شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/idaj.2019.126360.257

ارزیابی ژنوتیپ‌های جو براساس صفات مورفولوژیک و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

فرهاد آهک پز[۱]، ایرج برنوسی[۲*]، بابک عبدالهی[۲]، صابر گلکاری[۳] جعفر جعفرزاده[۳]، سریپادا یودوپا[۴]

۱-دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران/ موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳-موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۴- ایکاردا، رباط، مراکش

چکیده

اکثر مناطق تحت کشت جو در منطقه سرد و و نیمه خشک کشور قرار دارند، از اینرو دستیابی به ارقام پرمحصولی که ضمن سازگاری با شرایط آب و هوایی مناطق مختلف در مقابل تنش خشکی مقاوم باشند را ضروری می‌نماید. بدین منظور برخی صفات مورفولوژیکی مرتبط با عملکرد و تحمل تنش خشکی در ۱۰۸ لاین و رقم جو زراعی دیم و آبی در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که ارقام و لاین‌های مورد مطالعه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی با هم تفاوت معنی‌داری دارند. مهمترین صفات تأثیر گذار بر عملکرد دانه تحت شرایط دیم، صفات وزن هزاردانه، سطح سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ، قطر ساقه و طول سنبله اصلی و در شرایط آبیاری تکمیلی، وزن هزاردانه، سبزینگی در مرحله شیری و طول سنبله اصلی بود. همچنین با بررسی شاخص‌های تحمل خشکی مشخص شد که شاخص‌هایMP، GMP، STI، YI و SSPI بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشتند و براساس این شاخص‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تعداد ۲۵ ژنوتیپ مقاوم به خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: جو، شاخص‌های تحمل به خشکی، تجزیه و تحلیل چند متغیره

* نگارنده مسئول: *ibernosi@gmail.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۸

مقدمه

جو یکی از غلات مهم بوده و تولید سالانه آن در جهان ۱۵۶ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2015). کشورهای در حال توسعه حدود ۲۵ درصد از سطح زیر کشت جو را به خود اختصاص داده‌اند (Akar *et al*., 2003). با توجه به مقاومت جو نسبت به عوامل نامساعد محیطی از قبیل شوری، خشکی و زودرس بودن آن نسبت به گندم، همچنین سازگاری آن به شرایط دیم، معرفی ارقام جدید با سازگاری وسیع و دارای پایداری عملکرد ضرورت دارد (محلوجی و همکاران، ۱۳۸۷). در بیشتر مناطق بویژه در مناطق مدیترانه‌ای، کشت جو در مرحله پر شدن دانه با وقوع تنش خشکی همراه است (Gonzalez *et al*., 1999). از آنجائی که تولید این محصول با خشکی انتهای فصل و دمای بالا محدود می‌شود، بررسی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول با خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی برتر که در برابر تنش خشکی تحمل بالاتری دارند، ضروری است.

از اهداف به‌نژادی جو در مناطق خشک و نیمه خشک دستیابی به ارقامی است که تحت شرایط محدودیت آب و کم آبیاری تحمل بیشتری نشان داده و کاهش عملکرد کمتری داشته باشند. با دستیابی به چنین ارقامی می‌توان بازده عملکرد در شرایط خشک و نیمه خشک را افزایش داد و تا حد زیادی از اتلاف منابع آب جلوگیری نمود و در عین حال در شرایط محدودیت آب به عملکرد و کیفیت مناسبی دست یافت (Creissen *et al*., 2016; Austin, 1989). در بین تنش‌های غیرزنده، خشکی از لحاظ وقوع، شدت و طول دوره آن غیرقابل پیش بینی 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 به دلیل 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 بر اساس صفاتی که با مقاومت به خشکی مرتبط هستند، بتواند به طور غیر مستقیم منجر به افزایش عملکرد گردد (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 به خصوص در نسل‌های پیشرفته اصلاحی استفاده کرد. در جو تحت تنش خشکی بسیاری از صفات از قبیل

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد و وزن دانه در سنبله و تعداد سنبله بارور در گیاه دچار کاهش نسبی می‌گردند (Hamam, 2004; Pour-Aboughadareh *et al*., 2013; Akash *et al*., 2009; Guo *et al*., 2007; Samarah, 2005). 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. 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).

آکاش و همکاران (Akash *et al*., 2009) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های جو در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی نشان دادند که عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط تنش کمتر از شرایط بدون تنش خشکی است. به طوریکه 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 احمدی خواه (۲۰۱۰) در آزمایشی به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی و بررسی ارتباط صفات مورفوفیزیولوژیک با عملکرد دانه در ۱۲۵ لاین و رقم جو در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی گزارش کردند که ژنوتیپ‌ها از نظر اکثر صفات تفاوت معنی دار داشتند و بیشترین تأثیر تنش خشکی روی عملکرد و اجزای آن بود. کبیری و نقی زاده (۲۰۱۵) 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[1] برگ پرچم می‌شود.

صابری و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای بر اساس همبستگی صفات در شرایط نرمال و تنش خشکی در جو نشان دادند که خصوصیاتی از قبیل شاخص برداشت، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول ریشک، و وزن هزاردانه را می‌توان به عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در شرایط تنش و عدم تنش استفاده نمود. افضلی فر و همکاران (۱۳۹۰) در ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جو(*Hordeum spontaneum*) ایران نشان دادند که در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی تمام صفات مورد ارزیابی به غیر از صفت شاخص برداشت با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی دار هستند. در شرایط آبیاری مطلوب صفت ارتفاع بوته با صفات تعداد کل دانه، بیوماس و عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود. همبستگی صفت بیوماس و طول سنبله با عملکرد دانه نیز مثبت و معنی دار بود. صفت بیوماس در بین صفاتی که دارای همبستگی معنی دار با عملکرد دانه بودند، بیشترین ضریب همبستگی را نشان داد. در آن تحقیق با توجه به تجزیه رگرسیون گام به گام، صفات تعداد کل

[1] Guaiacol Peroxidase

دانه، بیوماس و ارتفاع گیاه به‌عنوان صفات موثر بر عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. نیک خواه و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه تحمل به تنش خشکی انتهای فصل در ژنوتیپ‌های جو و بررسی ارتباط بین صفات موثر بر عملکرد دانه با استفاده از تجزیه‌های همبستگی، رگرسیون و علیت نشان دادند که صفات تعداد روز تا ظهورسنبله، طول پدانکل و وزن هزار دانه علاوه بر این که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند، دارای بیشترین اثر مستقیم بر عمکرد دانه نیز بودند. عامر (۱۹۹۹) در تحقیقی نشان داد که عملکرد دانه در جو با تعداد پنجه‌های بارور همبستگی منفی و غیرمعنی دار ولی با وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه‌ها در یک سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. در مطالعه داداشی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از رگرسیون گام به گام سه صفت تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور و وزن هزار دانه وارد مدل رگرسیونی شدند و ۹۶ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه کردند. آقامیری و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات نشان دادند که در شرایط نرمال صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن صد دانه وارد مدل رگرسیونی می‌شوند و صفت عملکرد بیولوژیک به تنهایی ۹۹/۸۷ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. بر اساس نتایج تجزیه علیت نیز صفت عملکرد بیولوژیک دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه بود.

یکی از روش‌های معمول شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل جو بر اساس کارآیی عملکرد آنها تحت شرایط خشکی می‌باشد. از روش‌های دیگر می‌توان به بررسی شاخص‌های تحمل تنش اشاره کرد (Sharafi *et al.*, 2014). ارزیابی لاین‌های اصلاح شده در محیط‌های مختلف با سطوح تنش خشکی یکسان به اصلاح‌گر جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای نواحی مستعد کمک می‌کند (Raman *et al.*, 2012). شاخص مقاومت به خشکی، مقیاسی از خشکی را فراهم می‌کند که از آن برای غربال ژنوتیپ‌ها براساس میزان خسارت وارده به عملکرد تحت شرایط خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش استفاده می‌شود (Mitra, 2001).

در بررسی سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) که به منظور ارزیابی مقاومت به خشکی ۱۱ رقم گندم نان انجام شده بود، مشخص شد که انتخاب ارقام براساس شاخص تحمل (TOL) موجب کاهش عملکرد در شرایط نرمال می‌شود. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز توسط فرناندز برای شناسایی لاین‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شده است. محققین در بررسی این شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص‌ها در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، به شدت تنش و هدف از انتخاب بستگی دارد. شاخص حساسیت به تنش (SSI) برای اصلاح تحت تنش‌هایی با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتیکه شاخص‌های STI، MP و GMP برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد شده است. کرمی و

همکاران (۱۳۸۴) به منظور ارزیابی مقاومت به خشکی، ۸۶ ژنوتیپ جو را تحت شرایط فاریاب و دیم مورد بررسی قرار داده و شاخص‌های تحمل به خشکی از قبیل میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) ، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش(STI) بر مبنای عملکرد دانه تک بوته در شرایط آبی و دیم را محاسبه کردند. اختلاف بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه شاخص‌ها و عملکردهای آبی و دیم وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌ها بود. تحلیل همبستگی بین عملکرد دانه در تک بوته در شرایط آبی و دیم و شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که MP، GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌های جو می‌باشند. 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 به منظور بررسی ارتباط بین صفات زراعی و مورفولوژیک در ارقام و ژنوتیپ‌های جو و بررسی تحمل به تنش در ارقام مختلف با استفاده از شاخص‌های تحمل تحت دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در مرحله کاشت و پر شدن دانه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد دانه و تحمل تنش خشکی، تعداد ۱۰۸ لاین و رقم جو زراعی دیم و آبی شامل لاین‌های امیدبخش، ارقام داخلی، خارجی و برخی ژنوتیپ‌های بانک ژن مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر (جدول ۱)، در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار در دو شرایط دیم (بدون آبیاری) و آبیاری تکمیلی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور واقع در مراغه مورد بررسی قرار گرفتند. ابعاد کرت‌ها ۱/۲×۳ متر مربع (۶ خط ۳ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم بذر ۴۵۰ دانه در متر مربع) بود. از کل نیتروژن خالص مورد نیاز به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۲۵ کیلوگرم در پاییز و مابقی در بهار از منبع اوره تامین شد (فیضی اصل، ۱۳۹۶).

