Archive of SID

مقایسه ژنوتیپ‌های گندم نان متحمل به تنش کم‌آبی آخر فصل رشد با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش

آرزو عبدی[۱]، محمد رضایی[۲]، امین عباسی[۱]، عبداله جوانمرد[۱]، مجتبی نورآیین[۱]، حمید حاتمی ملکی[۱*]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران
* مسئول مکاتبه: Hatamimaleki@maragheh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۷ **DOI: 10.22034/csrar.2020.119078**

چکیده

تنش کم‌آبی آخر فصل رشد از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گندم در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران می‌باشد و یکی از راهکارهای مقابله با آن معرفی ارقام متحمل با شرایط تنش است. در این تحقیق، واکنش ۱۵ ژنوتیپ آبی گندم نان پاییزه به تنش کم‌آبی آخر فصل رشد، با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش مورد بررسی قرار گرفت. ژنوتیپ‌های گندم نان به‌صورت جداگانه تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه و در سال ۱۳۹۵ ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش کم‌آبی بود. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در شرایط نرمال و تنش و نیز شاخص‌های تحمل نشان داد که ژنوتیپ‌های Mihan و Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1 می‌توانند ژنوتیپ‌های مناسبی برای کشت در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل رشد باشند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل موردمطالعه، آنها را در ۳ گروه مجزا قرار داد. در بین شاخص‌های موردمطالعه، شاخص‌های GMP، STI، YSI و SSI به‌واسطه دارابودن همبستگی معنی‌دار با عملکردهای محیطی، بهترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام متحمل به تنش آخر فصل شناسایی شدند. نتایج پلات‌های سه‌بعدی نشان داد که ژنوتیپ‌های Zarrin و Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1 از نظر شاخص‌های GMP، STI و SSI دارای بالاترین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش بوده (گروه A) و می‌توانند در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل رشد بکار گرفته شوند.

کلمات کلیدی: شاخص GMP، شاخص STI، شاخص SSI، عملکرد، گندم نان

مقدمه

کشور ایران همانند بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد که منجر به کاهش تولید غلات در زمین‌های زراعی شده است (Trethowan *et al.*, 2002). به‌طورکلی خشکی عبارت است از ناچیز بودن میزان بارندگی و توزیع آن در طی فصل زراعی به قدری که با کاهش عملکرد گیاهان زراعی همراه گردد (Sio-Se Mardeh *et al.*, 2006). شواهد نشان می‌دهد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دنبال افزایش درجه حرارت محیط و کاهش ذخیره رطوبت خاک، پرشدن دانه کاهش یافته و در نتیجه عملکرد دانه غلات کاهش می‌یابد (Sio-se Mardeh *et al.*, 2008).

گندم نان (*Triticum aestivum*) در بین غلات بیشترین سطح زیر کشت را در دنیا داشته و اهمیت اقتصادی آن سبب شده که راهکارهای گوناگونی به‌منظور به نژادی آن مورد ارزیابی قرار گیرد تا در نتیجه ارقام پرمحصول و با تحمل بالاتری نسبت به خشکی به دست آید (Trethowan and Reynolds, 2007). شاخص‌های آماری متعددی برای ارزیابی واکنش محصولات زراعی نسبت به تنش‌های محیطی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش (STI) را پیشنهاد کرد که بر اساس عملکرد گیاه محاسبه شده و مقادیر بالای STI نشانه افزایش مقاومت گیاه به تنش است. رزیل و همبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) در بررسی خود شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) را معرفی نمودند که شاخص TOL تفاوت عملکرد گیاه در دو شرایط محیطی و MP میانگین تولید در شرایط تنش و عدم تنش است. زیاد بودن مقدار TOL نشانه حساسیت گیاه به تنش بوده و اساساً انتخاب بر مبنای مقادیر کم TOL انجام می‌گیرد این در حالی است که زیاد بودن MP تحمل بیشتر به تنش را نشان می‌دهد. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را پیشنهاد نمودند.

