

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و هتروزیس در اکوتیپ‌های یونجه ایرانی با هدف تولید ارقام ساختگی (Synthetics)

علی مقدم^۱ و سید محمد علی مفیدیان^۲

۱- دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: a.moghaddam@areeo.ac.ir)

۲- استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (پست الکترونیک: amofidian@spii.ir)

چکیده

یکی از مراحل کلیدی در تولید ارقام ترکیبی یا سنتتیک در یونجه (*Medicago sativa*)، برآورد قابلیت ترکیب والدین از طریق ارزیابی عملکرد علوفه نتاج پلی‌کراس تولیدی می‌باشد. در این راستا، آزمایش حاضر با ۲۰ ژنوتیپ شامل ۱۰ نتاج پلی‌کراس به همراه ۱۰ ژنوتیپ والدی یونجه داخلی شامل دو رقم آهنگ و ماندگار، دو اکوتیپ از یونجه بومی و یزدی و شش اکوتیپ یونجه مناطق سرد و معتدل با کدهای KFA16, KFA4, KFA3, KFA13, KFA11, KFA15 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج طی سال‌های ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۱ به اجرا در آمد. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه در مترمربع، سرعت رشد مجدد، نمره خواب پاییزی و عملکرد علوفه خشک و تر بودند. نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات به غیر از عملکرد علوفه تر وجود دارد. خانواده نانتی Poly-KFA3 با عملکرد ۲۲/۹۱ تن در هکتار بیشترین و Poly-KFA15 با میانگین ۱۹/۴۸ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد علوفه خشک را داشتند. بیشترین درصد هتروزیس در صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه در مترمربع، سرعت رشد مجدد، نمره خواب پاییزی، عملکرد علوفه تر و خشک به ترتیب برابر با ۱۳/۲۵، ۷/۹۴، ۵۷/۰۳، ۱۵۰/۴۹، ۱۰/۹۲ و ۱۴/۲۵ درصد بدست آمد. بر اساس برآوردهای ترکیب‌پذیری عمومی در صفات مورد بررسی، پنج والد Bami, Yazdi, KFA3, KFA13 و KFA16 جهت تلاقی و ایجاد جمعیت ترکیبی جدید انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: مقایسه عملکرد، نتاج پلی‌کراس، اکوتیپ، ترکیب‌پذیری عمومی، هتروزیس

مقدمه

ایران به‌عنوان یکی از مناطق پیدایش یونجه در جهان شناخته شده و دارای تنوع وسیع ژنتیکی در ارتباط با این محصول است. به طور کلی، از نظر ژنتیکی و به‌نژادی ارقام مورد کشت و کار در کشور و دنیا، توده یا جمعیت‌های آزاد گرده‌افشان با میزان تنوع یا پایه ژنتیکی متفاوت می‌باشند. روش‌های اصلاحی مورد استفاده در گیاهان دگرگشن در اصلاح یونجه

هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، به علت اتوتراپلویید بودن، یونجه اثرات سوء درون‌زادآوری^۲ شدیدتری نسبت به گیاهان دیپلوئید از خود نشان می‌دهد. گزینش توده‌ای و دوره‌های متوالی آن (گزینش دوره‌ای فتوتیپی) و همچنین روش تولید ارقام ساختگی یا سنتتیک از پرکاربردترین روش‌های اصلاحی مورد استفاده در یونجه می‌باشند (Hill *et al.*, 1971; Fehr, 1987; Rumbaugh *et al.*, 1988; Rotili *et al.*, 2001).

پیشینه پژوهش

هدف اصلی از به‌نژادی یونجه، بدست آوردن رقمی است که عملکرد کمی و کیفیت بالایی داشته و همچنین از پایداری مطلوبی در مناطق هدف برخوردار باشد (Brummer *et al.*, 2000). امروزه درک خوبی از ژنتیک اتوتراپلویدها و پیامد آن در اصلاح یونجه و تولید ارقام ترکیبی یا سنتتیک وجود دارد (Rotili *et al.*, 2001). بیشتر ارقام معرفی شده یونجه در دهه های گذشته سنتتیک بوده و دارای پایه ژنتیکی گسترده‌ای هستند، به طوری که می‌توانند به عنوان جمعیتی هتروژن از افراد هتروزیگوت در نظر گرفته شوند. این ناهمگنی موجب بهبود عملکرد و پایداری این جمعیت‌ها می‌شود (Fehr, 1987). به‌طور مثال واریته‌های سنتتیک تاهو و پاراد که به‌عنوان ارقام سنتتیک معرفی شده‌اند به ترتیب از ۷۸۲ و ۶۳۴ والد گیاهی بدست آمده‌اند (جمعیت‌های طبیعی) که هر یک به بیماری‌ها و آفات مختلفی نظیر پژمردگی ورتیسلیومی، پوسیدگی فیتوفترای ریشه، انتراکنوز و شته آبی یونجه مقاوم بودند (Cash *et al.*, 1998). مفهوم ارزیابی پلی‌کراس بوسیله فرندسن (Frandsen, 1940) که در مورد اصلاح گونه‌های علوفه‌ای در دانمارک تحقیق می‌نمود و همچنین تیسدل و همکاران (Tysdal *et al.*, 1942) بر اساس تحقیقات بر روی یونجه، ارائه شد.