کاشت در نیمه اول مهر ماه انجام شد و در آزمایش آبیاری تکمیلی، مزرعه بلافاصله پس از کشت آبیاری گردید. به منظور تشخیص زمان آبیاری تکمیلی بعدی، در مراحل اوایل پنجه دهی (GS 21)، اوایل ساقه دهی (GS 32)، ظهور سنبله (GS 54)، گرده افشانی (GS 60) و پر شدن دانه (GS 73)، نمونه‌های خاک از اعماق ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری تهیه شد تا زمان و میزان آبیاری تکمیلی با توجه به نتایج اندازه‌گیری مقدار رطوبت خاک تعیین گردد. بر این اساس در شروع پر شدن دانه یا مرحله شیری، نیاز آبیاری بر اساس مقدار کمبود از ظرفیت زراعی (FC) تا عمق ۴۵ سانتی متری پروفیل خاک محاسبه و به میزان ۵۲ میلی‌متر تامین شد. شاخص نرمال‌شده تفاوت

پوشش گیاهی (NDVI [1]) در مراحل شروع ساقه دهی، شروع چکمه‌ای شدن یا بوتینگ[2]، مرحله شیری و مرحله خمیری نرم با استفده از دستگاه مادون قرمز گرین سیکر اندازه گیری شد. سایر صفات اندازه گیری شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، طول ساقه اصلی، سطح برگ پرچم، طول سنبله اصلی، طول پدانکل، طول میانگره اول، طول ریشک، وزن دانه در سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن هزار دانه، قطر ساقه و عملکرد دانه بودند.

به منظور بررسی ارتباط بین صفات همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی محاسبه شد. تجزیه رگرسیون گام به گام به منظور تشخیص بهترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط کشت دیم و آبیاری تکمیلی به طور جداگانه انجام گرفت و برای بررسی روابط علت و معلولی بین صفات، از تجزیه علیت استفاده شد (Dewey and Lu, 1959).

برای تعیین تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، شاخص عملکرد (YI)، خشکی نسبی (RDI)، پایداری عملکرد (YSI)، مقاومت به خشکی (DI)، تحمل غیر زیستی (ATI)، درصد حساسیت به تنش (SSPI) و میزان محصول محیط غیر تنش و تنش (SNPI) استفاده شد (جدول ۳). ابتدا برای تمامی ژنوتیپ‌ها مقادیر شاخص‌ها محاسبه شده و در مرحله بعد همبستگی بین این شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بدست آمد و بر اساس شاخص‌هایی که بیشترین میزان همبستگی را نشان دادند، ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی شناسایی شدند. در انتها نیز تجزیه به مولفه های اصلی براساس شاخص‌های محاسبه شده انجام گرفت و پلات حاصل براساس مولفه‌های بدست آمده ترسیم شده و ژنوتیپ‌های انتخابی مشخص شد. تجزیه‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS، SPSS، Meta-R و Excel انجام شدند.

براساس آمار هواشناسی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مجموع بارندگی پاییزه (۱۵۹/۱ میلی‌متر) برای سبز شدن بذور نسبتاکافی بوده و جوانه زنی با مشکلی مواجه نشد (جدول ۲). افت دمای هوا در آذر ماه به ۱۵- درجه سانتی‌گراد و کاهش آن در طول زمستان، به ۱۷/۵- درجه سانتی‌گراد باعث شد تا بوته‌ها در معرض سرمازدگی قرار گیرند. میزان بارندگی در طی زمستان نیز مناسب بود (۱۰۷/۵ میلی‌متر). در فروردین با وجود بارندگی مناسب (۸۸/۵ میلی‌متر)، سردی نسبی هواروی رشد بوته‌ها اثر گذاشت. البته در اثر بارندگی نسبتا کم در اردیبهشت ماه ژنوتیپ‌ها درمرحله گلدهی باتنش خشکی مواجه شدند. میزان مناسب بارندگی در خرداد (۵۶ میلی‌متر) باعث شد تا ژنوتیپ‌ها در اوایل مرحله دانه بندی با تنش خشکی مواجه نشوند ولی کاهش بارندگی در تیرماه و حدوث تنش خشکی انتهای فصل رشد، مراحل آخر دانه بندی و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه ژنوتیپ‌ها را تحت تاثیر قرار داد (محمودی، ۱۳۹۵).

[1] Normalized Different Vegetation Index

[2] Booting

جدول ۱: ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش

شماره ژنوتیپ	پدیگری یا کد	شماره ژنوتیپ	پدیگری یا کد	شماره ژنوتیپ	پدیگری یا کد
۱	Makouee (Star)	۳۷	Schuyler//Alpha/Durra/3/Radical IRB-003-004-OMh-Omh-OMh-Omh-1Mh	۷۳	71576
۲	Bahman (WA 2196-68/NY6005-18, F1//Scotia I)	۳۸	Uzno-Kazakestan/3/CWB117-5-9-5//YEA389-3/YEA475-4 ICBO3-1856-OAP-OMh-OMh-Omh-1Mh	۷۴	71608
۳	Bereke 54	۳۹	Fasih	۷۵	71657
۴	Radical/Birgit//Pamir-154	۴۰	Taram	۷۶	71663
۵	Michailo/Dobrinya	۴۱	Reyhan-03	۷۷	71850
۶	Bahtim 7DL/79-W40762//Deir Alla106	۴۲	Bulbul	۷۸	72113
۷	Michailo/K-096M3	۴۳	Dubrinia	۷۹	72295
۸	Pamir-168	۴۴	Dictoo	۸۰	72322
۹	Torsh/Legia	۴۵	Dayton/Runney	۸۱	72368
۱۰	Pamir 013/Sonata	۴۶	Sararood-1	۸۲	72439
۱۱	Ste/L.640//Hml-02/Arabi Abiad*2/3/1-BC-80593	۴۷	Nader	۸۳	72466
۱۲	Bereke-54/Alanda	۴۸	Radical	۸۴	72488
۱۳	L.1242/ZARJOW//LB.Iran/Una8 271//Gloria"S"/Com"S	۴۹	Cumra 2001	۸۵	72494
۱۴	Makouee/C.C89//Rihane"s"/3/Roho/Mazurka	۵۰	Efes98	۸۶	72522
۱۵	L.527/MB2367//(CI7117-9/DeirAlla106)/3/Beecher	۵۱	Cumhariyet50	۸۷	72524
۱۶	Zarjow/CM67/4/Schuyler/3/M.Rnb86.80/NB2905/L.527 LPD 92	۵۲	Catalhuyuk2001	۸۸	72550
۱۷	Schuyler/3/M.Rnb86.80/NB2905/ /L.527	۵۳	Keser	۸۹	72557
۱۸	Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/CWB117-77-9-7/4/Alpha/Durra// Antares/K2y63	۵۴	Sahand / Obruk-86 IRDBC05-06-188-OMH-OMh-OMh-OMH-5MH	۹۰	72562
۱۹	Bolgali/4/Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/CWB117-77-9-7	۵۵	Antares/Ky36-1294//Slrlcbh-0383 /3/ Sahand IRDBC05-06-295-OMH-OMh-OMh-OMH-4MH	۹۱	72602
۲۰	Gara arpa	۵۶	Yea168.4/Ywa605.5 Yea206-4A-3 // Dictoo IRDBC05-06-215-OMH-OMh-OMh-OMH-5MH	۹۲	72646
۲۱	Sahand	۵۷	Yea168.4/Ywa605.5 Yea206-4A-3 // Denmark IRDBC05-06-220-OMH-OMh-OMh-OMH-2MH	۹۳	72647
۲۲	Abidar	۵۸	ORZA96	۹۴	72653
۲۳	Ansar	۲۹	R018 UK	۹۵	72703
۲۴	Kuban-06	۶۰	PI-549081	۹۶	72726
۲۵	PAMIR-158/ZDM1454 ICBH95-0211-0AP-0Shi-0Shi-0Shi-5Shi	۶۱	PI-560331	۹۷	72472
۲۶	TOKAK//STEPTO/ANTARES	۶۲	C-25041//Yea168.4/Ywa605.5 Yea206-4A-3 IRB-07-029_0MH-0MH-0MH-0MH-5MH	۹۸	72482
۲۷	Uzno-Kazakastan/3/CWB117-77-9-7//Alpha/Durra	۶۳	Dayton/Ranney/4/K-88 M1/3/Rhn-03/lignee 640//ICB-107766 IRB-07-071_0MH-0MH-0MH-0MH-4MH	۹۹	72553

ادامه جدول ۱

شماره ژنوتیپ	پدیگری یا کد	شماره ژنوتیپ	پدیگری یا کد	شماره ژنوتیپ	پدیگری یا کد
۲۸	Orza-96/4/Tokak/3/CWB117-77-9-7//Alpha/Durra	۶۴	Zarjau/80-5151//DZ-40-66/3/Alanda ICB06-1897-29AP-0AP-0AP	۱۰۰	72704
۲۹	Roho/Masurka//ICB-103020/3/Alpha/Durra//Slr	۶۵	Hispanic/Sararood ICB06-2099-24AP-0AP-0AP	۱۰۱	72744
۳۰	ChiCm/An57//Albert/3/ICB-102379/4/GkOmega/5/Tokak ICB01-1743-OAP-OMh-4Mh-OMh	۶۶	Sahand/3/Alpha/Gumhuriyet//Sonja IRB-07-273_0MH-0MH-0MH-0MH-5MH	۱۰۲	72747
۳۱	Ste/Antares//YEA762-2/YEA605-5/3/Slr//Alpha/Durra ICB01-1402-OAP-OMh-1Mh-OMh	۶۷	Abidar/4/K-88 M1/3/Rhn-03/lignee 640//ICB-107766 IRB-07-278_0MH-0MH-0MH-0MH-5MH	۱۰۳	Obruk-86
۳۲	Sahand/C-25041 IRB-04-059-OMh-Omh-Omh-Omh-2Mh	۶۸	Icb-100059/3/Tipper/ICB-102854//Alpha/Durra IRB-07-285_0MH-0MH-0MH-0MH-4MH	۱۰۴	Star/4/M25-84/Attiki//Cr366-15-2/NopalS/3/Skorohod ICB06-1646-0AP-8AP-0AP
۳۳	ARM-ICB-123199/3/Zarjau/80-5151//Skorohod ICB04-1466-0AP-0Mh-Omh-Omh-1Mh	۶۹	71411	۱۰۵	Viringa'S'/Radical//Mattina ICB06-1675-0AP-8AP-0AP
۳۴	Yea168.4/Ywa605.5//Radical	۷۰	71411	۱۰۶	Kozir/Regina ICB06-1800-0AP-4AP-0AP
۳۵	Unknown-F6-88-9	۷۱	71426	۱۰۷	Alanda/Regina ICB06-1821-50AP-0AP-0AP
۳۶	Sahand/Radical IRB-003-003-OMh-Omh-OMh-Omh-2Mh	۷۲	71538	۱۰۸	Pamir-147/Sonata/8/Alpha/Durra/7/P101/5/3896/1-15/3/3896/28//584/28/4/5050/6/Tipper ICB06-2011-20AP-0AP-0AP

