نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۴(۴۰)، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۹۴۴ـ۹۲۷

واکنش لاین‌های دابل هاپلوئید جو از نظر عملکرد دانه و صفات مورفولوژیکی به تنش خشکی

معروف خلیلی[1*]، سعید اهری‌زاد[2]، و علیرضا پورابوقداره[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۳

چکیده

رابطه ۴۰ لاین دابل هاپلوئید به همراه ژنوتیپ‌های والدینی و سه ژنوتیپ شاهد با عملکرد دانه و برخی از صفات مورفولوژیک جو با اجرای آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار تحت دو رژیم آبی (شرایط تنش و بدون تنش)، طی دو سال زراعی ۹۲ و ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب بیانگر اختلاف معنی‌داری بین سال، شرایط تنش، لاین‌ها و اثر متقابل لاین × سال برای اکثریت صفات اندازه‌گیری شده بود. مقایسه میانگین‌های گروهی بین شرایط تنش آبی و فاقد تنش نشان داد که لاین‌های دابل هاپلوئید از نظر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، نسبت به ژنوتیپ‌های شاهد از درصد کاهش کمتری برخوردار بودند. ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط تنش و فاقد تنش نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با صفات عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر و شاخص برداشت داشت. بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام صفات طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و وزن هکتولیتر از جمله مهم‌ترین صفات مؤثر در افزایش عملکرد دانه بودند، به‌طوری‌که درتجزیه علیت نیز صفات فوق در هر دو شرایط تنش و فاقد تنش اثر مستقیم بالایی بر عملکرد دانه داشتند. به‌طورکلی، با توجه به مقایسه میانگین‌های صفات و همچنین بر اساس شاخص‌های STI و GMP لاین‌های شماره ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۸، ۲۴، ۲۹، ۳۰، ۳۵ و ۳۹ به‌عنوان لاین‌های مطلوب از نظر عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن و متحمل‌ترین لاین‌ها در پاسخ به تنش کم آبی شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: تجزیه علیت، جو، شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد دانه.

۱- استادیار بخش کشاورزی (اصلاح نباتات)، دانشگاه پیام نور، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) makhalily@yahoo.com
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه تولید و اصلاح نباتات، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین، قزوین، ایران

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) با سازگاری وسیع اکولوژیکی، سطح زیر کشت بالا و تولید حدود ۱۵۲ میلیون تن بعد از گندم، ذرت و برنج به‌عنوان مهم‌ترین محصول زراعی 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, 2013). امروزه بیش از یک سوم زمین‌های زراعی دنیا با کمبود آب مواجه هستند و انتظار می‌رود این نسبت تا سال ۲۰۲۵ به حدود دو سوم برسد (Annan, 2001). به‌دلیل کمبود منابع آبی، استفاده مؤثر از هر واحد حجم آب در تولید نهایی محصول امری ضروری به نظر می‌رسد. در بین تنش‌های غیرزنده، خشکی از لحاظ وقوع، شدت و طول دوره آن غیرقابل پیش‌بینی بوده و این تنش به عنوان شایع‌ترین تنش غیرزیستی در گیاهان با محدود کردن تولید محصول در ۲۵ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان، عامل اصلی کاهش عملکرد در گیاهان زراعی محسوب می‌شود (Xiong and Zhu, 2002). با توجه به این‌که ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود، در چنین مناطقی نوسانات بارندگی نیز زیاد بوده و ممکن است برخی از مراحل مهم رشدی گیاه به‌دلیل کم آبی تحت تأثیر کاهش پتانسیل آب خاک قرار گیرد (Noroozi and Kazemini, 2012). علاوه بر این، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل تأثیرگذار بر رشد گیاهان زراعی در این مناطق باعث توجه بیشتری به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی مختلف شده است.

مقاومت گیاهان به تنش خشکی نتیجه بسیاری از خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی است و تنها معیار حقیقی مقاومت به خشکی، تحمل خشکی بدون وارد شدن صدمه به گیاه است. به نظر می‌رسد اصلاح از طریق آن دسته از صفاتی که با مقاومت به خشکی مرتبط هستند، بتواند منجر به افزایش عملکرد از طریق غیرمستقیم شود (Pospisilova *et al*., 2000; Blum, 1988). بر این اساس معیارهای متفاوتی ارایه شده است که می‌توان از آنها در شناسایی ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل بالا و متحمل به تنش خشکی به‌خصوص در نسل‌های پیشرفته اصلاحی استفاده کرد. بسیاری از محققان با مطالعه گیاهان زراعی مختلف نشان داده‌اند که در شرایط تنش خشکی اکثر ژنوتیپ‌ها از نظر اغلب ویژگی‌های مورد مطالعه دچار کاهش نسبی می‌گردند (Maldonado *et al*., 2003؛ Hamam, 2004؛ Akash *et al*., 2009؛ Pour-Guo *et al*., Aboughadareh *et al*., 2013 2007). علاوه بر این، وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را تا مرحله تشکیل و پر شدن دانه محدود و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Hohm, 2000).

آکاش و همکاران (Akash *et al*., 2009) با بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های جو در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی نشان دادند که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش کمتر از شرایط بدون تنش خشکی بود. به‌طوری‌که اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک بین ۱۹ تا ۴۵ درصد و بر عملکرد دانه بین ۱۳ تا ۳۷ درصد برآورد گردید. واعظی و احمدی‌خواه (Vaezi and Ahmadikhah, 2010) در آزمایشی به‌منظور ارزیابی تنش خشکی و بررسی ارتباط

Archive of SID

www.SID.ir

صفات مورفو-فیزیولوژیک با عملکرد دانه در ۱۲۵ لاین و رقم جو در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی گزارش کردند که اکثر صفات اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌ها دارای تفاوت معنی‌داری بوده و بیشترین تأثیر تنش خشکی مربوط به عملکرد و اجزای آن بوده است. کبیری و نقی‌زاده (Kabiri and Naghizadeh, 2015) اظهار داشتند تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب، تعداد سنبله بارور در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیوماس و نیز افزایش نشت یونی، مقدار پرولین، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز برگ پرچم گردید. اگرچه جو نسبت به سایر غلات به تنش خشکی متحمل‌تر است، اما این گیاه در دوره رشد و نمو خود در دو مرحله ساقه رفتن، تشکیل و پر شدن دانه نسبت به کمبود آب حساس است و تنش خشکی در این مراحل منجر به کاهش عملکرد آن می‌شود (Nor-Mohammadi *et al.*, 2001). با توجه به اینکه مهم‌ترین روش تعیین تحمل به تنش خشکی در برنامه‌های به‌نژادی جو، ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن و سایر ویژگی‌های مرتبط در شرایط بدون تنش و تنش خشکی است (Winter *et al.*, 1988)، در این راستا مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی لاین‌های دابل هاپلوئید جو از نظر صفات زراعی و مورفولوژیک تحت دو شرایط بدون تنش و تنش کم آبی در مرحله پر شدن دانه و دست‌یابی به لاین‌های متحمل به تنش کم آبی با عملکرد بالا انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های هاپلوئید جو و گزینش لاین‌های برتر از نظر عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک در دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مهاباد واقع در ۲۲ کیلومتری شمال شهرستان مهاباد با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۱۰۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. آب و هوای منطقه از نوع کوهستانی با زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است و این منطقه طبق طبقه‌بندی دومارتن جزو مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. میانگین مقدار بارندگی در دو سال زراعی به‌ترتیب برابر ۲۹۹/۶ و ۳۸۴ میلی‌متر بود. مواد گیاهی شامل ۴۰ لاین دابل هاپلوئید جو حاصل از تلاقی دو رقم Steptoe (شش ردیفه، دارای عملکرد بالا و حساس به خشکی) و رقم Morex (شش ردیفه، دارای عملکرد بالا و مقاوم به خشکی) بودند. این لاین‌ها از برنامه اصلاح جو دانشگاه ایالت اورگون برای پروژه تعیین ژنوم جو آمریکای شمالی[1] به‌دست آمده‌اند. ارقام تروپی، نومار و جو محلی نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی به‌طور جداگانه اجرا گردید. عملیات کاشت به‌صورت هیرم‌کاری در عمق تقریبی ۳- ۲ سانتی‌متری با دست روی پشته‌ها به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و دو ردیف بر روی هر پشته کاشت گردید. مقدار مصرف عناصر غذایی بر اساس آزمایش خاک و توصیه علمی آزمایشگاه آب و خاک تعیین و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو مرحله (نصف هنگام کاشت و نصف در اوایل ساقه روی) مصرف گردید. برای کنترل علف‌های هرز از