آزمون نتاج پلی‌کراس برای برآورد قابلیت ترکیب عمومی^۳ و انتخاب اجزای یک رقم ترکیبی یا سنتتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. برترین ژنوتیپ‌ها از نظر قابلیت ترکیب عمومی برای تولید علوفه و دانه انتخاب و به‌عنوان ژرم‌پلاسِم مناسب برای کارهای اصلاحی آتی، تعیین می‌شوند. در آزمون نتاج پلی‌کراس جهت گزینش برای قابلیت ترکیب عمومی، استفاده از یک جمعیت هتروزیگوت با پایه ژنتیکی وسیع به عنوان تستر پیشنهاد می‌گردد. تستر می‌تواند جمعیت‌های والدی یا هر جمعیت غیر خویشاوند (ارقام سنتتیک یا آزاده گرده‌افشان) با پایه ژنتیکی وسیع باشد (Hallauer *et al.*, 2010). گزارشات متعددی مبنی بر استفاده از آزمون پلی‌کراس در اصلاح گیاهان مختلف وجود دارد (Maalouf, 1997; Casler *et al.*, 1997; Amato *et al.*, 1997; Hapkins & Taliaferro, 1997). در یک بررسی مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌های یونجه از نظر ۳۴ صفت کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند و ۲۱ ژنوتیپ برای پلی‌کراس انتخاب شدند (Smolikova *et al.*, 1991). در بررسی دیگری، دو مجموعه نتاج پلی‌کراس متشکل از ۳۰ و ۹ کلون یونجه از نظر صفات عملکرد علوفه‌تر و دانه در چندین منطقه و به مدت چند سال مورد ارزیابی قرار گرفتند و بهترین خانواده‌ها نسبت به واریته شاهد پالوا مشخص شدند. همچنین گزارش شده که در آزمون پلی‌کراس با اجزای بیشتر، نتیجه بهتری حاصل گردید (Vachunkova *et al.*, 1992).

دو رقم ترکیبی یا سنتتیک میرنا و پوساوینا با جمع‌آوری جمعیت‌ها و اکوتیپ‌های متعدد یونجه از مناطق مختلف و با استفاده از روش اصلاحی پلی‌کراس و تعیین قابلیت ترکیب عمومی معرفی شدند (Halgic *et al.*, 1992). ارقام بلغاری پریستا ۳ و ۴ یونجه که با استفاده از روش آزمون نتاج پلی‌کراس اصلاح شده‌اند، هر یک به ترتیب دارای ۹ و ۶ والد هستند. پریستا ۳ نسبت به شاهد از نظر عملکرد ماده خشک ۱۸/۷ درصد و از نظر عملکرد بذر ۱۵/۴ درصد برتر است و این برتری در مورد پریستا ۴ به ترتیب ۱۳/۷ درصد و ۱۹/۲ درصد است. این دو واریته از نظر عملکرد تر و پروتئین خام نیز نسبت به واریته شاهد برتر هستند (Petkova & Mirchev, 1994). در بررسی واریته‌های مختلف یونجه برای بهبود ارقام محلی، رقم مگنا بهترین ترکیب‌پذیری عمومی را با تمام ارقام داخلی برای عملکرد علوفه داشت و یک اهداکننده

مناسب برای بهبود این صفت بود. رقم‌های انتگریتی و مگنا بهترین ترکیب‌پذیری عمومی را برای افزایش تعداد ساقه‌ها در بوته داشتند (Radović *et al.*, 2009). در یک مطالعه، فاصله ژنتیکی بین ۴۸ ژرم پلاسما یونجه بررسی و هیبریدهای با ترکیب‌های مختلف ایجاد شد. نتایج نشان داد که تلاقی پذیری در ترکیب هیبریدی که هر دو والد تترالوئید هستند بیشتر از آن است که هر دو والد دیپلوئید بوده یا ترکیب هیبریدی با سطح پلوئیدی مختلف داشته باشند. همچنین میزان هتروزیس در ترکیب هیبریدی یونجه به‌صورت دیپلوئید به عنوان والد مادری با تترالوئید به عنوان والد پدری بیشتر از ترکیب هیبریدی دیپلوئید به عنوان والد پدری بود (Ruru *et al.*, 2022). ولی‌زاده و همکاران (Valizadeh *et al.*, 2002)، ۳۰ اکوتیپ یونجه را متشکل از ۲۸ رقم بومی به همراه دو رقم اصلاح شده جمع‌آوری و در دو ایستگاه تحقیقاتی کشت نمودند. پس از ارزیابی والد‌ها در دو خزانه اولیه و آزمون نتاج پلی‌کراس در دو ایستگاه، ۱۲ ژنوتیپ برتر از بقیه تشخیص دادند و در پایان با تشکیل یک خزانه پلی‌کراس اصلی در قالب طرح آزمایشی مربع لاتین نسبت به تولید بذر سنتتیک اقدام نمودند. آوجی و همکاران (Avci *et al.*, 2011) آزمایشی را جهت تولید ارقام سنتتیک پرمحصول در شرایط مدیریتانه‌ای ترکیه طی ۷ سال از سال ۲۰۰۲ آغاز نمودند. آنها جهت اطمینان از وجود تنوع ژنتیکی لازم و مناسب از منابع ژنتیکی متفاوتی همانند ارقام اصلاح شده داخلی و خارجی و توده‌های بالک شده استفاده کردند. از ۳۲ بوته انتخابی، کلون تهیه شده و به خزانه تولید نتاج پلی‌کراس انتقال داده شد و ۳۲ نتاج پلی‌کراس تولیدی طی دو سال از لحاظ صفات کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت ۱۶ ژنوتیپ به عنوان والدین رقم سنتتیک انتخاب شدند. در پژوهش حاضر، با هدف انتخاب برترین اکوتیپ‌ها با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مناسب جهت تولید جمعیت سنتتیک، ده نتاج پلی‌کراس یا خانواده‌های ناتنی تولید شده از تلاقی بین ۱۰ اکوتیپ برتر داخلی یونجه، به همراه اکوتیپ‌های والدی، از لحاظ عملکرد و سایر صفات مهم مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند.

