نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۵۲۳-۵۱۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 3, Fall. 2013, p. 515-523

کارائی شاخص های پایداری برای گزینش ژنوتیپ های متحمل گندم نان به تنش رطوبتی پایان فصل

احمد نادری[1*]- منوچهر دستفال[2]- شیرعلی کوهکن[3]- حسین فرزادی[4]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۹/۲۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱/۲۴

چکیده

در کشورهایی نظیر ایران که در آینده با چالش آب مواجه خواهند شد و تولید مواد غذایی به میزان آب قابل دسترس و پایداری منابع آب بستگی دارد، معرفی ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی از مهمترین راهکارهای سازگاری با این شرایط می باشد. به منظور مطالعه سازگاری و ارزیابی تحمل به تنش رطوبتی آخر فصل، تعداد۱۵ لاین امید بخش گندم نان همراه با رقم چمران به عنوان شاهد، این تحقیق در دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در چهار ایستگاه تحقیقاتی اقلیم گرم جنوب شامل اهواز، دزفول، زابل و داراب و در هرایستگاه در دو آزمایش جداگانه (۱:آبیاری کامل بدون تنش خشکی آخر فصل و۲: عدم آبیاری در مرحله پر شدن دانه به منظور اعمال تنش خشکی آخر فصل)، هر یک در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء شد. داده های مربوط به عملکرد دانه تجزیه واریانس شد و عکس العمل ژنوتیپ های مورد بررسی با استفاده از شاخص های تحمل و حساسیت بر اساس عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت بین ایستگاه ها، سال ها، ژنوتیپ ها و اثرات دوگانه و سه گانه منابع تغییر در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بودند. میانگین کل عملکرد دانه در سال اول ۴۳۰۰ کیلوگرم درهکتار برآورد شد در حالیکه میانگین کل عملکرد در سال دوم با اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ نسبت به سال اول، به ۵۶۹۲ کیلو گرم در هکتار رسید. میانگین عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۵۸۴۰ و ۴۵۹۱ کیلوگرم در هکتار بود. همبستگی بین شاخص های MP، GMP STI و K_1STI بصورت دو به دو مثبت و معنی دار بودند. همبستگی شیب تغییرات عملکرد دانه به عنوان تابعی از درجه سختی تنش رطوبتی(b) با عملکرد دانه در شرایط تنش مثبت و باشاخص های SSI، TOL و K_2STI منفی ومعنی دار بود. در تجزیه رگرسیون به روش گام به گام، شاخص نسبت عملکرد دانه ژنوتیپ ها نسبت به میانگین کل ژنوتیپ ها(YIR)، مهمترین مولفه در مدل عملکرد دانه در هر یک از شرایط محیطی انجام این تحقیق بود. با توجه به ارزیابی ژنوتیپ ها بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش، سه لاین شماره ۲، ۱۴ و ۱۵ بعنوان ژنوتیپ های پرپتانسیل متحمل به تنش رطوبتی پایان فصل انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: لاین های امید بخش، سازگاری ، سختی تنش

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت و نیاز به محصولات کشاورزی و دامی و محدودیت منابع آب، مسئله کم آبی را به گونه‌ای جدی در جهان و از جمله کشور ایران مورد توجه قرار داده است. در آینده چالش اصلی توسعه کشورها از جمله کشور ایران مسئله آب خواهد بود و تولید مواد غذایی به میزان آب قابل دسترس و پایداری منابع آب بستگی دارد.

تحمل به خشکی عبارت از مقایسه عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط خشکی با عملکرد آنها در شرایط رطوبتی مطلوب است. فیشر و مائورر (۶) بیان داشتند که ژنوتیپ هائی با سازگاری بیشتر باید از حساسیت کمتر به شرایط نا مساعد محیطی و سازگاری عمومی مناسب درشرایط متنوع محیطی برخوردار باشند.

نادری و همکاران (۲) گزارش دادند در شرایط تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه، دوام سرعت پرشدن دانه، یک صفت فیزیولوژیکی موثر در افزایش کارائی توزیع ماده خشک به سمت دانه، بود. در اهواز بررسی تنش خشکی آخر فصل روی ژنوتیپ های گندم نشان داد که کاهش عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: ah_naderi36@yahoo.com
۲- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
۳- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان
۴- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، دزفول

در مقایسه با آبیاری کامل معنی دار بود (۱). جمال و همکاران (۸) در یک تحقیق اثر تنش خشکی را در مرحله طویل شدن ساقه ها، پنجه زدن، آبستنی و گرده افشانی بر عملکرد سه رقم گندم بررسی کرده و مشاهده نمودند که کاهش معنی دار در عملکرد دانه در تمام تیمارها وجود داشت و کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی در مرحله گرده افشانی، بیشتر بود.

رین و همکاران (۱۳) شش رقم گندم متفاوت را از نظر تحمل تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که تنش رطوبت در مرحله قبل از گرده افشانی برای اکثر ارقام تأثیر معکوس بر عملکرد دانه ساقه اصلی گذاشت، آنها کاهش عملکرد در اثر تنش را ناشی از کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه دانستند. در یک مطالعه در شرایط تنش خشکی دو صفت تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به عنوان مهمترین صفات موثر در عملکرد دانه ارزیابی شدند و بالاترین اثر مستقیم در عملکرد دانه به صفت تعداد دانه در سنبله تعلق داشت (۹).

