دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

برآورد اثرات هفت دهه آزادسازی ارقام بر افزایش عملکرد جو در ایران

جواد عرب‌زوزنی[۱]، محمدهادی پهلوانی[۲]، خلیل زینلی‌نژاد[۳] و محسن اسماعیل‌زاده‌مقدم[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسوول: hpahlavani@yahoo.com)
۳- استادیار اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استاد ، موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزشی و ترویج کشاورزی، البرز، ایران
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۴ تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۲
صفحه: ۱۰۱ تا ۱۱۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: مطالعه پیشرفت ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی و شناسایی صفاتی که در آن نقش داشته‌اند در ارزیابی کارائی روش‌های اصلاحی در گذشته و همچنین تعریف اهداف جدید در پروژه‌های به‌نژادی آینده اهمیت دارد. این تحقیق با هدف برآورد میزان پیشرفت ژنتیکی و آگاهی از سطح تنوع در رقام جو که در خلال سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۹۲ در ایران آزاد شده‌اند انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ انجام شد. مواد مورد بررسی یک نمونه شامل ۲۱ رقم جو آزادشده در بازه زمانی ۱۳۳۰ تا ۱۳۹۲ در ایران بود. در بخش مزرعه ارقام مختلف جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای ارزیابی متغیرهای بوته درکرت، ارتفاع بوته، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد پنجه، وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی کشت شدند. از نشانگرهای ISSR به منظور بررسی تنوع و گروه‌بندی ارقام استفاده گردید. ابتدا از ۲۳ آغازگر تصادفی ISSR استفاده شد که از میان آنها هفت آغازگر که چندشکلی بالایی نشان دادند برای ارزیابی نهایی و تولید نشانگر انتخاب شدند.

یافته‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌دار بین ارقام را برای عملکرد دانه، وزن دانه، تعداد سنبله در کرت، تعداد دانه در سنبله، روز تا رسیدگی، تعداد پنجه در بوته، طول سنبله و طول ساقه آشکار نمود. از میان صفات مورد بررسی اثرات به‌نژادی بر بهبود عملکرد دانه و تعداد پنجه بزرگ و معنی‌دار بود. تجزیه خوشه‌ای داده‌های مورفولوژیک با تفکیک ارقام جو به سه گروه جدید (آزاد شده از سال ۱۳۹۰ به بعد)، میانی (آزاد شده بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۴۰) و قدیمی (آزاد شده بین سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۴۰) حصول پیشرفت ژنتیکی را تایید نمود. مقادیر شاخص نئی و شانون برای نشانگرهای ISSR نیز حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل توجهی در بین ارقام مورد بررسی بود. بر اساس مقدار PIC، آغازگرهای شماره ۱۵، ۱۸ و ۲۳ برای شناسایی والدها در تهیه جمعیت‌های در حال تفرق و یا گزینش به کمک نشانگر مفید خواهند بود.

نتیجه‌گیری: در بین دهه‌های مطالعه شده ارقام دهه هفتم (سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲) دارای بالاترین عملکرد دانه و در بین آنها دو رقم زهک و نیک بهترین بودند. نتایج نشان داد که متوسط پیشرفت ارقام جو طی هفت دهه به‌نژادی حدودا معادل ۳/۷ کیلوگرم در سال بوده است.

واژه‌های کلیدی: آی‌اس‌اس‌آر، تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی، عملکرد، نشانگر

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت و کمبود مواد غذایی باعث ایجاد نگرانی‌هایی در زمینه آینده تولیدات کشاورزی در دنیا شده است. در حال حاضر بهبود کمّی و کیفی محصولات کشاورزی به عنوان گزینه‌های موجود به منظور مقابله با چالش کمبود مواد غذایی از اهمیت خاصی برخوردار است، به ویژه اینکه پیشرفت‌های اخیر در زمینه دانش ژنتیک و استفاده از فناوری‌های نوین، سهم بسزایی در طراحی و اجرای دقیق‌تر برنامه‌های بهنژادی گیاهان زراعی و باغی داشته است. به‌نژادی گیاهان به مجموعه فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در آن با مشاهده پتانسیل تولید و آزمون جوامع متنوع گیاهی و واکنش آنها نسبت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، نمونه‌هایی را که حاوی ژنهای مطلوب هستند و کارکرد بهتری دارند انتخاب می‌نمایند. روش دیگر شناسایی ژن‌های مفید که بسیار سریع است مقایسه ارقام جدید سازگار و پرمحصول با انواع قدیمی‌تر است تا ویژگی‌هایی از گیاهان زراعی که به همراه عملکرد دانه تغییر کرده‌اند مشخص شوند (۲۷). در گیاهان زراعی رایج همانند غلات این مقایسه به تفکیک اثرات عوامل ژنتیکی از عوامل محیطی و تعیین سهم آنها در بهبود پتانسیل عملکرد دانه کمک نموده‌است. مقایسه ارقام قدیم و جدید نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از افزایش عملکرد بالقوه در جو طی قرن اخیر مربوط به پیشرفت‌های ژنتیکی بوده‌است (۳۱). اکثر مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که بهبود عملکرد جو عمدتا در اثر کاهش ارتفاع گیاه، بهبود مقاومت به خوابیدگی، افزایش مقاومت به بیماری‌ها و آفات و تسریع در گلدهی بوده است و انتظار بر این است که افزایش‌های آتی نیز بیشتر از عوامل ژنتیکی ناشی گردد (۲۴،۲۷).

جو به‌دلیل تحمل در مقابل شرایط سخت محیطی و قابلیت تحمل به کم آبی (نیاز کم به رطوبت) و تطابق با محیط کشت، در بسیاری از نقاط جهان مورد استفاده کشاورزان قرار دارد و به‌دلیل دوره کوتاه رشد در نیم‌کره شمالی و در ارتفاعات، در جایی که دوره عاری از یخبندان کوتاه باشد، به‌خوبی رشد می‌کند. جو نسبت به گندم دامنه سازگاری وسیع‌تری دارد و در دیم‌زارهایی که رطوبت خاک و بارندگی برای رشد گندم ناکافی و نامطمئن باشد می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. طبق گزارش فائو در سال ۲۰۱۸، روسیه با ۲۰/۴۸ میلیون تن بزرگترین تولیدکننده و کشورهای فرانسه، آلمان و کانادا به ترتیب با ۱۳/۵۶، ۱۱/۵۹ و ۱۰/۳۸ میلیون تن در رتبه‌های بعدی قرار داشته‌اند (۱۲). طبق همین گزارش ایران با ۳/۶۰ میلیون تن رتبه چهاردهم را در بین کشورهای تولیدکننده جو به خود اختصاص داده است. متوسط عملکرد دانه جو در ایران حدود ۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار (و در روسیه ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد (۱۲). در ایران جو از

لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید در بین غلات پس از گندم در رتبه دوم قرار دارد (۳). در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸، سطح برداشت جو در ایران حدود ۱/۵۵ میلیون هکتار برآورد شده که حدود ۱۵ درصد از کل سطح محصولات زراعی و ۲۰ درصد از کل سطح غلات کشور می‌باشد که سهم اراضی آبی حدود ۴۰ درصد و اراضی دیم حدود ۶۰ درصد بوده است. بیشترین سطح برداشت جو در کل ایران (سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸) مربوط به استان کرمانشاه با ۱۱/۲۵ درصد می‌باشد. استان‌های کرمانشاه با ۱۷/۴۰، خراسان رضوی با ۹/۱۴، لرستان با ۷/۶۶، فارس با ۷/۸۶، همدان با ۷/۳۴ و خوزستان با ۶/۶۲ درصد از سطح برداشت جو در ایران را به خود اختصاص دادند و از این حیث به‌ترتیب مقام‌های اول تا ششم را احراز نمودند (۳). در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ سهم استان گلستان از سطح برداشت جو در ایران حدود ۳/۱۷ درصد بود که از آن حدود ۱۲۱۰۰۰ تن دانه جو برداشت گردیده است (۳).

رایج‌ترین روش برآورد نقش فعالیت‌های بهنژادی در بهبود ارقام و تعیین سهم آن محاسبه ضریب رگرسیون میانگین عملکرد ارقام بر روی سال آزادسازی آنها به‌عنوان بهبود ژنتیکی سالانه است (۵، ۱۰، ۱۸، ۲۴). در این روش شیب خط رگرسیون سرعت پیشرفت ناشی از به‌نژادی برای عملکرد دانه یا هر صفت دیگر در نظر گرفته می‌شود. مطالعاتی که تاکنون انجام شده است نتایج مفید و جالبی در پی داشته است. در مطالعه‌ای میانگین عملکرد دانه ۱۵ رقم جو بهاره معرفی شده طی دوره ۱۸۸۰ تا ۱۹۸۰ با مدل رگرسیون خطی برازش داده شد. عملکرد در سال ۱۹۸۰ که ۸/۱ تن در هکتار بود، افزایشی معادل ۳۰/۹ درصد را نسبت به سال ۱۸۸۰ با عملکرد ۶/۱۹ تن در هکتار نشان داد. همچنین افزایش عملکرد در طی دوره ۲۷ ساله منتهی به ۱۹۸۰ تقریبا چند برابر عملکردی بوده که طی دوره ۷۳ ساله منتهی به ۱۹۵۳ حاصل شده بود (۲۴). با انجام تجزیه رگرسیون خطی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام جوهای بومی و وارداتی معرفی شده در ایران طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۷ که بیشترین سطح زیر کشت را داشتند و مقایسه آنها با رقم شاهد، میزان بهبود ژنتیکی سالیانه عملکرد دانه را ۲۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار گزارش گردید (۲۳).