روش شناسی پژوهش به منظور انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها با ترکیب‌پذیری عمومی مناسب جهت تولید ارقام ساختگی و همچنین میزان هتروزیس در صفات مختلف در نتاج پلی‌کراس تولیدی، این آزمایش با ۲۰ ژنوتیپ شامل ۱۰ اکوتیپ/ رقم برتر داخلی (جدول ۱) و نتاج پلی‌کراس (خانواده ناتنی) حاصل از آنها در خزانه تولید پلی‌کراس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در شهریور ۱۳۹۹ به اجرا درآمد. هر ژنوتیپ در ۴ خط دو ردیفه بطول ۵ متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتیمتر کاشته شد. آماده‌سازی زمین و مراقبت‌های زراعی پس از کاشت مطابق عرف آزمایشات یونجه انجام گرفت. میزان بذر مصرفی بر مبنای ۲۵ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. آبیاری به صورت جوی و پشته و با فاصله ۷ تا ۱۰ روز یکبار صورت گرفت. سال اول (۱۳۹۹) به‌عنوان سال استقرار در نظر گرفته شده و یادداشت‌برداری‌ها از بهار ۱۴۰۰ به مدت دو سال صورت گرفت. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته در زمان برداشت (سانتیمتر)، تعداد ساقه در مترمربع، سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت (سانتیمتر)، نمره خواب پاییزی (Moghaddam *et al.*, 2021)، عملکرد علوفه خشک و تر (تن در هکتار) بودند. جهت یادداشت‌برداری صفت خواب پاییزی از یک روش نمره‌دهی از ۱ تا ۱۱ با فواصل هر ۵ سانتی‌متر ارتفاع، ۱ امتیاز استفاده می‌شود. در این روش ارتفاع ارقام در فصل پاییز بعد از برداشت آخرین چین اندازه‌گیری گردیده و به ازاء هر ۵ سانتی‌متر یک امتیاز تعلق می‌گیرد. نمره ۱ برای یک رقم با خواب زمستانه و نمره ۱۱ برای ارقام بسیار فعال در زمستان می‌باشد.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به ۱۰ اکوتیپ/ رقم مورد استفاده در آزمایش

NO.	Parents	Characteristic	Planting region
Half-sib families(polycross progenies)			
1	Bami	Warm- Warm temperate	Bam-Kerman
2	Yazdi	Temperate	Yazd
3	Ahang	-Cold-Hamedani	Cold and Cold temperate climate

4	KFA16	Cold-Hamedani	Ghahavand-Hamedan
5	KFA4	Cold-Hamedani	Kouzareh-Hamedan
6	Mandegar	Cold-Gharahyunjeh	Cold and Cold temperate climate
7	KFA3	Cold-Gharahyunjeh	Malekan-East Azerbaijan
8	KFA13	Cold-Gharahyunjeh	Salmas-West Azerbaijan
9	KFA11	Cold-Gharahyunjeh	Poldasht-West Azerbaijan
10	KFA15	Cold-Gharahyunjeh	Tikmehdash East Azerbaijan

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با نرم افزار SPSS صورت گرفت. تجزیه واریانس دوساله داده های صفات مورد اندازه‌گیری بر مبنای آزمایش کرت‌های خرد شده در زمان انجام شد. عوامل ژنوتیپ و سال به عنوان عوامل ثابت و عامل تکرار تصادفی در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین با روش استیودنت-نیومن-کویلز (SNK) صورت گرفت. ترکیب‌پذیری عمومی ارقام و اکوتیپ‌ها، از تفاوت میانگین دو ساله صفات مورد مطالعه هر یک از نتاج پلی‌کراس (خانواده ناتنی) از میانگین کل نتاج (خانواده‌های ناتنی) محاسبه گردید (Wricke & Weber, 1986). جهت محاسبه میزان هتروزیس در خانواده‌های ناتنی حاصل از تلاقی پلی‌کراس (HMP)، از تفاوت میانگین دو ساله هر یک از نتاج پلی‌کراس (خانواده ناتنی) از والد مادری (MP) مربوطه استفاده شد (Al Lawati *et al.*, 2010).

نتایج پژوهش و بحث

نتایج تجزیه واریانس دوساله صفات مورد بررسی بر اساس طرح کرت‌های خرد شده در زمان برای کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل نتاج پلی‌کراس (خانواده‌های ناتنی) و والد‌ها در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که تفاوت میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات ارتفاع بوته، سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت و نمره خواب پاییزی در سطح احتمال یک درصد، برای تعداد ساقه در مترمربع در سطح احتمال ۵ درصد و برای عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال ۱۰ درصد معنی‌دار بودند. تفاوت میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات عملکرد علوفه تر و درصد رطوبت معنی‌دار نگردید. ارقام و اکوتیپ‌های برتر انتخاب شده جهت انجام این بررسی مهمترین دلیل مشاهده نشدن تفاوت زیاد بین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. اگر چه وجود اکوتیپ‌هایی از یونجه بمی و یزدی موجب مشاهده تفاوت معنی‌دار به‌ویژه در دو صفت سرعت رشد مجدد و نمره خواب پاییزی گردید. معنی‌دار نشدن صفت درصد رطوبت در زمان برداشت بیانگر این موضوع است که تقریباً زمان ۱۰ درصد گلدهی جهت برداشت تیمارهای آزمایش رعایت شده است. عامل سال برای صفات سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت و نمره خواب پاییزی در سطح احتمال یک درصد، برای صفت تعداد ساقه در مترمربع در سطح احتمال ۵ درصد و برای صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱۰ درصد معنی‌دار بود. عامل سال برای صفات عملکرد علوفه تر و خشک و درصد رطوبت معنی‌دار نگردید. اثر متقابل ژنوتیپ در سال تنها برای صفات سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت در سطح احتمال یک درصد و صفت تعداد ساقه در مترمربع در سطح احتمال ۱۰ درصد معنی‌دار بود. عدم تفاوت معنی‌دار اثر متقابل ژنوتیپ در سال در برخی از صفات مورد بررسی به‌ویژه عملکرد علوفه خشک و تر، نشان دهنده ثبات رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو سال آزمایش بود. مقایسه میانگین دو ساله ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات با استفاده از روش SNK در سطح احتمال ۵ درصد در جدول ۳ آورده شده است. همچنین، نتایج حاصل از محاسبه میزان هتروزیس در نتاج پلی‌کراس (خانواده‌های ناتنی) برای شش صفت مورد بررسی در جدول ۴ درج گردیده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در خانواده های ناتنی و والدین آنها طی دو سال ۱۴۰۰-۰۱