فیشر و مائر (Fischer and Maurer, 1978) نیز شاخص حساسیت به تنش (SSI) را معرفی نمودند که در آن عملکرد گیاه تحت شرایط مطلوب و تنش اندازه‌گیری و سپس شدت تنش بر اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط مطلوب و تنش تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. در این شاخص، مقادیر کم SSI حاکی از تغییرات کم عملکرد گیاه در شرایط تنش در مقایسه با شرایط عدم تنش و در نتیجه مقاومت بیشتر گیاه است. در مطالعه‌ای که اخیراً توسط زبرجدی و همکاران (Zabarjadi *et al*., 2013)، به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی انجام گرفت، بین عملکرد در شرایط تنش، بدون تنش و شاخص‌های تحمل به خشکی همبستگی معنی‌داری مشاهده شد. همچنین آنها گزارش نمودند که شاخص‌های تحمل تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی مناسب بوده و در بین آن‌ها شاخص STI، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص می‌باشد. همچنین مطالعه دیگری به‌منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی انجام شد که در آن بین شاخص‌های محاسبه شده و میانگین عملکرد در شرایط آبی و دیم همبستگی معنی‌داری به دست آمد و شاخص STI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط آبی و دیم گزارش گردید (Bakhshayeshi Geshlagh and Shekarchezade, 2015). در مطالعه‌ای روی ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش و بدون تنش فقط شاخص‌های STI و GMP جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مناسب تشخیص داده شدند (Nourmand *et al*., 2001). همچنین، آزمایش ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی انتهای فصل رشد نشان داد که شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) شاخص‌هایی مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی هستند (Gravandi *et al*., 2010). گل آبادی و همکاران (Golabadi *et al*., 2006)، نیز با مطالعه ژنوتیپ‌های پرمحصول گندم دوروم، شاخص‌های GMP، STI وMP را به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در شرایط تنش و بدون تنش معرفی نمودند. این تحقیق با هدف بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها و ارقام مختلف گندم نان به شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل رشد و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل در آن شرایط انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان و غربال نمودن آن‌ها از نظر مقاومت به تنش کم‌آبی آخر فصل رشد، ۱۵ ژنوتیپ آبی گندم نان (جدول ۱) در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی واقع در شهرستان میاندوآب استان آذربایجان غربی در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌ها با ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت جداگانه تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی آخر فصل رشد کشت شدند. در این تحقیق تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل تا آخر دوره رسیدگی گیاه و همچنین قطع آبیاری از مرحله گلدهی گیاه تا مرحله برداشت بود. هر کرت آزمایشی ۳ مترمربع شامل ۶ ردیف کاشت، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌مترمربع با تراکم ۴۵۰ بوته در مترمربع بود. عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید و شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی با استفاده از عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب (Yp) و تنش کم‌آبی آخر فصل رشد (Ys) به شرح ذیل محاسبه گردید:

شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (Rosielle, 1981).

$$TOL = Y_p - Y_s$$ معادله (۱)

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$ معادله (۲)

شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer and Maurer, 1978).

$$SSI = \frac{1 - \left(Y_s / Y_p \right)}{SI}$$ معادله (۳)

$$SI = 1 - \left(\frac{\overline{Y_s}}{\overline{Y_p}} \right)$$ معادله (۴)

در این فرمول SI شدت تنش، $\overline{Y_S}$ میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و $\overline{Y_P}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش است.

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) (Fernandez, 1992).

$$GMP = \sqrt{(Y_S)(Y_P)}$$ معادله (۵)

$$STI = \frac{(Y_S)(Y_P)}{(\overline{Y_P})^2}$$ معادله (۶)

میانگین هارمونیک (HM) (Azizi-chakherchaman *et al*., 2008).

$$HM = \frac{2(Y_P \cdot Y_S)}{Y_P + Y_S}$$ معادله (۷)

شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص عملکرد (YI) (Bouslama and Schapaugh, 1984).

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$$ معادله (۸)

$$YI = \frac{Y_s}{\overline{Y_s}}$$ معادله (۹)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم نان استفاده شده در آزمایش

Table 1- Pedigree of bread wheat genotypes used in the experiment

شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype
1	Oroum
2	Zareh
3	Mihan
4	Zarrin
5	Peshgam
6	Fln/Acc//Ana/3/Pew"s"/4/F12.71/Coc//Cno79*2/5/MV17
7	Lufer-1/Kinaci97
8	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1
9	Mnch/Attila//Tam 400/3/N87V106/2180 (Ok97401)
10	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1
11	Lufer-1/Zernogradka8
12	Eryt 1554.90/MV17
13	Passarinho//Vee/Nac
14	Pyn/Bau/3/Kauz//Kauz/Star
15	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"*2/5/Opata*2/Wulp

