

ارزیابی تحمل به ماندابی ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) در مرحله ساقه رفتن بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش ماندابی

مژگان سلطان زاده شوشتری*^۱، شهرام لک^۲، ایرج لک زاده^۳ و معصومه گوهری^۴

*^۱- نویسنده مسؤول: دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان (soltanzadeh_agri@yahoo.com)

^۲- استادیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

^۳- کارشناس ارشد زراعت، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

^۴- دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۴

چکیده

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به سطوح مختلف تنش ماندابی در مرحله ساقه رفتن و ارزیابی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اهواز اجرا گردید. در این بررسی ژنوتیپ‌های گندم (چمران، ویریناک، S-۷۸-۱۱ و S-۸۰-۱۸) در کرت‌های اصلی و سطوح ماندابی (شاهد، ۱۰ و ۲۰ روز) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. شش شاخص تحمل و حساسیت به تنش ماندابی (SSI، HARM، TOL، STI، GMP، MP) برای عملکرد محاسبه گردید. در شرایط شاهد، لاین ۱۸-S-۸۰ با عملکرد ۴/۹۹ تن در هکتار و در شرایط تنش ملایم و شدید لاین ۱۱-S-۷۸ با عملکرد ۳/۶۸ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد بودند. شاخص‌های STI، HARM، GMP، MP که دارای بیشترین همبستگی با عملکرد در شرایط شاهد و سطوح مختلف تنش بودند به عنوان شاخص‌های برتر معرفی شدند. این شاخص‌ها لاین‌های S-۷۸-۱۱ و S-۸۰-۱۸ را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و رقم ویریناک را به عنوان رقمی حساس به ماندابی مشخص کردند. از طرفی شاخص‌های TOL و SSI نیز لاین ۱۱-S-۷۸ را متحمل‌ترین و رقم چمران را حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش ماندابی نشان دادند.

کلید واژه‌ها: گندم، تنش ماندابی، شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

مقدمه

شدن سیلاب، طغیان رودخانه‌ها و شکستن سدهای خاکی حاشیه بخصوص در اراضی حاشیه رودخانه‌های کرخه و کارون در خوزستان بیش از ۸۰ هزار هکتار از اراضی زیر کشت گندم به شدت دچار تنش ماندابی شدند. اغلب یک دوره طولانی بارندگی یا آبیاری بیش از حد همراه با زهکشی ضعیف خاک، باعث غرقاب شدن خاک می‌شود. چنانچه خاک به مدت طولانی اشباع از آب باشد، اکسیژن موجود در آن از دسترس ریشه خارج خواهد شد. تحت این شرایط رشد ریشه‌ها متوقف شده و

همه ساله بخش قابل توجهی از سطح زیر کشت محصولات مختلف از جمله گندم در کشور به دلیل بروز تنش‌های محیطی دچار خسارت می‌شود. یکی از این تنش‌ها که خسارات قابل توجهی به اراضی تحت کشت گندم کشور و از جمله استان خوزستان وارد می‌نماید، تنش ماندابی است. مطابق گزارش‌های اعلام شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ به دلیل بارندگی‌های زیاد در یک دوره کوتاه و جاری

مراحل مختلف رشد گندم رقم چمران، گزارش دادند که ماندابی باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۷ تا ۱۱ درصد گردیده است. کاندون و گیانتا^۹ (۲۰۰۳) نیز در بررسی اثرات ماندابی در ارقام گندم در منطقه جنوب استرالیا نشان دادند که عملکرد گندم تحت شرایط ماندابی کاهش می‌یابد و با کاهش تولید و بقاء پنجه‌ها، باروری پنجه‌ها کم تر و اندازه دانه‌ها نیز کاهش می‌یابد.

هوانگ^{۱۰} (۱۹۹۷) میزان تولید پارانشیم حفره‌دار^{۱۱} را یکی از شاخص‌های حساسیت و یا تحمل بیشتر ارقام گندم به ماندابی دانسته و اعتقاد داشت که در گونه‌های حساس تولید پارانشیم حفره‌دار کم تر از گونه‌های متحمل است و می‌توان تولید آثرانشیم در گندم را به عنوان یکی از مکانیسم‌های مؤثر مقاومت در برابر ماندابی دانست. هر چند که در گزارشی دیگر نشان داده شده که در دسته‌بندی میزان تحمل گیاهان زراعی نسبت به ماندابی، گندم از گیاهان نیمه متحمل می‌باشد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۳).