استفاده از نشانگرهای مولکولی نظیر ISSR و تجزیه داده‌های مولکولی حاصل از پلی‌مورفیسم آن به روشی معتبر و سریع در مطالعات امروزه تبدیل گشته که همراه با داده‌های مورفولوژیکی اطمینان بیشتری به تفسیر و کاربری نتایج تحقیقات تنوع ژنتیکی بخشیده است. میزان تنوع ژنتیکی موجود در مجموعه ارقام قدیمی و جدید بیانگر ایجاد تغییرات در خلال سالهای آزاد سازی آنها است. در مطالعه‌ای که با هدف اندازه‌گیری تنوع ژنتیکی در مجموعه‌ای شامل ۲۰ ژنوتیپ جو با استفاده از ۲۵ آغازگر ISSR صورت گرفت نتایج نشان دادند که در کل ۲۰ آغازگر توانستند ۱۶۳ باند تولید که حدود ۴۳ درصد آنها چندشکلی نشان دادند. تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مختصات اصلی با استفاده از ماتریس تشابه ژنتیکی جاکارد، ژنوتیپ‌ها را به سه گروه متمایز تقسیم نمود و حداقل و حداکثر تشابه به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۲۹ تشخیص داده شد (۳۴).

آگاهی از میزان پیشرفت ژنتیکی رخ داده، شناسایی صفات مطلوبی که ارقام جدید را از انواع قدیمی‌تر متمایز می‌گردانند و همچنین سطح تنوع ژنتیکی علاوه بر اینکه معیارهای مناسبی برای ارزیابی موفق‌بودن فعالیت‌های بهنژادی صورت‌گرفته هستند می‌توانند برای پیش‌بینی میزان و جهت تغییرات اصلاحی در آینده و انتخاب صفات موثر برای اصلاح به عنوان راهنما به‌کار روند. این تحقیق با هدف برآورد میزان پیشرفت ژنتیکی و شناسایی صفات مفید و موثر در پیشرفت و تعیین تنوع ژنتیکی در ارقام جو آزادشده در ایران طی دهه‌های اخیر با استفاده از صفات مورفولوژیک و نشانگرهای ISSR صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ انجام شد. مواد مورد بررسی در این تحقیق یک نمونه که شامل ۲۱ رقم جو آزادشده در بازه زمانی ۱۳۳۰ تا ۱۳۹۲ در ایران بودند در دو بخش مزرعه و آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفتند (علیرغم اینکه تعداد زیادی ارقام جو طی این بازه زمانی آزاد شد ولی به دلیل برخی محدودیت ها در دسترسی به بذر کافی و سایر امکانات مادی و اعتباری تعداد ۲۱ رقم برای بررسی در نظر گرفته شد.). بذور از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. در بخش مزرعه ارقام مختلف جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای ارزیابی متغیرهای مورفولوژیک از جمله صفات مربوط به عملکرد دانه کشت شدند. در بخش آزمایشگاه ارقام مورد مطالعه به منظور بررسی تنوع و گروه‌بندی با استفاده از نشانگرهای ISSR در آزمایشگاه ژنتیک دانشکده تولید گیاهی ارزیابی شدند. نام، شجره و کد ارقام جو مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. ارقام مورد بررسی بر اساس سال آزادسازی در هفت گروه (دهه) دسته‌بندی شدند (جدول ۱). بعد از آماده‌سازی زمین و انجام عملیات شخم و دیسک، بذور ارقام در تاریخ ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶ کشت شد. هر کرت آزمایشی در هفت خط دو متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۲/۵ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند. تراکم کاشت در هر کرت ۵۶۰ دانه و سطح هر کرت ۲/۸ متر مربع بود. پس از رسیدگی بوته‌های هر کرت به‌صورت جداگانه جمع‌آوری گردید و مورد خرمنکوبی و بوجاری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در واحد کرت، نمونه‌برداری پس از حذف دو خط کناری و ۳۰ سانتی‌متر از دو طرف هر خط به منظور حذف اثر حاشیه صورت گرفت (سطح برداشت در هر کرت ۰/۸۴ مترمربع بود). سایر صفات مورفولوژیک شامل تعداد بوته درکرت، ارتفاع بوته، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد پنجه، وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی اندازه‌گیری گردید. برای ثبت ارتفاع بوته و طول سنبله در هر کرت از پنج بوته تصادفی استفاده شد. برای تجزیه آماری داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای Excel و SAS استفاده شد. برای گروهبندی ارقام برمبنای صفات مورفولوژیک از روش ward

در نرم‌افزار R استفاده گردید. برای تعیین تعداد کلاستر معنی‌دار از بسته آماری NbClust در نرم‌افزار R استفاده گردید که معیار اصلی آن برای تعیین مکان خط برش آماره ccc می‌باشد.

جدول ۱- نام، سال و دهه آزادسازی (گروه) به‌همراه منشا و شجره ارقام جو مورد استفاده در این مطالعه
Table 1. Name, year and decade of releasing (group) along with origin and pedigree of barley cultivars used in this study

نام رقم	سال آزادسازی	گروه (دهه آزادسازی)	منشا	شجره
نیک	۱۳۹۰	۷	ایکاردا	Lignee527/NK1272//JLB70-63
کارون	۱۳۵۹	۳	آمریکا	Strain 205
فجر۳۰	۱۳۸۷	۶	کراس داخلی- برنامه ملی ایران	Lignee131/Gerbel//Alger-Ceres
به رخ	۱۳۹۲	۷	یوگسلاوی و روسیه	Novosadski-444
جنوب	۱۳۷۶	۵	سیمیت	Gloria"s"/Copal"s"
گوهرجو	۱۳۳۸	۱	چوبک همدان	از ارقام بومی ایران
گرگان۴	۱۳۴۱	۲	سوئد	Herta
نیمروز	۱۳۸۷	۶	سیمیت	Trompillo
کویر	۱۳۵۸	۳	آمریکا	Strain 205
دشت	۱۳۷۲	۵	ایکاردا	Probestdwarf
نصرت	۱۳۸۷	۶	کراس داخلی- برنامه ملی ایران	Karoon/kavir
ریحان	۱۳۷۳	۵	ایکاردا	Rihane
یوسف	۱۳۸۸	۶	ایکاردا	Lignee527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/DeirAlla 106//Dl71/Strain 205
زر جو	۱۳۳۰	۱	همدان	از ارقام بومی ایران
ارس	۱۳۶۷	۴	اروپا	Arumir
ترکمن	۱۳۷۲	۵	ایکاردا	Rihane"S"-04
والفجر	۱۳۶۴	۴	مواد بین المللی	CI-108985
ارم	۱۳۴۱	۲	ایران - بجنورد	از ارقام بومی ایران
سینا	۱۳۴۵	۲	فائو	-
زهک	۱۳۹۱	۷	سیمیت	Poa/Hjo//Qjina
صحرا	۱۳۸۲	۶	سیمیت	.B.LRAN/Una8271// Glorias"s"Com

به‌منظور استخراج DNA ارقام مورد مطالعه، نمونه‌گیری از برگ‌ها در مرحله رشدی سه برگی انجام شد. استخراج DNA به روش دویل و دویل (۱۱) صورت گرفت. ابتدا از ۲۳ آغازگر تصادفی ISSR استفاده شد که از میان آنها هفت آغازگر که چندشکلی بالایی نشان دادند برای ارزیابی نهایی و تولید نشانگرهای ISSR انتخاب شدند. ساخت آغازگرها توسط شرکت Metabion International AG انجام شده بود. مشخصات و توالی آغازگرهای نهایی به همراه دمای اتصال آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. برای تعیین کمیت و کیفیت DNA از ژل آگارز ۰/۸ درصد استفاده شد و برای آشکارسازی محصولات PCR و انتخاب آغازگرها از ژل آگارز ۱/۵ درصد استفاده شد. برای آشکارسازی محصولات و ارزیابی نهایی از ژل پلی‌اکریلامید شش درصد استفاده شد. باندهایی که چندشکلی نشان دادند به‌صورت یک (حضور) و صفر (عدم حضور) امتیازدهی شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا ماتریس دوتایی صفر و یک برای هر نمونه بر مبنای چندشکلی تولید شده تشکیل شد. مقادیر PIC مطابق با معادله آندرسون و همکاران (۴) در نرم‌افزار Pop Gene محاسبه گردید.

$$PIC = 1 - \Sigma p_i^2$$

در این معادله Pi فراوانی آلل iام می‌باشد.

جدول ۲- نام، توالی و سایر ویژگی های نشانگرهای ISSR مورد استفاده در مطالعه
Table 2. Name, sequence and other characteristics of ISSR markers used in the study

نام آغازگر	توالی	دمای اتصال (درجه سانتی‌گراد)	درصد GC
آغازگر ۱	5´-GAGAGAGAGAGAATG-3´	۴۵	۴۷/۱
آغازگر ۲	5´-CACACACACACACAGCC-3´	۵۰	۵۸/۸
آغازگر ۹	5´-CACACACACACACAGCG-3´	۵۰	۵۸/۸
آغازگر ۱۵	5´-CACACACACACACACAAGT-3´	۵۰	۴۷/۴
آغازگر ۱۸	5´-CACACACACACACACAG-3´	۴۷	۵۲/۹
آغازگر ۲۰	5´-CCACTCTCTCTCTCTCTCT-3´	۵۳	۵۲/۶
آغازگر ۲۳	5´-CACACACACACACACAGT-3´	۵۰	۵۰

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ۲۱ رقم جو مورد مطالعه از نظر کلیه خصوصیات مورد بررسی شامل عملکرد دانه در کرت، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در کرت، روز تا رسیدگی، طول ساقه و طول سنبله تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند (جدول ۳). ضریب تغییرات خطا برای خصوصیات عملکرد دانه در کرت، تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰۰دانه، تعداد پنجه، تعداد سنبله، روز تا رسیدگی، طول ساقه و طول سنبله به ترتیب برابر با ۱۲/۴۶، ۸/۶۵، ۴/۹۳، ۱۰/۶۵، ۵/۰۴، ۰/۵۶، ۶/۶۵ و ۱۶/۱۶ درصد بود که نشان‌دهنده دقت مطلوب انجام آزمایش صورت گرفته و درجه اعتماد به نتایج تجزیه واریانس می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و برخی خصوصیات مورفولوژیک ارقام جو آزاد شده در ایران در طی هفت دهه مورد بررسی
Table 3. Results of analysis of variance for grain yield and some morphological characteristics of barley cultivars released in Iran during seven studied decades