شاخص های مختلفی برای ارزیابی عکس العمل و پایداری عملکرد در گیاهان زراعی ارائه شده است. ابرهارت و راسل (۴) شیب تغییرات عملکرد دانه به عنوان تابعی از تغییرات محیط های مختلف را به عنوان معیار پایداری عملکرد معرفی نموده و گزارش دادند که علاوه بر میانگین عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط مختلف، ژنوتیپ‌های پایدار باید بر اساس تغییرات کمتر عملکرد دانه نسبت به تغییرات شرایط محیطی انتخاب شوند. فیشر ومائورر (۶) شاخص حساسیت به تنش [1] (SSI) که معیاری از نسبت تغییرات عملکرد دانه یک ژنوتیپ در شرایط تنش دار نسبت به شرایط مطلوب است، را برای ارزیابی میزان حساسیت و تحمل معرفی نمودند. روزیل

و هامبلین (۱۴) شاخص های میانگین تولید[2](MP) وتحمل[3] (TOL) را برای ارزیابی عکس العمل گیاهان زراعی ارائه کرده و بیان داشتند که ژنوتیپ هائی با MP بالا و TOLکم از پایداری تولید بالاتری در شرایط تنش برخوردارند، در شاخص های معرفی شده توسط این محققین مقدار TOL براساس تفاوت میانگین عملکرد در شرایط مطلوب و تنش دار محاسبه می شود. فرناندز (۵) نیز با ارزیابی کارائی شاخص های ارائه شده توسط فیشر و مائورر (۶) از یک سو و روزیل و هامبلین (۱۴) از سوی دیگر، شاخص تحمل به تنش [4](STI) را معرفی نمود. نادری و همکاران (۳) شاخص تحمل به تنش تغییر شکل یافته[5](MSTI) را ارائه کردند.

استفاده از هریک از این شاخص ها به عنوان معیاری برای ارزیابی عکس العمل گیاهان زراعی با نقاط قوت و ضعف مرتبط با روش محاسبه یا درگیر شدن یک شاخص با معیارهای دیگر بستگی دارد، بطور مثال در شاخص معرفی شده توسط فیشر و مائورر (۶) ممکن است ژنوتیپ هائی به عنوان ژنوتیپ های متحمل ارزیابی شوند که از نظر پتانسیل عملکرد مناسب نبوده و فقط به دلیل تغییرات کم عملکرد آنها در شرایط تنش دار نسبت به شرایط مطلوب دارای SSI کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ ها باشند، در حالیکه شاخص پایداری عملکرد دانه پیشنهادی توسط ابرهارت و راسل (۴) از این قابلیت برخودار است که عملکرد ژنوتیپ ها را نه بر اساس دو محیط مطلوب و تنش دار، بلکه براساس دامنه ای از محیط های مختلف ارزیابی می نماید، اما به دلیل ضرورت استفاده از معیارهای دیگری نظیر میانگین عملکرد، میزان انحراف معیار و ضریب تشخیص، ممکن است باعث نوعی سردرگمی در انتخاب ژنوتیپ ها شود. به نظر می‌رسد برای ارزیابی دقیق عکس العمل گیاهان زراعی از جمله گندم استفاده از دو و یا حتی بیشتر از این شاخص ها امکان دسته بندی ژنوتیپ ها برای شرایط محیطی مختلف را میسر سازد. طالبی و همکاران (۱۶) سه شاخص STI ، میانگین هندسی[6](GMP) وMP را به عنوان شاخص هائی با بیشترین کارائی برای ارزیابی ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش معرفی کردند. گلابادی و همکاران (۷) از یک سو و سی و سه مرده و همکاران (۱۵) از سوی دیگر نیز سه شاخص STI، GMP وMP را برای گزینش ژنوتیپ های گندم در شرایط کمبود آب مطلوب ارزیابی نمودند. نوری و همکاران(۱۲) گزارش دادند که عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم مورد بررسی آنها در شرایط بدون محدودیت آب با عملکرد دانه در شرایط دیم و سه شاخص STI، GMPوMP همبستگی مثبت و معنی دار داشتند.

گندم آبی در منطقه گرم جنوب کشور عمدتا با خشکی آخر فصل روبرو است، موفقیت برای دست یابی به ژنوتیپ های سازگار به شرایط محیطی تنش دار مستلزم مقایسه مواد ژنتیکی و معرفی ژنوتیپ های برتر می‌باشد، با دست یابی به این ژنوتیپ ها امکان مطالعه جامع تر برای شناخت صفات فیزیولوژیکی مرتبط با ساز و کارهای سازگاری میسر خواهد شد. هدف از اجرای این تحقیق شناسایی و تعیین لاین های متحمل به خشکی و پر محصول از نظر عملکرد دانه برای معرفی در شرایط اقلیم گرم جنوب و تعیین شاخص یا شاخص های کاراتر برای ارزیابی عکس العمل ژنوتیپ هابه شرایط تنش می‌باشد .