فیشر و مائورر^{۱۱} (۱۹۷۸) معیاری را بر اساس عملکرد و ثبات آن برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از لحاظ واکنش به تنش پیشنهاد کردند. این معیار به عنوان شاخص حساسیت به تنش^{۱۲} (SSI) مطرح شد. روزیل و هامبلین^{۱۳} (۱۹۸۱) شاخص تحمل^{۱۳} (TOL) و میانگین بهره‌وری^{۱۴} (MP) را ارائه کردند. مقادیر بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت بیش تر ژنوتیپ‌ها به تنش است و هر چه میزان این شاخص پائین تر باشد، مطلوب تر خواهد بود. به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط عادی و شرایط مانداب عملکرد یکسانی داشته باشند و یا لاقط تفاوت عملکرد آنها کم باشد، نسبت به ماندابی تحمل نسبی دارند. در مورد MP، انتخاب بر اساس مقادیر بالای MP انجام می‌شود.

در نتیجه کاهش جذب عناصر غذایی و بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (ستر و واترز^۱، ۲۰۰۳؛ بریسون و همکاران^۲، ۲۰۰۲؛ کولاکو و هاریسون^۳، ۲۰۰۲). افزایش مدت تنش ماندابی، میزان کلروفیل، سرعت آسیمیلایون CO₂ و حداکثر کارایی کوآنزیمی فتوسیستم دو، به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (پانگ و همکاران^۴، ۲۰۰۴). ماندابی علاوه بر کاهش اکسیژن موجب افزایش موادی همچون اتیلن می‌شود (اسمیت و راسل^۵، ۱۹۶۷).

وقوع تنش ماندابی در اراضی زیرکشت محصولات موجب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاهان و در برخی مواقع سبب مرگ آنها می‌گردد (دیوایس و همکاران^۶، ۲۰۰۰).

بررسی‌های انجام شده بر روی گیاهان مختلف نشان داده است که اثرات تنش غرقابی در گیاهان مختلف متفاوت بوده و این تفاوت‌ها مربوط به گونه گیاهی، سن گیاه، شرایط فیزیولوژیک و نوع خاک می‌باشد (هوانگ و ویلکینسون^۷، ۲۰۰۰). گزارش‌های زیادی وجود دارد که رقم‌های مختلف گندم دارای تحمل متفاوتی به ماندابی هستند (مسگراو و دینک^۸، ۱۹۹۸). قبادی (۱۳۸۵) در آزمایشی با هدف بررسی دوره‌های ماندابی صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ روز در سه رقم گندم (چمران، ویریناک، یاواروس) در دو مرحله رشدی گیاه (شروع پنجه زنی و شروع به ساقه رفتن) اعلام کرد که بین ارقام، مراحل شروع و مدت‌های مختلف ماندابی از نظر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. از میان اجزاء عملکرد، بیش ترین خسارت به تعداد دانه در سنبله و کم ترین به وزن دانه وارد گردید. لک زاده و همکاران (۱۳۷۹) در بررسی اثر ماندابی در

- 1- Setter & Waters
- 2- Brisson *et al.*
- 3- Collaku & Harrison
- 4- Pang *et al.*
- 5- Smith & Russell
- 6- Davies *et al.*
- 7- Huang & Wilkinson
- 8- Musgrave & Ding

9- Condon & giunta

10- Aerenchyma

11- Fisher & Maurer

12- Stress Susceptibility Index

13- Tolerance Index

14- Mean Productivity

درجه حرارت در اردیبهشت ماه بوده همچنین میزان بارندگی ۱۵۹ میلی متر بود (شکل ۱). کود پایه به کار برده شده شامل ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی بود و مابقی کود به صورت سرک در دو نوبت (نوبت اول در مرحله پنجه‌زنی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و نوبت دوم در مرحله سنبله رفتن به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره تأمین شد. این آزمایش در قالب کرت‌های یک بار خرد شده در طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش ژنوتیپ‌های گندم به عنوان تیمار اصلی با چهار سطح (چمران، ویریناک، S-۷۸-۱۱ و S-۸۰-۱۸) در کرت‌های اصلی و دوره‌های ماندابی به عنوان تیمار فرعی با سه سطح (شاهد، ۱۰ و ۲۰ روز) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. بدین ترتیب هر تکرار شامل ۱۲ واحد آزمایشی و کل آزمایش متشکل از ۳۶ واحد آزمایشی بود. هر کرت فرعی از ۶ خط کاشت، هر کدام به طول ۶ متر و به فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر تشکیل شده بود. جهت اعمال شرایط ماندابی، لبه‌های کرت‌ها را تا ارتفاع ۱۵ سانتی متر با مرزهای خاکی بالا آورده تا کرت‌ها به صورت حوضچه‌هایی مجزا در آیند، ارتفاع آب درون کرت‌ها ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. این کرت‌ها وارد تا در ارتفاع ۵ سانتی متری از سطح خاک برسند، مرتباً کرت‌های مانداب مورد بازدید قرار گرفت تا در صورت کاهش میزان آب موجود در آنها به کرت‌های مورد نظر آب افزوده شود. فاصله هر دو کرت فرعی نیز از یکدیگر یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد تا از نفوذ آب از کرت‌های غرقاب به کرت‌های مجاور جلوگیری شود. تراکم بوته ۴۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد.