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه (گرم درکرت)	تعداد دانه در سنبله	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله در کرت	روز تا رسیدگی	طول ساقه	طول سنبله
بلوک	۲	۸۹۸۲/۲۷^{ns}	۳۸/۷۷^{ns}	۱۲/۱۶^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۲۸۳/۳۷^{ns}	۱/۲۵^{ns}	۶۹/۵۷^{ns}	۱/۷۳^{ns}
رقم	۲۰	۵۱۴۱۴/۵۷**	۳۸۸/۲۰**	۲۵/۱۲**	۰/۲۳**	۲۲۰۰/۸۳**	۲۹/۸۶**	۱۲۱۴/۶۴**	۲۳/۴۶**
دهه	۶	۵۴۵۲۷/۴۴**	۱۵۹/۵۸**	۱۹/۸۹**	۰/۷۸**	۵۸۹۲/۱۱**	۴۱/۵۳**	۱۶۸۶/۰۸**	۵۷/۷۴**
رقم در دهه	۱۴	۵۰۰۸۰/۴۹**	۴۱۴/۷۸**	۲۷/۳۸**	۰/۱۲**	۶۱۸/۸۶**	۲۴/۸۵**	۱۰۱۲/۶۰**	۲۳/۰۶**
خطا	۴۰	۲۷۸۰/۸۲	۱۴/۴۹	۱/۸	۰/۰۴	۳۸۰/۶۶	۱/۰۸	۴۰/۵۰	۱/۳۳
ضریب تغییرات خطا (٪)		۱۲/۴۶	۸/۶۵	۴/۹۳	۱۰/۶۵	۵/۰۴	۰/۵۶	۶/۶۵	۱۶/۱۶

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی‌دار در سطح آماری یک درصد

تفکیک واریانس ارقام (با ۲۰ درجه آزادی) به دهه (با شش درجه آزادی) و رقم در دهه (با ۱۴ درجه آزادی) نیز نشان داد که بین هفت دهه مورد بررسی و همچنین ارقام درون هر دهه تفاوت معنی داری برای کلیه خصوصیات وجود داشت (جدول ۵). نتایج آزمون مقایسه میانگین (LSD در سطح احتمال پنج درصد) نشان داد که رقم زهک با ۸۲۵/۱۵ گرم دارای بیشترین عملکرد دانه در کرت و رقم ارم با ۲۵۱/۲ گرم کمترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۴). مشاهده اختلاف معنی‌دار ارقام از نظر کلیه صفات علاوه بر وجود تنوع ژنتیکی در مواد مورد بررسی، بیانگر ایجاد تغییرات ژنتیکی در خلال ۷ دهه اصلاح ارقام جو می‌باشد. به طور متوسط ارقام دهه هفت (شامل ارقام نیک، بهرخ و زهک آزاد شده در دهه ۱۳۹۰) دارای بیشترین عملکرد و دهه دو (شامل ارقام گرگان ۴، ارم و سینا آزاد شده در دهه ۱۳۴۰) کمترین عملکرد دانه را نشان دادند، دیگر دهه‌ها اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴). نتایج آزمون مقایسه میانگین نشان داد دهه یک (۱۹۶/۳۳) و هفت (۲۷۷/۸۶) به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تعداد سنبله در کرت بودند، دهه یک و دو اختلاف معنی‌داری نشان ندادند و بین دیگر دهه‌ها نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). ارقام دهه یک با بیشترین تعداد دانه در سنبله (۵۹/۴۱) با دیگر دهه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد، دهه چهار و دهه دو نیز کمترین تعداد دانه در سنبله را نشان دادند و بین ارقام دهه‌های هفت، شش و سه اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۵). از نظر وزن هزار دانه، ملاحظه می‌شود که ارقام دهه هفتم بالاترین (۴۷/۰۱ گرم) و ارقام دهه‌های دو و سه دارای کمترین وزن (حدود ۴۲ تا ۴۳ گرم) بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین دهه‌های مختلف نشان داد که به طور کلی در ارقام جدیدتر تعداد پنجه افزایش یافته است. ارقام دهه دو دارای کمترین تعداد پنجه (۱/۹۷) و ارقام دهه هفت دارای بیشترین تعداد پنجه (۲/۸۶) بودند (جدول ۵). ارقام دهه یک با ۱۸۸/۱۶ روز بیشترین زمان رسیدگی و ارقام دهه سه و پنج کمترین زمان رسیدگی (حدود ۱۸۱ روز) را نشان دادند (جدول ۵). ارقام دهه چهار دارای بیشترین طول ساقه (۱۰۹/۲۳) و ارقام دهه هفت دارای کمترین طول ساقه (۸۷/۵۷) بودند (جدول ۵). میانگین طول سنبله در دهه‌های مختلف نشان داد دهه هفت با میانگین ۸/۶۴ سانتی‌متر بیشترین طول سنبله و دهه دو و چهار به ترتیب با ۵/۶۰ و ۵/۶۳ سانتی‌متر کمترین طول سنبله را داشتند (جدول ۵). بطور کلی فعالیت‌های بهنژادی در خلال ۷ دهه موجب افزایش در عملکرد دانه، تعداد سنبله، وزن دانه، تعداد پنجه و طول سنبله و کاهش ارتفاع ساقه در ارقام جو شده است. ایجاد تغییرات ژنتیکی در اثر فعالیت‌های بهنژادی و وجود تنوع ژنتیکی در ارقام جدید و قدیم جو پیش از این در سایر مطالعاتی که در جو زراعی انجام شده است نیز گزارش گردیده است (۲،۲۱).

به‌منظور کمی‌سازی میزان پیشرفت ژنتیکی جو از رگرسیون خطی صفات بر روی سال آزادسازی (دهه) ارقام استفاده گردید (شکل ۱). شیب خط رگرسیون نشان داد که عملکرد دانه در کرت ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی‌تر به‌صورت خطی و بطور متوسط ۳۶/۸۸ کیلوگرم در هر دهه (حدودا معادل ۳/۷ کیلوگرم در سال) افزایش داشته‌است (شکل ۱-الف). میزان این افزایش برای تعداد سنبله در کرت برابر ۱۱/۱۹ در هر دهه (حدودا معادل ۱/۱ سنبله در سال) بود (شکل ۱-ب).

بررسی رابطه رگرسیونی نشان دهنده افزایش خطی تعداد دانه در سنبله طی هفت دهه فعالیت اصلاحی و آزادسازی ارقام جو بود. بطور متوسط وزن دانه در هر دهه ۰/۱۹ گرم (یا حدود ۰/۰۲ گرم در سال) افزایش یافته است (شکل ۱-ج). برای تعداد دانه در سنبله این افزایش حدود ۰/۹۵ (یا حدود ۰/۱ در هر سال) بود (شکل ۱-د). افزایش هم‌زمان تعداد دانه در سنبله و وزن دانه ارقام جو را می‌توان یکی از دلایل اصلی بهبود عملکرد دانه محسوب نمود. پیشرفت ژنتیکی در عملکرد دانه که عمدتا ناشی از بهبود وزن دانه بوده است نیز پیش از این در گندم آبی گزارش شده است (۸).

جدول ۴- مقایسه میانگین متغیرهای مورفولوژیک ۲۱ رقم جو آزاد شده در ایران طی هفت دهه مورد بررسی
Table 4. Mean Comparison for morphological variables of 21 barley cultivars released in Iran during seven studied decades