۱-North American Barley Genome Mapping Project

Archive of SID

www.SID.ir

علف‌کش 2,4-D به میزان ۲- ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌دهی استفاده گردید. در مرحله پر شدن دانه دو تیمار آبیاری پس از ۹۰ و ۱۹۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A به‌ترتیب برای شرایط بدون تنش و تنش کم آبی اعمال گردید (به‌ترتیب تقریباً معادل ۱۵-۱۲ و ۲۶-۲۲ روز تبخیر در خرداد ماه). در طول مدت زمان اعمال تنش کم آبی هیچ‌گونه بارندگی در منطقه صورت نگرفت.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن هکتولیتر، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بودند. بعد از جمع‌آوری داده‌ها و آزمون برقراری فرض‌های تجزیه واریانس، برای تمامی صفات مذکور در لاین‌های مورد مطالعه تجزیه واریانس مرکب صورت گرفت. پس از معنی‌دار بودن اختلاف بین لاین‌های مورد مطالعه، مقایسه میانگین صفات با استفاده از روش LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد. به‌منظور تعیین ارتباط عملکرد دانه با سایر صفات در هر یک از شرایط بدون تنش و تنش کم آبی ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. علاوه براین، برای شناسایی لاین‌های متحمل به تنش کم آبی، از شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) بر اساس روابط زیر استفاده شد(Fernandez, 1992).

$$STI = (Y_p \times Y_s)/\overline{Y}_p^{\,2}$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$$

در روابط فوق Y_p، Y_S و $\overline{Y}_p$ و $\overline{Y}_s$ به‌ترتیب نشان‌دهنده عملکرد لاین مورد نظر در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی و متوسط عملکرد کلیه لاین‌ها در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی می‌باشند. همچنین، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام به منظور تشخیص بهترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی انجام گرفت. برای بررسی روابط علت و معلولی بین صفات نیز از تجزیه علیت استفاده شد (Dewey and Lu, 1959). تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب بر روی صفات مختلف در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار برای ۴۰ لاین دابل هاپلوئید به همراه دو رقم والدی و سه ژنوتیپ بومی به‌عنوان شاهد در دو شرایط بدون تنش و تنش کم آبی در مرحله پر شدن دانه در جدول ۱ درج گردیده است. اثر اصلی سال روی تمامی صفات (به جز ارتفاع بوته، طول پدانکل، وزن هزار دانه و شاخص برداشت) معنی‌دار بودند. اثر اصلی تنش خشکی بر صفات وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه معنی‌دار گردید. اثر متقابل سال× تنش خشکی فقط برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل و تعداد سنبله معنی‌دار شد. اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات (به جز طول سنبله و وزن هزاردانه) معنی‌دار گردید. اثر متقابل لاین × تنش برای صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. اثر متقابل سه گانه سال× تنش × لاین برای هیچ یک از صفات (به‌جز تعداد سنبله) معنی‌دار نبود (جدول ۱).

بیشترین ضریب تغییرات آزمایش به‌ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه (۹/۹۴ درصد)، طول سنبله (۸/۷۹ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۸/۰۱

Archive of SID

www.SID.ir

درصد) بود که دلیل آن را می‌توان به تأثیر بیشتر محیط بر این صفات دانست. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عنوان نمود که تظاهر و کمیّت ویژگی‌های مورد مطالعه تحت تأثیر سال، شرایط تنش کم آبی و لاین بوده که این امر بیانگر اهمیت استفاده از این لاین‌ها در اصلاح واریته‌های سازگار با شرایط منطقه و مناطق مشابه است. واعظی و احمدی‌خواه (Vaezi and Ahmadikhah, 2010) نیز برای عملکرد دانه و اجزای آن اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های پیشرفته جو در شرایط تنش و بدون تنش و اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط تنش گزارش کردند. میانگین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی برای لاین‌های دابل هاپلوئید و ارقام شاهد در جدول ۲ ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود از نظر کلیه صفات بین شرایط بدون تنش و تنش کم آبی اختلاف معنی‌داری وجود داشت و میانگین تمام صفات در شرایط بدون تنش بیشتر از شرایط تنش بود. نوری‌قنبلانی و همکاران (Nouri-Ganbalani *et al*., 2009) گزارش کردند که تنش کم آبی می‌تواند متوسط عملکرد دانه را بین ۱۷ تا ۷۰ درصد کاهش دهد. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2006) نیز اظهار داشتند که در شرایط تنش، محدودیت در منابع آبی منجر به محدودیت در کلیه منابع غذایی شده و گیاه مجبور به کم کردن دوره رویشی و اتمام زود هنگام مرحله رویشی و شروع مرحله پرکردن دانه می‌گردد، در نتیجه دوره رشد، ارتفاع بوته، طول سنبله اصلی، عملکرد دانه و سایر اجزای آن کاهش می‌یابند.

به‌منظور تعیین میزان تأثیر تنش کم آبی روی صفات مورد ارزیابی، درصد کاهش هر یک از صفات برای میانگین لاین‌ها و ژنوتیپ‌های شاهد به طور جداگانه محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند (جدول ۲). با توجه به‌نتایج به‌دست آمده، اگرچه تنش کم آبی باعث کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی در لاین‌های مورد بررسی گردید و برخی از صفات اندازه‌گیری شده در لاین‌های دابل هاپلوئید در مقایسه با ارقام شاهد و والدین بیشترین تأثیر را از شرایط تنش پذیرفتند با این وجود، کمترین میزان کاهش تعداد دانه در سنبله (۲/۰۲ درصد)، وزن هزار دانه (۶/۴۹ درصد)، عملکرد دانه (۲۲/۴۵ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۱۸/۶۵ درصد) نسبت به شرایط تنش به لاین‌های دابل هاپلوئید اختصاص یافت. شارما و همکاران (Sharma *et al*., 2001) اظهار داشتند عملکرد دانه و شاخص برداشت جزو مؤثرترین صفات برای گزینش ارقام و ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش خشکی به‌شمار می‌آیند، که در این رابطه لاین های مورد نظر از لحاظ کاهش کمتر عملکرد دانه در شرایط واجد تنش نسبت به ژنوتیپ‌های شاهد برتری نشان دادند. به‌طورکلی، با توجه به تأثیرپذیری کمتر لاین‌های دابل هاپلوئید نسبت به ژنوتیپ‌های شاهد در پاسخ به تنش خشکی به نظر می‌رسد این لاین‌ها از نظر اکثر صفات مهم زراعی دارای نمود بهتری در شرایط تنش هستند و می‌توانند به‌عنوان منبع ژنتیکی مفیدی برای بهبود ارقام جو در نظر گرفته شوند.