فرناندز^۱ (۱۹۹۲) شاخص تحمل به تنش^۲ (STI) را معرفی کرد. مقادیر بالای این شاخص برای یک ژنوتیپ، نشان دهنده‌ی تحمل به ماندابی بالاتر و عملکرد بالقوه بیش تر آن ژنوتیپ است. فرناندز شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی^۳ (GMP) که حساسیت کم تری نسبت به عملکرد در شرایط عادی و تنش دارد و در مقایسه با MP قدرت بالاتری در تفکیک ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا دارد. شاخص‌های متعددی برای تعیین تحمل به تنش ارائه شده اند، ولی به طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می شوند، زیرا این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند و می‌توان از آنها برای تخمین پایداری عملکرد استفاده کرد (بانسال و سینها^۴، ۱۹۹۱).

این آزمایش با هدف بررسی میزان حساسیت ژنوتیپ‌های مختلف گندم به شرایط ماندابی در مرحله ساقه رفتن و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها برای کشت در مناطق دارای تنش و ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها در سطوح تنش طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۷ - ۱۳۸۶، در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. این مرکز در جنوب غربی شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا واقع شده است. خاک مزرعه دارای بافت سیلتی رسی و اسیدیته ۷/۲ بود. حداقل درجه حرارت در سال زراعی اجرای آزمایش در طول دوره کاشت تا برداشت گندم در دی ماه و حداکثر

1- Fernandez

2- Stress Tolerance Index

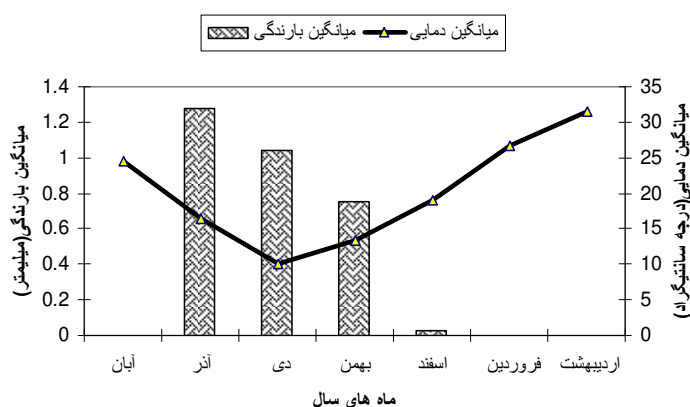
3- Geometric mean Productivity

4- Bansal & Sinha

سلطان زاده شوشتری و همکاران: ارزیابی تحمل به ماندابی ژنوتیپ های گندم...

سطح برداشت نهایی معادل یک مترمربع بود که از دو خط میانی کاشت (۳ و ۴)، هر یک به طول ۲/۵ متر تأمین گردید. پس از برداشت محصول، صفات مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد تشکیل دهنده آن مورد بررسی قرار گرفت.

برای مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ اطراف جوی‌ها و کرت‌ها به ترتیب از علف کش گرانستار به میزان ۲۵ گرم در هکتار و تاپیک به میزان یک لیتر در هکتار و برای مبارزه با علف‌های درون کرت‌ها علاوه بر وجین دستی از علفکش 2.4.D استفاده گردید.



شکل ۱- میانگین ماهانه برخی پارامترهای هواشناسی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ شهرستان اهواز

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

بافت خاک	درصد اجزاء بافت خاک			عناصر قابل جذب بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم			اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
	شن	لای	رس	پتاسیم	فسفر	ازت		
سیلتی رسی	۱۰	۴۴	۴۶	۲۶۵	۹	۰/۶۸	۷/۲	۶

