تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۹۸۹-۱۰۰۲
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1429.1311

مقاله پژوهشی

گروه‌بندی اینبرد لاین‌های نوترکیب گندم نان ازنظر صفات فنولوژیک و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل

حمزه حمزه[۱]، علی اصغری[۲*]، سید ابوالقاسم محمدی[۳]، امید سفالیان[۲]، سلیمان محمدی[۴]

۱. بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان
۲. دانشیار، عضو هیئت‌علمی دانشگاه محقق اردبیل
۳. استاد، گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۱

چکیده

به‌منظور گروه‌بندی لاین‌های نوترکیب گندم نان ازنظر صفات فنولوژیک و تخصیص مواد فتوسنتزی، ۱۴۸ لاین اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین (Yecora Rojo و No. 49) در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار و در شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی انتهای فصل در دو سال زراعی ۹۳ و ۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندوآب و مهاباد مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بین دو شرایط نرمال رطوبتی و تنش کم‌آبی ازنظر روز تا سنبله‌دهی، انتقال مجدد، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار دیده شد. همچنین بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ازلحاظ کلیه صفات موردبررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. عملکرد دانه با روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط به ۴ گروه دسته‌بندی شدند به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های ۷، ۱۷، ۲۷، ۳۲، ۴۰، ۵۰، ۵۸، ۶۲، ۶۷، ۶۹، ۸۳، ۱۰۶، ۱۰۷ و ۱۳۸ در کلاستر شماره چهار قرار گرفتند که بالاترین مقادیر صفات فنولوژیک، تخصیص مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. همچنین در تجزیه به عامل‌ها، در هر دو شرایط چهار عامل وارد مدل شدند که در شرایط نرمال ۷۷/۸۵ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل ۶۸/۷۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند. با توجه به وجود تنوع ژنتیکی موجود در بین لاین‌ها ازلحاظ صفات موردبررسی و همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد، گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مذکور می‌تواند ما را در دست‌یابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول در هر دو شرایط یاری دهد.

***واژه‌های کلیدی*: انتقال مجدد، اینبرد لاین نوترکیب، کلاستر، گندم نان.**

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین گیاهانی است که با تأمین بیش از ۴۰ درصد کالری و ۵۰ درصد پروتئین موردنیاز، در جیره غذایی جامعه ایرانی از اهمیت بسزایی برخوردار است (Nouriyani, 2015). از طرف دیگر با توجه به اهمیت این گیاه در دنیا، بیشترین سطح کشت را در بین گیاهان زراعی را به خود اختصاص داده و درمجموع، میزان تولید گندم نان حدود ۶۲۰ میلیون تن در سال است (Nouriyani, 2015).

در میان عوامل محدودکننده عملکرد کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان

* نگارنده پاسخگو: علی اصغری. پست الکترونیک: ali_asgharii@yahoo.com

ازجمله ایران، از راه‌های مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Mirtaheri et al., 2009).

عملکرد دانه در گندم محصول پایانی فرآیند تولید مواد پرورده و مسیرهای مصرفی آن است، به‌طوری‌که میزان عملکرد دانه به تعادل بین جذب و ساخت مواد آلی در منابع و مصرف مخازن وابسته است و ممکن است به‌وسیله یکی از این دو، محدود شود. وزن دانه از سه منبع فتوسنتز جاری بعد از گرده‌افشانی، انتقال کربوهیدرات‌هایی که قبل از گرده‌افشانی در گیاه تولید و ذخیره‌شده و بعد از گرده‌افشانی به دانه منتقل می‌گردد که این فرآیند اصطلاحاً حرکت مجدد نامیده می‌شود و انتقال کربوهیدرات‌هایی که بعد از گرده‌افشانی و در دوره رشد بطئی دانه، یعنی دوره‌ای که آسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل‌شده، بیش از نیاز دانه‌ها بوده و بنابراین به‌صورت موقت در گیاه ذخیره می‌شوند، (این فرآیند را اصطلاحاً انتقال مجدد می‌نامند) تأمین می‌گردد. مجموع انتقال و حرکت مجدد، اصطلاحاً توزیع مجدد نامیده می‌شود (Ehdaie et al., 2008). در گندم پس از فتوسنتز جاری می‌توان به کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در بخش‌های رویشی (ازجمله ساقه) به‌عنوان منبع تأمین‌کننده کربوهیدرات‌های موردنیاز برای پر کردن دانه اشاره نمود (Ehdaie et al., 2008) که جزء کربوهیدرات‌های غیر ساختاری محسوب می‌شوند و در حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل وزن خشک ساقه را تشکیل می‌دهند (Savic et al., 2012).

یکی از روش‌های تجزیه‌وتحلیل چند متغیره، تجزیه به عامل‌ها است که حالتی تعمیم‌یافته از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است ولی برخلاف آن، بر مبنای یک مدل نسبتاً ویژه‌ی آماری استوار است. در این روش هدف اصلی توضیح رابطه بین متغیرها از طریق تعداد کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده تحت عنوان عامل‌ها و درعین‌حال کاهش حجم داده‌ها است. در چنین شرایطی، عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن همبستگی بین صفات می‌شوند، شناسایی گردیده و بر اساس آن‌ها متغیرها به گروه‌هایی با همبستگی درون‌گروهی بالا دسته‌بندی می‌شوند (Farshadfar, 2005). تجزیه خوشه‌ای نیز یکی از روش‌های آماری برای بررسی تنوع ژنتیکی در بین واریته‌های مختلف است که از آن برای گروه‌بندی صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره برای بهنژادگران گندم می‌تواند دارای ارزش کاربردی باشد. از این نظر که ممکن است ژنوتیپ‌ها بسته به هدف به نژادی از کلاسترهای مختلف انتخاب شود (Romesburg, 1990). آقایی و همکاران (Aghai et al., 2015) در مقایسهٔ عملکرد و سایر صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم در منطقهٔ اصفهان با انجام تجزیه خوشه‌ای ۲۰ ژنوتیپ موردنظر را به سه گروه دسته‌بندی نمودند همچنین با انجام تجزیه به عامل‌ها دو عامل را شناسایی کردند که بیش از ۶۷ درصد از واریانس بین لاین‌ها را توجیه کردند. تقی زاده‌گان و همکاران (Taqi Zadeghan et al., 2015) با انجام تجزیه خوشه‌ای به روش وارد لاین‌های موردمطالعه را به چهار گروه تقسیم‌بندی کردند و با انجام تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل مهم را که در حدود ۸۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کرد شناسایی کردند. حمزه و همکاران (Hamza et al., 2017) در گروه‌بندی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم بهاره ازلحاظ برخی صفات زراعی با استفاده از تحلیل عامل‌ها چهار عامل را شناسایی نمودند که ۷۵/۰۴ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند. همچنین با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها به ۴ گروه تقسیم نمودند. نخعی بدرآبادی (Nakhaeei BadrAbadi et al., 2013) در تعیین روابط بین انتقال ماده خشک و برخی صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های جو به کمک تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط تنش کم‌آبی اظهار داشتند صفات مربوط به انتقال مجدد می‌توانند شاخصه‌ای مهم برای ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط تنش خشکی به‌حساب آیند. با توجه به موارد ذکرشده تحقیق حاضر به‌منظور گروه‌بندی اینبرد لاین‌های نوترکیب گندم نان ازلحاظ صفات فنولوژیک و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی انتهای فصل انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورداستفاده شامل ۱۴۸ لاین اینبرد نوترکیب گندم نان بهاره حاصل از تلاقی رقم Yecora Rojo (زودرس و پاکوتاه به‌عنوان والد پدری با منشأ امریکا ۱۴۹) و ژنوتیپ No. 49 (دیررس و پابلند به‌عنوان والد مادری با منشأ سیستان و بلوچستان) به همراه والدین بود (Ehdaie et al., 2016). جمعیت مذکور در دانشگاه ریورساید تولید و از طریق قطب علمی اصلاح مولکولی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در اختیار این پژوهش قرار داده شد. ژنوتیپ‌های موردمطالعه

در مزرعه منابع طبیعی مهاباد و ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در سال‌های زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ کشت شدند. این دو منطقه بر اساس طبقه‌بندی دو مارتن، به ترتیب جزو مناطق نیمه‌خشک کشور طبقه‌بندی شده‌اند. به‌منظور تعیین عناصر ریزمغذی و ماکرو از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و پس از تهیه نمونه مرکب، عناصر ماکرو و میکرو اندازه‌گیری و بافت خاک نیز تعیین گردید. عملیات کاشت پس از انجام شخم و دیسک زنی در اوایل فروردین انجام گرفت. هر لاین در کرت‌های دو ردیفی به طول ۲/۵ متر و فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع کشت شد. در دو طرف هر کرت آزمایشی یک ردیف به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. قبل از کاشت ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل و در طول آزمایش کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس نتایج آزمون خاک و در سه مرحله به زمین داده شد. طی مراحل رشد گیاه مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. آبیاری در تیمارهای تنش و بدون تنش تا مرحله ظهور سنبله، بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، بسته به دما و میزان تبخیر و تعرق انجام گرفت. برای اعمال تنش کم‌آبی، در مرحله ظهور سنبله، در تیمار تنش، آبیاری قطع شد ولی در آزمایش بدون تنش تا زمان رسیدگی آبیاری ادامه یافت. کلیه مراقبت‌های زراعی به‌طور یکسان برای همه لاین‌ها انجام شد.

در این مطالعه صفات فنولوژیک شامل تعداد روز از کاشت تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پر شدن دانه (Aharizad et al., 2012) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با تخصیص مواد فتوسنتزی نمونه‌گیری در مرحله قبل از گلدهی انجام شد به‌طوری‌که از هر لاین ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی و نمونه‌ها از سطح خاک قطع‌شده و در داخل پاکت پلاستیکی قرار گرفت و سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه برگ، ساقه و سنبله هر نمونه جداشده و برای تعیین وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از بیرون آوردن نمونه‌ها از آون با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شدند و به‌عنوان میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، ساقه و سنبله در نظر گرفته شدند (Rizzalli et al., 2002).

شاخص‌های زیر بر اساس معادله‌های پاپاکوستا و گاگیاناس (Papakosta and Gayians, 1991) محاسبه شد:

میزان ماده خشک انتقال‌یافته = ماده خشک در مرحله گلدهی- ماده خشک (ساقه+ برگ+ پوشال) در مرحله رسیدگی [۱]

سهم انتقال مجدد ماده خشک (درصد) = (ماده خشک انتقال‌یافته/عملکرد دانه) × ۱۰۰ [۲]

تجزیه‌های آماری

تجزیه واریانس ساده و تجزیه واریانس مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری مفروضات بر اساس داده‌های دو سال و دو مکان با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.2 انجام شد. برای مطالعه روابط بین صفات و هم‌چنین گروه‌بندی لاین‌های موردمطالعه از روش تجزیه به عامل‌ها با چرخش واریماکس (به کمک نرم‌افزار SPSS) استفاده شد. جهت انتخاب تعداد عامل‌ها در ضمن استفاده از نمودار اسکری پلات، مؤلفه‌هایی که ریشه مشخصه (مقدار ویژه) بالاتر از یک و یا نزدیک به یک داشتند و در ضمن حدود ۸۰٪ واریانس متغیرهای اولیه را بیان کردند، انتخاب شدند. هم‌چنین، جهت گروه‌بندی لاین‌ها از تجزیه خوشه‌ای با روش حداقل واریانس Ward در نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

پس از تأیید نرمال بودن توزیع خطاها، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و اثر افزایشی بلوک با تیمار که به ترتیب به کمک آزمون شاپیرو- ویلک[1]، توزیع باقیمانده و آزمون غیر افزایشی توکی صورت گرفت، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام گرفت (جدول ۱). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها بین دو سال آزمایش از روز تا سنبله‌دهی، عملکرد دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. وجود این اختلاف معنی‌دار احتمالاً به دلیل شرایط آب و هوایی متفاوت و هم‌چنین شرایط متفاوت زمین و خاک محل آزمایش در دو سال اجرای آزمایش باشد. اثر مکان نیز بر تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه معنی‌دار بود. بین دو شرایط نرمال رطوبتی و تنش کم‌آبی ازنظر روز تا سنبله‌دهی، انتقال

[1]. Shapiro-Wilk

مجدد، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار دیده شد. اثر متقابل سال و مکان تنها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل سال در شرایط بر صفات روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه میزان انتقال مجدد و عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل مکان در شرایط بر روز تا گلدهی معنی‌دار بود. بین ۱۵۰ ژنوتیپ موردبررسی ازلحاظ کلیه صفات اختلاف معنی‌دار دیده شد؛ بنابراین، تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ازنظر کلیه صفات وجود داشت که می‌توان از این تنوع در برنامه‌های گزینش برای بهبود صفات زراعی بهره‌برداری کرد. حمزه و همکاران (Hamze et al., 2008) بین ژنوتیپ‌های F3 حاصل از تلاقی دو والد سرداری و SON64 ازنظر صفات فنولوژیک و تخصیص مواد فتوسنتزی اختلاف معنی‌دار مشاهده نمودند. رضایی مرادعلی و همکاران (Rezaei Morad Aali et al., 2013) در مطالعه اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ازلحاظ عملکرد دانه، میزان انتقال مجدد، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند.

اثر متقابل ژنوتیپ در سال بر کلیه صفات موردبررسی به‌غیراز صفات تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در مکان نیز بر روز تا گلدهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در شرایط نیز بر کلیه صفات موردبررسی به‌غیراز تخصیص مواد

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب صفات موردمطالعه در ۱۴۸ اینبرد لاین نوترکیب حاصل از تلاقی دو والد (Yecora Rojo × No. 49) در دو سال، دو مکان و دو شرایط رطوبتی

Table 1. Mean squares of the studied traits in148 recombinant inbred lines derived from the cross of two parents (Yecora Rojo × No. 49) in two places, two-year and two moisture condition

			Mean of Squares		میانگین مربعات	
SOV	منابع تغییر	درجه آزادی Df	روز تا سنبله‌دهی Day to Heading	روز تا رسیدگی Day to mature	طول دوره پر شدن Grain filing period	عملکرد دانه Grain yield
Year (Y)	سال	1	172.11**	379.01^{ns}	40.31^{ns}	99561.61**
Location (L)	مکان	1	1.44^{ns}	1.03^{ns}	4.92^{ns}	2001.18**
Conditions (C)	شرایط	1	9.74*	399.70^{ns}	534.25^{ns}	286961.6**
Y×L	سال × مکان	1	1.01^{ns}	30.83^{ns}	31.98^{ns}	1837.63**
Y×C	سال × شرایط	1	2.86^{ns}	294444.29*	28865.74*	6927.71**
L×C	مکان × شرایط	1	15.50**	2532.0^{ns}	2151.25^{ns}	0.37^{ns}
C×L×Y	سال × مکان × شرایط	1	0.15^{ns}	15653.33^{ns}	15556.3^{ns}	0.38^{ns}
E_1	خطای ۱	149	0.89	3132.49	2170.10	30.61
G	ژنوتیپ	149	75.97**	70.05**	56.48**	858.59**
Y×G	ژنوتیپ × سال	149	17.69**	16.65**	30.65**	824.13**
L×G	ژنوتیپ × مکان	149	1.86**	6.34^{ns}	10.25^{ns}	37.19**
C×G	ژنوتیپ × شرایط	149	12.26**	20.25**	19.25**	202.02**
L×Y×G	ژنوتیپ ×مکان × سال	149	0.57**	3.24^{ns}	2.87^{ns}	40.38**
C×Y ×G	ژنوتیپ × شرایط × سال	149	1.50**	18.31**	18.43**	187.13**
L×Y ×G	ژنوتیپ × شرایط × مکان	149	1.21**	11.81^{ns}	11.40^{ns}	30.98^{ns}
Y×C ×L× G	ژنوتیپ × سال × شرایط × مکان	149	0.41^{ns}	13.21*	12.85^{ns}	33.10^{ns}
E_2	خطای ۲	1191	0.39	10.32	10.68	26.82

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

Ns, * and **: no Significant, Significant at 5% and 1% levels probability, respectively

جدول ۱. ادامه

Table 1. Continued

			میانگین مربعات Mean of Squares				
SOV	منابع تغییر	درجه آزادی Df	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ Leaf partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه Steam partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله Spike partitioning	انتقال مجدد Remobil-ization	سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه Remobilization portion
Year (Y)	سال	1	0.45^{ns}	20.18^{ns}	0.71*	146.67**	2.42**
Location (L)	مکان	1	0.002^{ns}	3.50^{ns}	0.75*	1.52^{ns}	0.28*
Conditions (C)	شرایط	1	2.52^{ns}	3.76^{ns}	0.12^{ns}	10.50**	8.46**
Y×L	سال × مکان	1	0.66^{ns}	4.47^{ns}	0.01^{ns}	0.05^{ns}	0.07^{ns}
Y×C	سال × شرایط	1	1.80^{ns}	2.58^{ns}	0.007^{ns}	7.16**	0.08^{ns}
L×C	مکان × شرایط	1	0.017^{ns}	0.32^{ns}	0.04^{ns}	0.0001^{ns}	0.05^{ns}
C×L×Y	سال × مکان × شرایط	1	0.25^{ns}	1.71^{ns}	0.005^{ns}	0.21^{ns}	0.001^{ns}
E_1	خطای ۱	149	0.60	5.36	0.11	0.48	0.04
G	ژنوتیپ	149	0.32**	0.21**	0.18**	0.27**	0.021**
G×Y	ژنوتیپ × سال	149	0.006^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.03^{ns}	0.022**
G×L	ژنوتیپ × مکان	149	0.02^{ns}	0.05^{ns}	0.12**	0.03^{ns}	0.004^{ns}
G×C	ژنوتیپ × شرایط	149	0.02^{ns}	0.15*	0.01^{ns}	0.04**	0.011**
L×Y×G	ژنوتیپ ×مکان × سال	149	0.03*	0.155**	0.04^{ns}	0.051**	0.005*
C×Y ×G	ژنوتیپ × شرایط × سال	149	0.04**	0.07^{ns}	0.03^{ns}	0.054**	0.011**
L×Y ×G	ژنوتیپ × شرایط × مکان	149	0.04**	0.12^{ns}	0.07^{ns}	0.059**	0.006**
Y×C ×L× G	ژنوتیپ × سال × شرایط × مکان	149	0.02^{ns}	0.12^{ns}	0.03^{ns}	0.02^{ns}	0.003^{ns}
E_2	خطای ۲	1191	0.03	0.11	0.06	0.032	0.004

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

Ns, * and **: no Significant, Significant at 5% and 1% levels probability, respectively

فتوسنتزی به برگ و سنبله معنی‌دار بود. وجود چنین اثر متقابلی برای اکثر صفات موردبررسی بیانگر این واقعیت است که ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی به محیط‌های آزمایشی انجام داده‌اند و امکان مقایسه لاین‌ها در متوسط شرایط وجود ندارد (Aharizad et al., 2012)؛ بنابراین در مطالعه حاضر کلیه تجزیه‌ها برای دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی انتهای فصل به‌صورت مجزا انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد که اثر متقابل سه‌جانبه ژنوتیپ × مکان × سال بر کلیه صفات موردبررسی به‌غیراز روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه و تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌جانبه ژنوتیپ × شرایط × سال نیز بر کلیه صفات تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌جانبه ژنوتیپ × شرایط × مکان نیز بر روز تا گلدهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ و میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در عملکرد معنی‌دار بود.

همبستگی بین صفات

بر اساس نتایج جدول همبستگی بین صفات (جدول۲) تحت شرایط نرمال رطوبتی و تنش کم‌آبی بین صفت عملکرد دانه و صفات روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. لازم به ذکر است که در شرایط نرمال رطوبتی همبستگی عملکرد دانه با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک مثبت و معنی‌دار و شرایط تنش کم‌آبی با سهم انتقال مجدد در عملکرد منفی و معنی‌دار بود. وجود ارتباط مثبت بین روز تا سنبله‌دهی و عملکرد دانه بیانگر این است که با افزایش تعداد روزها تا سنبله‌دهی ژنوتیپ‌ها از زمان بیشتری برای ذخیره

مواد فتوسنتزی در اندام‌های رویشی و زایشی خود برخوردار هستند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین روز تا سنبله-دهی با تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد دلیلی بر این ادعاست. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد بیانگر نقش مثبت این صفات در شکل‌گیری عملکرد نهایی دانه در هر دو شرایط محیطی است. در شرایط نرمال بالاترین ضریب همبستگی (r =۰/۸۸**) به دو صفت سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه و میزان انتقال مجدد اختصاص داشت. در شرایط تنش کم‌آبی نیز بالاترین ضریب همبستگی (r =۰/۹۲**) به دو صفت تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و میزان انتقال مجدد اختصاص داشت. با توجه به رابطه ریاضی بین انتقال مجدد در عملکرد دانه و میزان انتقال مجدد که در آن میزان انتقال مجدد در صورت کسر وجود دارد وجود، چنین رابطه‌ای دور از انتظار نبود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد می‌تواند ما در درست یابی به ژنوتیپ‌ها پر محصول در هر دو شرایط یاری دهد و همچنین صفات ذخیره و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی حتی در شرایط نرمال نیز که فتوسنتز جاری برقرار است می‌تواند موجب بهبودی عملکرد دانه شود.

جدول ۲. ضرایب همبستگی صفات در شرایط نرمال رطوبتی (اعداد پایین) و شرایط تنش کم‌آبی (اعداد بالا) بر اساس میانگین دو سال و دو مکان

Table 2. Correlation coefficients of traits under normal condition (low numbers) and water difict condition (high numbers) based on the average of two years and two locations

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	روز تا سنبله‌دهی Day to Heading	1	0.68**	-0.34**	0.23**	-0.04^{ns}	0.23**	0.17*	0.18*	-0.10^{ns}
2	روز تا رسیدگی Day to mature	0.34**	1	0.43**	0.11^{ns}	0.10^{ns}	0.17*	0.05*	0.11^{ns}	-0.04^{ns}
3	طول دوره پر شدن دانه Grain filing period	-0.59**	0.52**	1	0.13^{ns}	0.19*	0.06^{ns}	0.06^{ns}	-0.017^{ns}	0.08^{ns}
4	عملکرد دانه Grain yield	0.24**	0.25**	0.02^{ns}	1	-0.12^{ns}	0.46**	0.17*	0.36**	-0.67**
5	تخصیص موادفتوسنتزی به برگ Leaf partitioning	0.01^{ns}	0.08^{ns}	0.06^{ns}	0.01^{ns}	1	0.03^{ns}	-0.01^{ns}	0.05^{ns}	0.13^{ns}
6	تخصیص موادفتوسنتزی به ساقه Steam partitioning	0.030**	0.25**	-0.06^{ns}	0.63**	-0.08^{ns}	1	0.24**	0.92**	0.024**
7	تخصیص موادفتوسنتزی به سنبله Spike partitioning	0.18*	0.11^{ns}	0.08^{ns}	0.29**	-0.09^{ns}	0.36**	1	0.25**	0.04^{ns}
8	انتقال مجدد Remobilization	0.26**	0.21**	-0.06^{ns}	0.43**	-0.11^{ns}	0.87**	0.26**	1	0.40**
9	سهم انتقال مجدد Remobilization portion	0.18*	0.14^{ns}	-0.06^{ns}	-0.02^{ns}	-0.11^{ns}	0.46**	0.12^{ns}	0.88**	1

حمزه و همکاران (Hamze et al., 2008). بین وزن خشک ساقه و سنبله در مرحله قبل از گلدهی با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین وزن خشک برگ و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار گزارش کردند. در مطالعه اهدایی و نیز همکاران (Ehdaie et al., 2008) بین میزان انتقال مجدد و عملکرد نهایی دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. نوریانی (Nouriyani et al., 2015) گزارش کرد که در شرایط نرمال و تنش محیطی، عملکرد دانه با وزن خشک ساقه، میزان توزیع مجدد همبستگی مثبت و معنی‌دار و با سهم انتقال مجدد در عملکرد همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. سنجری و یزدان سپاس (Sanjarei Pirvatlou, and Yazdansepas, 2009) در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با میزان انتقال مواد فتوسنتزی و شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی گزارش نمودند.

تجزیه کلاستر

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۴۸ اینبرد لاین نوترکیب به همراه والدین Yecora Rojo و No. 49 درمجموع دو سال، دو مکان در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی در شکل (۱) آمده است. بر اساس تجزیه واریانس چند متغیره در هر دو شرایط نرمال رطوبتی و تنش کم‌آبی برش دندروگرام از فاصله ۱۰ بیشترین مقدار F و درنتیجه بیشترین نسبت واریانس بین گروهی به درون‌گروهی را فراهم کرد. بر این اساس، لاین‌ها به چهار گروه تقسیم شدند (جدول ۳). تجزیه واریانس ازنظر صفات موردمطالعه در شرایط نرمال نشان داد که بین این گروه‌ها ازنظر کلیه صفات موردمطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ازلحاظ صفات موردبررسی درمجموع دو سال دو مکان و در شرایط نرمال

Table 3. Analysis of variance and mean comparison of groups from cluster analysis in terms of understudy traits in two places and two two-year in normal condition

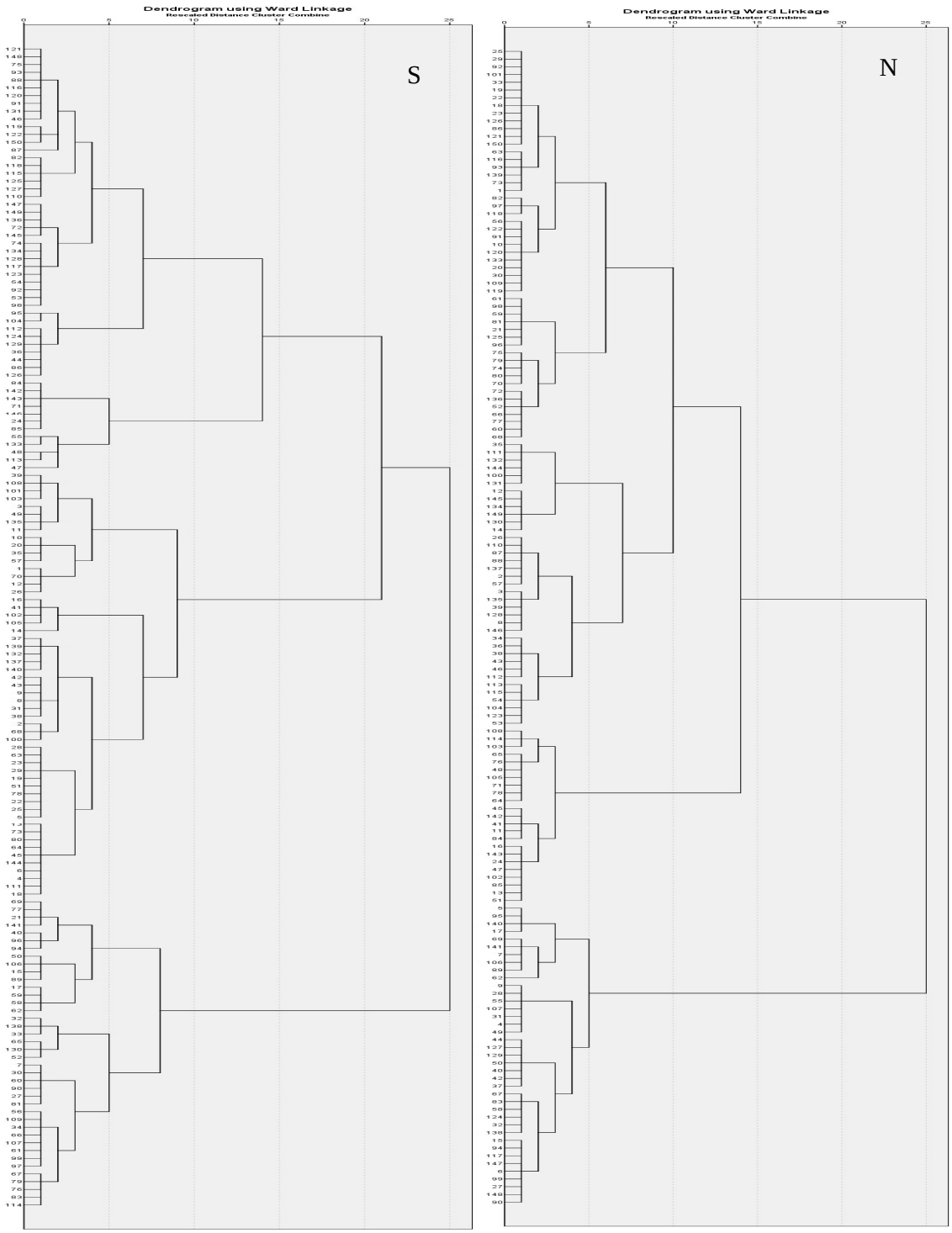
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی Df	روز تا گلدهی Day to Heading	روز تا رسیدگی Day to mature	طول دوره پر شدن Grain filing period	عملکرد دانه Grain yield
Between Groups	**بین گروه‌ها**	3	70.61**	45.39**	71.51**	1008.18**
Within Groups	**درون گروه‌ها**	146	2.73	2.83	3.51	45.79
Cluster 1	**کلاستر ۱**	-	73.3b	103.16a	28.87a	61.0a
Cluster 2	**کلاستر ۲**	-	74.85ab	101.16a	6.23b	54.48b
Cluster 3	**کلاستر ۳**	-	71.57c	100.72c	26.94a	48.29c
Cluster 4	**کلاستر ۴**	-	75.17a	102.12b	29.14a	59.43a
Total mean	**میانگین کل**	-	73.19	101.77	27.79	55.8

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی Df	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ (g) Stem partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه (g) Leaf partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله (g) Spike partitioning	انتقال مجدد (g) Remobil-ization	سهم انتقال مجدد در عملکرد% Remobilization portion
Between Groups	**بین گروه‌ها**	3	0.13**	0.71**	0.068**	0.99**	210.40**
Within Groups	**درون گروه‌ها**	146	0.01	0.01	0.009	0.01	4.04
Cluster 1	**کلاستر ۱**	-	0.90ab	1.26b	0.96b	0.57b	9.53bc
Cluster 2	**کلاستر ۲**	-	0.79c	1.18c	1.01a	0.53b	9.79b
Cluster 3	**کلاستر ۳**	-	0.95a	1.07d	0.91c	0.41c	8.67c
Cluster 4	**کلاستر ۴**	-	0.87b	1.42a	1.01a	0.82a	14.14a
Total mean	**میانگین کل**	-	0.87	1.23	0.97	0.58	10.53

کلاستر یک شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۰، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۹، ۳۰، ۳۳،۵۲، ۵۶، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۳، ۶۶، ۶۸، ۷۰، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۷، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۶، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۱۰۱، ۱۰۹، ۱۱۶، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۳۳، ۱۳۶، ۱۳۹ و ۱۵۰(والد NO49) بود. ژنوتیپ‌های موجود در این گروه ازنظر صفات روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و عملکرد دانه از ارزش بالاتری از میانگین و ازلحاظ روز تا



شکل ۱. گروه‌بندی لاین های اینبرد نوترکیب بر اساس داده های فنوتیپی تحت شرایط تنش کم آبی با روش حداقل واریانس Ward

Fig. 1. Diagram of grouping genotypes by ward method at intervals of 10. N, Normal and S, water deficit conditions

جدول ۴. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین گروه¬های حاصل از تجزیه خوشه¬ای ازلحاظ صفات موردبررسی درمجموع دو سال دو مکان و در شرایط تنش

Table 4. Analysis of variance and mean comparison of groups from cluster analysis in terms of understudy traits in two places and two two-year in water defect condition.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی Df	روز تا گلدهی Day to Heading	روز تا رسیدگی Day to mature	طول دوره پر شدن Grain filing period	عملکرد دانه Grain yield
Between Groups	**بین گروه‌ها**	3	101.77**	120.07**	54.44**	1218.21**
Within Groups	**درون گروه‌ها**	146	4.98	5.22	3.54	23.49
Cluster 1	**کلاستر ۱**	-	74.80a	101.91b	27.07b	40.91a
Cluster 2	**کلاستر ۲**	-	69.34b	98.45c	29.10a	34.61b
Cluster 3	**کلاستر ۳**	-	74.52a	103.94a	29.41a	30.30c
Cluster 4	**کلاستر ۴**	-	74.25a	103.64a	29.39a	40.62a
Total mean	**میانگین کل**	-	73.22	101.98	28.74	33.61

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی Df	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ (g) Leaf partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه (g) Stem partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله (g) Spike partitioning	انتقال مجدد (g) Remobiliz-ation	سهم انتقال مجدد در عملکرد% Remobilization portion
Between Groups	**بین گروه‌ها**	3	0.23**	0.46**	0.04*	0.42**	241.81**
Within Groups	**درون گروه‌ها**	146	0.02	0.007	0.01	0.008	15.96
Cluster 1	**کلاستر ۱**	-	0.89c	1.19b	0.97ab	0.76b	18.96b
Cluster 2	**کلاستر ۲**	-	0.92bc	1.03d	0.92b	0.61d	18.18b
Cluster 3	**کلاستر ۳**	-	0.97b	1.12c	0.94b	0.71d	24.19a
Cluster 4	**کلاستر ۴**	-	1.03a	1.33a	1.01a	0.91a	22.18a
Total mean	**میانگین کل**	-	0.95	1.16	0.96	0.74	21.03

گلدهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در عملکرد کمتری برخوردار بودند. قرار گرفتن اینبرد لاین‌های نوترکیب همراه با والد No49 نشان‌دهنده شباهت لاین‌های مذکور با والد No49 است. همچنین بالا بودن عملکرد دانه در ژنوتیپ‌ها در کلاستر اول می‌تواند به دلیل طول دوره رشد بالا و ذخیره مواد فتوسنتزی در منابع و طول دوره پر شدن دانه بالا باشد که زمان بیشتری را در اختیار گیاه برای فتوسنتز جاری قرار داده است. همچنین بالا بودن عملکرد دانه در شرایطی که مقدار انتقال مجدد در کلاستر مذکور کم بود می‌تواند به دلیل نقش مهم‌تر فتوسنتز جاری در مقایسه با مقدار انتقال مجدد در شرایط نرمال کم‌آبی باشد که مخازن نیاز کمتری به انتقال مجدد داشته است؛ بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور در شرایطی که امکان وقوع تنش کم‌آبی در مزرعه وجود داشته باشد ممکن است مثمر ثمر نباشد. کلاستر دوم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۸، ۱۲، ۱۴، ۲۶، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۸، ۳۹، ۴۳، ۵۳، ۵۴، ۵۷، ۸۷، ۸۸، ۱۰۰، ۱۰۴، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۵، ۱۲۳، ۱۲۸، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۷، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۴۶ و ۱۴۹ بود. ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور در مقایسه با میانگین کل کلاسترها از روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله بالاتر و از طول دوره پر شدن دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، میزان انتقال مجدد، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه کمتری

برخوردار بودند. با توجه به کم بودن مقادیر تخصیص و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در کلاستر مذکور گزینش ژنوتیپ‌های این کلاستر قابل توصیه نیست.

در کلاستر شماره سه، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۳، ۱۶، ۲۴، ۴۱، ۴۵، ۴۷، ۴۸، ۵۱، ۶۴، ۶۵، ۷۱، ۷۶، ۷۸، ۸۴، ۸۵، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۵، ۱۰۸، ۱۱۴، ۱۴۲ و ۱۴۳ قرار داشت. مقایسه میانگین کلاسترها نشان داد کلاستر مذکور ازلحاظ تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ از مقادیر بالاتر از مقادیر کل و ازلحاظ صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، مقدار انتقال مجدد، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه کمتر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بود. ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور نیز قابل توصیه برای گزینش نمی‌باشند. کلاستر شماره چهار دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۵،۱۷، ۲۷، ۲۸، ۳۱، ۳۲، ۳۷، ۴۰، ۴۲، ۴۴، ۴۶، ۴۹، ۵۰، ۵۵، ۵۸، ۶۲، ۶۷، ۶۹، ۸۳، ۸۹، ۹۰، ۹۴، ۹۵، ۹۹، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۱۷، ۱۲۴، ۱۲۷، ۱۲۹، ۱۳۸، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۷ و ۱۴۸ بود. کلاستر مذکور از مقادیر روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، سنبله، مقدار انتقال مجدد، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه بالاتر از مقدار متوسط کل برخوردار بود. بالا بودن مقدار عملکرد دانه در کلاستر مذکور را می‌توان به طول دوره رشد و طول دوره پر شدن دانه که منجر به تولید، ذخیره و انتقال مواد فتوسنتزی بالا در این ژنوتیپ‌ها می‌شود نسبت داد. در ژنوتیپ‌های مذکور هم فتوسنتز جاری و هم مقدار انتقال مجدد در شکل‌گیری عملکرد دانه نقش داشتند؛ با توجه به اینکه عملکرد دانه با صفات روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های مذکور می‌تواند ما را در دستیابی به گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول در شرایط نرمال رطوبتی و همچنین شرایطی که ژنوتیپ‌ها با درجات خفیفی از تنش کم‌آبی روبرو هستند یاری نماید.

تحت شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل نیز بین چهار گروه ایجادشده ازلحاظ کلیه صفات موردبررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). در این راستا در کلاستر شماره یک ژنوتیپ‌های ۳۶، ۴۴، ۴۶، ۵۳، ۵۴، ۷۲، ۷۴، ۷۵، ۸۲، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۵، ۹۸، ۱۰۴، ۱۱۰، ۱۱۲، ۱۱۵، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۳۱، ۱۳۴، ۱۳۶، ۱۴۵، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۴۹ و No49 قرار داشتند. ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور از مقادیر روز تا گلدهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، میزان انتقال مجدد و عملکرد دانه بالاتر از متوسط کل کلاسترها و از مقادیر روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه کمتر از میانگین کل برخوردار بود. در کلاستر شماره دو ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۴۷، ۴۸، ۵۵، ۷۱، ۸۴، ۸۵، ۱۱۳، ۱۳۳، ۱۴۲، ۱۴۳ و ۱۴۶ قرار داشت، ژنوتیپ‌های کلاستر دو به‌غیراز طول دوره پر شدن دانه ازلحاظ کلیه صفات از مقادیر کمتر از میانگین گروه‌ها برخوردار بودند. کلاستر شماره سه دربرگیرنده ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۵،۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۵، ۴۹، ۵۱، ۵۷، ۶۳، ۶۴، ۶۸، ۷۰، ۷۳، ۷۸، ۸۰، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۵، ۱۰۸، ۱۱۱، ۱۳۲، ۱۳۵، ۱۳۷، ۱۳۹، ۱۴۰ و ۱۴۴ بود. ژنوتیپ‌های کلاستر سه از روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه بالاتر از میانگین کلاسترها و از تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، میزان انتقال مجدد و عملکرد دانه پایین‌تر از متوسط کل کلاسترها برخوردار بودند. با توجه به کم بودن مقدار عملکرد دانه در هر دو کلاستر دو و سه گزینش ژنوتیپ‌های این دو کلاستر برای دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول مثمر ثمر نیست؛ و درنهایت در کلاستر چهار ژنوتیپ‌های ۷، ۱۵، ۱۷، ۲۱، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۴۰، ۵۰، ۵۲، ۵۶، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۹، ۷۶، ۷۷، ۷۹، ۸۱، ۸۳، ۸۹، ۹۰، ۹۴، ۹۶، ۹۷، ۹۹، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۰۹، ۱۱۴، ۱۳۰، ۱۳۸ و ۱۴۱ قرار گرفت. ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور بالاترین مقادیر صفات موردبررسی را در مقایسه با میانگین کل کلاسترها به خود اختصاص دادند. با توجه به بالا بودن مقادیر صفات فنولوژیک، تخصیص مواد فتوسنتزی و همچنین عملکرد دانه، گزینش ژنوتیپ‌های مذکور می‌تواند ما را در دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول یاری دهد. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت انتقال مجدد ماده خشک به دانه در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کمبود آب است. اگرچه مواد ذخیره‌شده در دانه گندم عمدتاً از فتوسنتز جاری گیاه در طول پر شدن دانه تا رسیدگی تأمین می‌شود، ولی با توجه به نقش ویژه انتقال مجدد مواد

ذخیره‌ای از اندام‌های رویشی به دانه در شرایط دشوار محیطی، شناسایی عوامل مؤثر بر این صفت و ژنوتیپ‌های دارای این صفت برای دست‌یابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه و پتانسیل انتقال مجدد بالا، در برنامه‌های به نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

رضایی مرادعلی و همکاران (Rezaei Morad Aali et al., 2013) در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مرتبط با انتقال مجدد و عملکرد دانه نشان دادند که در شرایط آبیاری کامل به‌جز رقم سرداری، سایر ارقام در یک گروه قرار گرفتند اما در شرایط تنش کمبود آب، ژنوتیپ‌های پیشگام، زارع و C-81-10 در یک گروه و ارقامی مانند زرین، الوند، شهریار و سرداری در گروه دوم قرار گرفتند. طالب‌زاده و همکاران (Talebzadeh et al., 2016) در تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های گندم بر اساس صفات مرتبط با توزیع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه ژنوتیپ-ها را شرایط نرمال به پنج گروه و در شرایط تنش رطوبتی به چهار گروه تقسیم نمودند.

تجزیه به عامل‌ها

در تجزیه به عامل‌ها مقدار آماره KMO در شرایط نرمال (جدول ۵) برابر ۰/۷۳ و در شرایط تنش کم‌آبی (جدول ۶) برابر ۰/۷۵ بود و همچنین در هر دو شرایط آزمون اسفریستی بارتلت معنی‌دار شد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها بود. در تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در هر دو شرایط چهار عامل شناسایی شد که در شرایط نرمال ۷۷/۸۵ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی ۶۸/۷۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند (جداول ۵ و ۶). ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه به‌عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند. در شرایط نرمال رطوبتی عامل اول که بیشترین مقدار از تغییرات داده‌ها را تبیین کرد (۳۵/۸۹ درصد) دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای صفات، سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه، انتقال مجدد و تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه بود. عامل مذکور را می‌توان عامل انتقال مجدد نام گذاشت. گزینش بر اساس عامل مذکور موجب ایجاد توده‌هایی می‌شود که از مقدار انتقال مجدد بالایی برخوردار بودند. عامل دوم که ۲۲/۱۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد دارای ضرایب مثبت و معنی‌دار برای صفات تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، عملکرد دانه و تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله و همبستگی درونی منفی برای تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ بود.

با توجه به ماهیت صفات قرارگرفته در این عامل مذکور عامل عملکرد و تخصیص مواد فتوسنتزی نام گذاشت. گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس عامل مذکور موجب تولید توده‌هایی با تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و عملکرد دانه بالا و همچنین تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ پایین خواهد بود بنابراین گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس عامل مذکور قابل توصیه است. عامل سوم نیز ۱۹/۸۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجه کرد عامل مذکور همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و روز تا سنبله‌دهی و همبستگی منفی و معنی‌دار با طول دوره پر شدن دانه بود. با توجه به ماهیت صفات قرارگرفته در این عامل، عامل مذکور را می‌توان عامل فنولوژیک نام نهاد. تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش کم‌آبی نشان داد عامل اول که با توجیه ۲۸/۷ بیشترین حجم تغییرات داده‌ها را در بر گرفت دارای ضرایب درونی مثبت و معنی‌دار برای صفات میزان انتقال مجدد، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و عملکرد دانه بود. عامل مذکور را می‌توان عامل تخصیص و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نامید. قرار گرفتن عملکرد دانه در عامل مذکور در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل بیانگر نقش تخصیص و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در شکل‌گیری عملکرد دانه است؛ بنابراین گزینش بر اساس عامل مذکور در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل ما را به‌گزینش ژنوتیپ‌هایی با میزان تخصیص و انتقال مجدد و درنهایت عملکرد دانه بالا در شرایط تنش رهنمون می‌سازد. عامل دوم که دارای همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار با صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه بود ۲۰/۳۴ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. با توجه به ماهیت صفات قرارگرفته در عامل مذکور، عامل مذکور را می‌توان عامل فنولوژیک نام نهاد. عامل سوم نیز ۱۹/۶۵ درصد از داده‌ها را توجیه نمود عامل سوم دارای همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار با سهم انتقال مجدد و تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله برخوردار بود. گزینش بر اساس عامل سوم منجر به تولید جمعیت‌هایی با مقدار تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه بالایی خواهد شد. تقی زادگان و همکاران (Taqi Zadeghan *et al.*, 2015) با انجام تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گندم، بر اساس صفات زراعی چهار عامل مهم را

که در حدود ۸۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کرد، گزارش کردند. طالب‌زاده و همکاران (Talebzadeh et al., 2016) در ارزیابی روابط بین صفات مرتبط با توزیع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل بر اساس تجزیه به در هر دو شرایط سه عامل را شناسایی کردند که در شرایط نرمال ۷۱/۴۰ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی ۶۵/۷۹ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند.

جدول ۵. ضرایب تجزیه به عامل‌ها برای صفات موردمطالعه بعد از چرخش وریماکس درمجموع دو سال، دو مکان و در شرایط تنش کم‌آبی
Table 5. Factor analysis coefficients for traits after varimax rotation in two places and two two-year in water defect condition

		Factor	بار عامل‌ها	
Traits	صفات	اول 1st	دوم 2nd	سوم 3rd
Water Deficit	تنش کم‌آبی	PC1	PC2	PC3
Remobilization	انتقال مجدد	0.97	0.04	0.08
Steam partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه	0.95	0.09	-0.06
Grain filing period	عملکرد دانه	0.87	0.07	-0.07
Day to Heading	روز تا سنبله‌دهی	0.15	0.99	-0.05
Day to mature	روز تا رسیدگی	0.06	0.91	-0.07
Grain filing period	طول دوره پر شدن دانه	-0.11	0.89	-0.02
Remobilization portion	سهم انتقال مجدد	0.31	0.06	0.92
Spike partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله	0.39	0.13	0.50
Leaf partitionin	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ	0.08	0.02	0.17
Eigen Values	ریشه مشخصه	2.59	1.83	1.58
Proportional Variance	درصد واریانس توجیه شده	28.7	20.34	19.65
Cumulative pro. Variance	درصد تجمعی واریانس توجیه شده	28.77	49.11	68.78

جدول ۶. ضرایب تجزیه به عامل‌ها برای صفات موردمطالعه بعد از چرخش وریماکس درمجموع دو سال، دو مکان و در شرایط نرمال آبیاری
Table 6. Factor analysis coefficients for traits after varimax rotation in two places and two two-year in normal condition

		Factor	بار عامل‌ها	
Traits	صفات	اول 1st	دوم 2nd	سوم 3rd
Normal	نرمال	PC1	PC2	PC3
Remobilization portion	سهم انتقال مجدد	0.97	-0.11	0.04
Remobilization	انتقال مجدد	0.94	0.28	0.06
Steam partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه	0.77	0.35	0.08
Grain yield	عملکرد دانه	0.14	0.81	0.06
Spike partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله	0.08	0.72	0.06
Leaf partitionin	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ	-0.14	-0.59	0.10
Grain filing period	طول دوره پر شدن	-0.05	0.01	-0.94
Day to mature	روز تا رسیدگی	0.19	0.28	0.80
Day to Heading	روز تا سنبله‌دهی	0.18	0.24	0.79
Eigen Values	ریشه مشخصه	3.23	1.63	1.53
Proportional Variance	درصد واریانس توجیه شده	35.89	22.12	19.84
Cumulative pro. Variance	درصد تجمعی واریانس توجیه شده	35.89	58.01	77.85

نتیجه‌گیری

در این بررسی بین ۱۵۰ ژنوتیپ موردبررسی ازلحاظ کلیه صفات اختلاف معنی‌دار دیده شد؛ بنابراین، تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ازنظر کلیه صفات وجود داشت که می‌توان از این تنوع در برنامه‌های گزینش برای بهبود صفات زراعی بهره‌برداری کرد اثر متقابل ژنوتیپ در شرایط نیز بر کلیه صفات موردبررسی به‌غیراز تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ و سنبله معنی‌دار بود. می‌توان نتیجه گرفت که واکنش ژنوتیپ‌ها از یک محیط به محیط دیگر مشابه نبوده است و ژنوتیپی که در شرایط نرمال از مقادیر بالایی از صفات موردبررسی برخوردار بوده است لزوماً در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل نیز از چنین شرایطی برخوردار نبوده است؛ بنابراین باید انتخاب ژنوتیپ برای هر دو محیط به‌صورت مجزا انجام شود. در این تحقیق عملکرد دانه با روز تا سنبله‌دهی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد، می‌توان نتیجه گرفت گزینش ژنوتیپ-هایی با طول دوره سنبله‌دهی بالا و همچنین ژنوتیپ‌هایی که مقدار تخصیص مواد فتوسنتزی آن‌ها به ساقه و سنبله و میزان انتقال مجدد در آن‌ها بالاست، می‌تواند موجب بهبودی عملکرد دانه در هر دو شرایط شود. هرچند برای اکثر صفات موردبررسی اثر متقابل ژنوتیپ در شرایط معنی‌دار بود اما ژنوتیپ‌های ۷، ۱۷، ۲۷، ۳۲، ۴۰، ۵۰، ۵۸، ۶۲، ۶۷، ۶۹، ۸۳، ۱۰۶، ۱۰۷ و ۱۳۸ در هر دو شرایط دارای بهترین خصوصیات فنولوژیک، تخصیص مواد فتوسنتزی، انتقال مجدد و عملکرد دانه بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب شناخته شدند، بنابراین گزینش و استفاده از ژنوتیپ‌های مذکور در سایر برنامه‌های به نژادی قابل توصیه است.

منابع

Abdoli, M., SaidiJalali, M., Honarmand, S., Mansouri fard, M., Ghobadi, S., 2015. The effects of water stress and limit the source of pollination on seed yield and remobilization wheat varieties. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences. 2(2), 137-154. [In Persian with English summary].

Aghai, S., Tohid Nejad, A., Nasr Esfahani. M., 2015. Yield and other agronomic traits comparing in genotypes of durum wheat in Esfahan area. Breeding of Crop and Gardening Plants 3 (9): 69-77. [In Persian with English summary].

Aharizad, S., Sabzi, M., Mohammadi, S.A., Khodadadi, E., 2012. Multivariate analysis of genetic diversity in wheat (*Triticum aestivum* L.) recombinant inbred lines using agronomic traits. Annals of Biological Research 3, 2118-2126.

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

Ehdaie, B., Mohammadi, S.A., Nouraein, M., 2016. QTLs for root traits at mid-tillering and for root and shoot traits at maturity in a RIL population of spring bread wheat grown under well-watered conditions. Euphytica. 211(1), 17-38

Farshadafar, E., 2005**.** Principles of Multivariate Statistical Methods (Second edition). Kermanshah, Publications Taq Bostan. 734p. [In Persian].

Hamza, H., Asghari, A., Mohammadi, S. A., Sofalian, O., Mohammadi S., 2017. Grouping of spring wheat recombinant inbred lines in term of some agronomic traits. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 13(1), 43-54. [In Persian with English summary].

Hamze, H., Saba, J., Jabari, F., Nassiri, J., Alavi M., 2008. Estimation of components variation, genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield and its component in bread wheat (*Tritium aestivum* L.) under rainfed conditions. Environment Stresses in Crop Science 2(1), 29-38. [In Persian with English summary].

Mirtaheri, S., Sidat, M., Fathi, Gh., Alemi, Kh. 2009. Effect of drought stress on dry matter remobilization in five bread wheat cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(2), 308-314. [In Persian with English summary].

Nakhaeei BadrAbadi, M., Shokrpour, M., Asghari, A., Esfandyari AO., 2013. Determining relationships among dry matter

remobilization and some morphological traits in barley genotypes using factor analysis method under low water stress. Journal of Crop Breeding. 5(12), 85-98. [In Persian with English summary].

NakhaiiBadrabadi, M., Shokrpour, M,. 2012. Grouping of barley genotypes using molecular and morphological markers, and dry matter remobilization to grain under water deficit. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 22, 136-150. [In Persian with English summary].

Nouriyani, H. 2015. Effect of paclobutrazol on the redistribution of assimilates to seed in three varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) under heat stress conditions. Journal of Crop Physiology. 7, 89- 104. [In Persian with English summary].

Papakosta, D.K., Gayians, A.A., 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal. 83, 864 – 870.

Rezaei Morad Aali, M., Eivazi, A.R., Mohammadi, S., Shir-Alizadeh. Sh., 2013. Effect of drought stress on dry matter remobilization and grain yield of winter bread wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 15(3), 262-276. [In Persian with English summary].

Rizzalli, R.H., Villalabos, F.J., Orgaz, F., 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). European Journal of Agronomy. 18, 33-43.

Romesburg, H.C., 1990. Cluster Analysis for Researches. R.K. Publishing Company, Malabar, Florida.

Sanjarei Pirvatlou, A., Yazdansepas, A., 2009. Genotypic variation of stem reserves in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under post-anthesis drought stress condition. Iranian Journal of Field Crop Science. 29, 181-191. [In Persian with English summary].

Savic, J., Dodig, D., Kandic,V., Gelamoclija, D., Quarrie S., 2012. Bread wheat traits related to yield under post anthesis stress. Original Scientific Paper. Proceedings. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. Opatija, Croatia. 539-542.

Talebzadeh, S.J., Hadi, H., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., Rezaei Morad Ali, M., 2018. Evaluating the relationship between distributions of photosynthetic assimilates related traits and grain yield in wheat genotypes under terminal drought stress conditions. Journal of Crop Breeding. 6, 10-21. [In Persian with English summary].

Taqi Zadeghan, M., Norozi, M., Aharizad S., 2015. Evaluation of recombinant inbred lines of bread wheat in terms of agronomic and morphological traits. Iranian Journal of Crop and Horticultural Breeding. 2(3), 137-149. [In Persian with English summary].