱۴۲ بیشترین مقدار از این شاخص را داشتند و در نتیجه حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها با توجه به این شاخص بودند. چنان‌که مشاهده می‌شود مشابهت و همبستگی بالایی بین نتایج حاصله از این شاخص و شاخص SSI وجود دارد (جدول ۲).

بر اساس شاخص بهره‌وری (MP) که به صورت میانگین حاصل جمع عملکرد در شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر می‌باشند که مقادیر بیشتری از این شاخص را کسب نموده باشند (Rosielle and Hamblin, 1981). بر همین اساس به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱۶۰، ۱۵۲، ۱۱۶، ۵۱، ۵۲، ۱۷۰، ۱۵۹، ۱۶۲، ۱۰۴، ۱۰۶، ۱۵۸ و ۱۵۵ به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های ۲۶، ۲۴، ۱۶، ۲۲، ۴۰، ۶۹، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۸، ۱۴۲ و ۳۰ با کسب کمترین مقدار از این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. شاخص MP در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش می‌باشند از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر است.

بر اساس شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر بیشتری از شاخص فوق را داشته باشند (Fernandez, 1992). بر اساس این روش ژنوتیپ‌های ۱۶۰، ۱۵۲، ۱۱۶، ۵۱، ۵۲، ۱۷۰، ۱۵۹، ۱۶۲، ۱۰۴، ۱۰۶، ۱۵۸ و ۱۵۵ به عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها و ژنوتیپ‌های ۳۰، ۲۶، ۲۴، ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۶۹، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۳۰ و ۱۳۱ به عنوان حساس‌ترین لاین‌ها تعیین و شناسایی شدند.

عملکرد نیز در هر دو شرایط نرمال و تنش در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند. ژنوتیپ‌های ۲۶، ۳۰، ۲۴، ۱۱۸، ۱۱۹، ۶۳، ۶۴، ۱۳۰، ۱۳۱، ۲۲، ۶۹، ۱۶ و ۴۰ نیز بر اساس این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. شاخص حساسیت به تنش (SSI) بیشتر جهت حذف ژنوتیپ‌های حساس استفاده می‌شود و براساس آن هر ژنوتیپی که مقادیر بالاتری از این شاخص را به خود اختصاص می‌دهد، در برابر تنش حساس‌تر می‌باشد (Fischer and Maurer, 1978). براساس این شاخص و با توجه به میانگین عملکرد در هر دو شرایط نرمال و تنش، ژنوتیپ‌های ۱۱۶، ۱۵۹، ۱۷۱، ۱۶۲، ۱۶۰، ۴۷، ۴۳، ۴۵، ۸۵ و ۸۲ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از وضعیت خوبی برخوردار بودند و مقدار کمی از شاخص یاد شده را به خود اختصاص داده و به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها، و ژنوتیپ‌های ۴۳، ۴۴، ۲۰، ۱۸، ۲۴، ۶۴، ۶۳، ۷۷، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۴۲ و ۲۲ نیز با داشتن بیشترین مقدار از این شاخص، به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

بر اساس شاخص تحمل (TOL) که به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌گردند که مقادیر کمتری از شاخص فوق را به خود اختصاص دهند (Rosielle and Hamblin, 1981). با استفاده از این شاخص، ژنوتیپ‌های ۱۱۶، ۱۵۹، ۱۷۱، ۱۶۲، ۸۳، ۴۷، ۴۵، ۸۵، ۸۲ و ۱۶۰ برترین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بودند، چون کمترین مقدار از این شاخص را به خود اختصاص داده بودند، ولی

جدول ۱. لاین‌های انتخابی برتر و متحمل به تنش خشکی

Table 1. Selected superior drought tolerant lines

شماره لاین	عملکرد بدون تنش	عملکرد تنش	شاخص تحمل	میانگین بهره‌وری	میانگین هندسی عملکرد	تحمل به تنش	حساسیت به تنش
line no.	Y_p (t.ha ⁻¹)	Y_s (t.ha ⁻¹)	TOL	MP	GMP	STI	SSI
104	7.516	5.800	1.716	6.658	6.602	1.005	0.741
106	7.396	5.860	1.536	6.628	6.583	0.999	0.674
116	7.215	6.715	0.500	6.965	6.961	1.117	0.225
159	7.063	6.528	0.534	6.795	6.790	1.063	0.246
160	7.785	6.794	0.991	7.289	7.272	1.219	0.413
162	7.038	6.344	0.694	6.691	6.682	1.029	0.320
172 (check)*	6.586	4.560	2.026	5.573	5.465	0.699	0.992

* (Check=Rihane 03)

* شاهد = رقم ریحان ۰۳

Y_p = Yield in normal condition; Y_s = Yield in stress condition; GMP = Geometric Mean Productivity; STI = Stress Tolerance Index; SSI = Stress Susceptibility Index; TOL = Tolerance; MP = Mean Productivity.