نظر به این‌که اثر متقابل سال × تنش × لاین برای هیچ یک از صفات (به‌جز تعداد سنبله) معنی‌دار نبود مقایسه میانگین لاین‌ها نیز از نظر صفات اندازه‌گیری شده به‌صورت جداگانه در متوسط دو سال زراعی برای شرایط بدون تنش و تنش کم آبی انجام و نتایج آن به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ ذکر شده است. نتایج حاصل از این مقایسه

Archive of SID

www.SID.ir

نشان داد که لاین‌های شماره ۱۱، ۱۴، ۳۰ و ۳۵ دارای بیشترین میزان عملکرد در شرایط بدون تنش (به ترتیب با ۶/۳۹، ۶/۳۶، ۶/۳۵ و ۶/۸۱ تن در هکتار) و لاین‌های شماره ۱۳، ۲۹، ۳۰ و ۳۵ (به‌ترتیب با ۵/۰۴، ۵/۱۳، ۵/۰۹ و ۴/۹۹ تن در هکتار) دارای بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش کم آبی بودند. به جز ژنوتیپ تروپی که از لحاظ ارتفاع بوته در شرایط تنش به‌عنوان ژنوتیپ پابلند شناسایی شد، در مجموع ژنوتیپ‌های شاهد از نظر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در مقایسه با لاین‌های هاپلوئید از مقادیر کمتری برخوردار بودند. به طورکلی، با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین لاین‌ها در شرایط تنش کم آبی تمامی لاین‌های مورد مطالعه در تمامی صفات اندازه‌گیری شده دچار کاهش نسبی گردیدند که این نتایج با نتایج تحقیقات قبلی (Maldonado *et al*., 2003؛ Hamam *et al*., 2004؛ Akash *et al*., 2009؛ Pour-Aboughadareh *et al*., 2013) مطابقت نشان داد. با توجه به این‌که انتخاب لاین‌ها از نظر صفات زراعی-مورفولوژیک و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش آبی دارای نتایج متفاوتی است و علاوه بر این عملکرد دانه صفتی متشکل از مجموعه‌ای از صفات زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک می‌باشد، بنابراین به منظور ارزیابی حساسیت لاین‌های مورد مطالعه و شناسایی متحمل‌ترین لاین(ها) به تنش کم آبی از شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) استفاده گردید. بر اساس شاخص‌های STI و GMP لاین‌های شماره ۳، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۸، ۲۴، ۲۹، ۳۰، ۳۵ و ۳۹ را به‌عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها به تنش کم آبی شناسایی شدند. اگرچه به‌منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی شاخص‌های مختلفی توسط بسیاری از محققان ارایه و استفاده شده است ولی در مطالعه‌ای که توسط صبا و همکاران (Saba *et al*.,2001) به‌منظور ارزیابی پارامترهای ژنتیکی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی انجام گرفت مشخص شد که تنها شاخص تحمل به تنش (STI) وراثت پذیری متوسطی داشته و معمولاً قادر است ژنوتیپ‌های پرمحصول را در هر دو محیط شناسایی نماید. از طرف دیگر، باتوجه به اینکه سایر شاخص‌ها وراثت قابل اغماضی را نشان می‌دهند معمولاً به‌طور مطلوبی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و مقاوم به خشکی نیستند. آکچورا و همکاران (Akçura *et al*., 2011) نیز در بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم و شناسایی بهترین شاخص، شاخص میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و تحمل به تنش (STI) را به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در آزمایش‌های چند سال و مکان گزارش کردند. به‌طورکلی، استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و برتر در جو و سایر گیاهان زراعی توسط دیگر محققان گزراش شده است (Sio-Se Mardeh *et al*., 2006؛ Malekshahi *et al*., 2009؛ Farshadfar *et al*., 2012؛ Naghavi *et al*., 2013؛ Khalili *et al*., 2014).

برای تعیین ارتباط عملکرد دانه با سایر صفات ضرایب همبستگی به‌صورت جداگانه در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی محاسبه و در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. در بین صفات مذکور، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه به‌ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۹۱۵، ۰/۶۶۳ و ۰/۶۵۴ بیشترین همبستگی معنی‌داری را با عملکرد دانه داشتند. از طرف دیگر در شرایط تنش کم آبی همبستگی بین عملکرد دانه با کلیه

Archive of SID

www.SID.ir

صفات به جز ارتفاع بوته، تعداد سنبله در واحد سطح و طول سنبله اصلی مثبت و معنی‌دار بود. در این شرایط نیز بیشترین ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات عملکرد بیولوژیک (۰/۹۲۰)، وزن هکتولیتر (۰/۶۸۹) و وزن هزار دانه (۰/۶۶۷) مشاهده شد. وجود رابطه بین عملکرد دانه و سه صفت مورفولوژیک ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول سنبله مهم و با اهمیت می‌باشد چرا که این صفات در ذخیره مواد قبل از گلدهی و بازدهی انتقال مواد ذخیره به دانه‌ها نقش مهمی دارند. علاوه بر این، با توجه به اینکه میانگین انتقال کربوهیدرات‌های قابل حل در آب از ساقه به دانه‌ها تحت شرایط تنش بیشتر از شرایط بدون تنش بوده است، بنابراین این مسئله می‌تواند توجیهی برای همبستگی مثبت صفات ارتفاع بوته و طول پدانکل با عملکرد دانه باشد که این نتایج مطابق با یافته‌های خان و همکاران (Khan *et al.*, 2005) می‌باشد. در مطالعه دولت‌پناه و همکاران (Dolatpanah *et al.*,2013) در ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آن در ژنوتیپ‌های جو همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گزارش کردند. نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام نشان داد در شرایط بدون تنش سه صفت وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هکتولیتر به‌ترتیب با ضرایب رگرسیون استاندارد شده ۰/۳۴۷، ۰/۳۸۶ و ۰/۱۸۵ بیشترین تأثیر مستقیم معنی‌دار را روی عملکرد دانه داشتند، به طوری‌که، این سه متغیر حدود ۵۸ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. از طرف دیگر در شرایط تنش کم آبی پنج صفت وزن هکتولیتر، تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، وزن هزار دانه و تعداد سنبله در واحد سطح با بیشترین تأثیر مستقیم معنی‌دار روی عملکرد دانه در مجموع ۶۰/۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۶). بر این اساس، با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و وزن هکتولیتر جزو مهم‌ترین صفات مؤثر در افزایش عملکرد دانه باشند به طوری‌که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کم آبی در مدل نهایی قرار گرفته و تأثیر مستقیم بالایی در مقایسه با سایر صفات بر روی عملکرد دانه دارند. از طرف دیگر با توجه به همبستگی مثبت بین طول پدانکل و عملکرد دانه و قرار گرفتن این صفت در مدل نهایی تحت شرایط تنش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که این صفت به عنوان صفتی مهم در شرایط تنش خشکی شناخته شده، زیرا گیاه در شرایط تنش خشکی به‌ویژه در آخر فصل رشد با انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده در ساقه (به‌خصوص در پدانکل) به دانه می‌تواند بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی را جبران نماید. بنابراین، بهبود چنین صفاتی برای شرایط تنش خشکی، مهم و قابل توجه خواهد بود. پیش از این در مطالعه نیک‌خواه و همکاران (Nikkhah *et al.*, 2010) نیز صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه به‌عنوان مؤثرترین صفات دخیل در توجیه تغییرات عملکرد دانه در جو تحت شرایط تنش کم آبی شناسایی شدند. با توجه به نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت عملکرد دانه با مهم‌ترین صفات مؤثر بر آن برای لاین‌های دابل هاپلوئید جو مورد مطالعه در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی انجام و نتایج آن که در جدول ۷ آمده است. در شرایط بدون تنش تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (۰/۳۸۶)، به طوری‌که این اثر بیش از یک