	df	Plant height (cm)	Stem no. per m ^۲	Regrowth rate (cm)	Fall dormancy score	Fresh forage yield (t ha ⁻¹)	Dry forage yield (t ha ⁻¹)	Moisture %
S.O.V								
Replication(R)	2	600.75	2871.60	42.85	3.92	437.05	13.50	9.64
Genotype(G)	19	45.37**	1830.09*	172.03**	18.93**	88.93 ^{ns}	6.42 ⁺	2.83 ^{ns}
G*R	38	10.20	951.72	10.01	1.28	74.94	3.66	2.53
Year(Y)	1	993.60 ⁺	100931.60*	596.97**	159.62**	1639.92 ^{ns}	199.25 ^{ns}	13.57 ^{ns}
Y*G	19	10.49 ^{ns}	1788.78 ⁺	9.02**	1.22 ^{ns}	34.43 ^{ns}	1.87 ^{ns}	1.48 ^{ns}
Y*R	2	86.77**	2155.44 ^{ns}	0.8 ^{ns}	1.62 ^{ns}	565.80**	34.75**	4.03*
Residual	38	9.68	1093.54	2.48	1.03	27.20	1.85	1.02
%CV		4.23	6.39	4.57	17.62	6.87	6.61	1.39

*, **, + و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال اشتباه ۵٪، ۱٪، ۱۰٪ و عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات بررسی شده در ژنوتیپ‌های آزمایشی

Genotype	Plant height (cm)		Stem no/m ²		Regrowth rate (cm)		Fall dormancy score		Fresh forage yield (t.ha ⁻¹)	Dry forage yield (t.ha ⁻¹)	Moisture %
Poly-Bami	76.0	abc	496.6	b	36.7	bc	6.8	b	78.62	21.06	73.1
Poly-Yazdi	77.4	ab	510.1	ab	44.2	a	8.7	a	79.74	22.11	72.3
Poly-Ahang	74.1	abc	521.0	ab	35.7	bcd	6.1	bc	77.21	20.80	73.0
Poly-KFA16	75.2	abc	519.8	ab	35.7	bcd	6.4	bc	74.02	19.74	73.2
Poly-KFA4	75.0	abc	533.6	ab	35.1	cd	6.6	bc	78.05	20.77	73.3
Poly-Mandegar	75.7	abc	502.5	ab	33.4	cd	5.5	bcde	74.55	20.35	72.6
Poly-KFA3	78.6	a	511.1	ab	42.4	a	8.6	a	84.11	22.91	72.6
Poly-KFA13	74.4	abc	550.1	a	34.9	cd	5.3	bcde	80.13	21.11	73.7
Poly-KFA11	74.9	abc	513.7	ab	32.8	cde	5.1	bcde	79.76	20.88	73.8
Poly-KFA15	72.6	abc	528.5	ab	32.5	cde	5.1	bcde	71.58	19.48	72.8
Bami	74.8	abc	521.1	ab	40.7	ab	8.6	a	77.05	22.13	71.3
Yazdi	73.5	abc	499.9	ab	43.6	a	8.5	a	76.23	20.86	72.6
Ahang	71.4	bc	524.4	ab	27.4	efg	3.4	de	69.61	19.03	72.6
KFA16	71.6	bc	492.5	b	30.9	cdef	4.4	cde	69.68	19.56	71.9
KFA4	72.1	abc	542.9	ab	30.7	cdef	4.4	cde	77.00	21.13	72.5
Mandegar	73.3	abc	505.3	ab	30.1	def	4.4	cde	73.91	19.34	73.8
KFA3	70.3	c	532.2	ab	27.0	fg	3.4	de	76.19	20.05	73.7
KFA13	71.3	bc	509.7	ab	34.5	cd	5.0	bcde	75.08	20.69	72.4
KFA11	66.1	d	545.3	a	24.8	g	3.1	e	76.78	20.28	73.5

KFA15	72.6 abc	490.6 b	36.1 bcd	5.5 bcde	69.39	19.26	72.1
Polycross progenies mean	75.4	518.7	36.3	6.4	77.78	20.92	73.0
Parents Mean	71.7	516.4	32.6	5.1	74.09	20.23	72.6
Grand Mean	73.5	517.6	34.5	5.7	75.93	20.58	72.8