عملکرد بیولوژیکی در ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) متفاوت بود. لاین ۱۱-۷۸-S با میانگین ۱۲/۸۱ تن در هکتار، بیشترین و رقم ویریناک با میانگین ۹/۶۷ تن در هکتار، کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی را دارا بودند (جدول ۳). همچنین تحت تأثیر شرایط ماندابی عملکرد بیولوژیکی به طور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) کاهش یافت و با افزایش مدت‌های ماندابی در تمامی ژنوتیپ‌ها این کاهش بیش‌تر بود، به گونه‌ای که مدت‌های ماندابی ۱۰ و ۲۰ روز به ترتیب ۱۵/۴ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳) (شکل ۲). نتایج این بررسی در ارتباط با حساسیت مرحله ساقه رفتن در گندم در مقایسه با مراحل پیشرفته‌تر نسبت به شرایط ماندابی مشابه نتایج گزارش شده توسط لک‌زاده و همکاران و ستر و همکاران می‌باشد (لک‌زاده، ۱۳۷۹؛ ستر و واترز، ۲۰۰۳). تفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و دوره‌های ماندابی برای عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). لاین‌های ۱۸-۸۰-S و ۱۱-۷۸-S به ترتیب با میانگین ۴/۰۳ و ۴/۰۲ تن در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد دانه و رقم ویریناک با میانگین ۳/۰۲ تن در هکتار دارای کمترین میزان عملکرد دانه بود (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار شاهد، دارای بیشترین میزان عملکرد دانه بود و در تیمارهای تحت تنش ماندابی عملکرد دانه نسبت به شاهد کاهش نشان داد. همچنین با افزایش مدت ماندابی، کاهش عملکرد دانه بیش‌تر شد (جدول ۲). می‌توان کاهش عملکرد دانه تحت شرایط ماندابی را عمدتاً ناشی از کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و همچنین کاهش تعداد دانه در سنبله تحت شرایط تنش دانست. نتایج آزمایش‌های لک‌زاده و همکاران کاهش ۷-۱۱ درصدی عملکرد دانه را در گندم بر اثر تنش ماندابی گزارش کردند (لک‌زاده، ۱۳۷۹). ماندابی باعث کاهش محتوی کلروفیل برگ‌ها (به خصوص برگ پرچم) می‌گردد، در نتیجه عملکرد دانه را کاهش خواهد داد (کولاکو و

شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص تحمل (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) به کمک روابط زیر محاسبه شدند:

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

$$GMP = \sqrt{Y_S \times Y_P}$$

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\bar{Y}_P)^2}$$

$$TOL = Y_P - Y_S$$

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_S}{Y_P}\right)}{1 - \left(\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}\right)}$$

$$HARM = \frac{2(Y_P \times Y_S)}{Y_P + Y_S}$$

که در آنها Y_S عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و Y_P عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط شاهد \bar{Y}_P و \bar{Y}_S به ترتیب مربوط به میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و شاهد بود. برای محاسبات آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم افزارهای SAS، MSTAT-C و EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و دوره‌های ماندابی بر صفات مورد اندازه‌گیری به ترتیب در جداول ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج،

شاخص تحمل (TOL) لاین ۱۸-۸۰-S را به عنوان ژنوتیپ متحمل و رقم چمران را به عنوان ژنوتیپ حساس به خشکی شناسایی کرد. بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) ژنوتیپ‌های ۱۱-۷۸-S و ویریناک ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش ملایم مشخص شدند (جدول ۴). مقادیر بالای شاخص‌های تحمل (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) حساسیت بیش تر به تنش ماندابی را نشان می‌دهد. بنابراین ژنوتیپ‌ها بر اساس مقدار کم TOL و SSI انتخاب می‌شوند، زیرا در این صورت ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کاهش عملکرد کم تری نسبت به شرایط عادی خواهند داشت (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱). فرناندز (۱۹۹۲) اظهار داشت که انتخاب بر مبنای این شاخص‌ها در تمایز ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا کارآیی ندارد. همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، ارقامی که مقدار کم تری از این دو شاخص را داشتند و به عبارت دیگر حساسیت کم تری به تنش نشان دادند، از نظر عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش، جزء برترین ژنوتیپ‌ها نبودند.

هاریسون، (۲۰۰۲). تنش ماندابی تفاوت معنی داری بر روی شاخص برداشت نداشت (جدول ۲). با این وجود با افزایش مدت ماندابی، درصد شاخص برداشت کاهش داشته است، هر چند که شیب این کاهش بسیار ملایم بود، به طوری که بین تنش ملایم و شدید تفاوتی در کاهش شاخص برداشت مشاهده نشد. با توجه به این که شاخص برداشت، نتیجه درصد کسر عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است، به نظر می‌رسد افت عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک با افزایش ماندابی، باعث کاهش شاخص برداشت گردیده است.

در شرایط تنش ملایم، شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HARM) که مقادیر بالای آنها نشان دهنده تحمل به تنش است، لاین های ۱۸-۸۰-S و ۱۱-۷۸-S را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش معرفی کردند. این شاخص‌ها رقم ویریناک را به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ در شرایط تنش ملایم مشخص کردند (جدول ۴) (شکل ۳).