در این تحقیق روابط همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش و وضعیت روابط علت و معلولی صفات مؤثر بر عملکرد مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. همچنین به‌منظور ارزیابی بهتر روابط بین شاخص‌ها با عملکردهای هر دو شرایط تنش و بدون تنش روی ۱۵ ژنوتیپ موردمطالعه، از روش ترسیمی بای‌پلات استفاده شد. برای دسته‌بندی داده‌ها از نرم‌افزار Excel و برای محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و SPSS 18 و برای ترسیم نمودارهای سه‌بعدی و بای‌پلات و کلاستر از برنامه STATISTICA و STATGRAPHICS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به خشکی در شرایط تنش کم‌آبی و بدون تنش (جدول ۲) نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه در شرایط نرمال (Yp)، از لحاظ شاخص تحمل تنش (TOL)، شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) در سطح احتمال ۱ درصد و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. این امر بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم گندم نان مورد ارزیابی از نظر واکنش به تنش کم‌آبی آخر فصل رشد می‌باشد. مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر، تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گندم نان برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش توسط محققین قبلی(Dadbakhsh and Yazdan Sepas, 2011) نیز گزارش گردیده است. در مطالعه‌ای که توسط سلیمانی فرد و همکاران (Soleymanifard *et al*., 2010) در ژنوتیپ‌های گندم دوروم انجام گردید، اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های GMP، TOL، SSI، STI، MP و HRM بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌دست آمد.

بیشترین عملکرد دانه در شرایط نرمال مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۱ (۷۴۸۶/۱۱ کیلوگرم در هکتار) و ۸ (۷۳۰۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. در حالی که در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۳ (۴۳۴۷/۲۲ کیلوگرم در هکتار)، ۳ (۴۱۹۱/۶۷ کیلوگرم در هکتار) و ۸ (۴۰۸۶/۱۱ کیلوگرم در هکتـار) مـی‌باشد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 2- Analysis of variance for drought tolerance indices in bread wheat genotypes

شاخص‌ها Indices	میانگین مربعات (Mean of Squares)		
	تکرار Replication	ژنوتیپ Genotypes	خطای آزمایشی Erorr
	DF= 2	DF= 14	DF= 28
Yp	2714072.356*	2041346.327**	571574.8879
Ys	2517496.53**	502614.8116^{ns}	276788.8907
TOL	456921.9712^{ns}	2573631.622**	608083.516
MP	2501554.8**	628575.44*	272160.82
GMP	2833374.2**	511756.25^{ns}	275935.43
YSI	0.0209356^{ns}	0.0323032**	0.0088165
HM	3115415.8**	492474.58^{ns}	304462.98
YI	0.1908289**	0.0381613^{ns}	0.0209598
STI	0.1658956**	0.0306984^{ns}	0.0160813
SSI	0.1083267^{ns}	0.1872629**	0.0506481

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns,* and **: non- significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین ژنوتیپ‌های موردمطالعه گندم نان از نظر شاخص‌های تحمل به تنش مورد استفاده (جدول ۳) نشان داد که از نظر شاخص SSI، ژنوتیپ ۳ کمترین (۰/۴۷) و ژنوتیپ ۱۱ بیشترین (۱/۴۲) مقدار را دارا می‌باشند که مقدار کم SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی و در نتیجه پایداری بیشتر آن است. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص SSI، مواد آزمایشی را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص نمود. استفاده از شاخص SSI، برای انتخاب ارقام متحمل یعنی با تغییرات کمتر عملکرد ولی احتمالاً کم بازده در هر دو شرایط است. بنابراین، بهتر است از شاخص SSI برای حذف ارقام حســاس، نه برای انتخاب ارقام متحمل به تنش استفاده کرد (Eghbali *et al.,* 2016). در شاخص TOL نیز مقادیر عددی پایین، نشان‌دهنده تحمل نسبی ارقام می‌باشد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر این شاخص (TOL) نیز مشخص کرد که ژنوتیپ ۳ به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش کم‌آبی می‌باشد (جدول ۳). در این پژوهش نتایج دو شاخص SSI و TOL یکسان به‌دست آمد. شاخص YSI که توسط (Bouslama and Schapaugh, 1984) معرفی شده است، عملکرد را تحت شرایط تنش یک رقم وابسته به عملکرد غیرتنش آن ارزیابی می‌کند. بنابراین از ارقامی با YSI بالاتر انتظار می‌رود که تحت هر دو شرایط عملکرد بالاتری داشته باشند. با توجه به جدول ۳، ژنوتیپ ۳ بیشترین مقدار شاخص YSI را به خود اختصاص داده است و دارای عملکرد نسبتاً بالایی در هر دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی می‌باشد. در مورد شاخص STI (جدول ۳)، ژنوتیپ ۸ با مقدار ۰/۷۷ دارای بیشترین و ژنوتیپ ۱۴ با مقدار ۰/۴۱ دارای کمترین مقادیر می‌باشند که مقدار بالای شاخص STI برای یک ژنوتیپ نشان‌دهنده تحمل به خشکی بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ می‌باشد. برای شاخص‌های MP و GMP، نیز که مقادیر بالای آنها، نشان‌دهنده متحمل بودن ارقام می‌باشد بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۸ می‌باشد (جدول ۳). براساس شاخص میانگین هارمونیک (HM) ژنوتیپ ۸ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است (جدول ۳). بنابراین ژنوتیپ ۸ با داشتن عملکرد بالا در هر دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی معرفی گردید. در این پژوهش نتایج سه شاخص STI، MP و GMP یکسان به‌دست آمد. شاخص عملکرد (YI) ارقام را فقط براساس عملکرد تنش رتبه‌بندی می‌کند بنابراین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را تشخیص نمی‌دهد (Sio-Se Mardeh *et al*., 2006).