در خصوص ارتفاع بوته (سانتیمتر)، نتاج پلی کراس Poly-KFA3 و Poly-Yazdi به ترتیب با میانگین ۷۸/۶ و ۷۷/۴ سانتیمتر بیشترین و اکوتیپ والدی KFA11 با میانگین ۶۶/۱ سانتیمتر کمترین ارتفاع را داشتند. نتاج پلی کراس در حدود ۴ سانتیمتر میانگین ارتفاع بیشتری نسبت به والدها نشان دادند. منیری فر (2010, Monirifar) نیز میانگین ارتفاع بوته ۳۰ خانواده ناتنی (نتاج پلی کراس) تولیدی را بین ۶۹/۱۱ تا ۸۰/۵۹ سانتیمتر گزارش کرد. در بررسی حاضر، کلیه نتاج پلی کراس هتروزیس مثبت برای صفت ارتفاع بوته نشان دادند و بیشترین میزان هتروزیس مربوط به دو خانواده ناتنی Poly-KFA11 و Poly-KFA13 به ترتیب با ۱۳/۲۵ و ۱۱/۸۵ درصد افزایش نسبت به والدهای مادری خود بود (جدول ۴). در خصوص صفت تعداد ساقه در مترمربع، خانوادههای ناتنی Poly-KFA13 و KFA11 به ترتیب با میانگین ۵۷۵/۱ و ۵۴۵/۳ ساقه در مترمربع بیشترین و KFA15 با میانگین ۴۹۰/۶ کمترین تعداد ساقه در مترمربع را داشتند. تفاوت چندانی بین میانگین تعداد ساقه در مترمربع نتاج پلی کراس و والدها مشاهده نگردید. در ارتباط با این صفت، نتایج حاکی از دامنه بسیار وسیعی از هتروزیسهای منفی و مثبت بود (جدول ۵). بیشترین میزان هتروزیس مثبت مربوط به دو خانواده ناتنی Poly-KFA13 و Poly-KFA15 به ترتیب با ۷/۹۴ و ۷/۷۲ درصد افزایش نسبت والد مادری شان و بیشترین هتروزیس منفی نیز مربوط به دو خانواده Poly-KFA11 و Poly-Bami به ترتیب با ۵/۷۹- و ۴/۷- درصد کاهش نسبت به والد مادری شان بود.

ژنوتیپهای Yazdi, Poly-Yazdi و Poly-KFA3 به ترتیب با ۴۴/۲، ۴۳/۶ و ۴۲/۴ سانتی متر رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت بیشترین و KFA11، KFA3 و Ahang به ترتیب با میانگین ۲۴/۸، ۲۷/۰ و ۲۷/۴ سانتیمتر کمترین میزان رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت را داشتند. در مجموع میانگین نتاج پلی کراس نشان از ۳/۷ سانتیمتر رشد مجدد بیشتر نسبت به والدین در طی ۱۴ روز پس از برداشت داشت. برآورد هتروزیس برای صفت سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت در نتاج پلی کراس (خانوادههای ناتنی) مورد بررسی تنوع خوبی از هتروزیس بین خانوادهها نشان داد. یکی از خصوصیات بارز یونجههای گرمسیری یا به عبارت دیگر یونجههای نیمه فعال و فعال در پاییز و زمستان همانند یونجه بمی، سرعت رشد مجدد بالا می باشد. تلاقی پلی کراس بین یونجههای بمی و یزدی با یونجههای مناطق سرد کشور و انتقال این خصوصیت به یونجههای سردسیری منجر به میزان هتروزیس بسیار بالایی برای این صفت در خانوادههای ناتنی تولیدی یونجههای سردسیری گردید. بیشترین میزان هتروزیس مثبت مربوط به خانوادههای ناتنی Poly-KFA11, Poly-KFA3 و Poly-Ahang به ترتیب با ۵۷/۰۳، ۳۲/۳۲ و ۳۰/۲۳ درصد افزایش میزان رشد مجدد نسبت به والدهای مادری بود در حالیکه بیشترین هتروزیس منفی مربوط به Poly-Bami و Poly-KFA15 به ترتیب با ۹/۹۶- و ۹/۶۳- درصد کاهش میزان سرعت رشد مجدد نسبت به والدهای مادری شان بود (جدول ۴).

در خصوص صفت نمره خواب پاییزی، دو خانواده ناتنی Poly-Yazdi و Poly-KFA3 به ترتیب با میانگین ۸/۷ و ۸/۶ بیشترین و سه ژنوتیپ والدینی KFA11، KFA3 و Ahang به ترتیب با میانگین ۳/۱، ۳/۴ و ۳/۴ کمترین نمره خواب پاییزی را دارا بودند. میانگین نمره خواب پاییزی نتاج پلی کراس (۶/۴) ۲۰ درصد نسبت به میانگین والدین (۵/۱) افزایش نشان داد. بیشترین تغییر در نمره خواب پاییزی مربوط به ژنوتیپهای KFA3 و Ahang به ترتیب با ۵/۲ و ۲/۷ واحد افزایش بود (جدول ۳). افزایش نمرات خواب پاییزی در نتاج پلی کراس ژنوتیپهای مناطق سرد کشور، عمدتاً به واسطه اثرات ناشی از تلاقی به ویژه با اکوتیپهای بمی و یزدی می باشد. در این صفت، هرچه از سمت نمره ۱ به نمره ۱۱ می رویم، مقاومت گیاه به سرما کمتر، حساسیت به طول روز کمتر، طوقه ها کوچکتر، تعداد ساقه در بوته کمتر، فاصله میانگره ها بیشتر، میزان برگ کمتر و سرعت رشد مجدد بیشتر می گردد (Moghaddam et al., 2021). پوتنام و همکاران (Putnam et al., 2005) بیان داشتند که ارقام یونجه با نمرات ۱ تا ۴ برای مناطق سرد، نمرات ۵ تا ۷ برای مناطق معتدل، نمرات ۷ تا ۹ برای مناطق گرم و مدیترانه ای و نمرات ۸ تا ۱۱ برای مناطق بیابانی گرم مناسب و سازگار می باشند. میانگین نمرات خواب پاییزی ژنوتیپهای والدی با نتایج گزارش شده توسط مقدم و همکاران (Moghaddam et al., 2021) همخوانی دارد.