مواد و روش ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه‌های اهواز، دزفول، داراب و زابل انجام شد. درهر ایستگاه دو

1 - Stress susceptibility index
2 - Mean productivity
3 - Tolerance
4 - Stress tolerance index
5 - Modified stress tolerance index
6 - Geometric mean productivity

آزمایش مجزا شامل ۱-آبیاری کامل تا مرحله دانه بندی، و۲- تنش خشکی پایان فصل از طریق عدم انجام آبیاری ها در مرحله رشد دانه، هریک در قالب یک طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجراء گردید. آبیاری دراهواز به روش کرتی و در بقیه ایستگاه ها بصورت جوی پشته، بوسیله سیستم پمپاژ و کنتور و یا پارشال فلوم انجام شد. هر ژنوتیپ در شش خط سه متری با فاصله بین خطوط ۲۰ سانتیمتر بر مبنای ۴۰۰ بذر در متر مربع و براساس وزن هزار دانه و سطح هر کرت کشت گردید. میزان کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک در هر ایستگاه تعیین شد. تمامی کودهای فسفره و پتاسه و۴۰ درصدکود نیتروژنه قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید و ۴۰ و۲۰ درصد مابقی نیتروژن به ترتیب در دو مرحله طویل شدن ساقه[1] و ظهور نیمی ازسنبله های هر کرت[2] مصرف شد. برای مبارزه با علف های هرز پهن برگ و باریک برگ به ترتیب از علف کش های گرانستار (۲۰ گرم در هکتار) و تاپیک (یک لیتر در هکتار) استفاده شد. سایر عملیات زراعی از قبیل آبیاری تا مرحله گرده افشانی و مراقبت های دیگر بطور یکنواخت اجراء شد. در زمان رسیدگی کامل پس از حذف دو خط از طرفین و نیم متر از بالا و پایین هر کرت، برداشت محصول هر کرت انجام گردید. پس از برآورد در صد رطوبت محصول دانه هر کرت از طریق یک نمونه تصادفی، عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۲ درصد تعیین شد. تجزیه واریانس مرکب داده ها در هر یک از شرایط محیطی و بر اساس داده های هر دو شرایط انجام گردید.

برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه از معیارهای پیشنهادی ابرهارت و راسل (۴) ضریب خط رگرسیون (bi) و انحراف از خط رگرسیون (S^2di) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$b_i = -x\Sigma (X_{iji0})(X_{.j} - X_{..}) / \Sigma(X_{.j} - X_{..})^2$$

$$S^2d_i = [\Sigma (X_{ij} - X_{i})^2 - b_i^2 \Sigma(X_{.j} - X_{..})^2$$

در روابط مذکور S^2di واریانس ژنوتیپ iام، X_{ij} عملکرد ژنوتیپiام در محیط jام، X_i میانگین ژنوتیپ iام در کلیه محیط ها، $X_{.j}$ میانگین محیط jام برای‌کلیه‌ژنوتیپ ها، $X_{..}$ میانگین‌کل‌ژنوتیپ ها در کلیه محیط ها، bi ضریب رگرسیون ژنوتیپ iام، Ij شاخص محیطی محیط jام و S^2di میزان انحراف از خط رگرسیون ژنوتیپ iام در محیط jام می باشد. در روش غیرپارامتری برای عملکرد دانه، میانگین رتبه عملکرد (R) هر ژنوتیپ از محاسبه میانگین رنکینگ عملکرد دانه هر ژنوتیپ در ایستگاه های مختلف، انحراف معیار رتبه (SDR) هر ژنوتیپ بر اساس انحراف معیار رتبه هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه آن ژنوتیپ هاو نسبت عملکرد دانه هر ژنوتیپ به میانگین عملکرد کل ژنوتیپ ها (YIR) محاسبه شد.

شدت تنش[3] (SI)، شاخص های حساسیت (SSI)، تحمل تنش (STI) و تحمل تنش تغییر یافته (MSTI) ژنوتیپ ها با استفاده از روابط زیر تعیین و محاسبه شد:

$$SSI = (1-(Y_{str.i}/Y_{opt.i})) / SI$$

$$SI = 1- (Y_{str.} /Y_{opt.})$$

$$STI= (Y_{str.i}\times Y_{opt.i})/(Y_{opt.})^2$$

$$K_1\ STI= STI\times(Y_{opt.i}/ Y_{opt.})$$

$$K_2\ STI= STI\times(Y_{str.i} / Y_{str.})$$

در روابط مذکور $Y_{opt.i}$ عملکرد ژنوتیپi ام در شرایط بدون تنش ، $Y_{str.i}$ عملکرد ژنوتیپ i ام در شرایط تنش، $Y_{opt.}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط بدون تنش و. $Y_{str.}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط تنش می باشد. تجزیه مرکب داده های مربوط به عملکرد دانه به روش امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد و مقایسه واریانس منابع تغییر با واریانس خطا با آزمون آماری F صورت گرفت. برای تجزیه های آماری از نرم افزار SAS استفاده شد. شجره ژنوتیپ های مورد بررسی در جدول یک نشان داده شده است.

نتایج و بحث

نتایج آزمون آماری F برای مقایسه واریانس منابع تغییر با واریانس خطا در تجزیه مرکب داده های مربوط به عملکرد دانه در جدول دو نشان داده شده است. تفاوت بین ایستگاه ها، سال ها، ژنوتیپ ها و اثرات دوگانه و سه گانه برخی منابع تنوع در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بودند (جدول۲).