جدول ۳- میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش

Table 3- Mean comparison among studied genotypes based on drought tolerance indices and seed yield under drought and stress conditions

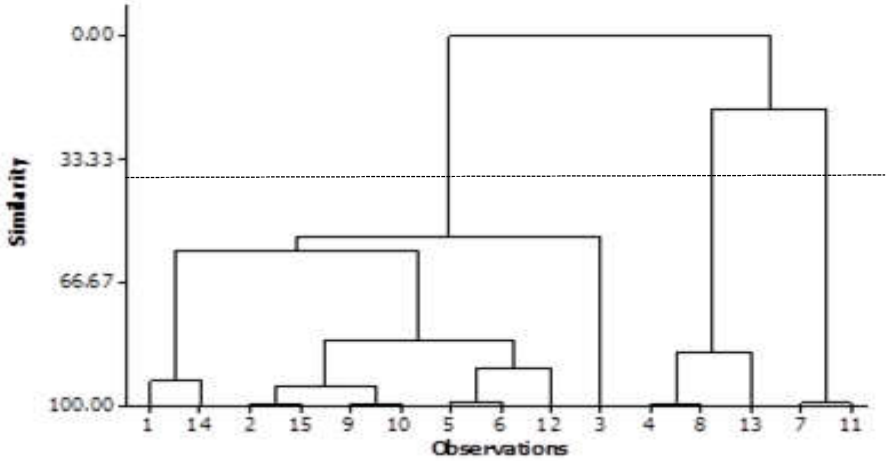
SSI	STI	YI	HM	YSI	GMP	MP	TOL	Ys (kgha^{-1})	Yp (kgha^{-1})	شماره ژنوتیپ Genotype no.
0.67	0.44	0.97	4075.71	0.72	4130.34	4185.76	1343.75	3513.89	4857.64	1
0.94	0.63	1.06	4785.77	0.61	4935.02	5089.24	2467.36	3855.56	6322.92	2
0.47	0.58	1.15	4647.41	0.80	4675.35	4703.47	1023.61	4191.67	5215.28	3
1.05	0.74	1.11	5125.88	0.57	5341.38	5567.36	3087.50	4023.61	7111.11	4
0.92	0.53	0.98	4395.03	0.62	4527.64	4664.83	2208.54	3560.56	5769.10	5
0.79	0.52	1.00	4378.07	0.67	4479.15	4582.99	1882.64	3641.67	5524.31	6
1.36	0.58	0.86	4318.34	0.44	4719.22	5169.79	4084.03	3127.78	7211.81	7
1.06	0.77	1.12	5224.17	0.56	5454.02	5695.83	3219.44	4086.11	7305.56	8
1.06	0.60	0.99	4565.61	0.56	4759.74	4963.54	2760.42	3583.33	6343.75	9
1.07	0.58	0.96	4454.10	0.56	4658.66	4874.31	2793.06	3477.78	6270.83	10
1.42	0.58	0.83	4241.26	0.41	4709.93	5248.61	4475.00	3011.11	7486.11	11
1.13	0.51	0.89	4174.81	0.53	4390.42	4620.83	2786.11	3227.78	6013.89	12
0.68	0.71	1.20	5107.52	0.72	5216.84	5329.86	1965.28	4347.22	6312.50	13
0.91	0.41	0.86	3824.24	0.62	3962.35	4110.42	1959.72	3130.56	5090.28	14
1.01	0.63	1.03	4735.23	0.58	4914.33	5100.35	2722.92	3738.89	6461.81	15