جدول ۲: آمار هواشناسی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

ماه	بارندگی میلی‌متر	حداقل دمای مطلق (سانتی‌گراد)	حداکثر دمای مطلق (سانتی‌گراد)	متوسط دما (سانتی‌گراد)	٪ رطوبت نسبی	متوسط دمای حداقل (سانتی‌گراد)	متوسط دمای حداکثر (سانتی‌گراد)
مهر	۲۷/۷	۰/۵	۲۹	۱۳/۵۳	۵۵/۹	۸/۲۲	۱۸/۸۴
آبان	۱۱۰/۹	-۵	۲۳/۲	۵/۴۵	۷۵/۲	۲/۲۵	۸/۶۲
آذر	۲۰/۵	-۱۵	۱۲/۴	-۱/۸	۶۹/۴	-۵/۲	۱/۵
دی	۲۰	-۱۶	۱۰/۶	-۳	۷۵/۹	-۵/۷	-۰/۳
بهمن	۲۲	-۱۷/۵	۱۳/۲	-۲	۶۶/۴	-۵/۸	۱/۸
اسفند	۶۵/۵	-۷	۱۶/۴	۴/۳	۶۴/۶	۰/۰۶	۸/۷
فروردین	۸۸/۵	-۵	۱۷/۶	۵/۴۸	۶۴/۵	۱/۲۷	۹/۷
اردیبهشت	۱۸/۲	۰	۲۶	۱۲/۶	۵۱/۳	۷	۱۸/۲
خرداد	۵۶	۴	۲۹/۸	۱۶/۶	۳۸/۲	۱۰/۱	۲۳
تیر	۵/۴	۱۲	۳۵/۶	۲۲/۵۳	۳۵/۲	۱۶/۳۷	۲۸/۶۵

جدول ۳: شاخص‌های مورد استفاده جهت بررسی مقاومت در ژنوتیپ‌ها

شاخص	منبع
$SSI=(1-Ys_i/Yp_i)/SI$, $SI=1-(Ys/Yp)$	(Fischer and Maurer, 1978)
$STI=(Yp_i)(Ys_i)/(Yp)^2$	(Fernandez, 1992)
$MP=(Ys_i+Yp_i)/2$	(Fernandez, 1992)
$ATI=(Yp_i/Ys_i)/(Yp/Ys)\times(\sqrt{Yp_i}\times\sqrt{Ys_i})$	(Moosavi *et al.,* 2008)
$GMP=\sqrt{Ys_i}\times Yp_i$	(Fernandez, 1992)
Tolerance =TOL=Yp -Ys	(Rosielle and Hamblin, 1981)
Yield stability index =$YSI=Ys_i/Yp_i$	(Bouslama and Schapaugh, 1984)
Relative drought index =$RDI=(Ys_i/Yp_i)/(Ys/Y\ p)$	(Fischer and Wood*.,* 1979)
Yield index =$YI=Ys_i/Ys$	(Gavuzzi *et al.,* 1997)
$DI=(Ys_i(Ys_i/Yp_i))/Ys$	Lan(1998)
Stress, non-stress production index =$SNPI=[(\sqrt{Yp_i}+\sqrt{Ys_i})/(\sqrt{Yp_i}-\sqrt{Ys_i})]*[\sqrt{Yp_i}\times\sqrt{Ys_i}\times\sqrt{Ys_i}]$	(Moosavi *et al.,* 2008)
Stress Susceptibility Percentage Index =$(SSPI)(Yp_i-Ys_i)/(2\times Yp\times 100)$	(Moosavi *et al.,* 2008)

Ys_i= ارزش میانگین ژنوتیپ i ام در شرایط دیم Yp_i= ارزش میانگین ژنوتیپ i ام در شرایط آبیاری تکمیلی

Ys= میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تحت دیم Yp= میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی

نتایج و بحث

تجزیه واریانس: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه نشان داد که بین دو محیط از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی غیر از طول میانگره اول، تعداد دانه در سنبله اصلی و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در اکثر صفات مورد بررسی آبیاری تکمیلی باعث افزایش میانگین صفات شد (بجز روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول ریشک). تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که ارقام و لاین‌های مورد مطالعه در هر دو شرایط دیم وآبیاری تکمیلی از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری دارند که این مسأله حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. نتایج مقایسه میانگین برای صفت عملکرد کل نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۵، ۴۰، ۵۶، ۱۹، ۲۱، ۵۷، ۷۷، ۳۳، ۲۳، ۷۳ و ۶۷ بود (جدول آورده نشده است).

تجزیه همبستگی: بر اساس نتایج تجزیه همبستگی بین صفات (جدول ۴)، در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بین عملکرد و سطح سبزینگی در مرحله شروع ساقه دهی، سطح سبزینگی در مرحله بوتینگ، طول سنبله اصلی و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین طول پدانکل و طول میانگره اول با عملکرد دانه همبستگی مثبت ولی غیرمعنی‌دار وجود داشت. نجیب و وانی (۲۰۰۴)، جوهری و همکاران (۲۰۱۱) و جباری و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی همبستگی بین صفات و عملکرد دانه جو نشان دادند که عملکرد دانه در جو با طول سنبله، طول پدانکل، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. همچنین در هر دو شرایط، بین

عملکرد و مساحت برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله اصلی و قطر ساقه همبستگی منفی معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). اکثر ژنوتیپ‌های این تحقیق مختص شرایط دیم هستند و در این شرایط لاین‌ها یا ارقام دارای برگ‌های باریک و با مساحت برگ کم قادر به تحمل بهتر خشکی بوده‌اند. همبستگی منفی و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله اصلی با نتایج سایر محققین (Jabbari *et al*., 2010; Karami *et al*, 2005; Najeeb *et al*, 2004) انطباق نداشت. در این تحقیق با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار تعداد دانه در سنبله با وزن هزار دانه و از طرف دیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن هزار دانه با عملکرد دانه، همبستگی منفی بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد توجیه می گردد. باید توجه داشت که بین اجزاء تشکیل دهنده عملکرد همبستگی منفی وجود دارد و با افزایش تعداد دانه به علت افزایش ظرفیت مخزن در مقابل مقدار ثابتی از مواد ذخیره ای، طبیعی است که در هر ظرفیت مخزن، مقدار کمتری ماده ذخیره شود. این نکته قابل توجه است که ماهیت روابط بین اجزاء صرفاً ژنتیکی نبوده و از محیطی به محیط دیگر تغییر می‌یابد و به همین خاطر در آزمایش‌ها نتایج متفاوت و ضد و نقیضی دیده می‌شود. در مقابل، همبستگی بین عملکرد با صفات سطح سبزینگی در مرحله شیری، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی در شرایط آبیاری تکمیلی مثبت و معنی‌دار بود ولی در شرایط دیم همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط آبیاری تکمیلی بر خلاف شرایط دیم، دیررسی نسبی ناشی از افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش آسیمیلات‌ها در ساقه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد نهایی دانه شود. از طرف دیگر همبستگی منفی هرچند غیر معنی‌دار عملکرد با تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیکی در این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط دیم و مواجه شدن گیاهان با تنش خشکی آخر فصل در مرحله پر شدن دانه، دیررسی باعث کاهش عملکرد می‌گردد. در شرایط دیم بین عملکرد و طول ساقه اصلی یا ارتفاع بوته همبستگی مثبت معنی‌دار و با وزن دانه در سنبله اصلی همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت که این همبستگی‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی مشاهده نشد (جدول ۴).

همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و ارتفاع گیاه مبین این است که ارقام پابلند خشکی را بهتر تحمل نموده و عملکرد بالاتری تحت شرایط دیم تولید می‌نمایند. پابلندی به‌عنوان صفتی مطلوب در شرایط خشکی در مطالعات قبلی گزارش شده است (زارع، ۱۳۹۶؛ پاک نژاد و همکاران، ۱۳۹۶؛ Siosemardeh *et al*., 2006; Zarei *et al*., 2013; Jabbari *et al*., 2010). به نظر می‌رسد که به دلیل افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های با ارتفاع بوته بلندتر دارای ظرفیت تولید و نگهداری مواد فتوسنتزی بیش‌تری باشند و این موضوع می‌تواند در شرایط تنش رطوبتی به انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر از منبع به مخزن کمک کرده و زمینه افزایش عملکرد دانه را فراهم آورد (حسین پور، ۱۳۹۱). ارتفاع بوته در زمان رسیدگی گیاه به‌عنوان یک عامل در

واکنش گیاه نسبت به تنش رطوبتی در نظر گرفته می‌شود (Innes *et al*., 1985). نقدی پور و همکاران (۲۰۱۱) و لیلاه و الخاطیب (۲۰۰۵) در بررسی روابط بین صفات در گندم بین عملکرد دانه با ارتفاع و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی گزارش نمودند که همسو با نتایج این تحقیق بود. وزن هزاردانه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با صفات مساحت برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن دانه در سنبله اصلی و قطر ساقه همبستگی منفی و معنی‌دار و با طول سنبله اصلی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد ولی با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی همبستگی منفی و با طول ساقه اصلی یا ارتفاع بوته و طول اولین میانگره همبستگی مثبت معنی‌دار تنها در شرایط دیم نشان داد. در شرایط آبیاری تکمیلی این همبستگی‌ها معنی‌دار نبودند و در این شرایط فقط طول پدانکل با وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. مورال و همکاران (۲۰۰۳) همبستگی منفی و معنی‌دار بین صفت وزن هزاردانه و وزن دانه در سنبله اصلی گندم را گزارش کردند و اظهار داشتند این مسئله مربوط به اثر جبرانی اجزای عملکرد بر روی یک‌دیگر است، که با افزایش تعداد دانه گیاه نمی‌تواند همه آن‌ها را پر کند، پس باعث چروکیده شدن و کاهش وزن دانه‌ها می‌شود و در شرایط تنش این پدیده شدیدتر است. همبستگی منفی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله اصلی با نتایج کرمی و همکاران (۲۰۰۵) و پلتونن سینیو و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. اثر جبرانی تعداد دانه و وزن دانه بستگی به شرایط محیطی غالب دارد و با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار این دو صفت با هم نمی‌توان این دو را با هم خیلی افزایش داد، زیرا با افزایش تعداد دانه در سنبله مواد پرورده کمتری در مقایسه با تعداد کمتر دانه در سنبله به دانه وارد می‌شود و این امر باعث کاهش وزن هزار دانه می‌گردد.در هر دو شرایط دیم و آبی، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن دانه در سنبله با صفت‌های میزان سبزینگی در مرحله شیری، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، مساحت برگ پرچم و قطر ساقه وجود داشت. این صفت در شرایط دیم نیز با میزان سبزینگی در مرحله شیری همبستگی مثبت معنی دار نشان داد ولی در شرایط آبیاری تکمیلی این همبستگی معنی‌دار نبود. طول ساقه اصلی در شرایط آبیاری تکمیلی با صفات میزان سبزینگی در چهار مرحله اندازه گیری و در شرایط دیم تنها با میزان سبزینگی در دو مرحله شروع ساقه دهی و شروع بوتینگ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴).

تجزیه رگرسیون و علیت: ازآنجایی‌که در رگرسیون چندگانه اثرات متقابل بین متغیرها وجود دارد، ممکن است یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار باشد، اما در کنار برخی دیگر از متغیرها معنی‌دار نباشد. به همین علت لازم است متغیرهای مهمی که تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دارند انتخاب شوند. در رگرسیون گام به گام می‌توان طی مراحلی نسبت به حذف یا افزودن متغیرها برای انتخاب مدل نهایی اقدام نمود (زینالی و همکاران ۲۰۰۴).

جدول-۴: همبستگی صفات عملکردی و فیزیولوژیکی تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

		NDVI (1)	NDVI (2)	NDVI (3)	NDVI (4)	DHE	DMA	FLA	MSL	PL	FIL	LS	GWS	NGS	AL	SW	TKW
NDVI(1)	DR	۱															
	CI	۱															
NDVI(2)	DR	۰/۴۲**	۱														
	CI	۰/۶**	۱														
NDVI(3)	DR	۰/۱۴	۰/۳۷**	۱													
	CI	۰/۴۲**	۰/۵۱**	۱													
NDVI(4)	DR	-۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۵**	۱												
	CI	۰/۲۶**	۰/۴۱**	۰/۴۵**	۱												
DHE	DR	-۰/۳**	-۰/۱	۰/۲۴*	۰/۳۶**	۱											
	CI	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۴۷**	۱											
DMA	DR	-۰/۳۳**	-۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۲۹**	۰/۸۵**	۱										
	CI	۰/۰۵	۰/۲۱*	۰/۱۹	۰/۴۷**	۰/۹۷**	۱										
FLA	DR	-۰/۳۱**	-۰/۲*	۰	۰/۱۶	۰/۴**	۰/۴۴**	۱									
	CI	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۳۳**	۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۱									
MSL	DR	۰/۳۶**	۰/۲۸**	۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۱۷	-۰/۲۳*	-۰/۲۶**	۱								
	CI	۰/۳۳**	۰/۲۵*	۰/۳۳**	۰/۲۸**	۰/۰۶	۰/۱۱	-۰/۰۴	۱								
PL	DR	-۰/۰۱	۰/۰۲	-۰/۱۱	-۰/۰۸	-۰/۴۲**	-۰/۳۴**	۰/۰۱	۰/۳۸**	۱							
	CI	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۲۱*	-۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۰۸	۰/۶۶**	۱							
FIL	DR	۰/۲۶**	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۳	-۰/۳۳**	-۰/۳۱**	-۰/۰۸	۰/۶**	۰/۴۶**	۱						
	CI	۰/۵۱**	۰/۴۲**	۰/۳۶**	۰/۱	-۰/۲۱*	-۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۳۹**	۰/۱۵	۱						
LS	DR	۰/۱۹*	۰/۴۲**	۰/۳۳**	۰/۱۶	-۰/۰۷	-۰/۱	-۰/۴۸**	۰/۴۹**	۰/۰۱	۰/۲۴*	۱					
	CI	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۲*	۰/۲۵**	۰/۲۸**	-۰/۵**	۰/۲۱*	۰/۱	۰/۰۸	۱					
GWS	DR	-۰/۲۱*	۰/۰۲	۰/۳۲**	۰/۳۲**	۰/۴۴**	۰/۳۸**	۰/۶۲**	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۷	۱				
	CI	-۰/۱	۰/۱۸	۰/۲۴*	۰/۰۹	۰/۲۹**	۰/۲۸**	۰/۴۶**	۰/۱۴	-۰/۰۵	-۰/۱	-۰/۱۶	۱				
NGS	DR	-۰/۲۸**	-۰/۰۹	۰/۲*	۰/۲۵*	۰/۵**	۰/۴۵**	۰/۷۳**	-۰/۰۱۷	-۰/۰۶	-۰/۱۳	-۰/۳۶**	۰/۹**	۱			
	CI	-۰/۲*	۰/۱	۰/۱۷	-۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۶**	-۰/۰۳	-۰/۱۷	-۰/۱۱	-۰/۴۴**	۰/۸۸**	۱			
AL	DR	-۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۳۶**	۰/۲۹**	-۰/۰۱	۰/۱۱	-۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۴۶**	۰/۱۱	-۰/۰۶	۱		
	CI	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۱	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۱۲	۰	۰/۴۹**	-۰/۰۱	-۰/۱	۱		
SW	DR	-۰/۲۱*	۰	۰/۱۸	۰/۲۴*	۰/۲۸**	۰/۲۸**	۰/۶۲**	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۷	-۰/۲*	۰/۷۲**	۰/۷۱**	۰/۰۵	۱	
	CI	-۰/۰۴	۰/۱	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱۱	۰/۵۱**	۰/۲۴*	۰/۱۸	-۰/۰۸	-۰/۲۳*	۰/۷۵**	۰/۷۳**	۰	۱	
TKW	DR	۰/۲۷**	۰/۲۱*	-۰/۰۶	-۰/۲*	-۰/۴**	-۰/۴۱**	-۰/۶۳**	۰/۴۴**	۰/۱۷	۰/۲۸**	۰/۶۱**	-۰/۵۴**	-۰/۸۱**	۰/۱۳	-۰/۵۱**	۱
	CI	۰/۱۷	-۰/۰۵	-۰/۱۳	۰/۰۹	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۶۷**	۰/۱۸	۰/۲۷**	۰/۰۹	۰/۵۷**	-۰/۵۸**	-۰/۸۴**	۰/۱۷	-۰/۵۴**	۱
Yield	DR	۰/۳۱**	۰/۳۹**	۰/۱۵	۰/۰۷	-۰/۱۱	-۰/۱	-۰/۵۷**	۰/۳۵**	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۵۹**	-۰/۳۸**	-۰/۵۹**	۰/۰۹	-۰/۴۶**	۰/۷۱**
	CI	۰/۲۸**	۰/۳۱**	۰/۲۴*	۰/۵۴**	۰/۳۵**	۰/۳۵**	-۰/۳۹**	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۵۱**	-۰/۰۸	-۰/۳۴**	۰/۱۷	-۰/۲۴*	۰/۴۷**

NDVI(1): سطح سبزینگی در مرحله شروع ساقه دهی، NDVI(2): سطح سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ NDVI(3): سطح سبزینگی در مرحله شیری ، NDVI(4): سطح سبزینگی در مرحله خمیری نرم ، DHE: تعداد روز تا ظهور سنبله، DMA: تاریخ تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، FLA: مساحت برگ پرچم، MSL: طول ساقه اصلی، PL: طول پدانکل، FIL: طول میانگره اول، LS: طول سنبله اصلی، GWS: وزن دانه در سنبله اصلی، NGS: تعداد دانه در سنبله اصلی، AI: طول ریشک، SW: قطر ساقه، TKW: وزن هزار دانه، Yield: عملکرد دانه DR: شرایط دیم، CI: شرایط آبیاری تکمیلی

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

البته صرفاً براساس تجزیه رگرسیون و همبستگی نمی‌توان شاخص انتخاب مناسب را معرفی نمود. بنابراین با بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات از طریق تجزیه علیت، اطلاعات دقیق‌تر و قابل قبول‌تری در این زمینه حاصل می‌شود. با استفاده از تجزیه علیت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد دانه به علت اثر مستقیم آن‌ها روی عملکرد دانه و یا در نتیجه اثر غیرمستقیم از طریق صفات دیگر است. قبل از تجزیه علیت با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام به گام سهم هر یک از صفات که بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشتند، مشخص شد (جدول۵). نتایج نشان داد که در شرایط دیم صفات وزن هزاردانه، سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ، قطر ساقه و طول سنبله اصلی بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشته و در حدود ۶۰ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در مقابل، در شرایط آبیاری تکمیلی صفات سبزینگی در مرحله شیری، وزن هزار دانه و طول سنبله اصلی بیشترین تاثیر را بر روی عملکرد دانه داشتند و در حدود ۵۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. تاثیر صفات وزن هزار دانه و طول سنبله با نتایج تحقیق حسین بابایی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت داشت.