میانگین عملکرد دانه و شاخص های غیرپارامتریک در شرایط بدون محدودیت آب و تنش خشکی پایان فصل به ترتیب در جداول سه وچهار نشان داده شده است. میانگین عملکرد دانه در ایستگاه داراب نسبت به سایر ایستگاه ها بالاتر بود، بیشتر بودن عملکرد دانه ژنوتیپ های مورد بررسی در ایستگاه داراب را می توان به بالاتر بودن پتانسیل محیطی این ایستگاه بدلیل دمای مطلوب تر در طول دوره رشد و میزان بارندگی بیشتر در طول فصل زراعی از کاشت تا گرده افشانی در مقایسه با سایر ایستگاه ها مرتبط دانست (آمار هواشناسی ایستگاه ها ارائه نشده است). میانگین عملکرد دانه رقم چمران به عنوان شاهد در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی پایان فصل به ترتیب ۵۷۰۱ و ۴۴۳۷ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین کل عملکرد دانه در شرایط مطلوب ۵۸۴۰ کیلوگرم در هکتار بود، عملکرد دانه در اثر تنش خشکی پایان فصل با میانگین ۴۵۹۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط بدون محدودیت آب کاهش یافت. بالاترین عملکرد دانه به میزان ۶۷۵۴ کیلوگرم در هکتار به لاین شماره دو تعلق داشت، لاین مذکور دارای بهترین رتبه بود، نسبت عملکرد این لاین نسبت به شاهد ۱۱۴ درصد و انحراف معیار عملکرد دانه آن در مقایسه با سایر ژنوتیپ های مورد بررسی نیز در حد قابل قبول بود.

۱و۲- به ترتیب مراحل رشد Z=۳۳ وZ=۵۵براساس معیار رشد زادکس و همکاران(۱۷)

3 - Stress intensity

جدول ۱ - شجره ژنوتیپ های مورد بررسی

شماره	شجره
۱	CHAMRAN
۲	S-78-11(Bow"s"/Cm 34798/3/snb...)
۳	ATTILA50Y//ATTILA/BCN
۴	F60314.76/MRL//CNO79/3/KA/NAC/4/STAR
۵	STAR*3/LOTUS_5
۶	ATTILA*2/STAR
۷	PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ
۸	INIA/90ZHONG87
۹	Shuha-7/4/Van"S"/3/Cndr"S"/Ana//Cndr"S"Mus"S"
۱۰	Petheenr.2123/Bolani
۱۱	CROC-1/AE.SQUARROSA(205) //KAUZ/3/SASIA
۱۲	Snb"s"//Emu"s"/Tjb84-1543/3/Azadi
۱۳	1-66-54//Avd/Coc/3/Mgn1/4/Tjn
۱۴	Chenab/2/Attila/Bcn
۱۵	Chenab/2/Attila/Bcn
۱۶	Chen/E\Aegilops Squarrosa(Taus)//Bcn/3/Vee#7..

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب داده های مربوط به عملکرد دانه

منابع تنوع	درجه آزادی	نتیجه آزمون آماری Fبرای مقایسه واریانس منابع تنوع با خطا
سال	۱	292132872**
ایستگاه(سال)	۶	279663786**
خطا: تکرار(ایستگاه× سال)	۱۶	470560
محیط	۱	383721278**
محیط× سال	۱	86249387**
خطا: ایستگاه × محیط (سال)	۶	17159837
ژنوتیپ	۱۵	2011382**
ژنوتیپ× سال	۱۵	2490848**
ژنوتیپ× ایستگاه(سال)	۹۰	3859479**
ژنوتیپ× محیط	۱۵	450570 ns
ژنوتیپ× سال× محیط	۱۵	462593ns
ژنوتیپ× محیط× ایستگاه(سال)	۹۰	752202**
خطا	۴۹۶	497279
ضریب تغییرات(درصد)		۱۴

**- معنی دار در سطح احتمال خطای ۱٪ وns : معنی دار نیست.

در شرایط تنش خشکی پایان فصل بالاترین عملکرد دانه به میزان ۴۷۰۸ کیلوگرم در هکتار به لاین شماره دو تعلق داشت، رتبه و نسبت عملکرد این لاین نسبت به شاهد به ترتیب ۴/۵ و ۱۱۳ درصد بود. اگرچه در شرایط تنش خشکی پایان فصل بهترین رتبه عملکرد به این لاین تعلق داشت، اما انحراف معیار عملکرد دانه آن در مقایسه با سایر ژنوتیپ های مورد بررسی نسبتا بالا بود، بالا بودن انحراف معیار عملکرد ذر شرایط مذکور را می توان به کاهش شدیدتر عملکرد دانه آن در دو ایستگاه داراب و زابل در مقایسه با دو ایستگاه اهواز و

دزفول نسبت داد. فیشر و مائورر (۶) بیان داشتند که ژنوتیپ هـایی بـا حساسیت کمتر نسبت به شرایط نا مساعد محیطی، از پایداری عملکرد بیشتری در شرایط متنوع محیطی برخوردارند. نتـایج ایـن تحقیـق در خصوص کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در اثر تنش خشـکی پایان فصل با یافته های رادمهر و همکاران (۱) از یک سو و جمـال و همکاران (۸) ازسوی دیگر مطابقت داشت.

جدول۳- عملکرد دانه، رتبه، انحراف معیار و درصد عملکرد ژنوتیپ ها در ایستگاه های مختلف در شرایط آبیاری کامل

شماره لاین	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ایستگاه ها				میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	R	SDR	YIR %
	دزفول	داراب	زابل	اهواز				
1- رقم چمران	5675	6956	5400	4770	5701	10/0	5/5	96
2	6238	8189	6540	6050	6754	1/2	0/5	114
3	4869	7297	5768	5010	5736	1/5	4/2	97
4	5191	7408	6185	5010	5949	8/5	4/6	100
5	5211	7938	5840	4770	5939	7/7	5/5	100
6	5919	7720	5300	5600	6136	6/0	3/7	104
7	5454	7913	5491	4680	5884	8/2	4/7	99
8	5224	6961	5209	4710	5526	13/5	1/7	93
9	5574	7099	5219	5700	5899	9/2	4/4	100
10	5665	7385	5607	5950	6152	5/7	3/9	104
11	5375	7165	5783	5370	5924	8/2	3/8	100
12	5140	7586	5425	4840	5749	10/2	2/9	97
13	4647	7673	5138	4490	5488	13/2	4/9	93
14	5665	7649	5386	5910	6153	6/2	3/0	104
15	5290	8295	5218	5730	6132	7/0	5/5	104
16	5411	7579	4122	5200	5577	10/2	3/9	94