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۰/۳۳ ^{n.s}	۰/۲۶ ^{n.s}
ژنوتیپ	۳	۲/۰۲ ^{**}	۱۵/۴۶*
خطای a	۶	۰/۴۵	۴/۳۱
دوره ماندابی	۲	۶/۷۷ ^{**}	۲۰/۹۰ ^{**}
ژنوتیپ × دوره ماندابی	۶	۰/۲۳ ^{n.s}	۱/۲۴ ^{n.s}
خطای b	۱۶	۰/۲۳	۳/۲۱
ضریب تغییرات %		۱۲/۹۴	۱۶/۱۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

n.s تفاوت معنی دار نیست

جدول ۳- مقایسه میانگین های عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ژنوتیپ های گندم و دوره های ماندابی (LSD)

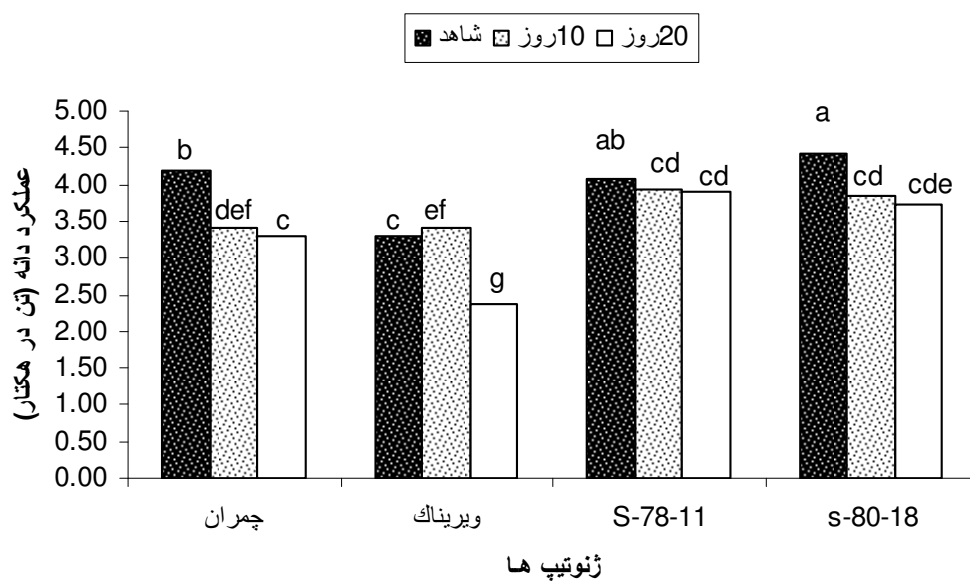
ژنوتیپ ها	دوره های ماندابی	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار)	شاخص برداشت %
چمران	بدون تنش	۴/۵ b	۱۳/۱۸ b	۳۱/۰۴ cd
	تنش ملایم	۳/۳۶ def	۱۰/۲۵ ef	۲۸/۶۲ cd
	تنش شدید	۳/۰۹ c	۱۰/۱ ef	۲۹/۸۱ cd
ویریناک	بدون تنش	۳/۹ c	۱۰/۷۹ cde	۳۳/۱۶ bc
	تنش ملایم	۳/۱۴ ef	۹/۸۵ f	۳۱/۴۳ bcd
	تنش شدید	۲/۰۳ g	۸/۳۶ g	۲۷/۷۱ b
S-۷۸-۱۱	بدون تنش	۴/۷۱ ab	۱۴/۸۷ a	۲۹/۳۵ cd
	تنش ملایم	۳/۶۸ cd	۱۱/۹۵ bc	۲۹/۰۹ cd
	تنش شدید	۳/۶۸ cd	۱۱/۶۱ cd	۳۱/۸۶ bcd
S-۸۰-۱۸	بدون تنش	۴/۹۹ a	۱۱/۴۳ cde	۳۸/۱۶ a
	تنش ملایم	۳/۵۶ cd	۱۰/۴۸ def	۳۵/۸۲ ab
	تنش شدید	۳/۵۴ cde	۱۰/۱۳ ef	۳۵/۷۱ ab

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح آماری ۵٪ دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

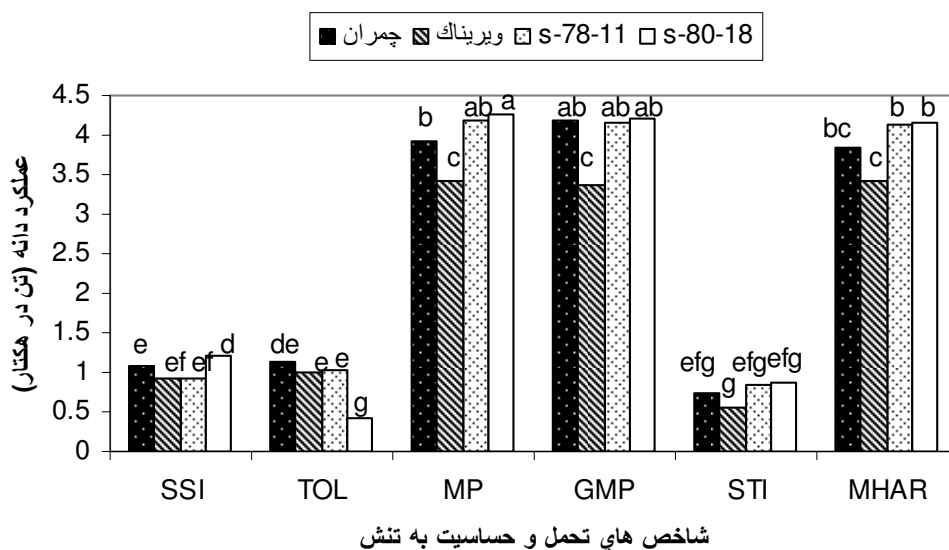
جدول ۴- مقایسه میانگین های عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت اثرات متقابل ژنوتیپ و دوره های ماندابی (LSD)