Archive of SID

www.SID.ir

دوم همبستگی بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را توجیه کرد. مثبت بودن ضرایب رگرسیون این صفت با عملکرد دانه به این مفهوم است که با ثابت نگه داشتن سایر متغیرها، افزایش این صفت موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. پس به نظر می‌رسد با بیشتر شدن تعداد دانه در سنبله ممکن است عملکرد دانه نیز افزایش یابد. اثر غیرمستقیم این صفت از طریق سایر صفات ناچیز بود. پس از تعداد دانه در سنبله وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه در بوته داشت (۰/۳۴۷). در بین اثرات غیرمستقیم، وزن هکتولیتر بیشترین اثر مثبت را از طریق وزن هزار دانه به خود اختصاص داد. سایر اثرات غیر مستقیم صفات در اغلب موارد ناچیز بودند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه علیت در شرایط تنش کم آبی متفاوت بود و صفات وزن هکتولیتر، وزن هزار دانه، تعداد دانه و طول پدانکل بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشتند (۰/۳۳۸، ۰/۲۳۳، ۰/۲۰۸ و ۰/۱۳۴). اثر مستقیم تعداد سنبله در واحد سطح بر عملکرد دانه منفی بود (۰/۱۲۹-). تحت این شرایط در بین اثرات غیرمستقیم تنها اثر غیرمستقیم وزن هکتولیتر از طریق وزن هزار دانه مثبت و قابل توجه بود. با توجه به این‌که در این آزمایش در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کم آبی صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از بالاترین اثرات مستقیم برخوردار بودند، می‌توان اذعان داشت که عامل اصلی تثبیت عملکرد در لاین‌های مورد مطالعه این صفات می‌باشند. بالا بودن اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در مطالعات گارسیا و همکاران (Garcia Del Moral *et al*., 1985)، گارسیا و همکاران (Garcia Del Moral *et al*., 1991) و جباری و همکاران (Jabbari *et al*., 2011) گزارش شده است. به‌طورکلی، با توجه به نتـایج به دست آمده از این آزمایش و نظـر به این‌که در غلات صفت عملکرد دانه مجموعه‌ای از ترکیب سایر صفات (Attarbashi *et al*., 2002)، به نظر می‌رسد که با اصلاح هر کدام از صفات درگیر در عملکرد دانه یک رقم بتوان عملکرد بالاتری تولید نمود، ولی در عمل، افزایش هر یک از این اجزا، موجب کاهش در یک یا دو جزء دیگر می‌گردد، لذا سعی بر این است که بهترین ترکیب از آنها در یک رقم تلفیق شود. بنابراین برقراری تعادل بین اجزای عملکرد در گیاهان ضروری بوده و تمام اجزا باید در حد مطلوب باشند. به‌همین دلیل به‌منظور تجزیه و تحلیل آزمایش‌ها از نظر عملکرد دانه باید به اجزای عملکرد و اثرات متقابل آنها با یکدیگر نیز توجه شود (Donaldson *et al*., 2001).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتـایج می‌توان اظهار داشت که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط محدودیت آبی به‌ویژه در انتهای فصل رشد، باید به صفات مهمی همچون طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه توجه خاص نموده و در انتخاب لاین‌ها برای شرایط کم آبی انتهای فصل در طول برنامه‌های به‌نژادی جو، علاوه بر عملکرد دانه این صفات را مورد توجه قرار داده شود. همچنین، بر اساس عملکرد دانه و دو شاخص تحمل به تنش خشکی STI و GMP لاین‌های شماره ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۸، ۲۴، ۲۹، ۳۰، ۳۵ و ۳۹ به‌عنوان لاین های برتر شناسایی شدند. از این‌رو به شاید بتوان از این لاین‌ها در برنامه‌های اصلاحی مقاومت به تنش کم آبی بهره جست.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و سایر صفات مورفولوژیک در ۴۰ لاین دابل هاپلوئید به همراه دو رقم والدی و سه ژنوتیپ شاهد تحت شرایط نرمال و تنش کم آبی در دو سال

Table 1- Combined analysis of variance for grain yield and morphological traits of 40 barley doubled haploid lines along with parents and three check genotypes in normal and water deficit stress conditions during two years

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean Square)									
		ارتفاع بوته PLH	طول پدانکل PL	تعداد سنبله NSP	طول سنبله SL	تعداد دانه NG	وزن هکتولیتر HW	وزن هزار دانه TGW	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI
سال Year (Y)	1	509.81^{ns}	65.28^{ns}	15880.22**	77.65*	2046.90**	432.41*	167.99^{ns}	30.3*	69.02*	43.91^{ns}
تنش خشکی Condition (C)	1	3388.11^{ns}	966.45^{ns}	207.02^{ns}	1.57^{ns}	173.63^{ns}	469.01^{ns}	732.22**	142.55*	267.52**	718.03*
سال × تنش خشکی C×Y	1	13982.48**	153.12*	204.01**	1.09^{ns}	7.51^{ns}	13.95^{ns}	0.12^{ns}	0.12^{ns}	0.01^{ns}	1.73^{ns}
سال ×تنش خشکی/تکرار R (YC)	4	269.99	11.36	0.65	4.40	83.08	42.89	66.71	4.72	6.08	71.16
لاین Line (L)	44	131.17*	43.85**	25.59**	1.68^{ns}	108.22*	42.05**	35.61^{ns}	2.21**	3.52**	58.73**
لاین × سال Y ×L	44	72.91*	21.03**	4.82**	1.15**	55.08**	19.64**	24.07**	0.47**	0.98**	28.24**
لاین × تنش خشکی L×C	44	68.09^{ns}	6.54^{ns}	2.62^{ns}	0.31^{ns}	14.73^{ns}	5.11^{ns}	4.04^{ns}	0.33**	0.88**	3.57^{ns}
سال × تنش خشکی×لاین Y ×C × L	44	45.22^{ns}	7.13^{ns}	2.47**	0.39^{ns}	16.31^{ns}	5.8^{ns}	4.08^{ns}	0.07^{ns}	0.17^{ns}	3.77^{ns}
خطاآزمایشی Error	176	44.19	6.05	1.19	0.4	13.74	4.79	4.13	0.23	0.43	4.51
ضریب تغییرات CV		6.47	6.94	2.63	8.79	4.95	3.55	6.43	9.94	8.01	3.56

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

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

PH، PL، NSP، SL، NG، HW، TGW، GY، BYو HI به ترتیب نشان دهنده: ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت می‌باشند.