جدول ۵: تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی برای عملکرد دانه با برخی از صفات عملکردی و مورفولوژیکی

شرایط آبیاری تکمیلی				شرایط دیم			
R^2 Adjust	R^2	میانگین مربعات	درجه آزادی	R^2 Adjust	R^2	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۴۹۷	۰/۵۱	۲۰۸۷۰۸۲۸/۴**	۳	۰/۵۸	۰/۶	۹۱۱۳۵۱۳/۳۶**	۴	رگرسیون
		۵۷۶۵۴۷/۱	۱۰۴			۲۳۸۶۲۷/۴	۱۰۳	باقیمانده

پارامترهای ورودی	ضریب رگرسیون	پارامترهای ورودی	ضریب رگرسیون
Contrast	-۱۲۴۱/۸۸۶±۶/۹۹	Contrast	-۲۹۹۳/۱۶**۸۴۹±/۷
وزن هزاردانه	۶۹/۷۱**۱۴±/۱۵	سطح سبزینگی در مرحله شیری	۷۳۴۰/۲**۱۱۱۱±/۵
سطح سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ	۳۱۴۷/۹**۱۰۴۷±/۹	وزن هزاردانه	۵۵/۶۴**۱۶±/۸
قطر ساقه	-۲۹۰۴/۴*۱۱۴۸±/۷	طول سنبله اصلی	۱۹۷/۰۵**۶۴±/۸
طول سنبله اصلی	۱۰۷/۱۷*۴۹±/۲۹		

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

نتایج حاصل از تجزیه علیت (جدول۶) نشان داد که در شرایط دیم صفت وزن هزاردانه بیشترین تأثیر مستقیم (۰/۴۵۲) را بر روی عملکرد دانه داشت. صفت سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ بعد از صفت وزن هزاردانه بیشترین اثر مستقیم (۰/۲۰۸) را بر روی عملکرد دانه داشت. در مرحله بعد صفت قطر ساقه بیشترین تاثیر مستقیم منفی (۰/۱۸۷-) را بر روی عملکرد دانه داشت. در شرایط کشت آبیاری تکمیلی (جدول ۷) صفت سبزینگی در مرحله شیری بیشترین تأثیر مستقیم

(۰/۴۶۳) را بر روی عملکرد دانه داشت. در مرحله بعد به ترتیب صفات وزن هزار دانه (۰/۲۷۷) و طول سنبله اصلی (۰/۲۵۹) بیشترین اثر مستقیم را به روی عملکرد دانه داشتند. از طرف دیگر، طول سنبله اصلی از طریق وزن هزاردانه بیشترین اثر غیر مستقیم مثبت را روی عملکرد نشان دادند.

مبصر و همکاران (۱۳۷۹) در بررسی تجزیه علیت برای عملکرد دانه در جو عنوان کردند که تعداد دانه در سنبله با اثرمستقیم ۱/۳۶ مهمترین جزء مؤثر بر عملکرد دانه به شمار می‌آید. همچنین اثر مستقیم تعداد سنبله در واحد سطح و وزن دانه را نیز مثبت گزارش کردند. میلومریکا و همکاران (Milomirka *et al.*, 2005) عملکرد بیولوژیک را دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت و تعداد دانه در سنبله را دارای بیشترین اثر غیر مستقیم بر عملکرد دانه دانستند. جباری و همکاران (Jabbari *et al*., 2011) نیز صفت طول سنبله را جزو تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه جو معرفی کردند.

جدول ۶: تجزیه علیت برای صفات عملکردی در شرایط دیم

صفت	طول سنبله اصلی	قطر ساقه	سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ	وزن هزاردانه	همبستگی با عملکرد
وزن هزاردانه	۰/۱۱۴۶۸	۰/۰۹۵۳۷	۰/۰۴۳۶۸	**(۰/٤۵۲)**	۰/۷۱
سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ	۰/۰۷۸۹۶	۰	**(۰/۲۰۸)**	۰/۰۹۴۹۲	۰/۳۹
قطر ساقه	−۰/۰۳۷۶	**(−۰/۱۸۷)**	۰	−۰/۲۳۰۵۲	−۰/۴۶
طول سنبله اصلی	**(۰/۱۸۸)**	۰/۰۳۷۴	۰/۰۸۷۳۶	۰/۲۷۵۷	۰/۵۹

جدول ۷: تجزیه علیت برای صفات عملکردی در شرایط آبیاری تکمیلی

صفت	طول سنبله اصلی	وزن هزاردانه	سبزینگی در مرحله شیری	همبستگی با عملکرد
سبزینگی در مرحله شیری	۰/۰۵۱۸	۰/۰۲۴۹۳	**(۰/٤۶۳)**	۰/۵۴
وزن هزاردانه	۰/۱۴۷۶	**(۰/۲۷۷)**	۰/۰۴۱۶۷	۰/۴۷
طول سنبله اصلی	**(۰/۲۵۹)**	۰/۱۵۷۹	۰/۰۹۲۶	۰/۵۱

با مقایسه نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت بین دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مشخص شد که در هر دو محیط صفات یکسانی صفات نهایی مدل بوده و بیشترین اثرات مستقیم و غیرمستقیم را بر روی عملکرد دانه داشتند. البته در شرایط دیم وجود صفت قطر ساقه قابل تامل است. این نتیجه می‌تواند اهمیت صفات مختلف را در شرایطی که گیاه با شرایط رطوبتی و کشت مختلف مواجه است، نشان دهد. لذا صفات مذکور در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش جهت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی می‌تواند موردتوجه قرار گیرند.

شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی: میزان حساسیت یا مقاومت به تنش خشکی یک ژنوتیپ اغلب از طریق اندازه گیری میزان افت عملکرد در شرایط تنش حاصل می‌شود و عموماً چندین شاخص برای ارزیابی میزان مقاومت ژنوتیپ‌ها در برابر خشکی وجود دارد (Mohammadi *et al*., 2011). مطابق تحقیقات ویسی مال‌امیری و همکاران (۱۳۸۹) برای ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های جو، شاخص تحمل خشکی (STI) برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش مطلوب می‌باشد. نظری و پاک نیت (۲۰۱۰) در ارزیابی تحمل در ارقام جو شاخص‌های MP، GMP، STI را به عنوان بهترین معیار برای ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش معرفی کردند. یوسفی آذر و رضایی (۱۳۸۶) از شاخص حساسیت به تنش در جو استفاده کرده و ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های مختلف بر اساس میزان عملکرد تولید شده از دامنه بزرگ به کوچک مرتب کرده و دریافتند که در بین ارقام چند ژنوتیپ نسبت به هر دو محیط تنش و بدون تنش از عملکرد پایدار و بالایی برخودار هستند. نظر به اینکه مقاومت به خشکی یک صفت پیچیده است و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، لذا قضاوت پیرامون ژنوتیپ‌ها از نظر یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است. بنابراین با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های کمی تحمل خشکی شاخص‌های مناسب انتخاب می‌گردند. در این آزمایش شاخص‌های MP، GMP، STI، YI و SSPI بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشتند. البته برای شاخص SNPI نیز در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی دار دیده شد ولی این همبستگی در شرایط آبیاری تکمیلی ضعیف‌تر بود (جدول ۸). این یافته‌ها با نتایج بدست آمده از تحقیقات محمدی و همکاران (۲۰۱۱)، گل آبادی و همکاران (۲۰۰۶) و انور و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. همبستگی بالا نشان دهنده توانایی این شاخص‌ها در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش است. لذا می‌توان شاخص‌های مذکور را به عنوان بهترین شاخص‌های ارزیابی تحمل تنش معرفی کرد. فرناندز (۱۹۹۲) اعلام کرد شاخص‌های GMPو STI همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارند، از این رو این شاخص‌ها ابزار مناسبی برای تخمین پایداری عملکرد و گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا هستند. ملکی و همکاران (۲۰۰۹) و ایلکر و همکاران (۲۰۱۱) شاخص‌های MP، GMP و STI را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در گندم معرفی کردند. انور و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و شاخص SSI وجود دارد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. نتایج مطالعات متعددی (Mirzova *et al*., 2016; Abou-Eleafa, 2016; Ahmed *et al*., 2016) نیز نشان می‌دهد که شاخص‌های STI ، MP وGMP بالاترین میزان همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش دارا

می‌باشد که با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد. زهراوی (۲۰۰۹) با کشت و ارزیابی ۳۶ ژنوتیپ جو اسپانتانئوم در شرایط شاهد و تنش خشکی، شاخص‌های تحمل به تنش را اندازه‌گیری کرده و شاخص STI را به عنوان یکی از مناسب‌ترین شاخص‌ها معرفی نمود.