جدول٤- عملکرد دانه، رتبه، انحراف معیار و درصد عملکرد ژنوتیپ ها در ایستگاه های مختلف در شرایط تنش رطوبتی پایان فصل

شماره لاین	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ایستگاه ها				میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	R	SDR	YIR %
	دزفول	داراب	زابل	اهواز				
1- رقم چمران	5367	4581	3632	4170	4437	5/7	2/6	107
2	5382	4307	3861	5280	4708	4/5	6/3	113
3	4412	4278	3849	5120	4415	8/5	6/9	106
4	4657	4926	3324	3560	4117	8/5	5/4	99
5	4853	4377	3160	2550	3735	12/5	4/0	90
6	4967	4721	3671	2950	4077	7/2	3/2	98
7	4577	4658	3326	2800	3840	11/2	2/9	93
8	4757	4729	3316	2610	3853	10/7	4/3	93
9	4793	4819	3832	3020	4116	6/7	3/9	99
10	5281	4457	4028	2290	4014	7/7	7/0	97
11	4721	4372	3801	3460	4088	9/5	3/4	98
12	4301	4043	3395	3130	3717	12/7	3/2	90
13	3998	4793	3201	3710	3925	10/5	5/9	95
14	4943	4542	3521	5040	4512	6/7	2/2	109
15	5063	4529	3509	5050	4538	5/6	3/5	109
16	4795	4913	3392	4430	4383	6/5	3/9	106

YIRو R،SDR : ترتیب علائم اختصاری رتبه، انحراف معیار عملکرد و درصد میانگین کل عملکرد دانه هر ژنوتیپ نسبت به میانگین شاهدمی باشند.

جدول ۵- مقادیر عددی شاخص های ارزیابی کننده عکس العمل ژنوتیپ ها به شرایط تنش رطوبتی پایان فصل

شماره لاین	Y*opt*	Y*str*	STI	SSI	MP	TOL	GMP	b	K_1STI	K_2STI
1- رقم چمران	۵۷۰۱	۴۴۳۷	0/72	0/74	5069	1264	5029	−5/9	0/67	0/63
2	۶۷۵۴	۴۷۰۸	0/91	1/02	5731	2046	5639	−7/5	1/18	0/71
3	۵۷۳۶	۴۴۱۵	0/72	0/77	5076	1321	5032	−5/5	0/68	0/64
4	۵۹۴۹	۴۱۱۷	0/70	1/03	5033	1832	4949	−7/7	0/71	0/71
5	۵۹۳۹	۳۷۳۵	0/63	1/25	4837	2204	4710	−9/7	0/64	0/78
6	۶۱۳۶	۴۰۷۷	0/71	1/13	5107	2059	5002	−8/4	0/77	0/74
7	۵۸۸۴	۳۸۴۰	0/64	1/17	4862	2044	4753	−9/2	0/64	0/76
8	۵۵۲۶	۳۸۵۳	0/61	1/02	4690	1673	4614	−7/5	0/53	0/71
9	۵۸۹۹	۴۱۱۶	0/69	1/01	5008	1783	4928	−۷/۰	0/69	0/71
10	۶۱۵۲	۴۰۱۴	0/70	1/17	5083	2138	4969	−8/2	0/76	0/76
11	۵۹۲۴	۴۰۸۸	0/69	1/04	5006	1836	4921	−۷/۰	0/69	0/71
12	۵۷۴۹	۳۷۱۷	0/61	1/19	4733	2032	4623	−8/4	0/58	0/76
13	۵۴۸۸	۳۹۲۵	0/61	0/96	4707	1563	4641	−7/7	0/53	0/69
14	۶۱۵۳	۴۵۱۲	0/79	0/89	5333	1641	5269	−6/6	0/86	0/67
15	۶۱۳۲	۴۵۳۸	0/79	0/87	5335	1594	5275	−7/5	0/85	0/67
16	۵۵۷۷	۴۳۸۳	0/70	0/72	4980	1194	4944	−6/5	0/62	0/63

Yopt،Ystr،STI،SSI،GMP،TOL،MP،K_1STI،K_2STI،K_2STI و b: به ترتیب عملکرد در شرایط آبیاری کامل، عملکرد در شرایط تنش خشکی پایان فصل، شاخص تحمل به تنش، شاخص حسلسیت به تنش، میانگین هندسی عملکرد، تفاوت عملکرد در دو شرایط، میانگین حسابی عملکرد، شاخص تحمل به تنش برای محیط های با احتمال تنش کم ، شاخص تحمل به تنش برای محیط های با احتمال تنش زیاد و ضریب خط رگرسیون عملکرد در مقابل سختی محیط.

میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ ها در هریک از شرایط محیطی انجام این تحقیق و شاخص های تحمل و حساسیت آنها نسبت به تنش رطوبتی پایان فصل در جدول پنج نشان داده شده است.

براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، رقم چمران و لاین شماره پنج و بر اساس شاخص تحمل تنش (STI) لاین های شماره ۲ و۸ به ترتیب متحمل ترین و حساس ترین ژنوتیپ ها ارزیابی شدند. بر اساس شاخص‌های میانگین تولید (MP) و تحمل (TOL) پیشنهادی روزیل و هامبلین (۱۴) لاین شماره دو و رقم چمران به عنوان متحمل ترین ولاین های شماره ۸ و۱۰حساس ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند. کمترین و بیشترین شیب خط تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ های مورد بررسی در این تحقیق، به ترتیب به لاین های شماره ۳ و ۵ تعلق داشت که بر اساس شاخص پایداری (۱۱) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین پایداری از نظر واکنش به تنش رطوبتی پایان فصل ارزیابی شدند. با توجه به شاخص تحمل تنش تغییر شکل یافته (MSTI) لاین شماره دو برای شرایط محیطی قابل توصیه است که در آن احتمال بروز تنش رطوبتی پایان فصل کم باشد، در حالیکه در مناطقی که احتمال بروز تنش خشکی انتهائی زیاد باشد، بر اساس شاخص مذکور لاین شماره پنج از مزیت بیشتری برخوردار است.

استفاده از هریک از این شاخص ها به عنوان معیاری برای ارزیابی عکس العمل گیاهان زراعی با نقاط قوت و ضعف مرتبط با روش محاسبه یا درگیر شدن یک شاخص با معیارهای دیگر بستگی دارد، بطور مثال در شاخص معرفی شده توسط فیشر و مائورر (۶) ممکن است ژنوتیپ هائی متحمل ارزیابی شوند که از نظر پتانسیل عملکرد مناسب نبوده و فقط به دلیل تغییرات عملکرد کم آنها در شرایط تنش دار نسبت به شرایط بدون تنش SSI آنها نسبت به سایر ژنوتیپ ها کمتر باشند، در حالیکه شاخص پایداری عملکرد دانه پیشنهادی توسط ابرهارت و راسل (۴) از این قابلیت برخودار است که عملکرد ژنوتیپ ها را نه بر اساس دو محیط مطلوب و تنش دار بلکه براساس دامنه ای از محیط های مختلف ارزیابی می نماید، اما به دلیل ضرورت استفاده از معیارهای دیگری نظیر میانگین عملکرد، میزان انحراف معیار و ضریب تشخیص، استفاده از این شاخص ممکن است باعث نوعی سردرگمی در انتخاب ژنوتیپ ها شود.

یک ژنوتیپ با پایداری عملکرد دانه دارای مکانیزم های تحمل به تنش است، این مکانیزم ها به عنوان ساز و کار گیاه برای سازگاری با شرایط محیطی، از کاهش شدید عملکرد در شرایط تنش جلوگیری می کنند.

جدول۶- ماتریس ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه و شاخص های مورد استفاده

	Y*opt*	Y*str*	SSI	STI	GMP	TOL	MP	K_1STI	K_2STI	b	R*opt*	SDR *opt*	R*str*	SDR*str*	SDR*str*
Y*str*	۰/۴۷^{ns}														
SSI	۰/۲۶^{ns}	-۰/۷۳**													
STI	۰/۸۱**	۰/۹۰**	-۰/۳۵^{ns}												
GMP	۰/۸۱**	۰/۹۰**	-۰/۲۶^{ns}	۰/۹۹**											
TOL	-۰/۵۲*	-۰/۵۲*	۰/۹۶**	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۸^{ns}										
MP	۰/۸۶**	۰/۸۶**	-۰/۲۷^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۰^{ns}									
K_1STI	۰/۹۵**	۰/۷۲**	-۰/۰۵^{ns}	۰/۹۵**	۰/۹۴**	۰/۲۳^{ns}	۰/۹۷**								
K_2STI	۰/۲۶^{ns}	-۰/۷۳**	۰/۹۹**	-۰/۳۶^{ns}	-۰/۳۶^{ns}	۰/۹۵**	-۰/۲۷^{ns}	-۰/۰۵^{ns}							
b	-۰/۱۸^{ns}	۰/۶۸**	-۰/۹۰**	۰/۳۷^{ns}	۰/۳۷^{ns}	-۰/۸۴**	۰/۲۹^{ns}	۰/۰۹^{ns}	-۰/۹۱**						
R*opt*	-۰/۲۱^{ns}	-۰/۲۰^{ns}	۰/۰۶^{ns}	-۰/۱۹^{ns}	-۰/۲۳^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۲۴^{ns}	-۰/۱۵^{ns}	۰/۰۴^{ns}	-۰/۱۵^{ns}					
SDR *opt*	-۰/۳۹^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	-۰/۱۲^{ns}	-۰/۳۵^{ns}	-۰/۳۱^{ns}	-۰/۲۱^{ns}	-۰/۳۳^{ns}	-۰/۴۴^{ns}	۰-/۱۰^{ns}	-۰/۰۷^{ns}	-۰/۳۳^{ns}				
Y*IRopt*	۰/۹۹**	۰/۴۸^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۸۱**	۰/۸۱**	۰/۵۲*	۰/۸۶**	۰/۹۵**	۰/۲۵^{ns}	-۰/۱۷^{ns}	-۰/۲۳^{ns}	-۰/۳۸^{ns}			
R*str*	-۰/۵۲*	-۰/۹۰**	۰/۶۰*	-۰/۸۴**	-۰/۸۵**	۰/۴۷^{ns}	-۰/۸۱**	-۰/۶۹**	۰/۳۷^{ns}	-۰/۵۷	۰/۱۲^{ns}	۰/۱۳^{ns}	-۰/۵۲*		
SDR*str*	۰/۴۶^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}	-۰/۱۰^{ns}	-۰/۱۹^{ns}	۰/۲۴^{ns}	-۰/۰۶^{ns}	
YIR*str*	۰/۴۷^{ns}	۰/۹۹**	-۰/۲۳**	۰/۸۹**	۰/۹۰**	-۰/۵۱*	۰/۸۵**	۰/۷۱**	-۰/۲۳**	۰/۶۹**	-۰/۱۹^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	۰/۴۷^{ns}	۰/۹۰**	۰/۰۷^{ns}

*و**- معنی دار در سطح احتمال خطای۵ و۱٪ ns: معنی دار نیست.