نام رقم جو	سال آزادسازی	ژنوتیپ	عملکرد دانه در کرت (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن ۱۰۰۰دانه (گرم)	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله در کرت	روز تا رسیدگی	طول سنبله (سانتی متر)	طول ساقه (سانتی متر)
نیک	۱۳۹۰	۱	۶۱۳/۴۰^{b}	۵۰/۸۲^{cde}	۴۱/۶۷^{fgh}	۳/۰۳^{a}	۲۸۹/۶۶^{a}	۱۸۵^{c}	۸/۳۷^{bc}	۹۰/۸۰^{fgh}
کارون	۱۳۵۹	۲	۴۹۰/۷۵^{cde}	۴۸/۶۴^{de}	۴۳/۱۰ ^{defg}	۲/۳۷ ^{bcdefg}	۲۳۴/۳۳^{cd}	۱۷۹/۳۳^{hi}	۷/۳۳^{fg}	۱۰۷/۶۶^{ab}
فجر۳۰	۱۳۸۷	۳	۵۴۴/۴۳^{bc}	۵۲/۱۶^{e}	۴۲/۱۱^{efgh}	۲/۷۶^{ab}	۲۴۷/۶۶^{b}	۱۸۵/۶۶^{c}	۷/۴۲^{f}	۸۲/۵۳^{i}
به رخ	۱۳۹۲	۴	۳۱۴/۴۱^{jk}	۲۳/۲۱^{k}	۵۱/۶۱^{a}	۲/۵۷^{bc}	۲۵۶/۶۶ ^{b}	۱۸۵/۶۶^{c}	۷/۵۳^{ef}	۸۲/۸۶^{i}
جنوب	۱۳۷۶	۵	۴۷۰/۱۹^{cdefg}	۴۶/۵۵ ^{def}	۴۲/۹۰^{efgh}	۲/۵۴^{bc}	۲۳۵ ^{cd}	۱۷۸/۶۶^{i}	۸/۴۰^{cd}	۸۳/۳۲^{i}
گوهرجو	۱۳۳۸	۶	۵۳۰/۳۰^{bcd}	۶۰/۷۵^{ab}	۴۴/۷۲^{bcdef}	۲/۰۳^{fgh}	۱۹۶ ^{gh}	۱۸۴/۳۳^{cd}	۶/۸۶^{abc}	۹۴/۸۰^{cdefg}
گرگان۴	۱۳۴۱	۷	۳۱۷/۹۷^{ijk}	۳۵/۲۲^{ij}	۴۴/۳۲^{cdefg}	۱/۹۵^{hi}	۲۰۲ ^{gh}	۱۸۲/۳۳^{cd}	۵/۲۰^{j}	۸۱/۲۶^{i}
نیمروز	۱۳۸۷	۸	۲۵۵/۱۳^{kl}	۲۲/۰۲^{k}	۴۸/۱۶^{b}	۲/۴۹ ^{bcd}	۲۱۳/۳۳^{efg}	۱۸۳^{de}	۵/۴۶^{ji}	۹۵/۰۶^{cdef}
کویر	۱۳۵۸	۹	۴۰۱/۵۴^{ghi}	۴۵/۳۸^{efg}	۴۳/۲۲^{defg}	۲/۰۸ ^{efghi}	۲۰۶/۳۳^{fgh}	۱۸۳^{de}	۶/۵۳^{gh}	۹۴/۳۳^{defg}
دشت	۱۳۷۲	۱۰	۴۳۵/۲۸^{efgh}	۳۸/۵۰^{hi}	۴۶/۸۵^{bc}	۲/۴۷ ^{bcde}	۲۴۰/۳۳^{cdef}	۱۸۵^{c}	۶/۴۶^{h}	۹۵/۴۶^{cde}
نصرت	۱۳۸۷	۱۱	۴۱۱/۵۸^{efgh}	۳۸/۴۸^{hi}	۴۶/۴۱^{bcd}	۲/۴۵ ^{bcde}	۲۲۸^{ed}	۱۸۵^{c}	۶/۲۰^{hi}	۹۹/۱۳^{c}
ریحان	۱۳۷۳	۱۲	۴۸۹/۴۱^{dcef}	۴۵/۷۷^{ef}	۴۶/۷۷^{bc}	۲/۳۶^{bcdefg}	۲۲۸/۶۶ ^{ed}	۱۸۱^{fgh}	۸/۳۳^{cde}	۹۸/۱۳^{dc}
یوسف	۱۳۸۸	۱۳	۴۴۷/۶۰^{defgh}	۵۰/۰۳^{cde}	۴۲/۱۶^{efgh}	۲/۳۵^{cdefg}	۲۱۲^{efg}	۱۸۲/۳۳^{ef}	۷/۶۶^{def}	۹۰/۳۳^{gh}
زر جو	۱۳۲۸	۱۴	۳۶۷/۶۰^{ijh}	۴۲/۲۴^{fgh}	۴۴/۳۳^{dcefg}	۲^{ghi}	۱۹۶/۶۶^{gh}	۱۹۲^{a}	۶/۰۶^{hi}	۹۸/۵۳^{cd}
ارس	۱۳۶۷	۱۵	۳۷۱/۵۴^{ijk}	۳۶/۳۲^{jih}	۴۳/۴۸^{dcefg}	۲/۴۲^{bcdef}	۲۳۷/۳۳^{cd}	۱۸۹^{b}	۵/۴۰^{ij}	۱۰۷/۳۳^{ab}
ترکمن	۱۳۷۲	۱۶	۴۷۵/۵۳^{cdefg}	۵۴/۸۱^{bc}	۴۰/۹۲ ^{gh}	۱/۸۸^{i}	۲۱۱^{efg}	۱۸۱^{fgh}	۹/۴۰^{ab}	۱۰۸/۰۶^{ab}
والفجر	۱۳۶۴	۱۷	۴۰۲/۶۴^{fgh}	۳۹/۶۷^{ghi}	۴۵/۴۵^{bcde}	۲/۳۵^{cdefg}	۲۲۴ ^{efd}	۱۸۱/۳۳^{efg}	۵/۸۶^{hij}	۱۱۱/۱۳^{a}
ارم	۱۳۴۱	۱۸	۲۵۱/۲^{kl}	۳۱/۴۸^{j}	۴۲/۵^{efgh}	۱/۸۴^{i}	۱۸۸^{h}	۱۸۰/۳۳^{gh}	۴/۰۶^{k}	۹۲/۳۳^{efgh}
سینا	۱۳۴۵	۱۹	۴۱۲/۸۶^{efgh}	۴۹/۹۴^{cde}	۳۹/۵۵^{h}	۲/۱۲^{defghi}	۲۰۹^{fg}	۱۸۶^{c}	۷/۵۳^{ef}	۱۰۵/۹۳^{b}
زهک	۱۳۹۱	۲۰	۸۲۵/۱۵^{a}	۶۱/۶۶^{a}	۴۶/۷۴^{bc}	۲/۹۹^{a}	۲۸۵^{a}	۱۸۳^{ed}	۹/۶۶^{a}	۸۹/۰۶^{h}
صحرا	۱۳۸۲	۲۱	۵۴۸/۰۲^{bc}	۵۰/۱۰^{dce}	۴۵/۱۲^{bcdef}	۲/۳۹^{bcdefg}	۲۴۲^{bcd}	۱۸۳^{ed}	۷/۷۳^{def}	۹۸/۷۳^{cd}
LSD			۸۷//۰۲	۶/۰۱	۳/۴۸	۰/۴۰	۱۸/۴۲	۱/۷۲	۰/۸۰	۴/۴۶

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

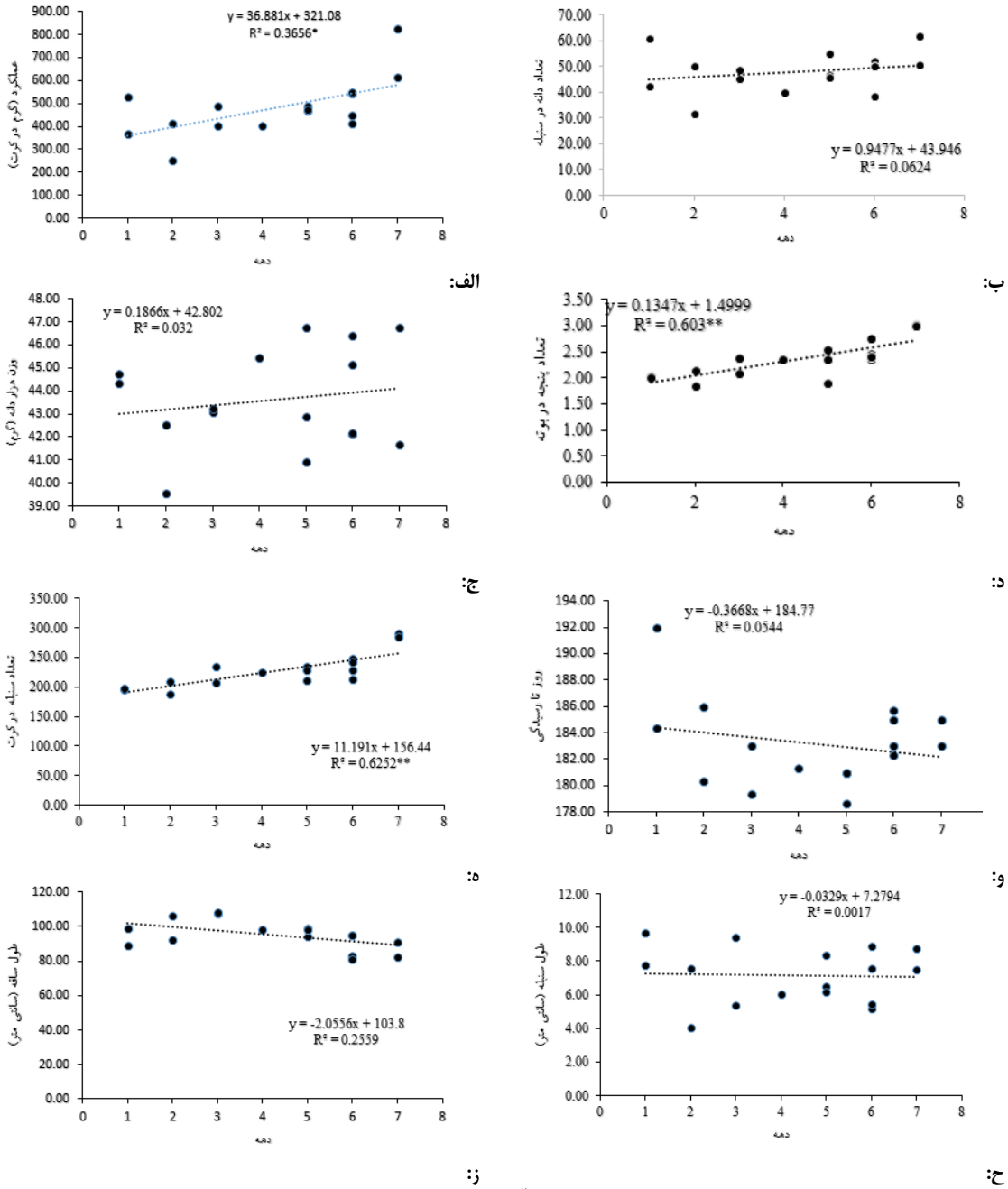
جدول ۵- مقایسه میانگین متغیرهای مورفولوژیک ارقام جو آزاد شده در ایران طی هفت دهه مورد بررسی
Table 5. Mean Comparison for morphological variables of barley cultivars released in Iran during seven studied decades

دهه	عملکرد دانه در کرت (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله در کرت	روز تا رسیدگی	طول سنبله (سانتی متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)
۱	۴۴۸/۹۵^{bc}	۵۱/۴۹^{a}	۴۴/۵۲ ^{b}	۲/۰۳^{de}	۱۹۶/۳۳^{c}	۱۸۸/۱۶^{a}	۷/۴۶^{c}	۹۶/۶۶^{c}
۲	۳۲۷/۲۸^{c}	۳۸/۸۸ ^{de}	۴۲/۱۰ ^{c}	۱/۹۷^{e}	۱۹۹/۶۶^{c}	۱۸۲/۶۶^{d}	۵/۶۰^{e}	۹۳/۱۷^{d}
۳	۴۴۶/۱۵^{bc}	۴۷/۰۱^{b}	۴۳/۱۶ ^{bc}	۲/۲۳^{cd}	۲۲۰/۳۳ ^{b}	۱۸۱/۱۶^{e}	۶/۹۳^{d}	۱۰۱^{b}
۴	۳۸۷/۰۹^{bc}	۳۷/۹۹^{e}	۴۴/۴۶ ^{b}	۲/۳۸^{bc}	۲۳۰/۶۶ ^{b}	۱۸۵/۱۶^{b}	۵/۶۳^{e}	۱۰۹/۲۳^{a}
۵	۴۶۷/۶۰^{b}	۴۶/۴۱ ^{b}	۴۴/۳۶^{b}	۲/۳۱^{bc}	۲۲۸/۷۵ ^{b}	۱۸۱/۴۱^{e}	۸/۱۵^{b}	۹۶/۲۵^{c}
۶	۴۳۵/۲۵^{bc}	۴۲/۵۶^{cd}	۴۴/۷۹^{b}	۲/۴۹^{b}	۲۲۸/۶۰^{b}	۱۸۳/۸۰^{c}	۶/۹۰^{d}	۹۳/۱۶^{d}
۷	۵۸۴/۳۲^{a}	۴۵/۲۳^{bc}	۴۷/۰۱^{a}	۲/۸۶^{a}	۲۷۷/۸۶ ^{a}	۱۸۴/۵۵ ^{bc}	۸/۶۴^{a}	۸۷/۵۷ ^{e}
LSD	۲۰/۵۳	۳/۶۷	۲/۱۲	۰/۲۴	۱۱/۲۶	۱/۰۵	۴۰/۱۲	۹/۱۲

- میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

رابطه رگرسیونی نشان می‌دهد که طی فعالیت‌های به نـژادی بر روی ارقام جو ۰/۱۳ افزایش تعداد سنبله در کـرت در دهـه (یا حدود ۰/۰۱ در هر سال) صورت گرفته است (شـکل ۱-ه). دلیل این مشاهده را می‌تـوان بـه بهبـود قـدرت پنجـه‌زنـی و همچنین بقای بیشتر پنجـه‌هـا در ارقـام جدیـدتر نسـبت داد. بهبود ژنتیکی قدرت پنجه‌دهی در مطالعه‌ای که بر روی ارقـام گندم زمستانه که طی سـالهای ۱۹۶۰ تـا ۲۰۰۰ در چـین آزاد شده‌اند نیز گزارش شده است (۳۵).

بررسی رابطه رگرسیونی نشان داد که تلاش‌های به‌نژادی در جو طی دوره ۷۰ ساله منجر به کاهش طول دوره رشد شده است (شکل ۱-و). متوسط این کاهش ۰/۳۷ روز در هر دهه (یا حدود ۰/۰۴ روز در سال) بود. در مورد طول ساقه نیز فعالیت‌های به نژادی موجب گردیده است تا بطور متوسط ۲/۰۵ سانتی‌متر در دهه (یا حدود ۲ میلی‌متر در سال) کاهش بوجود آید (شکل ۱-ز). همچنین در همین دوره طول سنبله ارقام تقریبا بدون تغییر باقی مانده است (کاهشی برابر با ۰/۰۰۳ سانتی در سال داشته است، شکل ۱-ح). از آنجاییکه عملکرد دانه در همین دوره افزایش داشته است لذا می‌توان ادعا نمود که احتمالا عدم تغییر در طول سنبله با افزایش وزن هزار دانه یا تعداد دانه در سنبله جبران شده است. در گندم نیز چنین روابط جبرانی در بهبود عملکرد دانه طی بهنژادی موثر بوده‌اند. طالعی و بهرام نژاد (۳۰) بیان کردند که تعداد دانه و وزن هزار دانه، اجزای اصلی عملکرد تک بوته در گندم به شمار می‌روند و در واریته‌های اصلاح شده افزایش عملکرد دانه با افزایش طول سنبله در ارتباط بوده است.

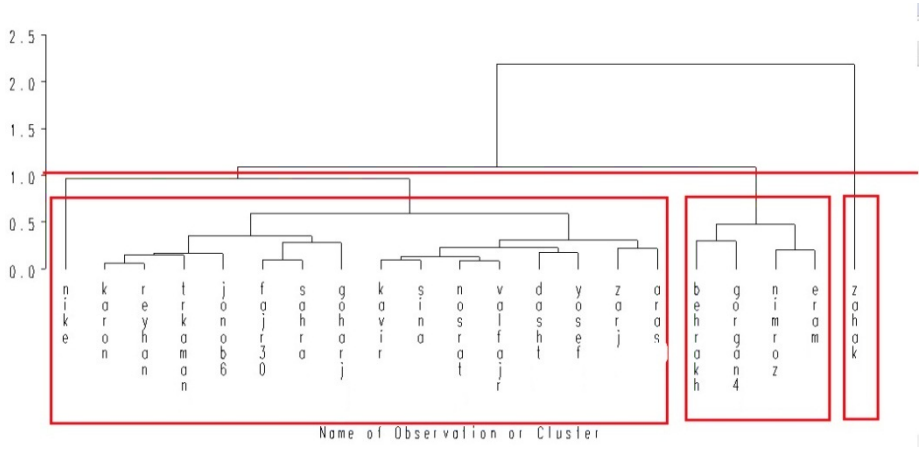


شکل ۱- بررسی روند تغییرات خصوصیات مورد بررسی ارقام جو آزاد شده طی هفت دهه مورد بررسی (به ترتیب شامل الف: عملکرد دانه در کرت، ب: تعداد دانه در سنبله، ج: وزن هزار دانه، د: تعداد پنجه در بوته، ه: تعداد سنبله در کرت، و: روز تا رسیدگی، ز: طول ساقه و ح: طول سنبله)

Figure 1. Evaluation of trend changes of the characteristics in barley cultivars released during seven studied decades (respectively a: grain yield per plot, b: number of grains per spike, c: 1000-grain weight, d: number of tillers per plant, e: number of spikes in plot, f: days to maturity, g: stem length and h: spike length)

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۲۱ رقم جوبا روش Ward و بر اساس صفات مورفولوژیک شامل عملکرد، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد سنبله در کرت، تعداد دانه در سنبله، طول ساقه، طول سنبله، تعداد پنجه در بوته، روز تا رسیدگی در شکل ۲ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود خط برش ارقام را در سه کلاستر متفاوت دسته‌بندی نمود. کلاستر اول شامل یک رقم (زهک)، کلاستر دوم شامل چهار رقم (ارم، نیمروز، گرگان ۴ و بهرخ) و کلاستر سوم شامل ۱۶ رقم (ارس، زرجو، یوسف، دشت، والفجر، نصرت، سینا، کویر، گوهر، صحرا، فجر۳۰ ، جنوب، ترکمن، ریحان، کارون، نیک) بودند.

البته تجزیه خوشه‌ای نتوانست ارقام را بر مبنای دهه آزادسازی متمایز نماید زیرا الگوی قرارگیری ارقام آزاد شده در دهه‌های متفاوت در این ۳ کلاستر کاملا تصادفی بود (شکل ۲). دلیل بروز چنین الگویی را نیز می‌توان به مشابهت نسبی ارقام دهه‌های مختلف از نظر برخی خصوصیات مورفولوژیک منسوب نمود و به عبارتی اصلاح ارقام جدیدتر به منزله تغییر در کلیه خصوصیات ارقام قبلی نبوده است تا بتواند آنها را در کلاسترهای متفاوتی قرار دهد. با اینحال قرار گرفتن یکی از ارقام جدیدتر در کلاستر ۱ (زهک) و قرار گرفتن همه ارقام قدیمی‌تر در کلاستر ۳ (گوهر جو و زر جو) نیز تاکیدی بر ایجاد تغییرات تدریجی در بهبود ژنتیکی ارقام و زمانبر بودن فعالیت‌های اصلاحی در جو همانند سایر گونه‌های گیاهی دارد. از ۲۰ آغازگر ISSR استفاده شده در پی سی آر، هفت آغازگر باندهای چندشکل و تکرارپذیر در محدوده ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ جفت باز تولید کردند که برای تجزیه نشانگری نهایی مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۶). در مجموع ۲۲۳ باند تکثیر شد که ۲۱۳ باند (حدود ۹۵ درصد) چندشکل بودند (شکل ۳). آغازگرهای ۱ و ۱۵ به ترتیب با ۴۶ و ۴۰ بیشترین تعداد باند را تولید نمودند. تعداد متوسط باند تولیدشده توسط هر آغازگر ۳۱/۸۵ بود. همه آغازگرها تنوع مطلوب و بالای ۸۵ درصد را نشان دادند. متوسط تعداد باندهای چندشکل توسط هر آغازگر نیز ۳۱ بود. متوسط محتوای اطلاعات چندشکل (PIC) آغازگرها ۰/۳۲ بود و بالاترین PIC متعلق به آغازگرهای ۱۵، ۱۸ و۲۳ بود (جدول ۶). میزان تنوع ژنی نئی ارقام مورد مطالعه ۰/۳۲ بدست آمد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنی در ارقام مورد بررسی می‌باشد. شاخص اطلاعات شانون که یکی دیگر از روش‌های ارزیابی تنوع ژنتیکی است بین صفر و یک متغیر است و هر اندازه به یک نزدیک‌تر باشد میزان تفاوت و تنوع ژنتیکی بالاتری را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر شاخص شانون ۰/۴۹ بدست آمد. تعداد آلل مشاهده شده ارقام ۱/۵۴ و تعداد آلل‌های موثر ۱/۹۵ به دست آمد که تاییدکننده تنوع مشاهده‌شده در ارقام جو مورد بررسی می‌باشد (نتایج نشان داده نشده‌اند). دندروگرام حاصل گروهبندی ارقام بر مبنای مارکرهای ISSR با خط برش به روش ccc به سه گروه متمایز گردید (شکل ۴) گروه اول شامل هفت رقم (صحرا، زهک، سینا، ارم، والفجر، ترکمن، ارس)، گروه دوم شامل سه رقم (ریحان، کویر، نیمروز)، گروه سوم شامل ده رقم (نصرت، دشت، گرگان۴، گوهر، جنوب، به رخ، فجر۳۰، زرجو، یوسف، کارون، نیک) می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۲- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ۲۱ رقم جو بر اساس صفات مورفولوژیک (روش Ward)
Figure 2. Dendrogram obtained from clustering of 21 barley cultivars based on morphological traits (method Ward)