PH, PL, NSP, SL, NG, HW, TGW, GY, BY and HI indicate; plant height, peduncle length, number of spikes per plat, main spike length, hectoliter grain weight, thousand grain weight, grain yield, biological yield and harvest index.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۴۰ لاین دابل هاپلوئید به همراه دو رقم والدی و سه ژنوتیپ شاهد در دو شرایط بدون تنش و تنش کم آبی در متوسط دو سال

Table 2- Mean of measured traits in 40 doubled haploid lines along with two parents and three check genotypes under non-stress and water deficit stress conditions

	شرایط Conditions	ارتفاع بوته PLH	طول پدانکل PL	طول سنبله SL	تعداد دانه NG	تعداد سنبله NSP	وزن هکتولیتر HW	وزن هزار دانه TGW	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI
کل Total	بدون تنش Non-stress	105.74	37.09	7.32	58.28	171.56	62.72	42.48	5.53	9.06	60.95
	تنش Stress	99.60	33.82	7.19	56.89	170.04	60.44	39.63	4.28	7.33	58.12
	درصد کاهش Reduction (%)	5.80	8.83	1.81	2.38	0.88	3.64	6.71	22.74	19.03	4.64
لاین Line	بدون تنش Non-stress	106.00	37.43	7.31	58.40	171.71	62.77	42.53	5.52	9.03	60.99
	تنش Stress	99.39	33.92	7.16	57.22	170.05	60.40	39.77	4.28	7.34	58.18
	درصد کاهش Reduction (%)	6.24	9.38	2.04	2.02	0.96	3.79	6.49	22.45	18.65	4.61
والدین Parents	بدون تنش Non-stress	104.61	35.10	7.61	59.88	171.88	63.31	43.06	5.77	9.52	61.21
	تنش Stress	102.13	34.35	7.53	58.63	170.25	61.40	39.71	4.32	7.26	58.60
	درصد کاهش Reduction (%)	2.37	2.15	1.06	2.09	0.95	3.02	7.78	25.14	23.73	4.26
شاهد Checks	بدون تنش Non-stress	102.90	33.87	7.28	55.65	169.75	61.57	41.42	5.54	9.18	60.24
	تنش Stress	100.75	32.03	7.22	51.42	169.33	60.33	37.68	4.15	7.27	57.09
	درصد کاهش Reduction (%)	2.09	5.44	0.74	7.61	0.25	2.02	9.03	25.04	20.80	5.23

PH، PL، NSP، SL، NG، TGW، HW، GY، BY و HI به ترتیب نشان دهنده: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله اصلی (سانتی‌متر)، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم)، وزن هکتولیتر (کیلوگرم)، عملکرد دانه (تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) و شاخص برداشت (درصد) می‌باشند.

PH, PL, NSP, SL, NG, HW, TGW, GY, BY and HI indicate; plant height (cm), peduncle length (cm), number of spikes per plot, main spike length (cm), hectoliter grain weight (kg), thousand grain weight (gr), grain yield (tha^{-1}), biological yield (tha^{-1}) and harvest index (%).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط بدون تنش کم آبی

Table 3- Mean comparison of studied lines in terms of the measured traits under non-stress condition

کد لاین Lines Code	ارتفاع بوته PH	طول پدانکل PL	تعداد سنبله NSP	طول سنبله SL	تعداد دانه NG	وزن هکتولیتر TW	وزن هزار دانه TGW	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI
1	113.69	37.55	174.75	7.17	54.65	59.72	41.58	4.98	7.98	62.25
2	103.81	37.28	172.50	6.82	57.75	62.96	43.43	5.45	8.73	62.24
3	101.63	36.44	170.25	6.66	60.25	65.10	44.33	6.13	9.68	63.40
4	101.25	37.94	172.00	7.14	53.90	58.19	40.42	4.85	8.60	56.29
5	110.25	34.38	171.75	7.31	56.75	62.20	38.48	4.72	8.26	57.15
6	107.19	42.86	171.50	8.80	67.35	65.14	45.65	5.89	9.18	64.10
7	106.94	35.24	168.75	7.31	46.40	63.95	43.13	5.07	8.35	60.70
8	107.31	36.89	170.50	7.80	58.85	63.31	42.42	5.04	8.56	58.81
9	106.94	34.96	171.50	7.31	53.70	59.74	43.16	4.75	7.81	60.75
10	110.00	37.77	172.00	7.73	62.85	64.16	44.39	5.77	9.07	63.50
11	106.88	36.83	172.75	7.80	62.15	60.09	43.08	6.40	10.19	62.67
12	106.88	40.28	169.50	7.27	58.60	62.78	41.19	4.92	8.79	56.18
13	108.63	37.59	173.00	6.74	58.10	64.56	43.45	5.72	9.02	63.48
14	94.06	39.26	169.75	7.32	61.65	66.46	46.01	6.36	9.75	65.06
15	112.81	36.89	172.50	8.00	65.00	64.97	43.91	6.06	9.40	64.40
16	105.06	34.87	169.25	7.06	59.75	63.80	42.66	5.75	9.36	61.47
17	105.88	36.53	168.50	6.96	53.75	63.50	41.95	5.13	9.05	57.35
18	113.50	41.25	175.50	8.28	60.75	60.49	42.53	6.14	10.06	60.83
19	107.56	38.17	168.50	7.37	61.70	61.89	41.74	5.39	9.08	59.22
20	108.94	35.15	171.75	7.16	55.80	61.08	40.73	5.10	8.84	57.57
21	111.44	39.81	173.00	8.49	61.10	63.99	43.85	6.10	9.57	63.55
22	109.38	40.51	174.50	6.64	58.50	64.82	43.70	6.02	9.47	63.41
23	101.13	35.88	171.75	6.97	58.55	63.35	40.33	5.75	10.14	56.72
24	102.44	41.77	172.25	6.93	62.75	62.55	42.91	6.33	10.24	61.65
25	96.56	38.65	169.00	7.26	56.75	58.58	41.06	5.45	9.43	57.80
26	105.50	33.46	172.75	6.86	57.50	61.92	40.33	4.94	8.40	58.81
27	106.94	33.47	172.00	6.71	53.00	59.09	40.49	4.97	8.53	58.11
28	110.20	34.88	173.50	7.46	54.60	60.19	42.53	4.77	7.98	59.59
29	106.13	38.31	174.25	7.29	60.35	65.33	43.62	6.06	9.40	64.22
30	117.13	39.21	174.50	7.29	60.80	66.51	44.70	6.35	10.10	62.79
31	107.63	40.36	172.25	7.30	61.15	65.16	45.28	5.98	9.31	63.99
32	98.50	38.38	171.00	7.01	55.65	62.58	42.06	5.47	8.86	61.64
33	97.31	39.22	171.50	8.20	64.00	64.60	44.08	6.23	9.50	65.35
34	103.06	34.44	169.75	6.91	54.75	60.50	39.45	4.26	7.30	58.36
35	106.94	43.25	168.75	8.02	61.45	68.32	45.14	6.81	10.33	65.70
36	92.00	35.70	172.50	7.01	55.25	60.78	41.74	4.81	7.79	61.60
37	108.88	35.59	173.00	6.37	52.55	60.26	39.33	4.52	7.99	56.18
38	104.56	35.18	169.75	7.14	56.85	63.89	42.46	5.18	8.53	60.62
39	107.31	36.51	174.75	7.74	63.50	63.39	44.91	6.13	9.69	63.15
40	108.00	34.68	171.00	6.93	57.25	61.09	39.18	5.12	8.68	58.89
Parent(والدین)										
41	101.97	38.32	169.00	7.23	59.50	67.63	46.99	5.32	8.15	65.19
42	107.25	31.89	174.75	7.84	60.25	59.00	39.13	6.22	10.88	57.22
Check(شاهد)										
43(Local)	102.56	35.71	169.00	7.39	48.85	62.01	42.03	5.19	8.47	61.21
44 (Nomar)	105.13	33.11	169.25	6.81	58.55	61.19	42.08	5.87	9.51	61.63
45 (Tropii)	101.00	32.79	169.75	7.62	59.55	61.51	40.15	5.55	9.57	57.88
LSD 1%	13.75	4.837	1.993	1.19	6.699	3.95	3.66	0.99	1.23	4.003
S.E.	3.69	1.299	0.535	0.32	1.7992	1.06	0.98	0.27	0.33	1.075