تجزیه خوشه‌ای به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان موردمطالعه بر مبنای شاخص‌های تحمل به خشکی، ژنوتیپ‌های موردمطالعه را در ۳ گروه قرار داد (شکل ۱). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۱ می‌باشد که عملکرد بالایی در شرایط نرمال داشتند، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۸ و ۱۳ بود که عملکرد بالایی در هر دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی داشتند و گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های ۱، ۱۴، ۲، ۱۵، ۹، ۱۰، ۵، ۶، ۱۲ و ۳ می‌باشند (شکل ۱). مطابق با این یافته‌ها اشرف و همکاران (Ashraf *et al*., 2015)، با استفاده از تجزیه کلاستر سه گروه را بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش، در ژنوتیپ‌های گندم نان گزارش نمودند. مشابه با نتایج تجزیه واریانس، نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل‌توجه در مجموعه ژرم پلاسم مورد ارزیابی گندم نان می‌باشد. با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی و شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی می‌توان

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های مقاومت را غربال و مناسب‌ترین شاخص را انتخاب نمود. مناسب‌ترین شاخص، آن است که در هر دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی با عملکرد همبستگی معنی‌داری داشته باشد (Blum, 1988).



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از روش UPGMA
Figure 1- Dendrogram of cluster analysis of bread wheat genotypes using UPGMA method

جدول ۴- همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش
Table 4- Correlation between drought tolerance indices with grain yield under normal and stress conditions

SSI	STI	YI	HM	YSI	GMP	MP	TOL	Ys	Yp	شاخص Index
									1	Yp
								1	-0.015^{ns}	Ys
							1	-0.455^{ns}	0.897^{**}	TOL
						1	0.605^{*}	0.434^{ns}	0.895^{**}	MP
					1	0.957^{**}	0.354^{ns}	0.669^{**}	0.730^{**}	GMP
				1	-0.146^{ns}	-0.408^{ns}	-0.963^{**}	0.634^{*}	-0.767^{**}	YSI
			1	0.123^{ns}	0.959^{**}	0.835^{**}	0.079^{ns}	0.845^{**}	0.508^{ns}	HM
		1	0.845^{**}	0.634^{*}	0.669^{**}	0.434^{ns}	-0.455^{ns}	1.000^{**}	-0.015^{ns}	YI
	1	0.679^{**}	0.961^{**}	-0.132^{ns}	0.999^{**}	0.952^{**}	0.341^{ns}	0.679^{**}	0.720^{**}	STI
1	0.132^{ns}	-0.634^{*}	-0.123^{ns}	-1.000^{**}	0.146^{ns}	0.408^{ns}	0.963^{**}	-0.634^{*}	0.767^{**}	SSI