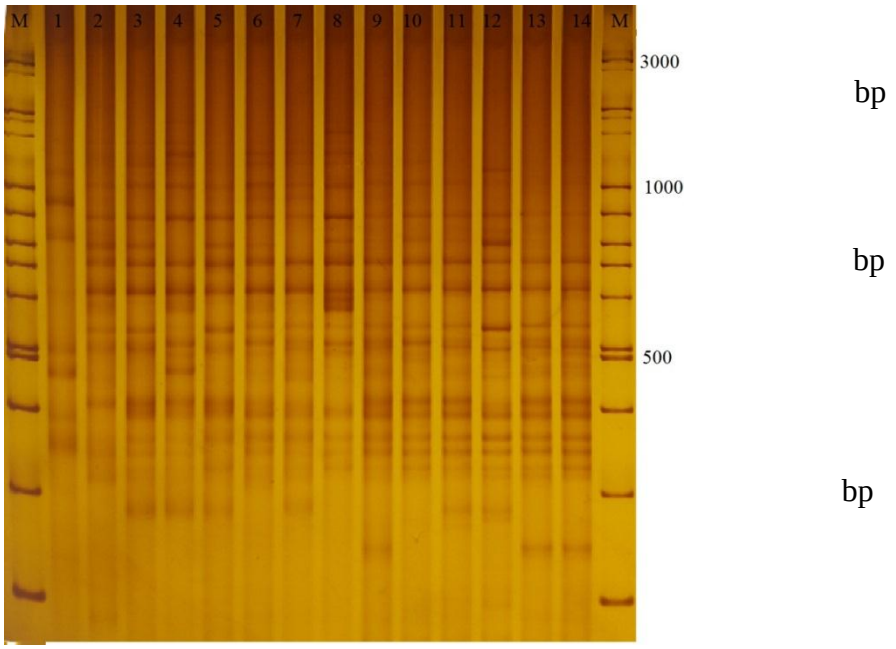
جدول ۶- آغازگرهای ISSR استفاده شده و نتایج تکثیر آن‌ها در مطالعه ارقام جو
Table 6. ISSR primers and their amplification results in the study of barley cultivars

نام آغازگر	توالی	تعداد باندهای مشاهده شده	تعداد باندهای چندشکل	درصد باندهای چندشکل(٪)	محتوای اطلاعات چندشکل (PIC)
آغازگر ۱	5´-GAGAGAGAGAGAATG-3´	۴۶	۴۴	۹۵/۶۵	۰/۲۹
آغازگر ۲	5´-CACACACACACACAGCC-3´	۳۲	۳۰	۹۳/۷۵	۰/۳۰
آغازگر ۹	5´-CACACACACACACAGCG-3´	۳۲	۲۸	۸۷/۵۰	۰/۲۸
آغازگر ۱۵	5´-CACACACACACACACAAGT-3´	۴۰	۴۰	۱۰۰	۰/۳۶
آغازگر ۱۸	5´-CACACACACACACACAG-3´	۳۲	۳۱	۹۶/۸۷	۰/۳۵
آغازگر ۲۰	5´-CCACTCTCTCTCTCTCTCT-3´	۳۱	۳۰	۹۶/۷۷	۰/۳۱
آغازگر ۲۳	5´-CACACACACACACACAGT-3´	۱۰	۱۰	۱۰۰	۰/۳۴
تعداد کل		۲۲۳	۲۱۳		
متوسط		۳۱/۸۵	۳۱	۹۵/۵۲	۰/۳۲

بقاء، تکامل و اصلاح‌نباتات در جوامع گیاهی بر پایه گوناگونی ژنتیکی استوار شده است و اندازه‌گیری تنوع ژنتیکی در تحقیقات عمدتا با دو هدف حفاظت از گوناگونی و شناسایی والدهای برتر برای بکار بردن در پروژه‌های اصلاحی به ویژه تولید بذر هیبرید صورت می‌گیرد (۲۲). اهمیت تنوع ژنتیکی در اصلاح نباتات تا اندازه‌ای است که نگرانی از کاهش آن موجب شده تا تقریبا در همه مطالعات اصلاحی مقدار آن اندازه‌گیری یا تخمین‌زده شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطح تنوع ژنتیکی در مجموعه ارقام جو که طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۹۲ در ایران آزاد شده‌اند قابل توجه می‌باشد. معنی‌دار شدن واریانس برای عملکرد دانه در کرت، تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، روز تا رسیدگی، طول ساقه و طول سنبله نشان داد که اصلاح این ارقام موجب شده تا آنها در همه جنبه‌های مورد بررسی نامشابه باشند. به عنوان مثال در عملکرد دانه تفاوت دو رقم زهک و ارم که سال آزادسازی آنها به ترتیب ۱۳۹۱ و ۱۳۴۱ است حدود ۵۷۴ گرم در کرت (اختلاف ۷۰ درصدی) بود. مقادیر شاخص تنوع نئی، شاخص اطلاعات شانون و تعداد آللهای مؤثر که از بررسی نشانگری حاصل گردید نیز وجود تنوع ژنتیکی در این جامعه را به تایید رسانید. امروزه تجزیه نشانگرهای مولکولی در کنار اندازه‌گیری صفات زراعی جزء جدایی‌ناپذیر در تحقیقاتی است که برای آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی در جو صورت می‌گیرند (۶،۱۶،۲۰). برخلاف خصوصیات مورفولوژیک، ویژگی مهم نشانگرهای مولکولی آنست که تحت تاثیر عوامل محیطی قرار نمی‌گیرند لذا در تجزیه و تحلیل‌ها نتایج قابل اعتمادتری ایجاد می‌نمایند. در مطالعه‌ای که بر روی ۲۰ ژنوتیپ شامل ارقام و لاین‌های اصلاحی با هدف آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی صورت پذیرفت وجود تنوع ژنتیکی کافی از نظر خصوصیات میزان قند محلول، محتوی کلروفیل و میزان پروتئین اثبات گردید (۲۸). در این مطالعه همچنین نه آغازگر ISSR مورد بررسی تولید ۵۰ باند چندشکل کردند که ۸۲/۲۹ درصد چندشکلی را نشان داد و تجزیه خوشه‌ای با داده‌های مولکولی توانست ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه متمایز تفکیک نماید (۲۸).

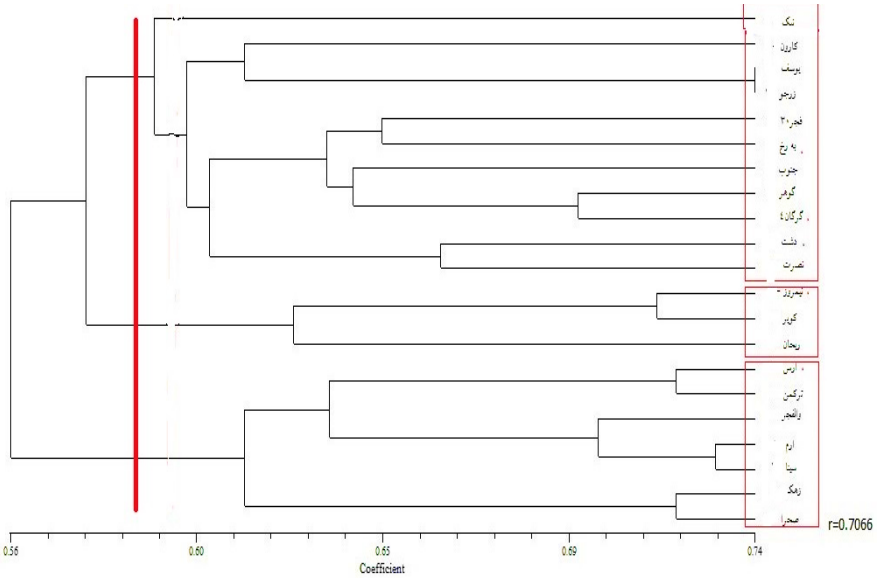
بررسی ارقام جو آزاد شده در هفت دهه اخیر نشان داد تغییرات ژنتیکی تقریبا در همه خصوصیات مورد بررسی اتفاق افتاده است. مشاهده پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد چندان دور از انتظار نبوده‌است زیرا تلاش‌های اصلاحی انجام گرفته در تولید و آزادسازی ارقام عمدتا با هدف بهبود عملکرد دانه بطور مستقیم یا از طریق سایر خصوصیات وابسته به آن صورت می‌پذیرد. برای متغیرهای عملکرد دانه در کرت، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه و وزن دانه افزایش قابل توجهی به‌دست آمده است. بطور متوسط در هر سال عملکرد دانه ارقام مورد بررسی حدود ۳/۸ کیلوگرم در هکتار بهبود داشته است که دلیل آن را عمدتا می‌توان به افزایش در اجزای عملکرد (تعداد سنبله، تعداد دانه و وزن دانه) و کاهش در ارتفاع بوته طی همین دوره منسوب نمود. مطالعه رگرسیونی ۱۰ رقم جو شش ردیفه که طی سال های ۱۳۷۷-۱۳۳۵ بیشترین سطح زیر کشت را در ایران داشته‌اند نیز نشان داد که میزان افزایش سالیانه عملکرد دانه در طی این دوران به میزان ۲۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار بوده است (۲۳). مطالعه این محققان همچنین نشان داد که افزایش عملکرد عمدتا به علت افزایش در شاخص برداشت، تعداد دانه در متر مربع وزن هزار دانه حاصل شده است. شواهدی مبنی بر بهبود عملکرد دانه در جمعیت‌های جوی ایرانی برای ارقامی که در دوره ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۰ آزاد شده‌اند پیش از این گزارش شده است (۱۹). اورتیز و همکاران (۲۱) در مطالعه ارزیابی بهبود ارقام جو طی دوره ۶۰ ساله، افزایش عملکرد دانه را به ترتیب برای ارقام دو ردیفه و شش‌ردیفه ۱۳ و ۲۲ کیلوگرم در هکتار در سال گزارش کردند. میزان پیشرفت سالیانه در عملکرد دانه ۲۰ رقم جو که بین سالهای ۱۹۱۰ تا ۱۹۸۸ در کانادا آزاد شده‌اند حدود ۳۰ کیلوگرم در هکتار گزارش گردید (۲۴). در آرژانتین مطالعه میزان پیشرفت ارقام جوهای آزاد شده در خلال سال‌های ۱۹۴۴ تا ۱۹۹۸ نشان داد که میزان پیشرفت تا سال ۱۹۷۰ حدود ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار و پس از آن حدود ۴۱ کیلوگرم در هکتار هر سال بوده است (۱). در مطالعه حاضر تراکم کشت برای همه ارقام یکسان بود لذا افزایش تعداد سنبله ارقام جدیدتر را می‌توان به قدرت پنجه‌زنی و باروری سنبله‌ها در آنها نسبت داد. همچنین عدم تغییر در طول سنبله ارقام طی ۷ دهه مورد بررسی احتمالا با افزایش بیشتر وزن دانه یا تعداد دانه در سنبله جبران شده تا عملکرد دانه همچنان افزایش داشته باشد. نقش افزایش وزن دانه در بهبود عملکرد دانه ارقام ایرانی جدید جو نسبت به انواع قدیمی تر در مطالعه حاجی‌پور و همکاران (۱۵) نیز گزارش شده است. از دیگر نتایج جالب تحقیق حاضر کاهش میانگین طول ساقه ارقام جدیدتر بود. ریگس و همکاران (۲۴) بهبود عملکرد جو را در اثر کاهش ارتفاع گیاه، بهبود مقاومت به خوابیدگی، مقاومت به بیماری‌ها و آفات و تسریع در گلدهی عنوان کردند. ارقام مورد بررسی در این تحقیق را می‌توان به دو گروه پابلند و پاکوتاه تقسیم کرد که ارقام پابلند قبل از سال ۱۳۶۰ و ارقام پاکوتاه بعد از آن معرفی شده‌اند. اوریتز و همکاران (۲۱) در مطالعه ارزیابی بهبود ارقام جوهای کشت شده در شمال اروپا طی دوره ۶۰ ساله، کاهش ارتفاع بوته را ۰/۲ سانتی‌متر در سال برای جو دو ردیفه و ۰/۱۶ سانتی‌متر در سال برای انواع جو شش‌ردیفه گزارش کردند. نتایج مشابه دیگری توسط میری (۱۹)، برانکورث- هولمل و همکاران (۷) و ژو و همکاران (۳۵) گزارش شده است. در اکثر برنامه‌های اصلاحی انتخاب برای ارتفاع بوته کوتاه‌تر صورت پذیرفته است تا مقاومت بیشتر گیاه به ورس و ارتقاء توان کودپذیری آن را فراهم آورد (۳۳). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از ژن‌های پاکوتاهی، افزایش قابل ملاحظه و معنی‌داری را در افزایش عملکرد گیاهانی نظیر گندم و جو داشته که کاملاً مستقل از افزایش مقاومت به ورس بوده است (۱۴). محققین معتقدند فعالیت‌های به‌نژادی در آینده منجر به کاهش بیشتر ارتفاع ارقام نخواهد شد زیرا ارقام موجود دارای ارتفاع مناسب (حدود ۹۵ سانتی‌متر) جهت حصول عملکرد بالا هستند و کاهش بیشتر این صفت مفید نخواهد بود (۲۶). هرچند فیشر و کوئل (۱۳) ارتفاع مناسب جهت حداکثر عملکرد را ۷۰