PH، PL، NSP، SL، NG، HW، TGW، GY، BY و HI به ترتیب نشان دهنده: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله اصلی (سانتی‌متر)، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم)، وزن هکتولیتر (کیلوگرم)، عملکرد دانه (تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) و شاخص برداشت (درصد) می‌باشند.

PH, PL, NSP, SL, NG, HW, TGW, GY, BY and HI indicate; plant height (cm), peduncle length (cm), number of spikes per plot, main spike length (cm), hectoliter grain weight (kg), thousand grain weight (gr), grain yield (t/ha), biological yield (t/ha) and harvest index (%).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفات اندازه‌گیره شده تحت شرایط تنش کم آبی و شاخص‌های تحمل به تنش

Table 4- Mean comparison of studied lines in terms of the measured traits under stress condition and drought tolerance indices

کد لاین Lines Code	ارتفاع بوته PH	طول پدانکل PL	تعداد سنبله NSP	طول سنبله SL	تعداد دانه NG	وزن هکتولیتر TW	وزن هزار دانه TGW	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI	میانگین هندسی GMP	تحمل به تنش STI
1	98.31	36.22	174.00	6.87	55.50	57.77	38.42	4.09	7.11	57.65	4.50	0.66
2	97.12	37.40	170.75	6.47	52.75	62.19	44.58	4.35	6.91	62.47	4.87	0.77
3	97.68	34.84	167.00	7.19	57.50	62.05	41.87	4.93	8.03	61.28	5.50	0.98
4	99.75	32.87	171.00	6.92	51.75	55.44	37.94	3.75	6.85	54.79	4.26	0.59
5	100.06	30.63	171.00	7.57	59.65	59.33	37.37	4.19	7.63	54.94	4.44	0.64
6	99.75	37.56	169.25	7.98	62.50	62.85	41.62	4.75	7.86	60.43	5.29	0.91
7	92.87	34.72	167.00	6.92	45.50	59.28	40.32	4.05	7.17	57.00	4.53	0.67
8	100.06	34.25	170.75	7.84	58.70	61.37	39.66	4.23	7.45	56.82	4.61	0.69
9	98.06	32.06	170.00	6.85	54.25	60.68	40.03	3.73	6.47	57.68	4.21	0.57
10	107.75	35.36	169.00	7.32	61.50	62.45	41.46	4.96	7.91	62.69	5.34	0.93
11	102.25	33.70	168.50	7.18	60.25	57.27	37.92	4.61	7.84	58.67	5.43	0.96
12	105.25	35.08	169.25	6.54	54.50	57.28	35.16	3.77	7.07	53.7	4.30	0.61
13	96.312	35.90	171.00	7.15	58.75	63.07	41.32	5.04	8.32	60.73	5.37	0.94
14	99.87	35.60	168.50	6.81	57.90	64.03	43.11	4.78	7.89	60.32	5.51	0.99
15	102.75	32.91	171.00	7.24	56.55	59.78	38.48	4.35	7.47	58.26	5.13	0.86
16	89.75	32.63	168.25	6.83	57.00	61.01	38.08	4.79	8.34	57.58	5.25	0.90
17	100.87	32.23	168.50	6.69	52.50	58.28	37.95	3.55	6.76	53.13	4.26	0.59
18	112.56	35.58	172.50	7.98	63.05	59.61	40.25	4.77	8.08	58.86	5.41	0.96
19	96.56	33.55	167.25	7.04	55.75	58.41	37.94	4.24	7.53	56.15	4.78	0.74
20	102.93	34.23	169.75	7.10	57.75	59.36	39.11	4.02	7.12	56.66	4.53	0.67
21	105.75	33.25	171.75	8.66	62.10	62.65	41.37	4.62	7.63	60.5	5.31	0.92
22	98.00	36.60	172.25	7.32	56.50	63.54	41.50	4.52	7.43	60.78	5.21	0.88
23	98.87	30.51	170.00	6.43	56.00	59.21	37.22	4.10	7.56	54.32	4.85	0.77
24	102.18	37.55	172.75	6.98	61.85	61.03	41.08	4.56	7.78	58.43	5.37	0.94
25	93.56	34.97	168.50	6.48	58.05	58.72	38.98	3.99	7.32	54.59	4.66	0.71
26	97.43	30.67	171.50	6.86	55.50	60.98	38.25	3.88	6.90	56.35	4.37	0.62
27	94.25	30.38	169.50	6.38	53.00	59.49	39.16	3.84	6.80	56.38	4.36	0.62
28	104.25	29.83	171.75	7.18	56.75	59.65	39.50	3.33	5.76	57.62	3.98	0.52
29	94.50	35.33	170.00	7.65	60.75	63.10	42.54	5.13	8.34	61.44	5.58	1.02
30	102.44	34.80	172.50	7.54	60.50	63.90	43.37	5.09	8.34	61.12	5.67	1.05
31	92.56	35.85	170.00	7.49	61.75	62.02	42.62	4.59	7.49	61.19	5.24	0.89
32	99.93	30.33	169.25	6.79	53.40	56.71	39.08	3.42	5.80	58.84	4.33	0.6
33	98.81	34.72	170.50	7.97	61.00	61.66	41.25	4.35	7.10	61.23	5.21	0.88
34	103.87	31.82	168.25	7.08	55.10	58.64	35.62	3.53	6.40	55.14	3.88	0.49
35	103.75	39.13	168.50	7.47	57.10	64.24	42.54	4.99	7.99	62.12	5.83	1.11
36	93.00	29.60	170.75	6.97	56.50	57.07	34.97	3.48	6.31	55.25	4.09	0.54
37	99.12	33.10	171.75	6.99	56.50	57.63	38.00	3.68	6.61	55.81	4.07	0.54
38	96.25	34.39	167.50	6.98	55.75	62.84	41.33	4.33	7.25	59.99	4.74	0.73
39	103.37	33.73	171.75	7.52	59.00	62.77	42.43	4.84	8.09	59.64	5.44	0.96
40	93.00	32.94	169.00	7.16	58.00	58.28	37.37	3.91	6.90	56.56	4.47	0.65
Parent(والدین)												
41	95.25	37.11	167.00	7.14	59.25	65.72	43.91	4.86	7.69	63.11	5.09	0.84
42	109	31.58	173.50	8.08	58.00	57.07	35.50	3.77	6.82	54.09	4.84	0.76
Check(شاهد)												
43 (Local)	98.5	32.66	170.25	7.34	47.94	58.75	38.33	3.48	5.89	58.96	5.13	0.59
44 Nomar)	94.75	31.75	169.00	7.41	54.55	62.03	37.37	4.49	7.82	57.33	4.98	0.86
45 (Tropii)	109	31.66	170.00	6.91	51.75	60.19	37.33	4.46	8.11	54.98	1.42	0.81
LSD 1%	10.83	4.31	2.07	1.17	7.09	4.19	3.90	2.02	1.22	3.909		
S.E.	2.908	1.15	0.55	0.31	1.90	1.12	1.04	0.22	0.33	1.049		

PH، PL، NSP، SL، NG، TGW، HW، GY، BY،HI، STI و GMPبه ترتیب نشان دهنده: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله اصلی (سانتی‌متر)، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم)، وزن هکتولیتر (کیلوگرم)، عملکرد دانه (تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)، شاخص برداشت (درصد)، شاخص تحمل به تنش و شاخص میانگین بهره‌وری هندسی می‌باشند.