ژنوتیپ	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار)	شاخص برداشت %
چمران	۳/۶۶a	۱۰/۱۸b	۲۹/۸۳ b
ویریناک	۳/۰۲ b	۹/۶۷ b	۳۰/۷۷ b
S-۷۸-۱۱	۴/۰۲ a	۱۲/۸۱ a	۳۰/۱ b
S-۸۰-۱۸	۴/۰۳ a	۱۰/۶۸ a b	۳۶/۵۶ a
LSD در سطح ۵٪	۰/۴۸	۱/۷۸	۷/۰۳
دوره های ماندابی			
بدون تنش	۴ a	۱۲/۵۷ a	۳۲/۹۹ a
تنش ملایم	۳/۶۴ b	۱۰/۶۳ b	۳۱/۲۴ a
تنش شدید	۳/۳۳ b	۱۰/۰۵ b	۳۱/۲۷ a
LSD در سطح ۵٪	۰/۴۱	۱/۵۵	۶/۰۹

سلطان زاده شوشتری و همکاران: ارزیابی تحمل به ماندابی ژنوتیپ های گندم...



شکل ۲- مقایسه میانگین های عملکرد دانه تحت اثرات متقابل ژنوتیپ و دوره های مختلف تنش ماندابی



شکل ۳- مقایسه میانگین های ژنوتیپ های گندم بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش در شرایط تنش ملایم

عملکرد در شرایط تنش شدید نیز با شاخص های میانگین بهره‌وری ($I=0/990^{**}$)، میانگین هندسی ($I=0/995^{**}$)، میانگین هارمونیک ($I=0/994^{**}$) و شاخص تحمل به تنش ($I=0/994^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. شاخص حساسیت به تنش با شاخص میانگین هارمونیک ($I=-0/941^*$) همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. همبستگی شاخص تحمل به تنش با شاخص میانگین هارمونیک ($I=0/941^{**}$) مثبت و بسیار معنی‌دار بود (جدول ۷).

در سطوح مختلف تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری میان شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) با عملکرد مشاهده نشد و از آنجا که شاخص‌های بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی (GMP) میانگین هارمونیک (HARM) و شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط عادی و سطوح مختلف تنش نشان دادند، به عنوان شاخص‌های برتر معرفی می‌شوند. فرناندز معتقد است شاخص‌هایی که در هر دو محیط تنش و عادی همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب می‌شوند (جدول ۸).

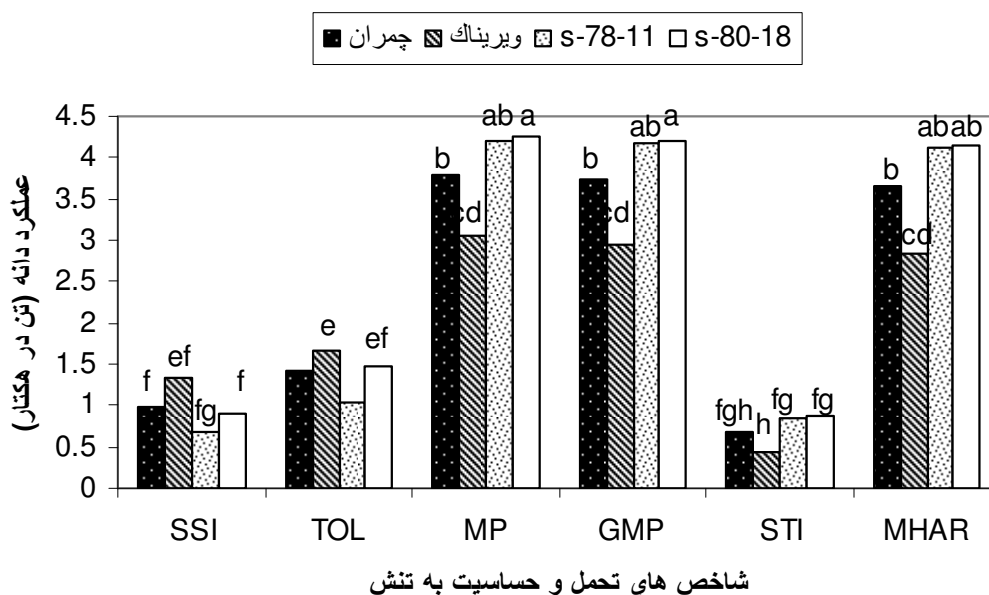
در شرایط تنش شدید، بر اساس شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI، لاین‌های S-۸۰-۱۸ و S-۷۸-۱۱ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند و از نظر شاخص‌های SSI و TOL لاین S-۷۸-۱۱ متحمل‌ترین ژنوتیپ تشخیص داده شد. هر شش شاخص مورد بررسی رقم چمران را به عنوان رقمی حساس به ماندابی معرفی کردند (جدول ۵) (شکل ۴).