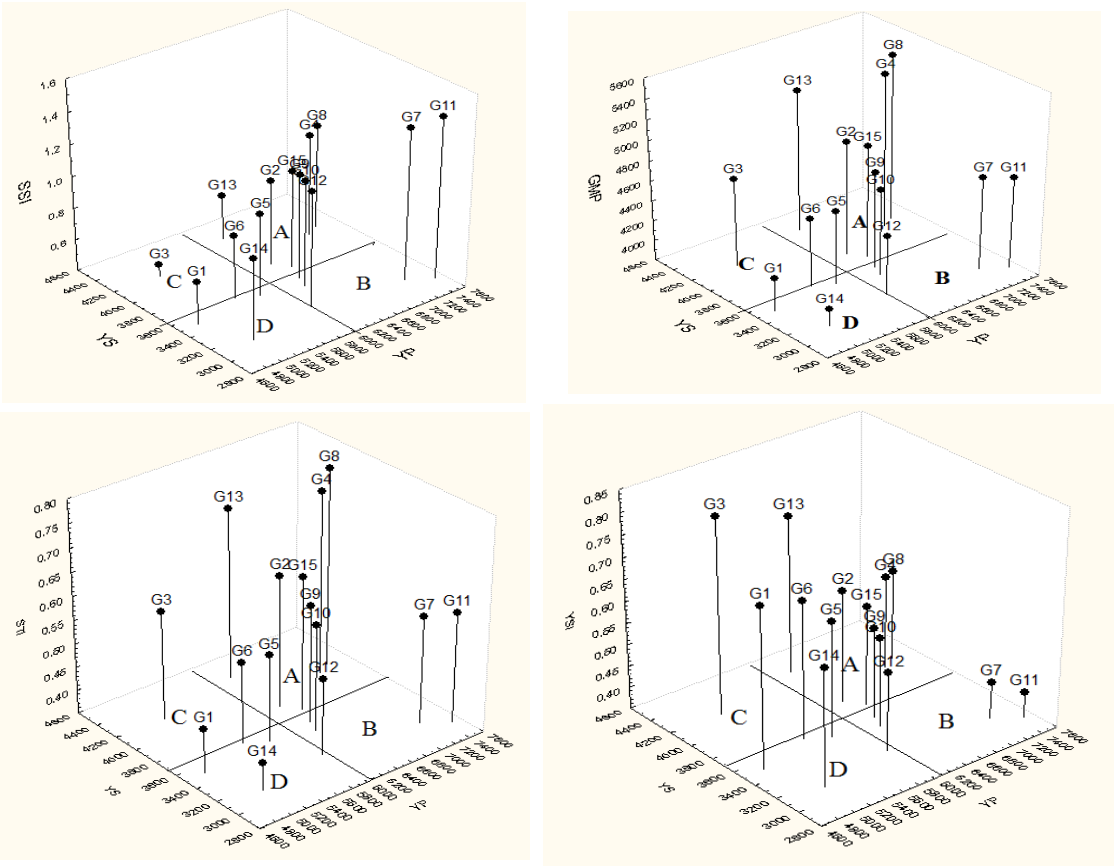
در این تحقیق، ضریب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شده با عملکردهای محیطی (جدول ۴) نشان داد که چهار شاخص GMP، SSI، STI و YSI با عملکرد در هر دو شرایط محیطی دارای ارتباط معنی‌دار آماری می‌باشند. بنابراین، با گزینش بر اساس این شاخص‌ها می‌توان عملکردهای محیطی را بهبود بخشید. در مطالعه‌ای عبدالشاهی و همکاران (Abdolshahi et al., 2010) شاخص‌های MP، GMP، HM و STI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم معرفی نمودند. در تحقیقی بر روی گندم دوروم (Sadegh-Zadeh-Ahari, 2006)، شاخص‌های MP، GMP و STI به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم توصیه گردیدند. در تحقیقی دیگر اقبالی و همکاران (Eghbali et al., 2016)، شاخص‌های STI، MP و GMP را بهترین شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی در لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده جو بیان کردند. در مطالعه دیگری این شاخص‌ها (STI، MP و GMP) به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای گزینش لاین‌های نسبتاً متحمل گندم (*Triticum aestivum* L.) معرفی شدند (Ali and El-Sadek, 2016). همچنین گروه دیگری از محققان (Nourmand moayyed *et al.*, 2001) گزارش نمودند که شاخص‌های STI و GMP در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش می‌باشند، از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر هستند. آقایی و همکاران با تحقیق روی ژنوتیپ‌های گندم و بررسی شاخص‌های تحمل به تنش، شاخص STI را نسبت به سایر شاخص‌ها مناسب‌تر نشان دادند (Aghaee Sarbarzeh et al., 2009). شهریاری و همکاران (Shahryari *et al*., 2008)، نیز شاخص‌های GMP و STI را برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی

www.SID.ir

Archive of SID

نمودند. در پژوهش دیگری سه شاخص STI، MP و GMP به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب لاین‌های متحمل به کم‌آبی در گندم معرفی شدند (Karim Zadeh *et al.*, 2012). آکورا و همکاران (Akcura *et al.*, 2011) نیز شاخص SSI را به‌عنوان شاخص برتر در شرایط تنش شدید و شاخص‌های HM، TOL، GMP، MP و STI را در شرایط تنش ملایم‌تر معرفی کردند.

برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از نمودار سه‌بعدی بر اساس شاخص‌های تحمل دارای ارتباط معنی‌دار با عملکردهای محیطی (GMP، SSI، STI و YSI) استفاده گردید (شکل ۲). برای نشان‌دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپ‌های گروه A از گروه‌های B، C و D و همچنین تشخیص سودمندی شاخص موردنظر به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به خشکی، سطح X-Y به‌وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید. گروه A شامل ژنوتیپ‌های دارای عملکرد خوب در محیط دارای تنش و بدون تنش، گروه B شامل ژنوتیپ‌های دارای عملکرد خوب در محیط بدون تنش، گروه C شامل ژنوتیپ‌های دارای عملکرد خوب در محیط دارای تنش و گروه D شامل ژنوتیپ‌هایی فاقد عملکرد مناسب در هر دو محیط می‌باشند (Fernandez, 1992). بر اساس پلات سه‌بعدی، ژنوتیپ‌های ۴، ۸ و ۱۳ دارای بالاترین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند و در گروه A قرار گرفتند (شکل ۲). همچنین در این آزمایش از نظر شاخص‌های STI، GMP، YSI و SSI ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۱ در گروه B (عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش) و ژنوتیپ ۳ در گروه C (عملکرد بالا در شرایط تنش) و ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۴ در گروه D (فاقد عملکرد مناسب در هر دو محیط) قرار گرفتند (شکل ۲). استفاده از پلات سه‌بعدی برای انتخاب ارقام مقاوم در گندم توسط معروفی (Marofi, 1992) و نورمند مؤید و همکاران (Nourmand moayyed et al., 2001) و در لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده جو توسط اقبالی و همکاران (Eghbali et al., 2016) مورد توجه قرار گرفته است.



شکل ۲- گزینش ژنوتیپ‌های متحمل تنش کم‌آبی آخر فصل رشد با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش

Figure 2- Selection of genotypes tolerant to late growth stage water deficit using drought tolerance indices

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است لـذا توجـه بـه موضوع خشکی و خسارات ناشی از آن، بیش از پیش حائز اهمیت می‌باشد. استفاده از ارقـام متحمـل یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت کاهش اثرات منفی تنش خـشکی در محـصولات زراعـی می‌باشد. بر اساس نتایج این آزمایش، شاخص‌های GMP GMP، STI، YSI و SSI برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول در هر دو محیط مناسب هستند. برطبق یافته‌های این پژوهش، ژنوتیپ‌های ۴ ، ۸ و ۱۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای عملکرد بالا در دو شرایط محیطی شناسایی شدند.

References

Abdolshahi, R., Omidi, M., Talei, A. R. and Yazdi Samadi, B. 2010. Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance. *EJCP.,* Vol. 3 (1): 159-171. (In Persian).

Aghaee Sarbarzeh, M., Rostaee, M., Mohammadi, R., Haghparast, R. and Rajabi, R. 2009. Determination of drought tolerant genotypes in bread wheat. *EJCP.* 2 (1): 1-23. (In Persian).

Akcura, M., Partigoc, F. and Kaya, Y. 2011. Evaluating of drought stress tolerance in Turkish bread wheat landraces. *The Journal of Animal and Plant Science,* 21: 700-709.

Ali, M.B. and El-Sadek, A.N. 2016. Evaluation of drought tolerance indices for wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigated and rainfed conditions. *Communications in Biometry and Crop Science,* 11: 77-89.

Ashraf, A., El-Mohsen, A., Abd El-Shafi, M.A., Gheith, E.M.S. and Suleiman, H.S. 2015. Using different statistical procedures for evaluating drought tolerance indices of bread wheat genotypes. *Advance in Agriculture and Biology*, 4 (1): 19-30.

Azizi-Chakherchaman, S.H., Kazemi-Arbat, H., Yarnia, M., Mostafaeih, D., Hassanpanah Dadashi, M.R. and Easazadeh, R. 2008. Study on relations between relative water content, cell membrane stability and duration of growth period with grain yield of lentil genotypes under drought stress and non-stress conditions. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology*, Turkey, PP: 749-755.

Bakhshayeshi Geshlagh, M. and Shekarchezade, M. 2015. Evaluation of Genotypes of Bread Wheat (*Triticum Aestivum*) using Drought Tolerance Indices. *Journal of Crop Breeding*. 7, 1: 49-59. (In Persian).

Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, FL, PP: 38-78.

Bouslama, 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.

Dadbakhsh, A.R. and Yazdan Sepas, A. 2011. Evaluation of drought tolerance indices for screening bread wheat genotypes in end-season drought stress conditions. *Advances in Environmental Biology*, 5: 1040-1045.