Y*IRstr*و*SDRstr*،R*str*،Y*IRopt*،*SDRopt*،R*opt*،b،K_2STI،K_1STI،MP،TOL،GMP،SSI،STI،Y*str*، Y*opt*: به ترتیب عملکرد در شرایط آبیاری کامل، عملکرد در شرایط تنش خشکی پایان فصل، شاخص تحمل به تنش، شاخص حساسیت به تنش، میانگین هندسی عملکرد، تفاوت عملکرد در دو شرایط، میانگین حسابی عملکرد، شاخص تحمل به تنش برای محیط های کم تنش، شاخص تحمل به تنش برای محیط های با احتمال تنش زیاد، ضریب خط رگرسیون عملکرد در مقابل سختی محیط، رتبه در شرایط آبیاری کامل، انحراف رتبه در شرایط آبیاری کامل، نسبت عملکرد دانه هر ژنوتیپ نسبت به شاهد در شرایط آبیاری کامل، رتبه در شرایطشش خشکی پایان فصل ، انحراف رتبه در شرایط شرایطشش خشکی پایان فصل و نسبت عملکرد دانه هر ژنوتیپ نسبت به شاهد در شرایط شرایط تنش خشکی پایان فصل

اگرچه در حال حاضر انتخاب برای تحمل به تنش های محیطی بر اساس عملکرد دانه صورت می گیرد، شناخت ساز و کار گیاه در تطابق با شرایط محیطی نیز از اهمیت ویژه ای برای انتقال این ساز و کارها به ژنوتیپ های پرمحصول برخوردار است. به نظر می رسد برای ارزیابی دقیق عکس العمل گیاهان زراعی از جمله گندم استفاده از دو و یا حتی بیشتر از این شاخص ها امکان دسته بندی بهتر ژنوتیپ ها برای شرایط محیطی مختلف را میسر سازد. همبستگی عملکرد دانه در هر یک از شرایط محیطی با شاخص های ارزیابی عکس العمل ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق در جدول شش نشان داده شده است.

همبستگی های شاخص های STI، GMP، MP وK_1STI بصورت دو به دو مثبت ومعنی دار (P<1%) بودند. همبستگی شیب تغییرات عملکرد دانه به عنوان تابعی از درجه سختی تنش رطوبتی پایان فصل (b) با عملکرد دانه در شرایط تنش مثبت و با شاخص های SSI، TOL و K_2STI منفی و معنی دار (P<1%) بود. همبستگی نسبت عملکرد دانه هر ژنوتیپ به میانگین عملکرد دانه کل ژنوتیپ ها در شرایط بدون محدودیت آب ($YIR_{opt.}$) با شاخص های STI، GMP وMP مثبت و معنی دار (P<1%) بود، در حالیکه در شرایط تنش رطوبتی پایان فصل، همبستگی این شاخص ($YIR_{str.}$) با شاخص هایSTI ، GMP، MP، K_1STI وb مثبت و با SSI، TOL و K_2STI منفی و معنی دار(P<1%) بود (جدول۶). بنظر می‌رسد که یک روش اطمینان بخش برای انتخاب ژنوتیپ های سازگار با نگرشی براساس چند شاخص، دسته بندی این شاخص ها با توجه به همراستائی آنها و گزینش ژنوتیپ ها با استفاده از دو یا سه شاخص غیرهمراستا باشد. با توجه به نتایج این تحقیق، بر اساس نتایج همبستگی بین شاخص های مورد بررسی در این پژوهش، گزینش بر پایه یکی از شاخص هایSTI ، GMP، MP، K_1STI وb همراه با یکی از شاخص های STI ، GMP، MP، K_1STI ،$YIR_{opt.}$ و$YIR_{str.}$ ، منجر به انتخاب ژنوتیپ های پرمحصول از یک سو و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل از سوی دیگر خواهد شد.

در تجزیه رگرسیون چند گانه به روش گام به گام مرحله ای، مهمترین مولفه موثر در توجیه تغییرات مدل عملکرد دانه در شرایط بدون محدودیت آب ($Y_{opt.}$=۷۹/۱+۵۸/۴$YIR_{opt.}$ R^2=۰/۹۹)، و در شرایط تنش رطوبتی پایان فصل ($Y_{str.}$=-۸۲/۵+$YIR_{str.}$ R^2=۰/۹۹)، صفت شاخص نسبت عملکرد دانه هرژنوتیپ نسبت به میانگین عملکرد دانه کل ژنوتیپ‌ها در هر یک از شرایط محیطی انجام این تحقیق بود. طالبی و همکاران (۱۶) سه شاخص STI ، GMP و MP را به عنوان شاخص هائی با بیشترین کارائی برای ارزیابی ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش معرفی کردند. نتایج این تحقیق با یافته های نوری و همکاران (۱۲) که همبستگی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون محدودیت آب را با عملکرد دانه در شرایط محدودیت آب مثبت و معنی گزارش دادند، مغایرت داشت. از علل مغایرت نتایج این تحقیق با یافته های نوری و همکاران (۱۲)، می‌توان به تفاوت شرایط کمبود آب و همچنین تنوع در ژنوتیپ های مورد بررسی اشاره نمود.