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در دو شرایط محیطی و شاخص‌های ارزیابی تحمل و حساسیت به خشکی

	YS	YP	SSI	RDI	TOL	MP	STI	GMP	YI	YSI	DI	ATI	SSPI
Ys	۱												
Yp	۰/۶۶**	۱											
SSI	-۰/۳۴**	۰/۴۴**	۱										
RDI	۰/۳۴**	-۰/۴۴**	-۱	۱									
TOL	-۰/۰۶	۰/۷۱**	۰/۹**	-۰/۹**	۱								
MP	۰/۸۸**	۰/۹۴**	۰/۱۳	-۰/۱۳	۰/۴۳**	۱							
STI	۰/۹۲**	۰/۸۹**	۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۳۲**	۰/۹۹**	۱						
GMP	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۳۴**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱					
YI	۱	۰/۶۶**	-۰/۳۴**	-۰/۳۴**	-۰/۰۶	۰/۸۸**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۱				
YSI	۰/۳۴**	-۰/۴۴**	۱	۱	-۰/۹**	-۰/۱۳	۰/۰۲	-۰/۰۵	۰/۳۴**	۱			
DI	۰/۸۵**	۰/۲*	-۰/۷۶**	۰/۷۶**	-۰/۵۳**	۰/۵۲**	۰/۶**	۰/۵۹**	۰/۸۶**	۰/۷۶**	۱		
ATI	۰/۲۵*	۰/۸۸**	۰/۷۲**	-۰/۷۲**	۰/۹۴**	۰/۶۷**	۰/۵۹**	۰/۶**	۰/۲۵**	-۰/۷۲**	-۰/۲۵**	۱	
SSPI	۰/۶۶**	۱	۰/۴۴**	-۰/۴۴**	۰/۷۱**	۰/۹۴**	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۶۶**	-۰/۴۴**	۰/۲*	۰/۸۸**	۱
SNPI	۰/۸۱**	۰/۴۱**	-۰/۳۵**	۰/۳۵**	-۰/۲۲*	۰/۶۳**	۰/۶۷**	۰/۶۷**	۰/۸۱**	۰/۳۵**	۰/۷۸**	-۰/۰۲	۰/۴۱**

Ys: عملکرد در شرایط دیم، Yp: عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، RDI: شاخص خشکی نسبی، TOL: شاخص تحمل ، MP: شاخص بهره وری متوسط، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره وری، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص حساسیت به تنش، DI: شاخص مقاوت به خشکی، ATI: شاخص تحمل غیر زیستی، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش، SNPI: **شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش**

بر اساس شاخص‌های انتخابی با همبستگی بالا با عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، از بین ۱۰۸ رقم و ژنوتیپ مورد مطالعه می‌توان ارقام و لاین‌های مقاوم وحساس را انتخاب نموده و از آنها در برنامه‌های زراعی و اصلاحی استفاده نمود. بر این اساس از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تعداد ۲۵ رقم و لاین متحمل و ۱۹ رقم و لاین حساس به خشکی شناسایی شدند. از بین ارقام و لاین‌های متحمل می‌توان به ارقام سهند، انصار و آرتان (لاین PAMIR-158/ZDM1454) و لاین‌های Taram، Dayton/Runney، Keser، Cumhuriet50 و ۷۱۸۵۰ و از بین ارقام حساس می‌توان به Reyhan/03 و Michailo/Dobrinia و لاین‌های ۷۱۴۱۱ و ۷۰۵۳۸ اشاره کرد (جدول ۹).

تجزیه به مولفه اصلی با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی: از تجزیه به مولفه‌های اصلی بیشتر برای گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود و در حقیقت به‌عنوان مکمل تجزیه کلاستر است. در این روش، اولین مؤلفه بیشترین تغییرات را در بر می‌گیرد و بعد از آن بیشترین واریانس مربوط به مؤلفه دوم است و آخرین مؤلفه کمترین واریانس را دارد (Jackson, 1991). از تجزیه به

مؤلفه‌های اصلی جهت کاهش حجم متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه، تفسیر بهتر روابط و تعیین سهم صفات در تنوع کل استفاده می‌شود.

جدول۹: ارقام و لاین‌های انتخابی بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت در ارقام و لاین‌های جو

ژنوتیپ‌های حساس							ژنوتیپ‌های مقاوم						
YI	GMP	STI	MP	عملکرد آبیاری تکمیلی	عملکرد دیم	شماره ژنوتیپ	YI	GMP	STI	MP	عملکرد آبیاری تکمیلی	عملکرد دیم	شماره ژنوتیپ
۰/۷۷	۳۲۱۸/۵	۰/۳۹	۳۲۷۶/۷	۳۸۹۲	۲۶۶۲	٤	۱/۱	۳۲۱۸/۵	۱/۰۳	۵۵۲۵/۵	۷۲٤۳	۳۸۰۳	۱۹
۰/۷۱	۲۷۶۶/۷	۰/۲۸	۲۷۸٤/۳	۳۰۹۷	۲٤۷۲	۵	۱/۱۲	۵۱۹۶/٤	۱	۵٤۱۳/۲	۶۹۳۰	۳۸۹۷	۲۱
۰/۶۷	۳۲۳۹/۸	۰/۳۹	۳٤۱۸/۹	٤۵۱۱	۲۳۲۷	۶	۱/۲۹	۵۲۸۹/۶	۱/۰٤	۵۳۶۵	۶۲۶۱	٤٤۶۹	۲۳
۰/۶۶	۲۹٤۷/۳	۰/۳۲	۳۰۳۹/٤	۳۷۸۲	۲۲۹۷	۱۲	۱/۲۲	۵۱۷۲/۳	۰/۹۹	۵۲۷۵	۶۳۱۱	٤۲۳۹	۲۵
۰/۶۳	۲۵۱۳	۰/۲۳	۲۵۳۷	۲۸۸۵	۲۱۸۹	٤۱	۱/۲۶	۵۲۲۱/۳	۱/۰۱	۵۳۰۷/۹	۶۲۶۲	٤۳۵۳	۲۸
۰/۷۶	۳۲۵۷/۳	۰/۳۹	۳۳۲۹/۲	٤۰۱۷	۲۶٤۱	٤۳	۱/۱۸	۵۱۶۶/۸	۰/۹۹	۵۳۱۱/۵	۶۵٤۳	٤۰۷۰	۳۱
۰/۷۲	۳۱۰۷/۸	۰/۳۶	۳۱۸۶/٤	۳۸۹۰	۲٤۸۳	٤۶	۱/۳۵	۵۳۲۲/٤	۱/۰۵	۵۳۶۶/۵	۶۰۵۳	٤۶۸۰	۳۳
۰/۸٤	۳۱۲٤/۸	۰/۳۶	۳۱۳۳/٤	۳۳۶۵	۲۹۰۲	۶۰	۱/۲۲	٤۹۶۸/۵	۰/۹۲	۵۰۳۵	۵۸۵۱	٤۲۱۹	۳۵
۰/۶۷	۳۰۵۰/۹	۰/۳۵	۳۱۶۰/۹	۳۹۸۸	۲۳۳٤	۶٤	۱/۲	٤۹۶٤/٤	۰/۹۲	۵۰٤۵	۵۹٤۳	٤۱٤۷	۳۷
۰/۶٤	۲۵۸۶/٤	۰/۲۵	۲۶۱۷/۵	۳۰۲۰	۲۲۱۵	۷۰	۱/۲	۵۰۳۱	۰/۹٤	۵۱۲۵/۵	۶۱۰۵	٤۱٤۶	۳۹
۰/۸۶	۲۵٤۰/۲	۰/۲٤	۲۵۷۳/۳	۲۱۶۲	۲۹۸۵	۷۲	۱/۳۳	۵٤۸۲/۹	۱/۱۲	۵۵۶۲/۵	۶۵۰۰	٤۶۲۵	٤۰
۰/۶۸	۲۹۹۸/۹	۰/۳۳	۳۰۸۸/۱	۳۸۲۵	۲۳۵۱	۷۵	۱/۲۸	۵۵۷۵/۸	۱/۱۶	۵۷۲۱/۱	۷۰۰۲	٤٤٤۰	٤۵
۰/۶٤	۲۸۵٤/۹	۰/۳	۲۹٤۱/۳	۳۶٤۹	۲۲۳٤	۷۸	۱/۱۶	٤۹۵۷/۸	۰/۹۱	۵۰۶۷/۲	۶۱۱۵	٤۰۲۰	۵۱
۰/۷۸	۳۰۵۳/۸	۰/۳۵	۳۰۷٤/۹	۳٤۳۵	۲۷۱۵	۸۹	۱/۳۸	۵۲۳۸/۷	۱/۰۲	۵۲۵۸/۸	۵۷۱۹	٤۷۹۹	۵۳
۰/۹۲	۳۰۹۷/۷	۰/۳۶	۳۰۹۸/۷	۳۰۲۱	۳۱۷۶	۱۰۰	۱/۱۸	۵۱۶۶/٤	۰/۹۹	۵۳۰۲/٤	۶٤۹۵	٤۱۰۹	۵۵
۰/۶٤	۳۱۲۷/۵	۰/۳۶	۳۳۱۲/۸	٤٤۰۵	۲۲۲۱	۱۰۱	۱/۳۷	۵٤۸۳/٤	۱/۱۲	۵۵٤۰	۶۳۳۰	٤۷۵۰	۵۶
۰/۶۸	۲۳٤۳/۲	۰/۲	۲۳٤۳/۳	۲۳۲۲	۲۳۶۵	۱۰٤	۱/۲۲	۵۲۸۲/۵	۱/۰٤	۵٤۰۹/۷	۶۵۷۶	٤۲٤٤	۵۷
۰/۵۳	۲۱۷۶/۲	۰/۱۸	۲۲۱۰/۹	۲۶۰۱	۱۸۲۱	۱۰۵	۱/۲۵	۵۱٤۱/٤	۰/۹۸	۵۲۱۹/۶	۶۱۲۰	٤۳۱۹	۵۸
۰/۵۷	۲۶۰۸/۹	۰/۲۵	۲۷۰۵/۷	۳٤۲۳	۱۹۸۹	۱۰۷	۱/۱۶	٤۹۵۶/۵	۰/۹۱	۵۰۶۶/۹	۶۱۱۹	٤۰۱۵	۶۶
							۱/۲۵	۵۲۳۰/۸	۱/۰۲	۵۳۲۰	۶۲۹۰	٤۳۵۰	۶۷
							۱/۲۳	۵۲٤۳/۷	۱/۰۲	۵۳۵۲/۷	۶٤۲۸	٤۲۷۸	۷۳
							۱/۳۲	۵۳٤۳/۲	۱/۰۶	۵٤۰۸/۷	۶۲٤۸	٤۵۶۹	۷۷
							۱/۳	۵۱۵٤/۳	۰/۹۸	۵۱۹۲/۷	۵۸۹۳	٤٤۹۲	۸۵
							۱/۱٤	۵۰۰۹	۰/۹۳	۵۱۵۲/۸	۶۳۶۲	۳۹٤٤	۸۸
							۱/۲۷	٤۹۷۷	۰/۹۲	۵۰۱٤/۷	۵۶۲۹	٤٤۰۱	۱۰۳

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌ها نشان داد که ۹۶/۱ درصد از تغییرات کل، توسط دو مؤلفه اول توجیه می‌شوند. بر این اساس مؤلفه اول ۵۴/۵۵ درصد و مؤلفه دوم ۴۴/۵۵ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۰). مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت بالا برای شاخص‌های MP، STI، GMP، SSPI و عملکرد در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و مؤلفه دوم دارای ضرایب مثبت بالا برای شاخص‌های RDI، YSI و DI و ضریب منفی بالا برای شاخص‌های

SSI و TOL بود (جدول ۱۱). بنابراین گزینش بر مبنای مؤلفه اول ژنوتیپ‌هایی با مقادیر بالای MP، STI، GMP، SSPI و عملکرد بالا در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بدست خواهد داد. برعکس گزینش بر مبنای مؤلفه دوم ژنوتیپ‌هایی با مقادیری بالای RDI، YSI و DI و مقادیر پایین SSI و TOL به همراه خواهد داشت.