Eghbali, S., Aharizad, S., Yarnia, M. and Khalili, M. 2016. Evaluating of Drought Tolerance of Doubled Haploid Barley (*Hordeum vulgare* L.) Lines using Toleance Indices. *Journal of Crop Ecophysiology*.. 10, 1: 12-32. (In Persian).

Ehdaie, B., Alloush, G.A. and Waines, J.G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106: 34-43.

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of a Symposium, Taiwan, 257 p.

Fischer, R. and Maurer, R. 1987. Drought resistant in spring wheat cultivars. I: grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 97-895.

Golabadi, M., Arzani, A. and Mirmohammadi Maibody, S.A.M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 1: 162-171.

Gravandi, M., Farshadfar, E. and Kahrizi, D. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 2: 233-252.

Karim zadeh, H., Emam, Y. and Mori, S. 2012. Performance, yield components and stress resistance indices in bread wheat and durum wheat cultivars to drought stress after flowering. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 43, 1: 151-162. (In Persian).

Marofi, A. 1992. Determination of chromosome location of indices of drought resistance in wheat. Master's thesis of agricultural faculty of Razi University of Kermanshah. 133 pages. (In Persian).

Nourmand moayyed, F., Rostami, M.A. and Ghannadha, M.R. 2001. Evaluation of drought resistance indices in Bread Wheat (*Triticum Aestivum*). *Iranian journal of Agriculture Scince*. 32, 4: 792-806. (In Persian).

Rosielle, A.A. and Hamblin, I. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21: 43-46.

Sadegh-Zadeh-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotypes. 8, 1: 30-46. (In Persian).

Shahryari, R., Gurbanov, E., Gadimov, A. and Hassanpanah, D. 2008. Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11: 1330-1335.

www.SID.ir

Archive of SID

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98: 222-229.

Soleymanifard, A., Fasihi, Kh., Nasrirad, H. and Naseri, R. 2010. Evolution of stress tolerance indices in durum wheat genotypes. *Journal of Plant Production*, Vol. 17(2): 39-58. (In Persian).

Trethowan, R.M. and Reynolds, M. 2007. Drought Resistance: Genetic Approaches for Improving Productivity under Stress. In: Buck, H. R. *et al*. (eds): Wheat Production in Stressed Environments. Springer Publishing the Netherlands, 289 p.

Trethowan, R.M., Van Ginkel, M. and Rajaram, S. 2002. Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Science*, 42: 1441-1446.

Zabarjadi, A., Tavakoli Shadapi, S., Etminan, A. and Mohamadi, R. 2013. Evaluation of Drought Stress Tolerance in Durum Wheat Genotype Using Drought Tolerance Indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29, 1 (1): 1-12. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Comparison of bread wheat genotypes tolerant to late growth stage water deficit stress using stress tolerance indices

Arezoo Abdi[1], Mohammad Rezaei[2], Amin Abbasi[1], Abdollah Javanmard[1], Mojtaba Nouraein[1], Hamid Hatami Maleki[1*]

[1]Department of Plant Genetics and Production, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[2]Agricultural and Natural Research Center of East Azerbaijan, Urmia, Iran

*Corresponding Author: Hatamimaleki@maragheh.ac.ir

Received: 02 Janury 2018 Accepted: 28 November 2018 **DOI: 10.22034/csrar.2020.119078**

Abstract

Water deficit stress in the late growth stage is one of the limitation factor of wheat production in arid and semi-arid regions such as Iran and introduction of stress tolerant varieties is one the strategies that conquer to it. In this research, the reaction of 15 bread wheat genotypes against to water deficit stress at the late growth stage were inspected using stress tolerance indices. Hence, bread wheat genotypes were studied in both normal and stress states separately using randomized complete block design with three replications in farm condition. Analysis of variance revealed significant differences among studied genotypes based on tolerance indices. Mean comparison manifested that genotypes 3 and 8 could consider as suitable genotypes for water deficit stress at the late growth stage. Classification of genotypes based on studied tolerance indices located them into three groups. Among studied indices, GMP, STI, YSI and SSI were identified as suitable indices in selection of tolerant genotypes for water deficit stress at the late growth stage because they possessed significant relation with environmental yields. Results of triangle plots showed that genotypes 3 and 8 have the highest seed yield in both stress and non-stress conditions based on GMP, STI and SSI indices (Group A) and could effectively use in water stress state in the late growth stage.

Key words: Bread wheat, GMP index, SSI index, STI index, Yield

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir