تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۳۴۱-۳۵۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2333.1604

مقاله پژوهشی

بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی لاین‌های هاپلوئید مضاعف جو ازلحاظ صفات مرتبط با تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی

معروف خلیلی[1*]، محمدعلی ابراهیمی[2]
۱. دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲. استاد گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۰۹

چکیده

به‌منظور برآورد تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی لاین‌های هاپلوئید مضاعف جو ازلحاظ صفات مرتبط با تخصیص مواد فتوسنتزی، ۷۲ لاین هاپلوئید مضاعف به همراه والدین Steptoe و Morex در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مهاباد در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار و در دو شرایط عادی و تنش کم‌آبی موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه ازنظر کلیه صفات موردبررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در هر دو شرایط، تفکیک متجاوز مثبت و منفی معنی‌دار برای کلیه صفات (به‌غیراز عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال) مشاهده شد. در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی، بالاترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات شاخص برداشت، عملکرد دانه برآورد شد. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط نرمال، دو صفت وزن هزار دانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (R^2= ۰/۸۹) و در شرایط تنش کم‌آبی، شاخص برداشت، سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه و انتقال مجدد (R^2= ۰/۸۲) به‌عنوان مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه شناسایی شدند. در شرایط آبیاری نرمال دو صفت وزن هزار دانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد دانه داشتند درحالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی شاخص برداشت و انتقال مجدد اثر مستقیم مثبت و نقش انتقال مجدد در عملکرد دانه اثر منفی و مستقیمی بر عملکرد دانه نشان دادند. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال به دو گروه و در شرایط تنش کم‌آبی به سه گروه دسته‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: **تنوع ژنتیکی، جو، هاپلوئید مضاعف، وراثت‌پذیری.**

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) ازنظر میزان تولید پنجمین غله در دنیا است ولی ازنظر اهمیت، پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم دنیا به شمار می‌رود. این گیاه ازنظر کشت و کار در شرایط متنوع آب‌وهوایی مقام اول را دارا است (FAO. 2017). در میان عوامل محدودکننده عملکرد کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ازجمله ایران، از راه‌های مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Mirtaheri et al., 2009). عملکرد دانه در غلات، 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 آن دو، محدود شود.

وزن دانه در غلات از سه منبع تأمین می‌گردد، منبع اول فتوسنتز جاری بعد از گرده‌افشانی است. انتقال کربوهیدرات-هایی که قبل از گرده‌افشانی در گیاه تولید و ذخیره‌شده و بعد از گرده‌افشانی به دانه منتقل می‌گردد (این فرآیند اصطلاحاً حرکت مجدد نامیده می‌شود)، منبع دوم برای پر شدن دانه‌ها هستند. منبع سوم نیز انتقال کربوهیدرات‌هایی است که بعد از گرده‌افشانی و در دوره‌ی رشد بطئی دانه، یعنی دوره‌هایی

* نگارنده پاسخگو: معروف خلیلی. پست الکترونیک: makhalily@yahoo.com

که اسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل‌شده، بیش از نیاز دانه‌ها بوده و به‌صورت موقت در گیاه ذخیره می‌شوند (این فرآیند را اصطلاحاً انتقال مجدد می‌نامند)، است. مجموع انتقال و حرکت مجدد، اصطلاحاً توزیع مجدد نامیده می‌شود (Ehdaie et al., 2008). میزان توانایی اندام‌های سبز گیاه در تولید و صادرات مواد فتوسنتزی (قدرت منبع) به‌طرف دانه‌های در حال پر شدن یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در عملکرد اقتصادی بسیاری از گیاهان زراعی ازجمله جو است. یکی از اندام‌های گیاهی که به‌عنوان منابع اولیه تولید مواد پرورده، سهم قابل‌توجهی را در پر کردن دانه‌های غلات بر عهده دارند برگ‌های کامل گیاه هستند (Tambussi et al., 2007).

در غلات پس از فتوسنتز جاری می‌توان به کربوهیدرات-های 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 راهکارهای دست‌یابی به عملکرد بالا در ژنوتیپ‌های گندم و جو تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن اقتصادی یا دانه‌هاست (Modhej, 2011). ارقامی که تا مرحله گلدهی درصد بیشتری از ماده خشک را به برگ‌ها اختصاص می‌دهند، با افزایش سطح تعرقی گیاه رطوبت را از خاک تخلیه کرده و رطوبت ذخیره‌شده در خاک برای مصرف گیاه در مرحله رشد و پر شدن دانه کاهش می‌دهند (Ehdaie et al., 2008). این نکته را هم می‌توان اضافه کرد که کاهش اختصاص ماده خشک به برگ و سطح برگ کمتر ممکن است در اثر کاهش قطر آوندهای چوبی در ریشه‌ها باشد که باعث مصرف کمتر آب قبل از گرده‌افشانی می‌شود و شاخص برداشت را در شرایط خشکی افزایش می‌دهد (Richards and Passioura, 1989). تجمع ماده خشک در یک ژنوتیپ نشان‌دهنده کارایی مصرف آب در شرایط کمبود آب است (Przulj and Momcilovic, 2001) ولی مهم‌تر از آن اختصاص ماده خشک به بخش‌های اقتصادی گیاه است که منجر به شاخص برداشت بالاتر می‌شود؛ بنابراین تجمع ماده خشک بالاتر به بخش‌های زایشی در زمان گرده‌افشانی می‌تواند پارامتر محسوس و مناسبی برای گزینش تحت شرایط خشکی باشد (Kumar, 2004). آرائوس و همکاران (Araus et al., 1998) همچنین بیان کردند که بین ماده خشک منتقل‌شده به برگ پرچم و ماده خشک منتقل‌شده به دانه در شرایط خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. حمزه و همکاران (Hamze et al., 2008) در برآورد وراثت‌پذیری خصوصی صفات تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، ساقه و سنبله در نتاج حاصل از تلاقی دو رقم سرداری و SON64 گندم با استفاده از تجزیه میانگین نسل‌ها مقدار وراثت‌پذیری وزن خشک برگ، ساقه و سنبله را به ترتیب ۶۹/۵، ۶۸/۶ و ۵۶ درصد برآورد کردند. همچنین آن‌ها بین وزن خشک ساقه و سنبله در مرحله قبل از گلدهی با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده کردند. در مطالعه اهدایی و همکاران (Ehdaie et al., 2008) میزان وراثت‌پذیری خصوصی تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه ۴۲ درصد برآورد شد و بین ماده خشک موجود در ساقه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. در مطالعه حیدری رودبالی و همکاران (Heydari Roodballi et al., 2016) در بررسی تجزیه ژنتیکی عملکرد و صفات وابسته به آن در گندم نان در شرایط تنش خشکی میزان وراثت عمومی و خصوصی را برای مساحت برگ به ترتیب ۶۶ و ۵۵ درصد و برای وزن خشک بوته به ترتیب ۷۲ و ۵۳ درصد گزارش نمودند.

با توجه به اینکه نقش ذخایر ساقه و همچنین انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و ساختار ژنتیکی آن‌ها در جو بسیار کم موردمطالعه قرار گرفته است، تحقیق حاضر با هدف بررسی نقش ذخایر ساقه و همچنین منابعی مانند برگ و سنبله و همچنین نقش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در شکل‌گیری عملکرد نهایی انجام گرفت. همچنین در این مطالعه با هدف نقش ذخایر ساقه و انتقال مجدد در تحمل به تنش کم‌آبی در ژنوتیپ‌های مختلف جو انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۷۲ لاین هاپلوئید مضاعف به همراه والدین و هفت رقم محلی جو مورد ارزیابی قرار گرفتند. جمعیت هاپلوئید موردمطالعه از تلاقی دو رقم Morex × Steptoe که در دانشگاه ایالت اورگون تهیه‌شده و از طریق دانشگاه تهران، در اختیار این تحقیق قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های موردمطالعه در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو شرایط عادی و تنش کم‌آبی انتهای فصل کشت شدند، کشت در هر

دو شرایط در دو ردیف ۲/۵ متر بافاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع انجام شد.

آبیاری در تیمارهای بدون تنش، بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، بسته به دما و میزان تبخیر و تعرق انجام گردید. هر دوره آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A که تقریباً معادل ۱۲ تا ۱۵ روز تبخیر در خردادماه است، صورت گرفت. برای اعمال تنش کم‌آبی ۱۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A اعمال شد که تقریباً معادل ۲۲ تا ۲۶ روز در خردادماه بود؛ بنابراین، گیاه عملاً با یک تنش ۱۳ تا ۱۵ روزه کمبود آب مواجه شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل صفات زراعی و تخصیص مواد فتوسنتزی بودند. صفات زراعی دربرگیرنده عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه بود که برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از کل کرت (ردیف‌های ۲/۵ متری) بعد از حذف حاشیه‌ها استفاده شد.

برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با تخصیص مواد فتوسنتزی نمونه‌گیری در مرحله قبل از گلدهی، انجام شد. پس از حذف اثر حاشیه‌ای، از هر ردیف نیم متر (از وسط ردیف) انتخاب شد. نمونه‌ها از سطح خاک قطع‌شده و در داخل پاکت پلاستیکی قرار گرفت و سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه برگ، ساقه، 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 آون نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شدند و به‌عنوان میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، ساقه و سنبله در نظر گرفته شدند (Hamze et al., 2008). 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) =
(عملکرد دانه/ ماده خشک انتقال‌یافته) [۲]

تجزیه‌های آماری:

در این تحقیق ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری خصوصی بین لاین‌ها و بازده ژنتیکی برای شدت گزینش ۵ درصد برای کلیه صفات با رویه Univariate در نرم‌افزار SAS محاسبه شدند. وراثت‌پذیری بین لاین‌ها از فرمول (۳) محاسبه گردید (Therrien, 2003; Houshmand, 2003).

$$h2=[\sigma 2g/(\sigma 2g+ \sigma 2e/r] \qquad [۳]$$

در این فرمول σ2g و σ2e به ترتیب واریانس ژنتیکی، واریانس خطای آزمایشی و r تعداد تکرار است. چون واریانس ژنتیکی در بین لاین‌های هاپلوئید مضاعف دو برابر واریانس افزایشی جمعیت F2 است، مقدار برآورد شده نشانگر وراثت‌پذیری خصوصی بین لاین‌ها خواهد بود (Singh et al., 1993). تفکیک متجاوز برای صفات در جهت مثبت و منفی با استفاده از فرمول‌های ۴ و ۵ محاسبه گردید

$$GG_P=B_{DH}-B_P \qquad [۴]$$

$$GG_N=W_{DH}-W_P \qquad [۵]$$

که در آن GGP و GGN به ترتیب تفکیک متجاوز مثبت و منفی، BDH و WDH به ترتیب لاین‌های دارای بیشترین و کمترین ارزش و BP و WP به‌ترتیب والدین برخوردار از بالاترین و کمترین ارزش هستند.

ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی با استفاده از فرمول‌های ۶ و ۷ محاسبه شدند:

$$PC_V = (\sigma_p/x) \times 100 \qquad [۶]$$

$$GC_V = (\sigma_g/x) \times 100 \qquad [۷]$$

که در آن‌ها σp و σg به ترتیب انحراف معیارهای فنوتیپی و ژنوتیپی و x میانگین کل جمعیت است. بازده ژنتیکی برای شدت گزینش ۵ درصد با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شد

$$GC=Kh^2 \times \sigma_p$$

که در آن k دیفرانسیل گزینش استانداردشده (۲/۰۶۵ برای ۵ درصد گزینش)، σp انحراف معیار فنوتیپی و h^2 وارثت - پذیری خصوصی بین لاین‌ها است. تجزیه واریانس داده‌ها پس از بررسی و تأیید برقراری مفروضات یعنی نرمال بودن توزیع خطاها، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و اثر افزایشی بلوک با تیمار که به ترتیب به کمک آزمون شاپیرو- ویلک، توزیع باقیمانده و آزمون غیر افزایشی توکی صورت گرفت، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از داده‌های دو شرایط انجام، ولی با توجه به اینکه اثر محیط و ژنوتیپ در محیط برای همه صفات موردبررسی معنی‌دار شدند (با توجه به عدم نیاز جدول مربوطه در متن نیامده است). لذا تجزیه واریانس و محاسبه پارامترها برای دو محیط به‌صورت جداگانه انجام شد. تجزیه

به کمک نرم‌افزار SAS. 9/2 صورت گرفت. هم‌چنین، جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای با روش حداقل واریانس Ward استفاده گردید.

نتایج و بحث

پارامترهای آماری و تنوع صفات موردمطالعه بین ۷۲ لاین هاپلوئید مضاعف موردمطالعه به همراه دو والد (Morex × Steptoe) در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی در جدول‌های ۱ و ۲ درج گردیده است.

نتایج نشان داد در شرایط نرمال بین والدین ازلحاظ کلیه صفات اختلاف معنی‌داری ازلحاظ صفات موردبررسی وجود داشت (جدول ۱). در شرایط تنش کم‌آبی نیز اختلاف بین والدین ازلحاظ کلیه صفات به‌غیراز تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). در تحقیق حاضر بین هاپلوئیدهای مضاعف ازلحاظ کلیه صفات موردبررسی در هر دو شرایط اختلاف معنی‌دار دیده شد. مقایسه متعامد میانگین والدین با میانگین لاین‌های هاپلوئید مضاعف نشان داد در شرایط نرمال بین میانگین والدین و میانگین هاپلوئید مضاعف اختلاف معنی‌دار دیده نشد؛ اما در شرایط تنش کم‌آبی بین والدین و هاپلوئیدهای مضاعف ازنظر صفات تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله و نسبت تخصیص ساقه به سنبله اختلاف معنی‌داری دیده شد. تحت شرایط نرمال تفکیک متجاوز مثبت و منفی معنی‌دار برای کلیه صفات به‌غیراز عملکرد بیولوژیک دیده شد. درحالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی تفکیک متجاوز مثبت و منفی معنی‌دار برای کلیه صفات موردبررسی مشاهده شد. این امر نشان داد که والدین ازنظر ژن‌های کنترل‌کننده صفت مزبور متفاوت هستند. علاوه بر این، مبین ماهیت کمی صفت بوده و به معنای آن است که آلل‌های افزایش‌دهنده و کاهش‌دهنده مقدار صفت هم‌زمان در هرکدام از دو والد حضور دارند و در برخی از نتاج، تعداد بیشتری آلل افزاینده یا کاهنده نسبت به والدین جمع شده و ترکیب آن‌ها منتج به مقادیر بالاتر و پایین‌تر از والدها شده است، معنی‌دار بودن تفکیک متجاوز در جهت مثبت و منفی، نشان می‌دهد که آلل‌های کاهنده و افزایش‌دهنده در بین والدین وجود دارد، معنی‌دار بودن تفکیک متجاوز در والدین پیش‌نیاز انجام تجزیه QTL است، زیرا نشان می‌دهد والدین ازنظر ژن‌های کنترل‌کننده صفات متفاوت می‌باشند (Houshmand, 2003).

در مطالعه محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) بین جمعیت هاپلوئید مضاعف جو و والدین متحمل به خشکی آن‌ها (Tadmor و Wi 229) ازلحاظ کلیه صفات موردبررسی تفکیک متجاوز مثبت و منفی دیده شد.

در شرایط نرمال دامنه تغییرات تنوع فنوتیپی در صفات از ۸/۰۵ درصد تا ۶۳/۶۲ درصد و دامنه تغییرات تنوع ژنتیکی از ۷/۲۰ تا ۴۹/۱۷ درصد متغیر بود که کمترین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی مربوط به صفت شاخص برداشت و بالاترین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی مربوط به صفت تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ بود (جدول ۱). تحت شرایط تنش رطوبتی دامنه تغییرات تنوع فنوتیپی در صفات از ۶/۰۱ درصد تا ۸۶/۸۶ درصد و دامنه تغییرات تنوع ژنتیکی از ۵/۳۵ تا ۰۷ /۸۵ درصد متغیر بود. بالاترین و پایین‌ترین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط تنش کم‌آبی به ترتیب به دو صفت انتقال مجدد و شاخص برداشت اختصاص داشت (جدول ۲). در مطالعه حاضر ضرایب تنوع فنوتیپی برای صفات بررسی‌شده بیشتر از ضرایب تنوع ژنتیکی بودند ولی در بسیاری از حالات این دو تفاوت کمی داشتند. این مسئله، نشان‌دهنده آثار کم عوامل ژنتیکی در برآورد آن‌هاست. در شرایط نرمال رطوبتی بالاترین وراثت‌پذیری خصوصی به ترتیب با مقادیر ۴۰/۶۱، ۴۰/۵۱ و ۳۹/۳۰ به صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک اختصاص داشت کمترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی نیز به میزان ۲۹/۱۹ درصد برای صفت تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ برآورد شد. در مطالعه حاضر بازده گزینشی در سطح ۵٪ در محدوده ۰/۰۶ تا ۱۵۲/۱۱ قرار داشت که عملکرد بیولوژیک بالاترین و صفات انتقال مجدد و نقش انتقال مجدد در عملکرد دانه پایین‌ترین مقدار شاخص مذکور را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش کم‌آبی بالاترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی به ترتیب با مقادیر ۴۷/۱۲، ۴۰/۳۴ و ۳۹/۱۸ درصد مربوط به صفات انتقال مجدد، وزن هزار دانه و شاخص برداشت اختصاص داشت. همچنین در این شرایط تنوع بازده ژنتیکی برای صفات موردبررسی از ۰/۰۵ تا ۹۶/۴۶ متغیر بود کمترین مقدار شاخص مذکور در صفات نقش انتقال مجدد در عملکرد دانه و وزن هزار دانه و بیشترین آن در عملکرد بیولوژیک ثبت شد. در گزارش‌های متعدد تأکید شده است که بدون پیشرفت ژنتیکی، مقادیر وراثت‌پذیری اهمیت کاربردی در گزینش بر اساس فنوتیپ نخواهد داشت (Ehdaie and Waines, 1989). لذا در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش توأم،

پیشرفت ژنتیکی باید همراه با وراثت‌پذیری در نظر گرفته شود. در بررسی حاضر مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برآورد شده برای کلیه صفات موردبررسی، متوسط به پایین بود که بیانگر نقش اثر عوامل غیر افزایشی ژنتیکی و محیطی در کنترل صفات مذکور است؛ بنابراین، گزینش فنوتیپی صفات مذکور احتمالاً مثمر ثمر نخواهد بود. در این خصوص اهدایی و ونیز (Ehdaie and Waines, 1989) گزارش نمودند که وراثت‌پذیری بالا الزاماً به بازده ژنتیکی بالا منجر نمی‌شود، مگر اینکه تنوع کافی در ژرم‌پلاسم وجود داشته باشد؛ بنابراین برای چنین صفاتی باید از طریق بهره‌برداری از هتروزیس اقدام نمود.

سیاه‌سر و همکاران (Siasar et al., 2009) گزارش کردند اثر اصلی ژنوتیپ‌های جو برای صفات مرتبط با خصوصیات علوفه‌ای معنی‌دار بود و برای کلیه مرتبط با خصوصیات علوفه‌ای، تفکیک متجاوز از والدین در دو جهت مثبت و منفی دیده شد. قیطران پورسهریق و همکاران (Gheitaran Pourshareh et al., 2014) ازنظر کلیه صفات بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری در لاین‌های جو گزارش کردند و برای کلیه صفات موردبررسی تفکیک متجاوز در جهت مثبت و منفی دیده شد.

همبستگی، رگرسیون و تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد دانه

در بررسی حاضر عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی با تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، (جدول ۳) لازم

جدول ۱. پارامترهای آماری و تنوع صفات موردمطالعه بین لاین هاپلوئید جو موردمطالعه به همراه دو والد (STEPTOE × MOREX) تحت شرایط نرمال

Table 1. Statistical parameters and diversity of understudied traits in Double haploid lines with two parents (STEPTOE × MOREX) normal irrigation

		تخصیص مواد فتوسنتزی Partitioning			نسبت تخصیص	
Parameter	پارامترها	برگ Leaf	ساقه Steam	سنبله Spike	ساقه به سنبله Spike/ Steam	انتقال مجدد Remobilization
Morex	والد مورکس	0.59	0.97	0.83	1.18	0.79
Steptoe	والد استپتو	0.86	1.46	1.09	1.34	1.10
parents mean	اختلاف والدین	0.27	0.48	0.26	0.16	0.31
Parental difference	میانگین والدین	0.72	1.21	0.95	1.25	0.94
the best line	بهترین لاین	1.79	1.93	1.52	2.04	1.41
The worst line	بدترین لاین	0.27	0.48	0.26	0.16	0.31
Lines Average	میانگین لاین‌ها	0.86	1.25	0.96	1.35	0.93
Rang	دامنه تغییرات	1.52	1.45	1.26	1.88	1.10
parents mean - Lines mean	اختلاف میانگین لاین از والدین	0.14	0.04	0.01	0.09	-0.01
Positive transgressive segregations	تفکیک متجاوز مثبت	0.93	0.47	0.43	0.70	0.31
Negative transgressive segregations	تفکیک متجاوز منفی	-0.23	-0.49	-0.57	-1.03	-0.49
Phenotypic coefficient of variations	ضریب تنوع فنوتیپی	63.62	28.97	34.29	37.69	8.77
Genetic Coefficient of variations	ضریب تنوع ژنوتیپی	49.17	22.46	30.24	29.35	7.72
Broad sense heritability	وراثت‌پذیری خصوصی	29.19	30.22	38.5	30.30	38.88
Genetic gain5%	بازده ژنتیکی	0.33	0.22	0.26	0.31	0.06
Least significant difference 5%	حداقل اختلاف معنی‌دار	*0.16*	*0.10*	*0.073*	*0.15*	*0.018*

جدول ۱. ادامه **Table 1. Continued**

Parameter	پارامترها	نقش انتقال مجدد در عملکرد Remobilization Portion	وزن هزار دانه TKW	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Hi
Morex	**والد مورکس**	0.15	47.05	809.04	581.22	0.64
Steptoe	**والد استپتو**	0.18	38.13	1045.94	596.44	0.57
parents mean	**اختلاف والدین**	0.03	8.92	236.89	78.22	-0.07
Parental difference	**میانگین والدین**	0.16	42.59	927.49	557.33	0.606
the best line	**بهترین لاین**	0.32	47.65	1055.02	685.05	0.68
The worst line	**بدترین لاین**	0.03	37.15	236.90	78.22	-0.07
Lines Average	**میانگین لاین‌ها**	0.18	42.50	855.71	532.39	0.62
Rang	**دامنه تغییرات**	0.29	10.50	818.13	608.83	0.75
parents mean - Lines mean	**اختلاف میانگین لاین از والدین**	0.01	-0.08	-71.78	-24.94	0.01
Positive transgressive segregations	**تفکیک متجاوز مثبت**	0.14	0.60	9.08	88.61	0. 11
Negative transgressive segregations	**تفکیک متجاوز منفی**	-0.12	-0.98	527.15	-440.0	-0.64
Phenotypic coefficient of variations	**ضریب تنوع فنوتیپی**	45.35	7.54	21.59	24.76	8.05
Genetic Coefficient of variations	**ضریب تنوع ژنوتیپی**	39.96	3.03	19.26	22.04	7.20
Broad sense heritability	**وراثت‌پذیری خصوصی**	38.15	31.74	39.30	40.61	40.51
Genetic gain 5%	**بازده ژنتیکی**	0.06	0.04	152.11	107.94	0.041
Least significant difference 5%	**حداقل اختلاف معنی‌دار**	*0.017*	*2.28*	*39.45*	*28.38*	*0.01*

به ذکر است که عملکرد دانه در شرایط نرمال با میزان انتقال مواد فتوسنتزی و در شرایط تنش کم‌آبی با تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد درحالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی همبستگی عملکرد دانه با سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات مؤثر بر عملکرد دانه حاکی از آن بود که در شرایط نرمال دو صفت وزن هزار دانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی با تبیین ۸۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه (R2 =۰/۸۹) به‌عنوان مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه شناسایی شدند (جدول ۴). در شرایط تنش کم‌آبی علاوه بر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی شاخص برداشت و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه با تبیین ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه (R2 = ۰/۸۲) به‌عنوان مؤثرترین صفات شناسایی شدند(جدول ۵). نتایج تجزیه علیت صفات در شرایط نرمال حاکی از آن بود که دو صفت وزن هزار دانه و انتقال مجدد هم به‌صورت مستقیم و از طریق غیرمستقیم از طریق افزایش یکدیگر عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۶). وجود اثر مستقیم بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه را به این دلیل است که وزن هزار دانه یکی از اجزاء مهم عملکرد دانه است. ارتباط بین انتقال مجدد و عملکرد دانه نیز را می‌توان به نقش انتقال مجدد عملکرد دانه در شکل‌گیری عملکرد دانه نهایی نسبت داد. انتقال مجدد مواد فتوسنتزی موجب افزایش وزن دانه و درنهایت وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌شود. در شرایط تنش کم‌آبی شاخص برداشت هم به‌صورت مستقیم و هم از طریق نقش سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه و میزان انتقال مجدد عملکرد دانه را افزایش داد، (جدول ۷). با توجه به اینکه شاخص برداشت رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارد ارتباط مثبت مستقیم صفت مذکور با عملکرد دانه منطقی است، همچنین در هر دو رابطه شاخص برداشت و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه، عملکرد دانه در صورت کسر قرار دارد

و با افزایش اجزای مذکور بر عملکرد دانه افزوده می‌شود. همچنین با افزایش مقدار میزان انتقال مجدد عملکرد دانه بر وزن دانه افزوده‌شده و عملکرد دانه افزایش خواهد یافت.

سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه هم به‌صورت مستقیم و هم به‌صورت غیرمستقیم از طریق شاخص برداشت اثر منفی بر عملکرد دانه داشت اما صفت مذکور از طریق شاخص برداشت اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشت. در مطالعه حاضر اگرچه مقدار انتقال مجدد اثر مثبت مستقیم و مثبتی بر عملکرد دانه داشت، اما به‌صورت منفی از طریق شاخص برداشت و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه اثر منفی بر عملکرد دانه داشت. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در هر دو شرایط محیطی صفتی تأثیرگذار بر شکل‌گیری عملکرد نهایی دانه دارد؛ که در برنامه‌های اصلاحی برای شرایط مختلف محیطی باید در نظر گرفته شود. نخعی‌آبادی و شکرپور (Nekhaee Badr Abadi and Shokr Pour, 2013) بین وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد ماده خشک پدانکل و ساقه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. عبدلی و همکاران (Abdoli et al., 2016) در ارزیابی تأثیر تنش کم‌آبی و محدودیت منبع پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ارقام گندم گزارش نمودند با افزایش میزان انتقال مجدد از ساقه‌ها بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه در گندم افزوده شد.

جدول ۲. پارامترهای آماری و تنوع صفات موردمطالعه بین لاین هاپلوئید جو موردمطالعه به همراه دو والد (STEPTOE × MOREX) تحت شرایط تنش کم‌آبی

Table 2. Statistical parameters and diversity of understudied traits in Double haploid lines with two parents (STEPTOE × MOREX) under cut irrigation

Parameter	پارامترها	تخصیص مواد فتوسنتزی partitioning			نسبت تخصیص ساقه به سنبله	انتقال مجدد
		برگ Leaf	ساقه Steam	سنبله Spike	Steam/Spike	Remobilization
Morex	والد مورکس	1.06	1.07	0.80	1.35	0.91
Steptoe	والد استپتو	0.99	1.53	0.79	1.02	1.17
parents mean	اختلاف والدین	-0.072	0.47	-0.01	0.67	0.25
Parental difference	میانگین والدین	1.02	1.30	0.79	1.68	1.04
the best line	بهترین لاین	1.68	1.76	1.68	2.31	1.85
The worst line	بدترین لاین	0.37	0.91	0.63	0.74	0.62
Lines Average	میانگین لاین‌ها	0.78	1.25	0.96	1.40	1.002
Rang	دامنه تغییرات	1.31	0.85	1.05	1.57	1.23
parents mean - Lines mean	اختلاف میانگین لاین از والدین	-0.24	-0.05	0.165	-0.28	0.04
Positive transgressive segregations	تفکیک متجاوز مثبت	0.62	0.23	0.89	0.30	0.68
Negative transgressive segregations	تفکیک متجاوز منفی	-0.62	-0.15	-0.16	-0.61	0.09
Phenotypic coefficient of variations	ضریب تنوع فنوتیپی	44.76	17.98	37.73	39.41	86.86
Genetic Coefficient of variations	ضریب تنوع ژنوتیپی	37.19	13.34	29.32	29.61	85.07
Broad sense heritability	وراثت‌پذیری خصوصی	34.18	23.32	30.88	28.18	47.12
Genetic gain 5%	بازده ژنتیکی	0.25	0.10	0.22	0.32	0.86
Least significant difference 5%	حداقل اختلاف معنی‌دار	*0.09*	*0.07*	*0.10*	*0.17*	*0.082*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

Parameter	پارامترها	نقش انتقال مجدد در عملکرد Remobilization portion	وزن هزار دانه TKW	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Hi
Morex	**والد مورکس**	0.169	43.13	600.55	327.03	0.58
Steptoe	**والد استپتو**	0.367	35.75	738.83	468	0.63
parents mean	**اختلاف والدین**	0.17	7.38	138.28	140.98	0.05
Parental difference	**میانگین والدین**	0.28	39.44	669.69	397.51	0.60
the best line	**بهترین لاین**	0.45	43.20	847.51	520.36	0.64
The worst line	**بدترین لاین**	0.153	33.50	489.59	281.34	0.54
Lines Average	**میانگین لاین‌ها**	0.352	39.67	678.76	411.62	0.59
Rang	**دامنه تغییرات**	0.30	9.70	348.92	239.06	0.10
parents mean - Lines mean	**اختلاف میانگین لاین از والدین**	-0.03	0.23	18.08	14.11	-0.01
Positive transgressive segregations	**تفکیک متجاوز مثبت**	0.09	3.08	108.68	52.37	0.01
Negative transgressive segregations	**تفکیک متجاوز منفی**	-0.04	-2.5	-101.96	-45.72	0.04
Phenotypic coefficient of variations	**ضریب تنوع فنوتیپی**	36.25	6.39	19.96	23.64	6.01
Genetic Coefficient of variations	**ضریب تنوع ژنوتیپی**	26.53	4.16	16.47	19.68	5.35
Broad sense heritability	**وراثت‌پذیری خصوصی**	26.17	40.34		34.59	39.18
Genetic gain 5%	**بازده ژنتیکی**	0.05	0.05	96.46	69.57	0.029
Least significant difference 5%	**حداقل اختلاف معنی‌دار**	*0.029*	*2.12*	*36.56*	*25.40*	*0.007*

جدول ۳. همبستگی بین صفات موردبررسی در شرایط نرمال رطوبتی (اعداد پایین قطر) و تنش کم‌آبی (اعداد بالای قطر)

Table 3. Correlation coefficients of traits under normal condition (low numbers) and water deficit condition (high numbers)

صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.05^{ns}	-0.03^{ns}	0.07^{ns}	0.12^{ns}	0.10^{ns}	0.15^{ns}	-0.01^{ns}	-0.02^{ns}	-0.04^{ns}
2	-0.04^{ns}	1	-0.05^{ns}	0.56^{**}	0.53^{**}	0.44^{**}	0.15^{ns}	-0.07^{ns}	0.38**	-0.09^{ns}
3	-0.07^{ns}	0.34**	1	0.81**	0.04^{ns}	0.06^{ns}	0.55**	-0.02^{ns}	0.42**	0.08^{ns}
4	0.05^{ns}	0.44**	-0.65**	1	0.33**	0.22*	0.18^{ns}	0.03^{ns}	-0.01^{ns}	-0.05^{ns}
5	-0.15^{ns}	0.38**	0.24*	0.30**	1	0.69**	0.85**	0.08^{ns}	0.15^{ns}	-0.09^{ns}
6	-0.06^{ns}	0.63**	0.12^{ns}	0.36**	0.80**	1	0.11^{ns}	-0.62**	-0.5**	-0.54**
7	-0.12^{ns}	0.22^{ns}	0.52**	0.12^{ns}	0.50**	0.05^{ns}	1	0.65**	0.48**	0.44**
8	-0.09^{ns}	-0.17^{ns}	0.08^{ns}	-0.22*	-0.06^{ns}	-0.58**	0.50**	1	0.96**	-0.46**
9	-0.08^{ns}	0.15^{ns}	0.27**	0.11^{ns}	0.76^{**}	-0.15^{ns}	0.82**	0.94**	1	0.88**
10	0.01^{ns}	-0.19^{ns}	0.10^{ns}	0.21*	0.18^{ns}	-0.45^{**}	0.34^{**}	-0.25^{*}	0.54^{**}	1

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪

۱: تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، ۲: تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، ۳: تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، ۴: نسبت تخصیص مواد فتوسنتزی ساقه به سنبله، ۵: انتقال مجدد، ۶: سهم انتقال مجدد در عملکرد، ۷: وزن هزار دانه، ۸: عملکرد بیولوژیک، ۹: عملکرد دانه، ۱۰: شاخص برداشت

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

1: Leaf partitioning, 2:Stem partitioning, 3: Spiklet Lpartitioning, 4: Stem partitioning / Spiklet Lpartitioning, 5: Remobilizatione, 6: Remobilizatione part, 7:1000 kernel weight, 8:Biological yield, 9: Grain yield, 10 Harvest index

جدول ۴. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات موردمطالعه با عملکرد دانه در شرایط نرمال رطوبتی

Table 4. Results of stepwise regression analysis of under studied traits with grain yield under normal condition

Variable	متغیرها	1	2
Constant	عدد ثابت	41.64	55.34
1000 kernel weight	وزن هزار دانه	102.88	256.84
Remobilization	انتقال مجدد		47.54
R^2	ضریب تبین	0.43	0.89

جدول ۵. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات موردمطالعه با عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی

Table 5. Results of stepwise regression analysis of under studied traits with grain yield under water deficit condition

Variable	متغیرها	1	2	3
Constant	عدد ثابت	-643.17	-360.22	-50.93
Harvest index	شاخص برداشت	1762.33	1417.86	739.40
Remobilization portion	نقش انتقال مجدد در عملکرد		-301.90	-1028.35
Remobilization	انتقال مجدد			279.00
R^2	ضریب تبین	0.47	0.53	0.82

جدول ۶. تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط نرمال رطوبتی

Table 6. Path analysis of traits affecting grain yield under normal condition

			Indirect effect	اثر غیرمستقیم
Variable	متغیرها	اثر مستقیم Direct effect	وزن هزار دانه TKW	انتقال مجدد Remobilization
1000 kernel weight	وزن هزار دانه	0.54**	-	0.27
Remobilization	انتقال مجدد	0.51**	0.25	-

جدول ۷. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات موردمطالعه با عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی

Table 7. Path analysis of traits affecting grain yield water deficit condition

			Indirect effect		اثر غیرمستقیم
Properties	صفات	اثر مستقیم Direct effect	شاخص برداشت HI	نقش انتقال مجدد در عملکرد Remobilization portion	انتقال مجدد Remobilization
Harvest index	شاخص برداشت	0.29**	-	0.52	0.07
Remobilization portion	نقش انتقال مجدد در عملکرد	-0.98**	-0.02	-	0.55
Remobilization	انتقال مجدد	0.81**	-0.02	-0.67	-

تجزیه خوشه‌ای

در شرایط آبیاری نرمال جهت تفکیک بهتر ژنوتیپ‌ها برش نمودار درختی از فاصله کمتر از ۵ انجام شد. براین اساس، در شرایط آبیاری نرمال ژنوتیپ‌ها به سه گروه تقسیم شدند. تجزیه واریانس ازنظر صفات موردمطالعه نشان داد که بین این گروه‌ها ازنظر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۸). در خوشه اول ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۵، ۳۹، ۴۳، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۵، ۵۸،۶۳، ۶۴، ۶۷، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷،

۸۰ و ۸۱ قرار داشت. ژنوتیپ‌های خوشه مذکور از مقادیر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتر از میانگین خوشه‌ها برخوردار بودند. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های مذکور از وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بالایی در مقایسه با میانگین کل و دو خوشه دیگر برخوردار هستند گزینش ژنوتیپ‌های مذکور احتمالاً بتواند ما را در دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول یاری دهد. خوشه دوم دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۴۰، ۴۲، ۵۴، ۵۹، ۶۰، ۶۲، ۶۶، ۷۰، ۷۱، ۷۳ و ۷۹ بود. خوشه مذکور از مقادیر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت پایین‌تر از میانگین کل گروه‌ها برخوردار بود، با توجه به پایین بودن صفات مذکور گزینش ارقام مذکور قابل توصیه نیست. خوشه سوم دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۴، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۷، ۱۹، ۲۶، ۲۸، ۳۴، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۴۱، ۴۴، ۴۵، ۴۷، ۵۳، ۵۶، ۵۷، ۶۱، ۶۲، ۶۵، ۶۸، ۶۹، ۷۲، ۷۸ و ۷۹ بود، خوشه مذکور از مقادیر وزن هزار دانه و شاخص برداشت کمتر از میانگین سه خوشه و از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کمتر از میانگین کل و دو خوشه دیگر بود، بنابراین گزینش ژنوتیپ-های خوشه مذکور قابل توصیه نیست.

جدول ۸. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط آبیاری نرمال

Table 8. Analysis of variance and mean comparison of groups from cluster analysis under normal condition

S.O.V	منابع تغیر	درجه آزادی d.f	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ Leaf partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه Steam partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله Spike partitioning	نسبت تخصیص ساقه به سنبله Spike/ Steam	انتقال مجدد Remobilization
Between Groups	بین گروه ها	2	0.03^{ns}	0.011^{ns}	0.020^{ns}	0.10^{ns}	0.009^{ns}
Within Groups	درون گروه ها	78	0.06	0.027	0.028	0.051	0.02
Cluster 1	کلاستر ۱	-	0.0886a	1.23a	0.0965a	1.32a	0.937a
Cluster 2	کلاستر ۲	-	0.882a	1.23a	0.995a	1.27a	0.924a
Cluster 3	کلاستر ۳		0.825a	1.27a	0.934a	1.40a	0.935a
Total mean	میانگین کل		0.864	1.24	0.675	1.33	0.932

Table 8. Contiued

جدول ۸. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	نقش انتقال مجدد در عملکرد Remobilization portion	وزن هزار دانه 1000 kernel weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI
Between Groups	بین گروه‌ها	2	0.017^{ns}	69.21^{**}	284452**	144413**	0.003**
Within Groups	درون گروه‌ها	78	0.001	3.02	2032	1016	0.0006
Cluster 1	کلاستر ۱	-	0.158b	43.22a	949.01a	598.81a	0.631a
Cluster 2	کلاستر ۲	-	0.182a	39.85b	836.48b	514.34b	0.613b
Cluster 3	کلاستر ۳		0.204a	38.98b	764.31c	467.72c	0.610b
Total mean	میانگین کل	-	0.181	40.68	849.93	526.95	0.616

در شرایط تنش انتهایی نیز بر اساس تجزیه واریانس چند متغیره، برش نمودار درختی از فاصله ۵ بیشترین مقدار F و درنتیجه بیشترین نسبت واریانس بین گروهی به درون‌گروهی را فراهم کرد. براین اساس، هاپلوئیدهای مضاعف همراه والدین در سه گروه قرار گرفتند. تجزیه واریانس ازنظر صفات موردمطالعه نشان داد که بین این گروه‌ها ازنظر تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، میزان انتقال مجدد سهم انتقال مجدد در عملکرد، عملکرد

بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹). بر این اساس خوشه شماره ۱ دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۵، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۷، ۳۱، ۳۳، ۳۹، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۵۰، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۶، ۵۹، ۶۳، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۷۰، ۷۲، ۷۳، ۷۷، ۸۰ و ۸۱ بود. خوشه مذکور از تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بالاتر از میانگین خوشه‌ها و از تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، نسبت تخصیص ساقه به سنبله، میزان انتقال مجدد و شاخص برداشت پایین‌تر از مقادیر کل خوشه‌ها برخوردار بود. خوشه دوم دربرگیرنده ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۳، ۲۹، ۳۰، ۳۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۱، ۵۵، ۵۸، ۷۵ و ۷۶ بود. ژنوتیپ‌های خوشه مذکور از تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله، نسبت تخصیص ساقه به سنبله، میزان انتقال مجدد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتر از متوسط کل گروه‌ها و از سهم انتقال مجدد در عملکرد کمتر از متوسط کل گروه‌ها برخوردار بود. با توجه به موارد مذکور ژنوتیپ‌های خوشه مذکور به دلیل برخورداری از خصوصیات مطلوب صفات تخصیص مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه‌ای می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب متحمل به خشکی در برنامه‌های بعدی اصلاح نباتات مورد بهره‌برداری قرار بگیرند.

جدول ۹ تجزیه واریانس و مقایسه میانگین گروه‌ها حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی

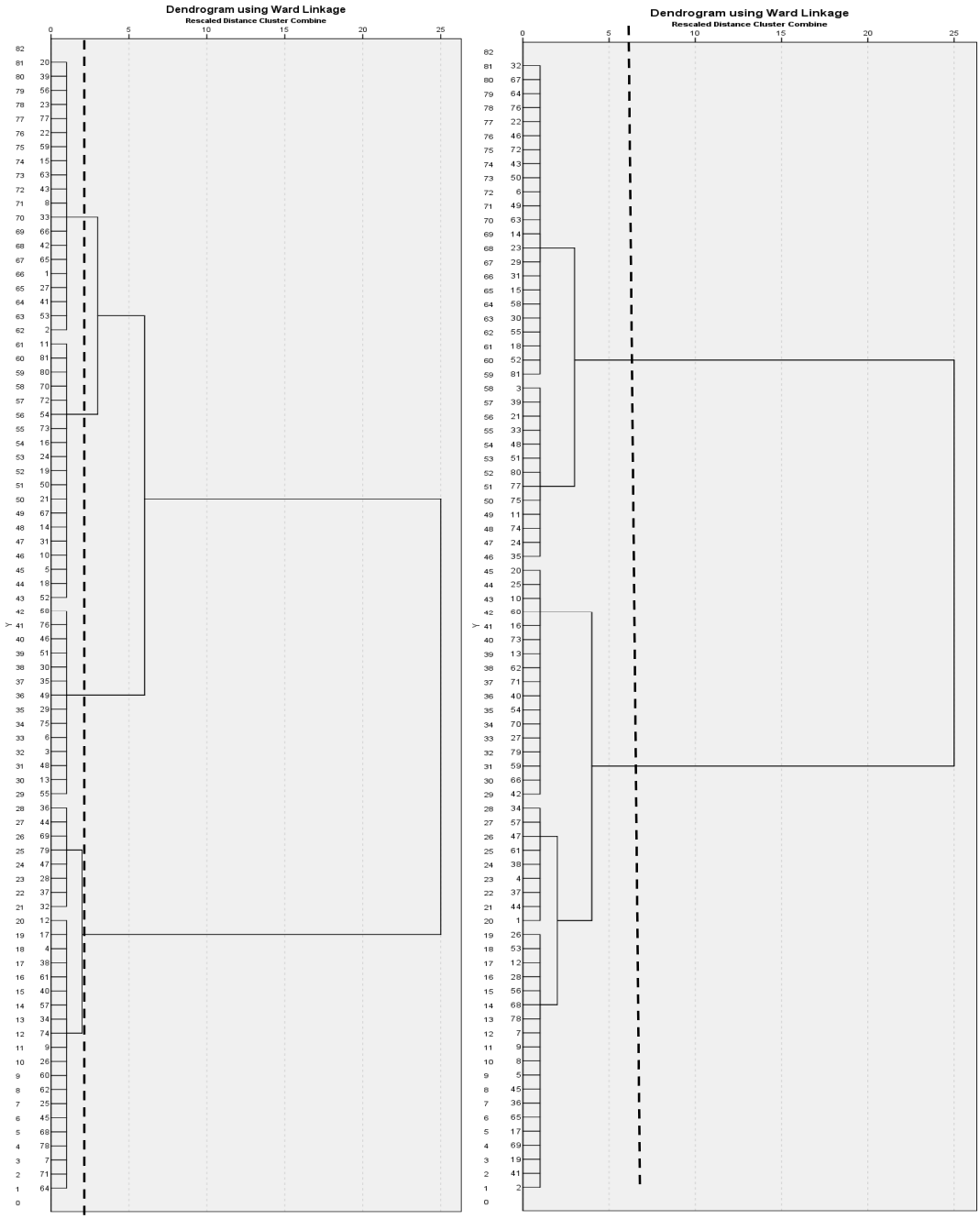
Table 9. Analysis of variance and mean comparison of groups from cluster analysis under water defect condition

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ Leaf partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه Steam partitioning	تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله Spike partitioning	نسبت تخصیص ساقه به سنبله Steam/Spike	انتقال مجدد Remobilization
Between Groups	بین گروه‌ها	2	0.11^{ns}	0.11^{ns}	0.009^{ns}	0.044^{ns}	0.14^{**}
Within Groups	درون گروه‌ها	78	0.04	0.04	0.04	0.10	0.02
Cluster 1	کلاستر ۱	-	0.79a	0.79a	0.96a	1.39a	1.01b
Cluster 2	کلاستر ۲	-	0.75a	0.75a	0.93a	1.48a	1.27a
Cluster 3	کلاستر ۳		0.80	0.80	0.96a	1.40a	0.97a
Total mean	میانگین کل	-	0.78	0.78	0.95	1.42	1.08

Table 9. Continued

جدول ۹. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	نقش انتقال مجدد در عملکرد Remobilization portion	وزن هزار دانه 1000 kernel weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI
Between Groups	بین گروه‌ها	2	0.034^{**}	117.40^{**}	2073.40^{**}	1071.69^{**}	0.26^{**}
Within Groups	درون گروه‌ها	78	0.002	12.42	11.23	4.86	0.003
Cluster 1	کلاستر ۱	-	0.24b	35.55b	712.73b	426.56b	0.58b
Cluster 2	کلاستر ۲	-	0.20c	38.18c	795.77a	493.82a	0.62a
Cluster 3	کلاستر ۳		0.28a	34.45a	597.70c	348.66c	0.58c
Total mean	میانگین کل	-	0.24	36.04	703.03	404.96	0.59



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌های هاپلوئید مضاعف جو در شرایط نرمال آبیاری (سمت راست) و تنش کم‌آبی (سمت چپ)

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis of dual haploid lines in normal (right) and water deficit (left) conditions

خوشه سه نیز دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۷، ۹، ۱۲، ۱۷، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۳۲، ۳۴، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۴۰، ۴۴، ۴۵، ۴۷، ۵۷، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۴، ۶۸، ۶۹، ۷۱، ۷۴، ۷۸ و ۷۹ بود. خوشه مذکور در مقایسه با متوسط کل خوشه‌ها از مقادیر تخصیص مواد فتوسنتزی به برگ، تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله و سهم انتقال مجدد در عملکرد بالاتر و از تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، نسبت تخصیص ساقه به سنبله، میزان انتقال مجدد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت پایین‌تر از مقادیر کل گروه‌ها برخوردار بود. با توجه به نتایج مذکور گزینش ژنوتیپ‌های خوشه مذکور به دلیل

عدم برخورداری از خصوصیات مناسب قابل توصیه نیست. دادبه و همکاران (Dadbeh, 2011) در مطالعه تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های جو با استفاده از نشانگرهای SSR اظهار داشتند بین ارقام ژنوتیپ‌های جو تنوع ژنتیکی قابل قبولی وجود داشت و با استفاده از تجزیه خوشه ژنوتیپ‌های موردمطالعه به سه گروه اصلی و دو زیرگروه در داخل یکی از گروه‌ها تقسیم کردند. مسلمی و همکاران (Muslim et al., 2016) در گروه‌بندی لاین‌ها با استفاده از تجزیه خوشه، ژنوتیپ‌ها را به ۷ گروه تقسیم نمودند.

نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق، مقادیر وراثت‌پذیری بالا با پیشرفت ژنتیکی متوسط به پایین برای کلیه صفات موردبررسی مشاهده شد، می‌توان نتیجه گرفت که در کنترل صفات موردبررسی نقش اثرات غیر افزایشی ژنتیکی و عوامل محیطی بارزتر از اثرات افزایشی است. در این بررسی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در هر دو شرایط اثر مثبتی بر تغییرات عملکرد دانه نشان داد؛ بنابراین، گزینش ژنوتیپ‌هایی با مقدار تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی می‌تواند راهکاری مؤثری برای افزایش عملکرد دانه در هر دو شرایط باشد. بر اساس نتایج تجزیه خوشه در شرایط نرمال رطوبتی ژنوتیپ‌های قرارگرفته در خوشه ۱ و در شرایط تنش کم‌آبی، ژنوتیپ‌های واقع در خوشه ۲ از خصوصیات تخصیص و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه مناسبی برخوردار هستند لذا برای گزینش ژنوتیپ‌ها، برای برنامه‌های آینده اصلاح نباتات قابل توصیه هستند.

منابع

Abdoli, M., Saidi, M., Jalali Honarmand, M., Mansoorifard, S., Qobadi, A., 2016. Evaluation of the effect of water stress and source constraints after pollination on grain yield and remobilization of wheat cultivars. Environmental Stresses in Agricultural Sciences. 2(2), 137-154. [In Persian with English summary].

Araus, J.L., Amaro, T., Casadesús, J., Asbati. A., Nachit, M.M., 1998. Relationships between ash content, carbon isotope discrimination and yield in durum wheat. Australian Journal of Plant Physiology. 25(7), 835–842.

Dadbeh, H. 2011. Genetic Diversity of Barley Genotypes Using SSR Markers. Master's dissertation on Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tabriz University. 80p. [In Persian].

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., Waines, J.G., 1989. Genetic variation, heritability, and path-analysis in landraces of bread wheat from South Western Iran. Euphytica. 41,183-190.

FAO. 2017. http://faostat3.fao.org/ download/ Q/QC/E.

Gheitaran Pourshareh, S.H., Mohammad, S.A., Sadeghzadeh, B., 2014. Identification of genomic regions associated with the accumulation of iron in the population of dual haploid populations of barley. Cereal Research. 3(4), 321-334. [In Persian with English summary].

Hamze, 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].

Heydari Roodballi, M., Abdolshahi, R., Baghizadeh, A. Ghader Ghaderi. M., 2016. Genetic analysis of yield and yield related traits in bread wheat (*Triticum aestivum L.*) under drought stress Condition. Journal of Crop Breeding. 8 (18), 1-6. [In Persian with English summary].

Houshmand, S., 2003. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. Publication of Shahre Kord University. 462p.

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 Reserch. 8(2), 308-314 [In Persian with English summary].

Modhej, M., 2011. The relationship between source and sink physiological wheat (*Triticum*

aestivum and *T. durum*) and triticale (*Triticale hexaploid* Lart.) In Ahvaz environmental conditions. Journal of Agricultural Research. 9 (2), 264-258 [In Persian with English summary].

Mohammadi, M., Talei, A.S., Zeinali, H., Naghavi, M.R., Baum, M., 2008. Decrease of QTLs for morphological traits in dual haploid populations of barley. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 45, 111-120 [In Persian with English summary].

Muslim, H., Selouci, M., Fakheri, B., 2016. Evaluation of morphological traits of barley double haplotypes under hydroponic culture conditions. Journal of Crop Breeding. 18, 144-158 [In Persian with English summary].

Nekhaee Badr Abadi, M., Shokr Pour, M., 2013. Grouping of different barley genotypes using molecular, morphological and reciprocal transfer of dry matter to seed under water stress condition. Special Issue of the Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 2, 136-148 [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.

Przulj. N., Momcilovic. V., 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two rowed spring barley I. Dry matter translocation. European Journal of Agronomy. 15, 241-254 .

Richards, R.A., Passioura, J.B., 1989. A breeding program to reduce the diameter of the major xylem vessel in the seminal roots of wheat and its effect on grain yield in rain-fed environments. Australian Journal of Agricultural Research. 40, 943–950.

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 .

Siasari, B., Talei, A.R., Peyghambari, S.A., Naghavi, M., Rezaei, A.S., Kohkan. SH., 2009. QTL analysis, traits related to the quantity and quality of forage barley. Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 13(47), 195-207. [In Persian with English summary].

Singh, M., Ceccarelli, S. Hamblin, J., 1993. Estimation of heritability from varietal triats data. Theoretical and Applied Genetics. 86, 437-441 .

Therrien, M.C., 2003. Heritability estimates for forage quality in barley. Barley Genetics Newsletter, 33, 16-17. (Available http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/bgn/33/mcttxt1.htm/).

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 2, pp. 341-355
Summer 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2333.1604

Original article

Estimation of genetic diversity and grouping of double haploid barley lines in terms of photosynthetic partitioning in normal and water deficit conditions

M. Khalili[1*], M.A. Ebrahimi[2]
1. Associate Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received 11 March 2019; Accepted 30 Jun 2019

Abstract
In order to estimation of genetic diversity and grouping of double haploid barley lines in terms of photosynthetic partitioning , 72 double haploid lines along with Steptoe and Morex parents on a research farm of Mahabad University were studied in a simple lattice design with two replications in normal conditions and water deficit conditions. Results showed that there was a significant difference between studied genotypes for all traits. Under normal and water deficit conditions, a significant positive and negative segregations for all traits (other than biological yield under normal condition) were observed, furthermore in both conditions, the highest amount of narrow-sense heritability was calculated for harvest index traits and grain yield. The results of regression analysis of traits affecting grain yield showed that under normal conditions, two traits of 1000 grain weight and remobilization of photosynthetic materials (R2 = 89) identified as The most effective traits on grain yield. Under water deficit conditions, the harvest index, the remobilization portion in grain yield and remobilization (R2 = 0.82) were identified as the most effective traits on grain yield. In normal irrigation conditions, two traits of 1000 grain weight and remobilization of photosynthetic materials had a positive and direct effect on grain yield. However, under water deficit conditions, the harvest index and remobilization had direct positive effect and remobilization portion in grain yield showed a negative and direct effect on grain yield. Based on the results of cluster analysis, genotypes were classified into two groups under normal and three groups in water deficit condition.

***Keywords*:** Barley, Double haploid, Genetic diversity, Heritability

*Correspondent author: Maerouf Khalili; E-Mail:makhalily@yahoo.com