جدول ۱۰: واریانس مقادیر ویژه و درصد تجمعی مقادیر ویژه شاخص‌ها

عامل‌ها	درصد مقادیر ویژه از واریانس کل	درصد مقادیر تجمعی
PC1	۵۴/۵۵	۵۴/۵۵
PC2	۴۱/۵۵	۹۶/۱

جدول ۱۱: بردارهای ویژه دو مؤلفه اصلی اول و دوم و ضرایب تبیین شاخص‌ها در این مؤلفه‌ها

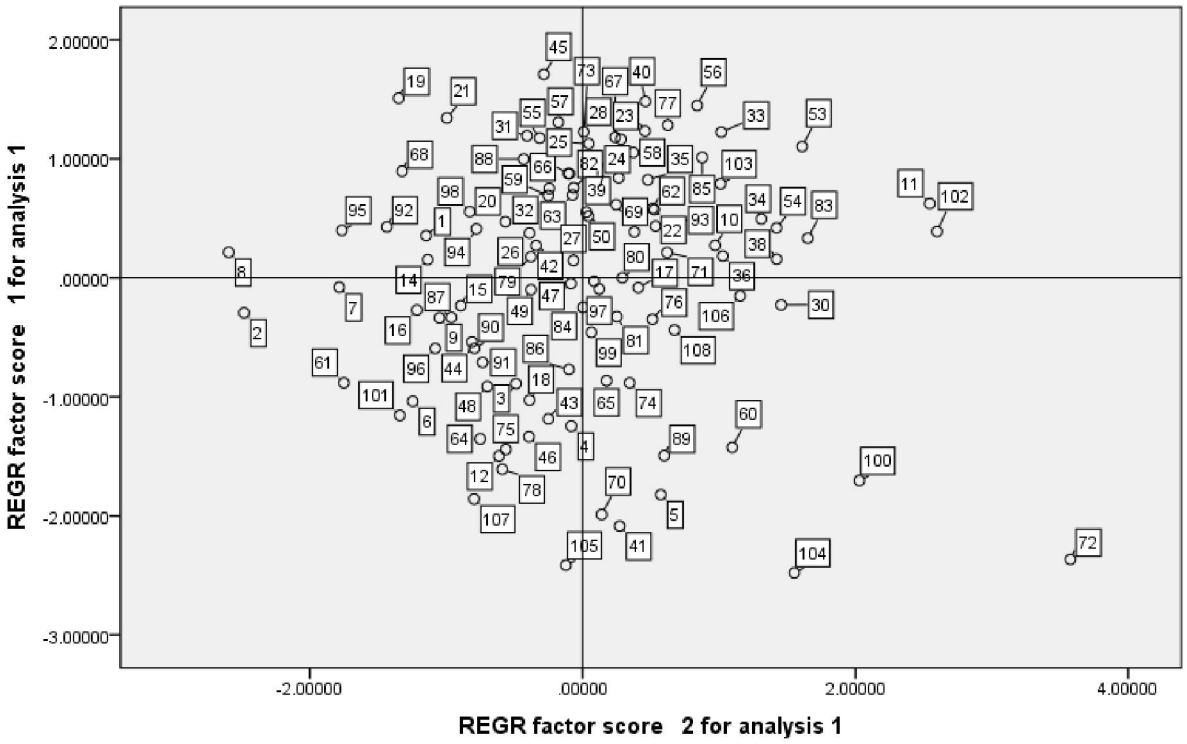
	YS	YP	SSI	RDI	TOL	MP	STI	GMP	YI	YSI	DI	ATI	SSPI	SNPI
PC1	۰/۸۶۵	۰/۹۴۸	۰/۱۵۷	-۰/۱۵۷	۰/۴۵۱	۰/۹۹۹	۰/۹۸۴	۰/۹۹۱	۰/۸۶۴	-۰/۱۵۷	۰/۴۹۴	۰/۶۸۷	۰/۹۴۸	۰/۶۳۷
PC2	۰/۴۹۵	-۰/۳۱	-۰/۹۶۸	۰/۹۶۹	-۰/۸۷۹	۰/۰۲۵	۰/۱۳۷	۰/۱۱۲	۰/۴۹۶	۰/۹۶۸	۰/۸۶۷	-۰/۶۸	-۰/۳۱	۰/۵۵

Ys: عملکرد در شرایط دیم، Yp: عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، RDI: شاخص خشکی نسبی، TOL: شاخص تحمل، MP: شاخص بهره وری متوسط، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره وری، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص حساسیت به تنش، DI: شاخص مقاوت به خشکی، ATI: شاخص تحمل غیر زیستی، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش، SNPI: شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش

وقتی‌که دو مؤلفه اصلی اولیه علت بیشتر واریانس موجود در داده‌ها هستند، تهیه نمودار داده‌ها در مقابل این دو مؤلفه اصلی روش خوبی برای گزینش ژنوتیپ‌ها خواهد بود. بر اساس پلات ترسیم‌شده بر مبنای مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۱)، از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های ۲۳، ۳۳، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۳، ۵۶، ۵۷، ۷۷، ۱۰۲ و ۱۳۳ در وضعیت بهتری از نظر این دو مولفه قرار داشته و می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مطرح باشند.

نتیجه گیری

در این پژوهش، بر اساس نتایج تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام وعلیت مهمترین صفات تأثیر گذار بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط دیم، صفات وزن هزار دانه، سبزینگی در مرحله شروع بوتینگ، قطر ساقه و طول سنبله اصلی و در شرایط آبیاری تکمیلی، وزن هزار دانه، سبزینگی در مرحله شیری و طول سنبله اصلی بود. همچنین با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی مشخص شد که شاخص‌های MP ، GMP، STI، YI و SSPI بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشتند. براساس این شاخص‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تعداد ۲۵ رقم و لاین متحمل و ۱۹ رقم و لاین حساس به خشکی شناسایی شدند.



شکل ۱: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های مقاومت به خشکی

منابع

افضلی فر امین، زهراوی مهدی، بی همتا محمدرضا. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپهای متحمل خشکی جو اسپانتانئوم ایران در منطقه کرج. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۷(۱): ۲۵-۴۴.

ایروانی محمد، سلوکی محمود، رضایی عبدالمجید، سیاسربراتعلی، کوهکن شیرعلی، ۱۳۸۷. بررسی تنوع و روابط میان صفات زراعی با عملکرد در لاینهای پیشرفته جو به کمک تجزیه عامل‌ها. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵): ۱۳۷-۱۴۵.

پاک نژاد فرزاد، فاطمی زینب، ایلکایی دهنو محمد نبی. ۱۳۹۶. بررسی اثر تنش آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ده رقم جو در منطقه کرج. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۰ (۳): ۳۹۱- ۴۰۱.

حسین بابایی عبدالله، اهری زاد سعید، محمدی سید ابوالقاسم، یارنیا مهرداد، نوروزی مجید. ۱۳۹۲. شناسایی صفات موثر بر عملکرد دانه در لاین‌های جو از طریق تجزیه علیت. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، ۵ (۱۱): ۴۹-۵۹

حسین پورطهماسب. ۱۳۹۱. ارزیابی روابط صفات زراعی با عملکرد دانه در ژنوتیپ های جو بدون پوشینه در شرایط دیم کوهدشت، ۱۴(۳). ۲۶۳-۲۷۹.

داداشی محمدرضا، نورینیا عباسعلی، مرتضی عسگر، عزیزی چاخرچمن شهرام. ۱۳۸۹. ارزیابی همبستگی تعدادی از خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارقام جو لخت با عملکرد دانه .مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علفهای هرز، ۴(۱۵): ۲۹-۴۰.

زارع مهدی. ۱۳۹۶. بررسی همبستگی فنوتیپی و تجزیه علیت صفات مختلف زراعی جو تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۲۸: ۶۰-۶۷.

سید آقامیری، سید محمد، مصطفوی خداد، محمدی علی. ۱۳۸۹. بررسی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو زراعی با استفاده از تجزیه علیت. پنجمین همایش ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد خوراسگان. اصفهان.

صابری اکبر، مصطفوی خداد، مهربان احمد. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر برخی از صفات مورفولوژیک در ارقام مختلف جو. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۱۲ (۴). ۹۱-۱۰۳.

فیضی اصل ولی. ۱۳۹۶. ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های جو دیم به مقادیر و زمان‌های مصرف نیتروژن. نشریه آب و خاک. ۳۱ (۲): ۴۹۰-۵۰۸ .

فیضی اصل ولی. ۱۳۹۳. مدیریت بهینه نیتروژن برای ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم با استفاده از نیتروژن- ۱۵. پایان نامه دکتری گروه آموزشی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ص ۲۶۷.

کرمی عزت، قنادها محمدرضا، نقوی محمدرضا، مردی محسن، ۱۳۸۴. ارزیابی مقاومت به خشکی در جو. مجله علوم کشاورزی، ۳۶(۳): ۵۴۷-۵۶۰.

مبصرصمد، نور محمدی قربان، کاشانی علی، مقدم محمد. ۱۳۷۹. تجزیه علیت برای عملکرد دانه در جو. مجله علوم زراعی ایران، ۲: ۱۸-۲۵.

محلوجی مهرداد، منوچهری وحید، جعفری علی. ۱۳۸۷. مشخصات ارقام تجاری جو رایج در استان اصفهان. نشریه تحقیقی ترویجی. واحد تولید برنامه‌های ترویجی و انتشارات فنی مدیریت آموزش و ترویج جهاد کشاورزی اصفهان.