عملکرد در شرایط عادی با شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HARM) و شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشت. عملکرد در شرایط تنش ملایم با شاخص‌های میانگین بهره‌وری ($I=0/972^*$)، میانگین هارمونیک ($I=0/984^*$) و شاخص تحمل به تنش ($I=0/978^*$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. شاخص میانگین بهره‌وری با شاخص تحمل به تنش ($I=0/999^{**}$) و میانگین هارمونیک ($I=0/997^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. شاخص میانگین بهره‌وری (MP) با شاخص تحمل ($I=0/482^*$) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. همبستگی شاخص تحمل به تنش (STI) با شاخص هارمونیک ($I=0/999^{**}$) مثبت و بسیار معنی‌دار بود (جدول ۶).

جدول ۵- مقادیر شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش ماندابی برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش ملایم

ژنوتیپ‌ها	Yp	Ys	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM
چمران	۴/۵	۳/۳۶	۱/۰۸	۱/۱۴	۳/۹۳	۴/۱۹	۰/۷۴	۳/۸۵
ویریناک	۳/۹	۲/۹۴	۰/۹۳	۱	۳/۴۲	۳/۳۸	۰/۵۶	۳/۴۳
S-۷۸-۱۱	۴/۷۱	۳/۶۸	۰/۹۲	۱/۰۳	۴/۱۹	۴/۱۶	۰/۸۵	۴/۱۳
S-۸۰-۱۸	۴/۹۹	۳/۵۶	۱/۲۱	۰/۴۳	۴/۲۷	۴/۲۱	۰/۸۷	۴/۱۵
میانگین	۴/۵۲	۳/۳۸	۱/۰۳	۰/۹۰	۳/۹۱	۳/۹۸	۰/۷۵	۳/۹۱

سلطان زاده شوشتری و همکاران: ارزیابی تحمل به ماندابی ژنوتیپ های گندم...



شکل ۴- مقایسه میانگین های ژنوتیپ های گندم بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش در شرایط تنش شدید

جدول ۶- مقادیر شاخص های حساسیت و تحمل به تنش ماندابی برای ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش شدید

ژنوتیپ ها	Yp	Ys	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM
چمران	۴/۵	۳/۰۹	۰/۹۹	۱/۴۱	۳/۷۹	۳/۷۳	۰/۶۸	۳/۶۶
ویریناک	۳/۹	۲/۲۳	۱/۳۴	۱/۶۷	۳/۰۶	۲/۹۵	۰/۴۳	۲/۸۳
S-۷۸-۱۱	۴/۷۱	۳/۶۸	۰/۶۹	۱/۰۳	۴/۱۹	۴/۱۶	۰/۸۵	۴/۱۳
S-۸۰-۱۸	۴/۹۹	۳/۵۴	۰/۹۱	۱/۴۷	۴/۲۶	۴/۲۰	۰/۸۶	۴/۱۴
میانگین	۴/۵۲	۳/۱۳	۰/۹۸	۱/۳۹	۳/۸۲	۳/۷۶	۰/۷۱	۳/۶۹

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص های حساسیت و تحمل به تنش ماندابی با عملکرد ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش ملایم

متغیر ها	Yp	Ys	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM
Yp								
Ys	۰/۹۲ ^{n.s}							
SSI	۰/۶۵۲ ^{n.s}	۰/۳۱۵ ^{n.s}						
TOL	-۰/۵۹۴ ^{n.s}	-۰/۳۰۴ ^{n.s}	-۰/۷۳۵ ^{n.s}					
MP	۰/۹۸۵ [*]	۰/۹۷۲ [*]	۰/۵۲۵ ^{n.s}	-۰/۴۸۲ [*]				
GMP	۰/۹۱۰ ^{n.s}	۰/۹۰۳ ^{n.s}	۰/۵۵۱ ^{n.s}	-۰/۲۴۴ ^{n.s}	۰/۹۲۷ ^{n.s}			
STI	۰/۹۸۱ [*]	۰/۹۷۸ [*]	۰/۴۹۴ ^{n.s}	-۰/۴۷۷ ^{n.s}	۰/۹۹۹ ^{**}	۰/۹۱۵ ^{n.s}		
HARM	۰/۹۷۴ [*]	۰/۹۸۴ [*]	۰/۴۶۴ ^{n.s}	-۰/۴۵۶ ^{n.s}	۰/۹۹۷ ^{**}	۰/۹۱۱ ^{n.s}	۰/۹۹۹ ^{**}	