سانتی‌متر پیشنهاد کرده‌اند. به هرحال ارتفاع کمتر از این مطلوب به نظر نمی‌رسد زیرا که معمولا کشاورزان از باقی‌ماندهای گیاهی برای تغذیه دام و سایر استفاده‌های ساختمانی سود می‌برند. بر اساس نتایج این مطالعه ارقام جدید جو نسبت به انواع قدیمی‌تر زودرس‌تر شده‌اند. کاهش طول دوره رویش ساز و کار گیاه برای مقابله با تنش‌های محیط بویژه دماهای بالا و کم‌آبی انتهای فصل است. یان و همکاران (۳۲) با مطالعه روی ۱۰ رقم جو نشان دادند گرده افشانی و روز تا رسیدگی در ارقام جدید سریعتر از ارقام قدیمی صورت گرفته است.



شکل ۳- الگوی باندی آغازگر ISSR18 برای برخی از ارقام جو مورد بررسی (شماره‌های ۱ الی ۱۴ به‌ترتیب متعلق به ارقام نیک، کارون، فجر ۳۰، بهرخ، جنوب، گوهر جو، گرگان ۴، نیمروز، کویر، دشت، نصرت، ریحان، یوسف و زرجو می باشند)

Figure 3. Band pattern of ISSR 18 primer for some of the studied barley cultivars (numbers 1 to 14 indicated cultivars Nik, Karoon, Fajr 30, Behrokh, Jonob, Goharjo, Gorgan 4, Nimrooz, Kavir, Dasht, Nosrat, Reyhan, Yousef and Zarjo, respectively)



شکل ۴- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ۲۱ رقم جو بر اساس مارکرهای مولکولی با روش UPGMA

Figure 4. Dendrogram obtained from clustering of 21 barley cultivars based on molecular markers (UPGMA method)

نتایج حاصل از گروهبندی ارقام بر مبنای متغیرهای مورفولوژیکی نیز وقوع پیشرفت ژنتیکی در ارقام جو طی ۷ دهه گذشته را تایید نمودند. با دقت در سال آزادسازی، استنباط می‌گردد که ارقام مورد بررسی به سه دسته جدید (گروه اول)، میانی (گروه دوم) و قدیمی (گروه سوم) تفکیک شده‌اند. تجزیه خوشه‌ای توانست ارقام جو را بر مبنای جدید یا قدیمی بودن تفکیک نماید که بیانگر ایجاد تفاوت‌های معنی‌دار بین ارقام از نظر خصوصیات مورد بررسی و همچنین نشاندهنده اثرات بهنژادی بر عملکرد و سایر خصوصیات ارقام طی هفت دهه آزادسازی بود. کلاستر اول تنها شامل رقم جدید و پرمحصول زهک بود که دارای تعداد پنجه و عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر ارقام مورد بررسی بود. کلاستر دوم عمدتا شامل ارقام دهه ششم بود که از عملکرد متوسطی برخوردار بودند. در بررسی ارقام گندم بهاره معرفی‌شده در خلال سال‌های ۱۳۲۱ تا ۱۳۹۶ نیز وقوع پیشرفت ژنتیکی بر عملکرد دانه و سایر صفات مورفولوژیک با تفکیک ژنوتیپ‌ها به ۳ کلاستر قدیم، میانی و جدید تایید گردید (۱۷). قرار گرفتن ارقام جدید در گروه اول و ارقام قدیمی‌تر در گروه دیگر علاوه بر صحت نتایج گروه‌بندی بیانگر تمایز ارقام در طی سالها تلاش محققین اصلاح نباتات و پیشرفت ژنتیکی ارقام است. این دندروگرام همچنین می‌تواند مبنایی برای انتخاب ارقام والدینی در تلاقی‌ها برای ایجاد جوامع متنوع و نوترکیب استفاده نمود، به طوری که با توجه به هدف تحقیقات ارقام از گروه‌های مختلف به عنوان والد تلاقی در نظر گرفته شوند.

نشانگرهای مولکولی ثبات و تغییرناپذیری بالایی در مقابل عوامل محیطی از خود نشان می‌دهند. این ویژگی آنها را نسبت به نشانگرهای مورفولوژیک متمایز می‌گرداند و موجب شده تا در در کنار متغیرهای مورفولوژیک مورد توجه بهنژادگران گیاهان زراعی قرار بگیرند. هفت آغازگر ISSR تولید باندهای چندشکل با متوسط PIC برابر با ۰/۳۲ نمودند که به عنوان نشانگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقادیر بالای PIC نشان‌دهنده وجود چندشکلی زیاد و آلل‌های نادر در یک جایگاه نشانگری است و قدرت تفکیک و تمایز بالای آن نشانگر را نشان می‌دهد (۹). بطور کلی هرچه قرابت ژنتیکی نمونه‌ها بیشتر باشد، نشانگرهایی با PIC بالاتر برای متمایز نمودن آنها مورد نیاز خواهد بود. بر مبنای الگوی باندی و قدرت تمایز (مقدار PIC)، آغازگرهای شماره ۱۵، ۱۸ و ۲۳ مورد استفاده در این مطالعه را می‌توان برای شناسایی و گزینش والد به منظور ایجاد تلاقی برای تهیه جمعیت‌های در حال تفرق و یا گزینش به کمک نشانگر مورد استفاده قرار داد. آزمایش ۲۸ ژنوتیپ جو با منشاء ایرانی و وارداتی با استفاده از ۱۴ آغازگر ISSR حضور ۵۵۹ نشانگر در محدوده ۸۰ تا ۳۰۰۰ جفت باز با میزان PIC برابر ۰/۱۱ تا ۰/۲۵ را آشکار نمود (۲۵). در مطالعه سفالیان و همکاران (۲۹) بر روی ۱۸ ژنوتیپ جو شامل ارقام و ژنوتیپهای ایرانی و وارداتی با استفاده از ۹ آغازگر ISSR انجام گرفت میزان PIC نشانگرهای بین ۰/۳۰ تا ۰/۵۷ متغیر بود (۲۹). بر مبنای الگوی باندی و قدرت تمایز (مقدار PIC)، آغازگرهای شماره ۱۵، ۱۸ و ۲۳ مورد استفاده در این مطالعه را می‌توان برای شناسایی و گزینش والد به منظور ایجاد تلاقی برای تهیه جمعیت‌های در حال تفرق و یا گزینش به کمک نشانگر مورد استفاده قرار داد. بررسی پیشرفت جو در مطالعه نشان داد که طی هفت دهه بهنژادی و آزادسازی ارقام در ایران بهبود عملکرد دانه همراه با حفظ تنوع ژنتیکی تداوم داشته است و ارقام جدیدتر همانند زهک و نیک (آزاد شده پس از سال ۱۳۹۰) عملکرد بالاتری داشتند. تقریبا تمام ارقام جو آزادشده در ایران از طریق روشهای متداول و سنتی معرفی شده‌اند و زمان آن فرا رسیده است تا بکارگیری روش‌های به‌نژادی مبتنی بر نشانگرهای مولکولی به‌ویژه گزینش به کمک نشانگر و انتقال ژن پایه‌گذار ارقام جدید با عملکرد بالا گردد.