خشکی بود. شاخص‌های STI و GMP با همدیگر و نیز با شاخص MP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار نشان دادند. در نتیجه بر اساس نتایج این تحقیق مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش، شاخص‌های GMP، STI و MP بودند.

شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد باشند، بعنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. در همین رابطه با توجه به نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۲) مشخص شد که شاخص‌های میانگین هندسی (GMP) و تحمل به خشکی (STI) و میانگین حسابی (MP) با توجه به همبستگی‌های معنی‌دار و بالایی که با عملکرد در هر دو محیط و نیز با همدیگر دارا بودند، می‌توانند برای دستیابی به ارقام با عملکرد بالا در هر محیط بکار روند. عملکرد نسبی ارقام و لاین‌ها در شرایط تنش خشکی و بدون تنش علاوه بر صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک، در محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش مورد استفاده بسیاری از محققین قرار گرفته است (Fernandez, 1992; Rosielle and Hamblin, 1981).

با در نظر گرفتن تمام شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی و همچنین عملکرد در دو شرایط نرمال و خشکی، لاین‌های شماره ۱۶۰، ۱۶۲، ۱۱۶، ۱۵۹، ۱۰۴ و ۱۰۶ به عنوان لاین‌های برتر و متحمل به تنش خشکی و ژنوتیپ‌های ۱۳۱، ۶۴، ۲۴، ۲۶، ۱۳۰، ۶۳، ۳۰ و ۱۱۸ به عنوان لاین‌های حساس به تنش خشکی شناسایی گردیدند. لازم به ذکر است که ژنوتیپ‌های ۵۲، ۵۱ و ۱۷۰ از نظر شاخص‌های MP، GMP و STI برتر بودند ولی به دلیل داشتن شاخص‌های SSI و TOL بالا و عملکرد پایین در شرایط تنش، مورد گزینش قرار نگرفتند.

برای تعیین شاخص‌های مناسب و بررسی ارتباط بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط نرمال و تنش ضرایب همبستگی ساده محاسبه و نتایج مربوطه در جدول ۲ نشان داده شده است. با نگاهی به این جدول مشخص شد که شاخص‌های MP، STI و GMP به دلیل داشتن همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی مناسب به نظر رسیدند، زیرا انتخاب مقادیر بالای این شاخص‌ها به معنی بدست آوردن عملکرد بالا در آبیاری معمول و تنش

جدول ۲. ضرایب همبستگی ساده ژنوتیپ‌های جو مورد بررسی در کرج و مشهد

Table 2. Correlation coefficients for studied barley genotypes in Karadj and Mashhad.

	عملکرد بدون تنش Yp	عملکرد تنش Ys	حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل TOL	تحمل به تنش STI	میانگین بهره‌وری MP	میانگین هندسی عملکرد GMP
Yp	1.000	0.496**	0.177**	0.464**	0.788**	0.858**	0.796**
Ys		1.000	-0.762**	-0.538**	0.92**	0.872**	0.92**
SSI			1.000	0.94**	-0.452**	-0.351*	0.451**
TOL				1.000	-0.174 ^{ns}	-0.057 ^{ns}	-0.166 ^{ns}
STI					1.000	0.989**	0.996**
MP						1.000	0.994**
GMP							1.000

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ^{ns}: غیر معنی‌دار

ns, **, *: Non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

Y_p = Yield in normal condition; Y_s = Yield in stress condition; GMP = Geometric Mean Productivity; STI = Stress Tolerance Index; SSI = Stress Susceptibility Index; TOL = Tolerance; MP = Mean Productivity.

منابع

- Ahmadi, A., Baker, D.A., 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. *J. Agric. Sci.* 136, 257-269.
- Bray, E.A., 1997. Plant response to water deficit. *Trends Plant Sci.* 2, 48-54.
- FAOSTAT. 2009. FAO Statistical Data. [www.faostat.org.]
- Fernandez, G.C., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Taiwan. 13-16 Aug.
- Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yields responses. *Aust. J. Agric. Res.* 14, 742-754.
- Kardavani, P., 1988. *The Arid Lands*. Tehran University Press [In Persian].
- Narayan, D., Misra, R.D., 1989. Drought resistance in varieties of wheat in relation to root growth and drought indices. *Indian Agric. Sci.* 59, 595-598.
- Ozturk A., Aydin, F., 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter Wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 190, 93.
- Rosielle, A.T., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21, 943-945.