نجفیان (۱۱) بیان داشت که ارزیابی ژنوتیپ های گندم بر اساس هر دو شاخصSTI وSSI از انتخاب بر پایه فقط یکی از این شاخص‌ها برتری دارد. باتوجه با نتایج این تحقیق و بررسی برخی مطالعات انجام شده بنظر می رسد که برای استفاده از شاخص های ارزیابی کننده تحمل به تنش های محیطی نمی توان یک دستورالعمل یکسان توصیه نمود، یک روش کوتاه و در عین حال موثر این است که ابتدا رابطه و همراستائی شاخص ها به ترتیب در همبستگی های ساده و رگرسیون چند متغیره بررسی شوند و ژنوتیپ ها بر اساس شاخصی که دارای همبستگی و همراستائی با تعداد بیشتری از شاخص ها است، مورد ارزیابی و گزینش قرار گیرند. در چنین شرایطی در انتخاب بر اساس شاخص مذکور، شاخص های همراستا با شاخص مذکور نیز مورد توجه قرار گرفته اند.

شناخت ساز و کار پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ های پر محصول در شرایط دشوار محیطی از جمله تنش رطوبتی پایان فصل و استفاده از صفات فیزیولوژیکی درگیر با این ساز و کارها برای انتقال به ژنوتیپ های پرمحصول در برنامه های به نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اولین گام برای شناخت این صفات، انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و سازگار با پتانسیل عملکرد دانه بالا در شرایط مذکور است. انتخاب بر اساس چند شاخص یا معیار تحمل، از این مزیت برخودار است که مواد ژنتیکی نه فقط بر پایه یک نگرش یک جانبه، بلکه بر اساس نگرشی چند جانبه مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند، اما در این روش ممکن است نتایج ارزیابی ها بر یکدیگر منطبق نشود. با توجه به نتایج این تحقیق سه لاین شماره ۲ ، ۱۴ و۱۵ با شاخص های تحمل بالا و پایداری عملکرد مطلوب، برای شناخت صفات فیزیولوژیکی مطلوب و ارزیابی های بیشتر جهت معرفی برای کشت در شرایط تنش خشکی پایان فصل در اقلیم گرم جنوب کشور انتخاب شدند.

منابع

۱- رادمهر، م. و غ. لطفعلی آینه. ۱۳۸۱. ارزیابی تحمل لاین ها و ارقام گندم نسبت به تنش گرما و خشکی آخر فصل. گزارش نهایی شماره ۸۱/۲۵۴

. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان.
۲- نادری، ا.، ع. رضائی، ا. هاشمی دزفولی، ق، نورمحمدی، وا. مجیدی هروان. ۱۳۷۹. تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم بهاره از نظر انباشت ماده خشک و نیتروژن در دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی.II: عملکرد پروتئین و صفات وابسته به آن. مجله علوم زراعی ایران. جلد دوم، شماره۳. ص: ۱۱-۱.
۳- نادری، ا.، ا. مجیدی هروان، ا. هاشمی دزفولی، ع. رضائی، و ق. نورمحمدی. ۱۳۷۸. تحلیل کارائی شاخص های ارزیابی کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. مجله نهال و بذر. جلد ۱۵. شماره ۴. ص: ۴۰۲-۳۹۰.
4- Eberhat, S. A., and W. A. Rassel. 1966. Stability parameters for comparing varities. Crop Sci. 6: 36-40.
5- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance.P:257-270 In: Proceeding of international symposium on adaptation of vegetables and other crop in temperature and water stress. Taiwan. 13-18Aguest.
6- Fischer, R. A. and R. Maurer. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivar .I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.
7- Golabadi, M., A. Arzani, and S. Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. Afr J Agric Res 5: 162- 171.
8- Jamal, M., M. S. Nazir, S. H. Shah, and N. Ahmad. 1996. Virtual response of wheat to water stress at different growth stages. Newsletter.15 (1-2): 38-45.
9- Leilah, A. A and S. A. AL-Khatee. 2005. Statistical analysis of wheat yieldunder drought conditions. J. Avid Environ. 61: 483-496.
10- Levitt, J. 1980. Responses of plant to environmental stress. Ed. Vol, 21, water, radiation, salt & other stress. Academic press. New York.
11- Najafian, G. 2009. Drought tolerance indices, their relationship parameter of application in wheat breeding program. Middle Eastern and Russian J. of Plant Science and Biotechnology.3: 25-34.
12- Nouri, A., A. Etminan, A. Jaime, T. Da. Silva, and R. Mohammadi.2011. Assessment of yield, yield- related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (*Tritium turjidum* var. durum Desf.). Australian J. of Crop Sic. 5 (1): 8-16.
13- Rain, J., M. Moheshwari, and S. Nagaranjan. 2001. Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of wheat. Plant Physiol. 6 (1):53-60.
14- Rossillle, A. A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 943-946.
15- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Res . 98: 222-229.
16- Talebi, R., F. Fayazi, and A. M. Naji. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat. General and Applied Plant Physiology. 35 (1-2): 64-74.
17- Zadoks, J. C., T. T. Chang, and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals.Weed Res. 14: 415-421.