جدول ۴- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و هتروزیس در خانواده‌های ناتنی برای صفات مورد بررسی

Half-sib family	Plant height (cm)		Stem no/ m ²		Regrowth rate (cm)		Fall dormancy score		Fresh forage yield (t.ha ⁻¹)		Dry forage yield (t.ha ⁻¹)	
	General combining ability	Hetrosis(%)	General combining ability	Hetrosis(%)	General combining ability	Hetrosis(%)	General combining ability	Hetrosis(%)	General combining ability	Hetrosis(%)	General combining ability	Hetrosis(%)
Poly-Bami	0.65	1.72	-22.14	-4.70	0.33	-9.89	0.39	-20.93	0.85	2.04	0.14	-4.83
Poly-Yazdi	1.97	5.26	-8.57	2.05	7.82	1.18	2.29	1.95	1.97	4.60	1.19	6.03
Poly-Ahang	-1.30	3.73	2.29	-0.65	-0.65	30.23	-0.34	76.70	-0.57	10.92	-0.12	9.27
Poly-KFA16	-0.16	5.11	1.13	5.54	-0.59	15.54	-0.04	44.70	-3.76	6.23	-1.18	0.95
Poly-KFA4	-0.40	4.06	14.86	-1.72	-1.23	14.39	0.22	51.91	0.27	1.36	-0.15	-1.70
Poly-Mandegar	0.35	3.37	-16.17	-0.55	-2.89	11.16	-0.94	24.24	-3.23	0.87	-0.57	5.23
Poly-KFA3	3.20	11.85	-7.61	-3.96	6.09	57.03	2.19	150.49	6.33	10.39	1.99	14.25
Poly-KFA13	-1.04	4.30	31.43	7.94	-1.47	0.97	-1.14	4.64	2.36	6.74	0.19	2.02
Poly-KFA11	-0.52	13.25	-4.97	-5.79	-3.58	32.32	-1.34	61.70	1.98	3.89	-0.04	2.98
Poly-KFA15	-2.76	0.00	9.76	7.72	-3.83	-9.99	-1.28	-6.67	-6.20	3.15	-1.45	1.11

Plant height (cm)	ارتفاع بوته (cm)	Stem 'no. per m	تعداد ساقه در مترمربع	Regrowth rate (cm)	سرعت رشد مجدد	Fall dormancy score	پاییزی نمره خواب	Fresh forage yield (t ha ⁻¹)	تر عملکرد علوفه	Dry forage yield (t ha ⁻¹)	خشک عملکرد علوفه
-------------------	------------------	-----------------	-----------------------	--------------------	---------------	---------------------	------------------	--	-----------------	--	------------------

خانواده ناتنی Half-sib family	ترکیب پذیری عمومی		ترکیب پذیری عمومی		ترکیب پذیری عمومی		ترکیب پذیری عمومی		ترکیب پذیری عمومی		ترکیب پذیری عمومی	
	General combining ability	هتروزیس (%) Hetrosis	General combining ability	هتروزیس (%) Hetrosis	General combining ability	هتروزیس (%) Hetrosis	General combining ability	هتروزیس (%) Hetrosis	General combining ability	هتروزیس (%) Hetrosis	General combining ability	هتروزیس (%) Hetrosis
Poly-Bami	0.65	1.72	-22.14	-4.70	0.33	-9.89	0.39	-20.93	0.85	2.04	0.14	-4.83
Poly-Yazdi	1.97	5.26	-8.57	2.05	7.82	1.18	2.29	1.95	1.97	4.60	1.19	6.03
Poly-Ahang	-1.30	3.73	2.29	-0.65	-0.65	30.23	-0.34	76.70	-0.57	10.92	-0.12	9.27
Poly-KFA16	-0.16	5.11	1.13	5.54	-0.59	15.54	-0.04	44.70	-3.76	6.23	-1.18	0.95
Poly-KFA4	-0.40	4.06	14.86	-1.72	-1.23	14.39	0.22	51.91	0.27	1.36	-0.15	-1.70
Poly-Mandegar	0.35	3.37	-16.17	-0.55	-2.89	11.16	-0.94	24.24	-3.23	0.87	-0.57	5.23
Poly-KFA3	3.20	11.85	-7.61	-3.96	6.09	57.03	2.19	150.49	6.33	10.39	1.99	14.25
Poly-KFA13	-1.04	4.30	31.43	7.94	-1.47	0.97	-1.14	4.64	2.36	6.74	0.19	2.02
Poly-KFA11	-0.52	13.25	-4.97	-5.79	-3.58	32.32	-1.34	61.70	1.98	3.89	-0.04	2.98
Poly-KFA15	-2.76	0.00	9.76	7.72	-3.83	-9.99	-1.28	-6.67	-6.20	3.15	-1.45	1.11

نتایج برآورد میزان هتروزیس در خصوص نمره خواب پاییزی نیز وضعیت کم و بیش مشابه با صفت سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت داشت. یونجه‌های گرمسیری و یا به عبارت دیگر یونجه‌های نیمه فعال و فعال در پاییز و زمستان همانند یونجه بمی و یزدی در این بررسی، دارای نمرات خواب پاییزی بالایی هستند و برعکس آنها، یونجه‌های سردسیری یا یونجه‌های با خواب پاییزی و زمستانه دارای نمرات خواب پایینی می‌باشند (جدول ۳). تلاقی بین یونجه‌های سردسیری و گرمسیری و تولید خانواده‌های ناتنی و در ادامه برآورد میزان هتروزیس در خانواده‌های ناتنی تولیدی به‌طور کلی نشان داد که اکثر یونجه‌های سردسیری هتروزیس مثبت نشان دادند که بیانگر انتقال ژن‌های مربوط به این صفت از یونجه‌های گرمسیری و همچنین هتروزیس ناشی از تلاقی بین خود یونجه‌های سردسیری می‌باشد. بیشترین میزان هتروزیس مثبت مربوط به خانواده‌های ناتنی Poly-Ahang, Poly-KFA3 و Poly-KFA11 به ترتیب با ۱۵۰/۴۹، ۷۶/۷۰ و ۶۱/۷۰ درصد افزایش نمره خواب پاییزی نسبت به والدهای مادری‌شان بود. در حالی که بیشترین هتروزیس منفی نیز مربوط به Poly-Bami با ۲۰/۹۳- درصد کاهش نمره خواب پاییزی نسبت به والد مادریش بود.

میانگین عملکرد علوفه تر و خشک ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲). با اینحال، ژنوتیپ Poly-KFA3 به ترتیب با میانگین ۸۴/۱۱ و ۲۲/۹۱ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک را دارا بود. ژنوتیپ KFA15 با میانگین ۶۹/۳۹ تن در هکتار و ژنوتیپ Ahang با میانگین ۱۹/۰۳ تن در هکتار به ترتیب کمترین عملکرد علوفه تر و خشک را داشتند. میانگین عملکرد علوفه تر و خشک نتاج پلی‌کراس به ترتیب ۳/۷ و ۰/۷ تن در هکتار بیشتر از میانگین ژنوتیپ‌های والدینی بود. منیری‌فر (2010, Monirifar) میانگین عملکرد علوفه خشک ۳۰ خانواده ناتنی (نتاج پلی‌کراس) تولیدی را بین ۷/۱ تا ۱۲/۴۳ تن در هکتار گزارش کرد. در خصوص صفات عملکرد علوفه تر و خشک، با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۵)، حداکثر هتروزیس برآورد شده از ۱۵ درصد فراتر نبود. بیشترین هتروزیس مشاهده شده در صفت عملکرد علوفه تر مربوط به دو خانواده Poly-Ahang و Poly-KFA3 به ترتیب با ۱۰/۹۲ و ۱۰/۳۹ درصد افزایش عملکرد علوفه تر نسبت به والد مادری‌شان بود. نکته قابل ذکر اینکه کلیه هتروزیس‌های برآورد شده در خانواده ناتنی مقادیر مثبت بود. در خصوص عملکرد علوفه خشک دامنه‌ای از هتروزیس‌های مثبت و منفی برآورد گردید (جدول ۴). بیشترین هتروزیس مثبت مربوط به دو خانواده ناتنی Poly-KFA3 و Poly-Ahang به ترتیب با ۱۴/۲۵ و ۹/۲۷ درصد افزایش عملکرد علوفه خشک و بیشترین هتروزیس منفی مربوط به دو خانواده ناتنی Poly-Bami و Poly-KFA4 به ترتیب با ۴/۸۳- و ۱/۷۰- درصد کاهش عملکرد علوفه خشک نسبت به والد مادری‌شان بود. مادریل و همکاران (2008, Maderil et al.) میزان هتروزیس برای صفت عملکرد ماده خشک را در هیبریدهای مورد بررسی را بین ۱۷/۰۵- تا ۲۲/۵۸ درصد گزارش کردند.

برآورد قابلیت ترکیب عمومی والدین مورد استفاده در ایجاد نتاج پلی‌کراس (خانواده‌های ناتنی) در جدول ۴ درج گردیده است. در خصوص ارتفاع بوته، بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب مربوط به والدین KFA3 و KFA15 با ۳/۲ و ۲/۷۶- سانتیمتر بود. منیری‌فر (2010, Monirifar) ترکیب‌پذیری عمومی صفت ارتفاع بوته را در بین مواد ژنتیکی مورد بررسی را بین ۳/۹۵- تا ۷/۵۳ سانتیمتر گزارش کرد. میترا و ناتاراجان (2002, Mitra & Natarajan) میزان ترکیب‌پذیری عمومی ۱۵ کلون انتخابی از یک توده محلی را از ۱۳/۰۵- تا ۱۳/۵۶ سانتیمتر گزارش کردند. بیشترین و کمترین قابلیت ترکیب عمومی والدین در صفت تعداد ساقه در مترمربع به ترتیب مربوط به والدین KFA13 و Bami با ۳۳/۴۳ و ۲۱/۱۴- ساقه در مترمربع بود. دامنه ترکیب‌پذیری عمومی محاسبه شده بین والدین برای صفت سرعت رشد مجدد ۱۴ روز پس از برداشت بین ۷/۸۲ و ۳/۸۳- سانتیمتر بود که به ترتیب مربوط به والدهای Yazdi و KFA15 بود. در خصوص صفت نمره خواب پاییزی، بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب مربوط به والدهای Yazdi و KFA11 با ۲/۲۹ و ۱/۳۴- بود. در خصوص صفات عملکرد علوفه تر و خشک، بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به والد KFA3 به ترتیب با ۶/۳۳ و ۱/۹۹ تن در هکتار عملکرد علوفه تر و خشک بود. در حالیکه کمترین ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به والد KFA15 به ترتیب با ۶/۲- و ۱/۴۵- تن در هکتار عملکرد علوفه تر و خشک بود. میترا و ناتاراجان (2002, Mitra & Natarajan)