PH, PL, NSP, SL, NG, HW, TGW, GY, BY, HI, STI and GMP indicate; plant height (cm), peduncle length (cm), number of spikes per plot, main spike length (cm), hectoliter grain weight (kg), thousand grain weight (gr), grain yield (tha^{-1}), biological yield (tha^{-1}), harvest index (%), stress tolerance index and geometric mean productivity.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش (بالای قطر اصلی) و تنش کم آبی (پایین قطر اصلی)

Table 5- Correlations among measured traits under non-stress (above main diameter) and water deficit stress (down main diameter) conditions

صفت Trait	ارتفاع بوته PH	طول پدانکل PL	تعداد سنبله NSP	طول سنبله SL	تعداد دانه NG	وزن هکتولیتر TW	وزن هزار دانه TGW	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI
PH		0.01	-0.39**	-0.27**	0.19**	0.14	0.07	0.16*	0.18*	0.03
PL	-0.27**		0.08	0.24**	0.26**	0.35**	0.41**	0.34**	0.22**	0.41**
NSP	-0.72**	-0.30**		0.49**	-0.30**	-0.39**	-0.22**	-0.29**	-0.33**	-0.07
SL	0.34**	0.07	0.48**		0.27**	0.01	0.30**	0.19*	0.07	0.31**
NG	-0.32**	0.32**	-0.36**	0.25**		0.48**	0.48**	0.64**	0.56**	0.47**
TW	-0.235*	0.47**	-0.25**	0.15*	0.38**		0.66**	0.60**	0.45**	0.60**
TGW	-0.23**	0.55**	-0.19**	0.23**	0.39**	0.75**		0.65**	0.40**	0.80**
GY	-0.29**	0.53**	-0.38**	0.14	0.52**	0.69**	0.66**		0.92**	0.66**
BY	-0.29**	0.41**	-0.42**	0.04	0.45**	0.54**	0.41**	0.92**		0.31**
HI	-0.14	0.48**	-0.09	0.26**	0.37**	0.63**	0.84**	0.62**	0.27**	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

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

PH، PL، NSP، SL، NG، TGW، HW، GY، BY و HI به ترتیب نشان دهنده: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله اصلی (سانتی‌متر)، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم)، وزن هکتولیتر (کیلوگرم)، عملکرد دانه (تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) و شاخص برداشت (درصد) می‌باشند.

PH, PL, NSP, SL, NG, HW, TGW, GY, BY and HI indicate; plant height (cm), peduncle length (cm), number of spikes per plot, main spike length (cm), hectoliter grain weight (kg), thousand grain weight (gr), grain yield ($t.ha^{-1}$), biological yield ($t.ha^{-1}$) and harvest index (%).

جدول ۶- نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی

Table 6- Results of stepwise regression for grain yield as the response and other characters as predictors in non-stress and water deficit stress conditions

شرایط تنش Stress conditions	مدلModel	ضریب رگرسیون Unstandardized Coefficients		ضریب رگرسیون استاندارد Standardized Coefficients	ضریب تبیین R^2	ضریب تبیین اصلاح شده Adj R^2
		β	Std. E.	β		
بدون تنش Non-stress	عرض از مبدأ Constant (α)	-4.455	0.753			
	وزن هزار دانه Thousand grain weight	0.094	0.018	0.347		
	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.054	0.008	0.386	0.586	0.579
	وزن هکتولیتر Hectoliter grain weight	0.045	0.016	0.185		
تنش کم آبی Water stress deficit	عرض از مبدأ Constant (α)	-1.855	1.201			
	وزن هکتولیتر Hectoliter grain weight	0.066	0.014	0.338		
	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.025	0.006	0.208		
	طول پدانکل Peduncle length	0.027	0.012	0.134	0.615	0.604
	وزن هزار دانه Thousand grain weight	0.047	0.015	0.233		
	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	-0.012	0.005	-0.129		

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- تجزیه علیت عملکرد دانه در لاین‌های دابل هاپلوئید جو تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی

Table 7- Path analysis of grain yield in barley doubled haploid lines under non-stress and water deficit stress conditions

شرایط Condition		تعداد دانه NG	وزن هزار دانه TGW	وزن هکتولیتر HW	همبستگی کل با عملکرد دانه Total correlation with grain yield
بدون تنش non-stress	تعداد دانهNG	**0.386**	0.166	0.090	0.643
	وزن هزار دانهTGW	0.185	**0.347**	0.121	0.654
	وزن هکتولیترHW	0.187	0.230	**0.185**	0.601
					Residual effect = 0.643

		طول پدانکل PL	تعداد سنبله NSP	تعداد دانه NG	وزن هکتولیتر HW	وزن هزار دانه TGW	
تنش کم آبی water deficit stress	طول پدانکلPL	**0.134**	0.038	0.066	0.160	0.127	0.527
	تعداد سنبلهNSP	-0.040	**-0.129**	-0.076	-0.086	-0.046	-0.378
	تعداد دانه NG	0.042	0.047	**0.208**	0.129	0.091	0.518
	وزن هکتولیترHW	0.063	0.032	0.079	**0.338**	0.175	0.689
	وزن هزار دانهTGW	0.073	0.025	0.081	0.254	**0.233**	0.667
							Residual effect = 0.620

اعداد روی قطر اصلی اثرات مستقیم می‌باشند.Values in main diagonal are direct effects

PL، NSP، NG، TGW و HW به ترتیب نشان دهنده: طول پدانکل، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر می‌باشند.

PL, NSP, NG, HW and TGW indicate; peduncle length, number of spikes per plot, hectoliter grain weight and thousand grain weight.

منابع مورد استفاده References

- Akash, M.W., A.M. Al-abdallat, H.M. Saoub, and J.Y. Ayad, 2009. Molecular and field comparison of selected barley cultivars for drought tolerance. *Journal of New Seeds*. 10(2): 98-111.
- Akcura, M., F. Partigoc, and Y. Kaya. 2011. Evaluation of drought stress tolerance based on selection indices in Turkish brad wheat landraces. *The Journal of Animal and Plant Science*. 21(4):700-709.
- Annan, K. 2001. Water for sustainable agriculture in developing regions-more crop for every scarce drop. Proceeding of Symposium. Japan, 27-28 Nov. pp. 132-133.
- Attarbashi, M.R., S. Galeshi, A. Soltani, and E. Zinali. 2002. Relationship of phenology and physiological traits with grain yield in wheat under rainfed conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 33(1): 21-28 (In Persian).
- Blum, A. 1988. Drought resistance. Pp. 43-76. In: Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Dewey, D.R., and K.H. Lu. 1959. Correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agronomy Journal*. 51: 515-518.