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪، n.s تفاوت معنی دار نیست

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین شاخص های حساسیت و تحمل به تنش ماندابی با عملکرد ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش شدید

متغیرها	Yp	Ys	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM
Yp								
Ys	۰/۹۴*							
SSI	-۰/۸۳۱ ^{n.s}							
TOL	-۰/۵۵۲ ^{n.s}	-۰/۷۹۷ ^{n.s}	۰/۹۲۲ ^{n.s}					
MP	۰/۹۸۰*	۰/۹۹۰**	-۰/۹۲۴ ^{n.s}	-۰/۷۰۵ ^{n.s}				
GMP	۰/۹۷۵*	۰/۹۹۳**	-۰/۹۳۳ ^{n.s}	-۰/۷۲۲ ^{n.s}	۰/۹۹۹**			
STI	۰/۹۷۳*	۰/۹۹۴**	-۰/۹۳۴ ^{n.s}	-۰/۷۲۷ ^{n.s}	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**		
HARM	۰/۹۷۱*	۰/۹۹۵**	-۰/۹۴۱*	-۰/۷۳۶ ^{n.s}	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۰.۵٪ و ۰.۱٪

n.s تفاوت معنی دار نیست

منابع

- بخشنده، ع.، ۱۳۷۷، تأثیر دوره های مختلف آب ماندگی در مراحل اولیه نمو گندم رقم timmo، چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، صص ۶۲۵ - ۶۲۶.
- قبادی، م. الف.، بررسی اثر تنش ماندابی بر عملکرد و خصوصیات ریشه ارقام گندم، ۱۳۸۵، رساله دوره دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۱۸۹.
- لک زاده، الف.، ۱۳۷۹، تأثیر دوره های ماندابی در مراحل مختلف نمو بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم رقم چمران در شرایط آب و هوایی اهواز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه چمران، ص ۱۵۱.
- کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی، ۱۳۷۳، اکولوژی گیاهان زراعی، جلد اول (روابط گیاه و محیط)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۹۱.
- Bansal, K. C., and Sinha, S.K. 1991. Assessment of drought resistance in 20 accessions of *Triticum aestivum* and related species. I. Total dry matter and grain yield stability. *Euphytica*, 56: 7-14.
- Brisson, N., Rebiere, B., Zimmer, D., and D. Renalt. 2002. Response of the root system of winter wheat crop to water logging. *Plant and Soil*, 243: 43-55.
- Collaku, A., and Harrison, S.A. 2002. Losses in wheat due to water logging. *Crop Science* 42: 444-450.
- Condon, A.G., and F. giunta. 2003. Yield response of restricted-tillering wheat to transient waterlogging on duplex soil. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54:957-967.

9. Davies, C.L., Turner, D.W., and Dracup, M. 2000. Yellow lupin (*Lupinus Luteus*) tolerates water logging better than narrow - leafed lupin (*L.angustifolius*). I. Shoot and root growth in a controlled environment. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55: 701 – 709.
10. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the Symposium of AVRDC*, 13-16 Aug. Taiwan.
11. Fisher, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
12. Huang, B. 1997. Mechanisms of plant resistance to waterlogging. pp:59 – 81. in : Amarjit, D., B. Ranjit (eds) *mechanisms of environment stress resistance in plant* .
13. Huang, B., and Wilkinson, R.E. 2000. Plant – Environment interactions, 263-280.
14. Musgrave M.E., and Ding, N. 1998. Evaluating wheat Cultivars for waterlogging tolerance. *Crop Science*. 34: 90 – 97.
15. Pang, J., Zhou, Mendhan, N. and Shabala, S. 2004. Growth and physiological responses of six barley genotypes to waterlogging and subsequent recovery. *Australian Journal of Agriculture recovery*. *Australian Journal of Agriculture Research*, 55 (8):895-906.
16. Rosielle, A.T., and Hamblin, j. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Scien*, .21:493.
17. Setter, T.L., and Waters, I. 2003. Review of prospects For germplasm improvement for waterlogging Tolerance in wheat, barley and oats. *Plant and Soil*, 253:1-34.
18. Smith, K.A, and Russell, S. 1969 .Occurrence of Ethlene and its significance in anaerobic soil, *Plant and Soil*, 222:769-71.