محمودی حمید. ۱۳۹۵. گزارش وضعیت آب و هوایی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم کشور درسال زراعی۹۵-۹۴. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور.

نیک خواه حمیدرضا، صابری محمد حسین، محلوجی مهرداد. ۱۳۸۹. ارزیابی صفات موثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های جو(*Hordeum vulgare* L.) دو ردیفه و شش ردیفه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. مجله علوم زراعی ایران، ۱۲(۲): ۱۷۰-۱۸۴.

ویسی مال امیری ایمان، حق پرست رضا، آقائی سربزه مصطفی، فرشادفر عزت الله، رجبی رحمان. ۱۳۸۹ .ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص‌های تحمل به خشکی، مجله به نژادی نهال و بذر، ۲۶: ۴۳-۶۰.

یوسفی آذر معصومه، رضایی عبدالمجید. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های گندم .مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹۳۹-۹۹۸.

Abou-Elwafa SF. 2016. Association mapping for yield and yield-contributing traits in barley under drought conditions with genome-based SSR markers. Comptes Rendus Biologies 339(5):153-162.

Ahmed IM, Nadira UA, Zang G. Wu F. 2016. Exploration and Utilization of Drought-Tolerant Barley Germplasm.Exploration, Identification and Utilization of Barley Germplasm 115-152.

Akar T, Avci M, Dusunceli F. 2003. Barley: Post-Harvest Operations. In: Compendium on Postharvest Operations. Chapter XXXI. AGST/FAO.

Akash MW, Al-abdallat AM, Saoub HM, Ayad JY. 2009. Molecular and field comparison of selected barley cultivars for drought tolerance. *Journal of New Seeds*. 10(2): 98-111.

Amer FB. 1999. Genetic advance in grain yield of durum wheat under low rainfall condition. Rachis. 18 (1): 31-33.

Anwar J, M.Subhani G, Hussain M, Ahmad J, Hussain M, Munir M. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. Pak. J. Bot., 43(3): 1527-1530.

Austin RB. 1989. Maximising production in water- limited environments In: Baker FWG, (ed.), Drough resistance in cereal. pp: 13-26.

Blum A. 1988. Drought resistance. Pp. 43-76. In: Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Board JE, Kang MS, Harville BG. 1997. Path analyses identify indirect selection criteria for yield of late planted soybean. Crop Sci., 37:879-884.

Bouslama M, Schapaugh WT. 1984. Stress tolerance in soybean. Part. 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. In: Crop Sci., 24:933-937.

Creissen HE, Jorgensen TH, Brown JKM. 2016. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes. Crop Protection, 85:1-8.

Dewey DR, Lu KH. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed reduction. Agron. J., 51:515-518.

FAO. FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fernandes GC. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo CG, (ed). Proceedings of the International on Adaptation of Vegetables and other Food Crop to Temperature Water Stress, Taiwan, 13-18 August, 257-270.

Fischer A, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1- Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29:897-912.

Fischer RA, Wood T. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars III. Yield association with morphological traits. Aust. J. Agric. Res., 30:1001-1020.

Gavuzzi P, Rizza F, Palumbo M, Campaline RG, Ricciardi GL, Borghi B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Journal of Plant Science, 77:523-531.

Golabad M, Arzani A, Mirmohammadi maibody AM. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating population in durum wheat. African journal of agricultural research. 5:162-171.

Guo PG, Baum M, Li RH, Grando S, Varshney RK, Valkoun J, Ceccarelli S., Graner A. 2007. Differentially expressed genes between two barley cultivars contrasting in drought tolerance. Molecular Plant Breeding. 5(2):181-183.

Hamam KAM. 2004. Improving crop varieties of spring barley for drought and heat tolerance with AB-QTL analysis. Ph.D. Thesis. Bonn, Germany.

Ilker EO, Tatar F, Aykuttonk A. Tosun M. 2011. Determination of tolerance of some wheat genotype to past anthesis drought. Turkish journal of field crops, 16(1):59-63.

Innes P, Hoogendoorn J, Blackwell RD. 1985. Effects of differences in date of ear emergence and height on yield of winter wheat. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 105:543-549.

Jabbari M, Siahsar BA, Ramroodi M, Koohkan A, Zolfaghari F. 2011. Correlation and path analysis of morphological traits associated with grain yield in drought stress and non-stress conditions in barley agronomy. Journal Pajouhesh and Sazandegi, 93(1): 112-119.

Jackson JE. 1991. A user's guide to principal components. Wiley, New York.

Johari–Pirevatlou M, Maralian H. 2011. Evaluation of 10 wheat cultivars under water stress at Moghan (Iran) condition. African Journal of Biotechnology, 10:10900-10905.

Kabiri R, Naghizadeh M. 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.

Karami M, Bihamta MR, Naghavi R, Mardi M. 2005. Evaluation of drought tolerance in barley. Iranian Journal of Agricultural Science, 36:547-560 (In Persian).

Lan J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 7:85-87.

Leilah AA, Al-Khateeb AA. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions, Journal of Arid Environments, 61:483-496.

Milomirka Madic A, Paunovic A, Djurovic D, Knezevic D. 2005. Correlation and path coefficient analysis for yield and yield components in winter barley. Acta Agriculture. 20(1):3-9.

Mitra J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. Current Science, 80:758-763.

Mrizova K, Holaskova E, Oz MT, Jiskrova E, Frebort I, Galuszka P. 2016. Transgenic barley: A prospectivetool for biotechnology and agriculture. Biotechnology Advances, 32:137-157.

Mohammadi M, Karimizadeh R, Adibpour M. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dry land and supplemental irrigation conditions. Australian journal of crop science Ajcs, 5(4):487- 493.

Moosavi SS, Yazdi Samadi B, Naghavi MR, Zali AA, Dashti H, Pourshahbazi A. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert, 12:165-178.

Moral GLF, Rharrabti Y, Villegas D, Royo C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. Agronomy Journal, 95:266-274.

Najeeb S, Wani SA. 2004. Correlation and path analysis studies in barley (Hordeum vulgare L.). National Journal of Plant Improvement, 6 (2): 124-125.

Nazari L, Pakniat H. 2010. Assessment of drought tolerance in barley genotypes. Journal of Applied Sciences. 10(2):151-156.

Nor-Mohamadi G, Seiadat A, Kashani A. 2001. Cereal Agronomy. Shahid Chamran University Publications. Ahvaz, Iran. (In Persian).

Noroozi M, Kazemini SAR. 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).

Peltonen-Sainio P, Murinen S, Rajala A, Jauhiainen L. 2007. Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern conditions.

Pospisilova J, Synkova H, Rulcova J. 2000. Cytokinins and water stress. Biologia Plantarum. 43(3): 321-328.

Pour-Aboughadareh AR, Naghavi MR, Khalili M. 2013. Water deficit stress tolerance in some of barley genotypes and landraces under field conditions. Notulae Scientia Biologicae. 5(2): 249-255.

Raman A, Verulkar S., Mandal N. Variar M, Shukla V, Dwivedi J, Singh B, Singh O, Swain P, Mall A, Robin S, Chandrababu R, Jain A, Ram T, Hittalmani S, Haefele S, Piepho H, Kumar A. 2012. Drought yield index to select high yielding rice lines under different drought stressseverities. Rice, 5: 1-12.

Rosielle AA, Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci., 21:943-946.

Samarah NH. 2005. Effect of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy Sustain Development, 25:145-149.

Sharafi S, Ghassemi-Golezani K, Mohammadi S, Lak S, Sorkhy B. 2014. Evaluation of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) by drought tolerance indices and multivariate analysis. International Journal of Biociences, 4:117-129.

Siose Mardeh A, Ahmadi A, Postini K, Mohammadi V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research, 98: 222-229.

Vaezi B, Ahmadikhah A. 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 SR, Musick JT, Porter KB. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought resistant winter wheat. Crop Science. 28: 512-516.

Xiong L, Zhu JK. 2002. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant, Cell and Environment. 25: 131-139.

Zahravi M. 2009. Evaluation of Genotypes of Wild Barley (*Hordeum spontaneum*) Based on Drought Tolerance Indices. Seed and Plant Improvement Journal, 25: 533-549.

Zarei L, Cheghamirza K, Farshadfar E. 2013. Evaluation of grain yield and some agronomic characters in durum wheat ('*Triticum turgidum*' L.) Under rainfed conditions. Australian Journal of Crop Science, 7(5): 609-617.

DOI: 10.22092/idaj.2019.126360.257

Evaluation of barley genotypes based on morphological traits and drought tolerance indices under rainfed and supplementary irrigation conditions

Farhad Ahakpaz[1], Iraj Bernosi[2*], Babak Abdollahi[2], Saber Golkari[3], Jafar Jafarzadeh[3], Sripada Udupa[3]

1-PhD student of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran / Dryland Agricultural Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

2-Plant Breeding and Biotechnology Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

3- Dryland Agricultural Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

4-International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Rabat, Morocco

Abstract

The most of barley cultivation areas in Iran are located in cold, arid and semi-arid regions therefor, achiving to high yielding cultivars with appropriate adaptation to various climatic conditions and drought tolerance is necessary. For this purpose, some effective morphological traits on grain yield and drought tolerance were studied in 108 barley genotypes. The experiment conducted in alpha lattice design with two replications in two rainfed and irrigation conditions at Dryland Agricultural Research Institute (DARI) (Maragheh station) during 2015-2016. Analysis of variance showed there were significantly differences inall of the traits in rainfed and supplementary irrigation conditions. The most important traits affecting grain yield under rainfed conditions were thousand kernel weight, NDVI in booting stage, stem width and main spike length, and in supplementary irrigation conditions were thousand kernel weight, NDVI in milk development stage and main spike length. Drought tolerance indices also evaluated and MP, GMP, STI, YI, and SSPI indices had the highest correlation with grain yield in both conditions. Based on these indices, 25 drought tolerant genotypes were identified.

Keywords: barley, drought tolerance indices, multivariate analysis

* *Corresponding author: ibernosi@gmail.com* *Received: 2019/05/23* *Accepted: 2020/03/18*