منابع

1. Abeledo, L.G., D.F. Calderini and G.A. Alafer. 2003. Genetic improvement of barley yield potential and its physiological determinants in Argentina (1944-1998), *Euphytica*, 130: 325-334.
2. Aghamiri, S.M., K. Mostafavi and A. Mohammadi. 2012. Investigation of Relationships between Seed Yield and Its Components in New Barley Cultivars and Hybrids Using Multivariate Statistical Methods, Iranian Journal of Field Crops Research, 10(2): 421-427 (In Persian).
3. Agricultural statistics of the crop year 1397-98, 2020. Ministry of Jihad Keshavarzi, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, 59 pp (In Persian).
4. Anderson, J.A., G.A. Churchill, J.E. Autrique, S.D. Tanksley and M.E. Sorrells. 1993. Optimizing parental selection for genetic linkage maps. Genome, 36(1): 181-186.
5. Austin, R.B., M.A. Ford and C.L. Morgan. 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. The Journal of Agricultural Science, 112(3): 295-301.
6. Aziznia, R., H. Badakhshan, T. Javadi and S. Zamani. 2020. Assessment of Diversity in Barley Genotypes (Hordeum vulgare L) Based on Beta -Glucan Content and ISSR Markers, Plant Genetic Researches, 6(2):97-110 (In Persian).
7. Brancourt-Hulmel, M., G. Doussinault, C. Lecompte, P. Berard, B. Le Buanec and M. Trottet. 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. Crop Science, 43(3): 37-45.
8. Calderini, D.F., M.F. Dreccer and G.A. Slafer. 1995. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends, Plant Breeding, 114(3): 108-112.
9. Carvalho, A., J. Lima-Brito B. Macas and H. Guedes-Pinto. 2009. Genetic diversity and variation among botanical varieties of old Portuguese wheat cultivars revealed by ISSR assays. Biochemical Genetic, 47(4): 276-294.
10. Cox, T.S., J.P. Shroyer L. Ben-Hui, R.G. Sears and T.J. Martin. 1988. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars 1919 to 1987, Crop Science, 28(5): 756-760.

11. Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochemical Bulletin, 19(2): 11-15.
12. FAO. 2019. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC
13. Fischer, R.A. and K.J. Quail. 1990. The effect of major dwarfing genes on yield potential in spring wheats, Euphytica, 46(1): 51-56.
14. Fischer, R.A. 2001. Selection traits for improving yield potential, In: Reynolds M. P., Rajaram S. and A. McNab (Eds), Application of physiology in wheat breeding, 148-159 pp., CIMMYT Press.
15. Hajipoor, M., A. Rahemi Karizaki, H. Sabori and H.A. Fallahi. 2016. Investigation of Barely Grain Yield Improvement during the Last Half Century across Golestan Province, Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4): 774-765 (In Persian).
16. Hou, Y.C., Z.H. Yan, Y.M. Wei and Y.L. Zheng. 2005. Genetic diversity in barley from west China based on RAPD and ISSR analysis. Barley Genetics Newsletter, 35(1): 9-22.
17. Khodarahmi, M. and S. Vazan. 2010. Trends in morphological and quantitative traits in bread wheat using introduced varieties during the last six decades in Iran. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6(1): 29-42 (In Persian)
18. Lynch, P.J., and K.J. Fery. 1993. Genetic improvement in agronomic and physiological traits of oat since 1914. Crop Science, 33(4): 984-988.
19. Miri, H.R., 2009. Grain yield and morpho-physiological changes from 60 years of genetic improvement of wheat in Iran. Experimental agriculture, 45(2): 149-163.
20. Monteagudo, A., C. Ana, M. Cantalapiedra, P. Carlos B. Contreras-Moreira, M. Gracia and I. Ernesto. 2019. Harnessing Novel Diversity from Landraces to Improve an Elite Barley Variety, Frontiers in Plant Science, 10(1): 434.
21. Ortiz, R., M. Nurminiemi, S. Madsen, O.A. Rognli and A. Bjornstad. 2002. Genetic gains in Nordic spring barley breeding over sixty years. Euphytica, 126(2): 283-289.
22. Priyadarshan, P.M. 2019. Plant Breeding: Classical to Modern, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 570 p.
23. Ramazani, S.H.R. and M.T. Assad. 2002. Genetic changes in grain yield and associated traits in improved barley (Hordeum vulgare L.) cultivars, Pajouhesh and Sazandegi, 79(1): 2-9 (In Persian).
24. Rigges, T.J., P.R. Hanson, N.D. Star, D.M. Morgan and M.A. Ford. 1981. Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980. Journal of Agricultural Sciences, 97(2): 599-610.
25. Shayan, S., M. Moghaddam Vahed, S.A. Mohammadi, K. Ghassemi Golezani, F. Sadeghpour and A. Youssefi. 2021. Genetic Diversity and Grouping of Winter Barley Genotypes for Root Characteristics and ISSR Markers, Plant Production, 43(3): 323 -336 (In Persian).
26. Slafer, G.A. and J.L. Araus. 2007. Physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In: Spiertz J. H. J., Struik P.C. and H. H. van Laar (Eds.), Scale Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plant-Crop Relations. 147-156 pp.
27. Slafer, G.A. and F.H. Andrade. 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) through genetic improvement of grain yield potential at different regoins of the world. Euphytica, 5893: 37-49.
28. Sofalian, O. and M. Behi. 2013. Assessment of winter survival in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using molecular markers and some physiological traits, Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University, 30(1): 45-54.
29. Sofalian, O., A. Asghari, A. Rasoolzadeh, R. Seyfi, S. Jamaeti and B. Firoozi. 2016. Evaluation of genetic variation and drought stress tolerance in barley genotypes about some morph-physiological traits and ISSR markers. Zeraat Deim, 4(2): 129-148 (In Persian).
30. Taleei, A., and B. Bahramnejad. 2003. A Study of Relationship Between Yield and Its Components in Landrace Populations of Wheat from Western Parts of Iran Using Multivariate Analysis, Iranian Journal of Agriculture Science, 34(2): 949-959 (In Persian).
31. Yin, X., J. Martin, J. Kropff and P. Stam. 2000. A model analysis of yield differences among recombinants inbred lines in barely. Agronomy Journal, 93(1): 114-120.
32. Yun, S.J., L. Gyenis, E. Bossolini, P.M. Hayes, I. Matus, K.P. Smith, B.J. Steffenson, R. Tuberosa and H.J. Murhlbauer. 2006. Validation of Quantitative Trait Loci for Multiple Disease Resistance in Barley Using Advanced Backcross Lines Developed wild awild Barley, Crop Science, 46(2): 1179-1186.
33. Zand, E., A. Kouchaki, H. Rahimian and M. Nasirimahalati. 2002. Physiological and Morphological Traits associated with Genetics Yield Improvement of Iranian Winter Wheat and Cultivars Released during Past 50 Years, Agricultural Sciences and Technology, 16(1): 161-171 (In Persian).
34. Zarei, L.Ch.K. and A. Farshadfar. 2010, Investigation of genetic diversity of barley genotypes using ISSR molecular marker, 2nd Conference on Agricultural Biotechnology, Horticulture Research Institute and Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University (In Persian).
35. Zhou, Y., Z.H. He, X.X. Sui, X.C. Xia, X.K. Zhang and G.S. Zhang. 2007. Genetic improvement of grain yield and associated traits in the Northern China winter wheat region from 1960 to 2000. Crop Science, 47(1): 245-253.

Estimating the Effects of Seven Decades breeding and Releasing of Cultivars on increasing Barley yield in Iran

Javad Arabzozani[1], Mohammadhadi Pahlevani[2], Khalil Zeinalinejad[3] and Mohsen Esmailzadeh Moghadam[4]

1- Graduated M.Sc. Student, In Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Associate Professor, In Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding author: hpahlavani@yahoo.com)
3- Assistant Professor, In Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4- Professor in Plant Breeding, Seed and Plant improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extention Organization, Alborz, Iran
Received: 12 May, 2021 Accepted: 28 October, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: The study of genetic improvement and the recognition of traits that have played a role in it are important in assessing the effectiveness of breeding methods used in the past as well as defining new goals in breeding projects in the future. The aim of this study was to estimate the amount of genetic improvement and awareness of the level of variation in barley cultivars that were released in Iran between 1951 and 2013.

Materials and Methods: This study was conducted in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during the years 2017 to 2018. The evaluated materials were compromised a sample of 21 barley cultivars released in the period 1951 to 2013 in Iran. In the field section, the cultivars were planted in a randomized complete block design with three replications to evaluate plant variables including per plot, plant height, number of spikes, number of seeds per spike, spike length, number of tillers, 1000-seed weight and days to maturity. ISSR markers were used to evaluate the diversity and grouping of cultivars. Initially, 23 ISSR random primers were used, from which seven primers with high polymorphism were selected for final evaluation and marker production.

Results: Analysis of variance revealed significant differences between cultivars for grain yield, grain weight, number of spikes, number of grains per spike, number of tillers, spike length and stem length. Of the studied traits, effects of breeding were considerable and significant for grain yield and tiller number. Cluster analysis of the morphological data by dividing barley cultivars into three groups (released from 2011 onwards), middle (released between 2011 and 1961) and old (released between 1951 to 1961) confirmed the achievement of genetic improvement. The Nei and Shannon indexes for ISSR markers also indicated significant genetic diversity among the studied cultivars. Based on the PIC values, primers 15, 18, and 23 will be useful for identifying parents to produce segregating populations or for marker assisted selection.

Conclusion: Among the studied decades, the cultivars of the seventh decade (2011 to 2013) had the highest grain yield and among them two cultivars Zahak and Nik were the best. The results showed that the average progress of barley cultivars during seven decades of breeding was approximately equal to 3.7 kg per year.

Keywords: Cluster Analysis, Genetic Diversity, ISSR, Marker, Yield