Archive of SID

www.SID.ir

- Dolatpanah, T., M. Roustaii, F. Ahakpaz, and N. Mohebalipour. 2013. Effect of drought stress on grain yield and yield components of winter and facultative barley genotypes in Maragheh Region. *Seed and Plant Improvement Journal*. 29(2): 257-275. (In Persian).
- Donaldson, E., W.F. Schillinger, and S.M. Dofing. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Crop Science*. 41: 100-106.
- FAO. 2013. FAOSTAT, http://faostat.fao.org/site/.
- Farshadfar, E., M.M. Pour Siahbidi, and A.R. Pour Aboughadareh. 2012. Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 4(13): 891-903.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of Symposium. Taiwan, 13-16 Aug. pp. 257-270.
- Garcia Del Moral, L.F., J.M. Ramos, M.B. Garcia Del Moral, and M.P. Jimenez-Tajeda. 1991. Ontogenetic approach to grain production analysis. *Crop Science*. 31: 1179-1185.
- Garcia Del Moral, L.F., J.M. Ramos, and L. Recalde. 1985. Relationships between vegetative growth, grain yield and grain protein content in six barley cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*. 65: 523-532.
- Guo, P.G., M. Baum, R.H. Li, S. Grando, R.K. Varshney, J. Valkoun, S. Ceccarelli, and A. Graner. 2007. Differentially expressed genes between two barley cultivars contrasting in drought tolerance. *Molecular Plant Breeding*. 5 (2): 181-183.
- Hamam, K.A.M. 2004. Improving crop varieties of spring barley for drought and heat tolerance with AB-QTL analysis. Ph.D. Thesis. Bonn, Germany.
- Hohm, R. 2000. Irrigation management of barley.available at:http://agric.aov.ab.ca /crop/barley.
- Jabbari, M., B.A. Siahsar, M. Ramroodi, Sh. Koohkan, and A. Zohfaghari. 2011. Correlation and path analysis of morphological traits associated with grain yield in drought stress and non-stress conditions in barley. *Agronomy Journal* (*Pajouhesh & Sazandegi*). 93: 112-119. (In Persian).
- Kabiri, R. and M. Naghizadeh. 2015. Exogenous Acetylsalicylic Acid Stimulates Physiological Changes to Improve Growth, Yield and Yield Components of Barley under Water Stress Condition. *Journal of Plant Physiology and Breeding*. 5 (1): 35-45.
- Khalili, M., A.R. Pour-Aboughadareh, M.R. Naghavi, and E. Mohammad-Amini. 2014. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 42(1): 214-218.
- Khan A.S., M.K.R. Khan, and T.M. Khan. 2005. Genetic analysis of plant height, grain yield and other traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 2: 129-132.
- Maldonado, C., F.A. Squeo, and E. Ibacache. 2003. Phenotypic response of *Lycopersicom chilense* to water deficit. *Revista Chilena De Historia Natural*. 76: 129-137.

Archive of SID

www.SID.ir

- Malek-Shahi, F., H. Dehghani, and B. Alizadeh. 2009. Study of drought tolerance indices in some cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science.* 48: 78-89.
- Mohammadi, A., E. Majidi, M.R. Bihamta, and H. Heidari Sharifabad. 2006. Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi*. 73:184-192. (In Persian).
- Naghavi, M.R, A.R. Pour-Aboughadareh, and M. Khalili. 2013. Evaluation of drought tolerance indices for screening some of corn (*Zea mays* L.) cultivars under environmental conditions. *Notulae Scientia Biologicae*. 5: 388-393.
- Nikkhah, H.R., M.H. Saberi, and M. Mahlouji. 2010. Study of effective traits on grain yield of two and six row barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12(2): 170-184. (In Persian).
- Nor-Mohamadi, G., A. Seiadat, and A. Kashani. 2001. Cereal Agronomy. Shahid Chamran University Publications. Ahvaz, Iran. (In Persian).
- Noroozi, M., and S.A.R. Kazemini. 2012. Effect of water stress and plant density on growth and seed yield of safflower. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(4): 781-788. (In Persian).
- Nouri-Ganbalani, A., G. Nouri-Ganbalani, and D. Hassan Panah. 2009. Effects of drought stress conditions on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 7: 228-234.
- Pour-Aboughadareh, A.R., M.R. Naghavi, and M. Khalili. 2013. Water deficit stress tolerance in some of barley genotypes and landraces under field conditions. *Notulae Scientia Biologicae*. 5(2): 249-255.
- Pospisilova, J., H. Synkova, and J. Rulcova. 2000. Cytokinins and water stress. *Biologia Plantarum*. 43(3): 321-328.
- Saba, J., M. Moghaddam, K. Ghassemi, and M.R. Nishabouri. 2001. Genetic properties of drought resistance indices. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 3: 43-49.
- Sharma, S.N., R.S. Sain, and R.K. Sharma. 2002. Gene system governing grain yield per spike in macaroni wheat. *Wheat Information Service*. 94: 14-18.
- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Postini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*. 98: 222-229.
- Vaezi, B., and A. Ahmadikhah. 2010. Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition. *Journal of Plant Production*. 17(1): 23-44. (In Persian).
- Winter, S.R., J.T. Musick, and K.B. Porter. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought resistant winter wheat. *Crop Science*. 28: 512-516.
- Xiong, L., and J.K. Zhu. 2002. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant, Cell and Environment*. 25: 131-139.

Archive of SID

www.SID.ir

Response of Barley Double Haploid Lines to the Grain Yield and Morphological Traits under Water Deficit Stress Conditions

Maroof Khalily[1*], Saeid Aharizad[2], and Alireza Poraboghadareh[3]

Received: March 2016, Revised: 17 July 2016, Accepted: 3 January 2017

Abstract

To study the relationships of grain yield and some of agro-morphological traits in 40 doubled haploid (DH) lines along with parental and three check genotypes in a randomized complete block design with two replications under two water regimes (normal and stress) were evaluated during 2011-2012 and 2012-2013 growing seasons. Combined analysis of variance showed significant difference for all the traits in terms of the year, water regimes, lines, and and line × year. Comparison of group means, between non-stress and stress conditions, showed that DH lines had the lowest reduction percentage for the number of grains per spike, thousand grain weight, grain yield and biological yield as opposed to check genotypes. The correlation between grain yield with biological yield, harvest index, thousand grain weight, and hectoliter of kernel weight in both conditions, were highly significant and positive. Based on stepwise regression the peduncle length, number of seeds per spike, thousand seed weight, and hectoliter of kernel weight had important effect on increasing seed yield. The result of path analysis showed that these traits had the highest direct effect on grain yield. Based on mean comparisons of morphological characters as well as STI and GMP indices it can be concluded that lines No.11, 13, 14, 24, 29, 30, 35 and 39 were distinguished to be desirable lines for grain yield and their related traits and also tolerant lines in terms of response to drought stress conditions.

Key words: Barley, Doubled haploid lines, Drought tolerance indices, Grain yield, Path analysis.

Archive of SID

1- Assistant Prof., Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
2- Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
3- Ph.D. Student, University of Qazvin Emam Khomeyni , Qazvin, Iran
**** Corresponding Author:*** *makhalily@yahoo.com*

www.SID.ir