(Natarajan, 2002) میزان قابلیت ترکیب عمومی برای صفت عملکرد علوفه تر برای ۱۵ کلون والدی را بین ۲۰/۶۷- تا ۱۵/۶۹ گرم در بوته و برای صفت عملکرد علوفه خشک را بین ۴/۷۵- تا ۳/۵ گرم در بوته گزارش کردند. منیریفر (Monirifar, 2010) قابلیت ترکیب عمومی برای ۳۰ والد مورد استفاده در تولید خانواده های ناتنی مربوط به صفت عملکرد علوفه تر را بین ۳/۸۶- تا ۶/۶۸ تن در هکتار و برای صفت عملکرد علوفه خشک را بین ۱/۹۱- تا ۳/۴۱ تن در هکتار گزارش کرد. با توجه به نتایج حاصل از برآوردهای قابلیت ترکیب عمومی ژنوتیپهای والدی و همچنین منشأ و محدوده کشت و کار این ژنوتیپها، و از طرف دیگر جهت ایجاد تنوع حداکثری و به حداقل رساندن اثرات ناشی از تلاقیهای خویشاوندی در نسلهای آتی تولید بذر، ۵ ژنوتیپ بمی، یزدی، KFA3، KFA13 و KFA16 جهت تولید رقم ترکیبی یا سنتتیک جدید انتخاب می‌شوند. به علاوه، ایزوله دیگری با استفاده از خانواده‌های ناتنی انتخابی نیز ایجاد و جمعیت جدیدی از تلاقی این خانواده‌ها ایجاد خواهد شد.

منابع

- Al Lawati, A. H., Pierce, C. A., Murray, L. W., & Ray, I. M. (2010). Combining ability and heterosis for forage yield among elite alfalfa core collection accessions with different fall dormancy responses. *Crop Science*, 50, 150–158. doi: 10.2135/cropsci2008.09.0549.
- Amato, G., Stringia, L., & Glamal, D. (1997). Evaluation of progenies of sulla (*Hedysarum Coronarium* L.) derived from Sicilian landraces. *Rivista- di- Agronomia*, 31, 166-769.
- Avci, M., Aktas, A., Kilicalp, N., & Hatipoglu, R. (2011). Development of synthetic cultivar of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on the basis of polycross progeny performance in the Southern Anatolia. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9 (2), 404-408.
- Brummer, E.C., Naroofshah, M., & Luth, D. (2000). Re-examining the relationship between fall dormancy and winter hardiness in alfalfa. *Crop Science*, 40(4), 971-977.
- Cash, S. D., Knipe, W. J., & Mc Caslin, M. H. (1998). Registration of 'Tahoe' alfalfa. *Crop Science*, 38, 536.
- Casler, M. D., Berg, C. C., Carlson, T., & Sleper, D. A. (1997). Convergent-divergent selection for seed production and forage traits in orchardgrass.III. Correlated responses for forage traits. *Crop Science*, 37, 1059-1065.
- Fehr, W. R. (1987). *Principles of Cultivar Development*. Vol II, Macmillan Pub. Co., New York.
- Frandsen, H. N. (1940). *Some breeding experiments with timothy*. Imported Agricultural Bulletin Joint Publication3, 80-92.
- Halgic, S., Gasperov, S., Kolic, B., & Lovrec, L. (1992). Trends in breeding perennial herbage crops. *Sjemenarstvo*, 9, 265-268.
- Hallauer, A.R., Carena, M. J., & Miranda Filho, J. B. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding*. Handbook of plant breeding 6, DOI 10.1007/978-1-4419-0766-0_8, Springer Science+Business Media, LLC.
- Hill, R. R. Jr., M. W. Pederson, L. J. Elling, R. W. Cleveland, J. H. Graham, F. I. Frosheiser, and J. L. Starling. (1971). Comparison of expected genetic advance with selection on basis of clone and polycross progeny test performance in alfalfa. *Crop Science*, (11) 88-91.
- Maalouf, F. S. (1997). Determination of the optimum strategy to predict yield in *Vicia faba* L. synthetic varieties, *CIHEAM-IAMZ*, Zaragoza.
- Maderil, C. M., Pierce, C. A., & Ray, I. M. (2008). Heterosis among hybrids derived from genetically improved and unimproved alfalfa germplasm. *Crop science*, 48, 1787–1792.doi: 10.2135/cropsci2008.01.0050
- Mitra, J., & Natarajan, S. (2002). Polycross progeny test for fodder yield in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Indian Journal of Genetics*, 62(4), 371-372.
- Moghaddam A, Kharazmi K, Mofidian S. (2021) Determination of fall dormancy score of Iranian alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes in cold and temperate climates. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 23 (3) :237-252 .<http://agrobreedjournal.ir/article-1-1173-en.html>
- Monirifar, H. 2010. Half-sib progeny test for selection of best parents for development of a synthetic variety of alfalfa. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12 (1), 66- 75 (In Farsi).
- Petkova, D., & Mirchev, M. (1994). Use of polycross method in developing cv.Prista 3 alfalfa. *Genetics and Breeding*, 27, 118-122.

- Radović, J., Sokolović, D., Lugić, Z., Anđelković, S., & Štrbanović, R. (2009). In: Huyghe C (ed), Ch 45: *Genetic diversity within and among alfalfa varieties for some traits*. Springer, Dordrecht/London, pp 319–324.
- Rotili, P., Gnochì, G., Scotti, C., & Zannone, L. (2001). *Some aspects of breeding methodology in alfalfa*. Institute sperimentale per le Colture foraggere-V.le .11 .Piacenza, 29-26900 Lodi, Italy.
- Rumbaugh, M. D., J. L. Caddel, and D. E. Rowe. (1988). *Breeding and quantitative genetics*. P: 770-808 . In A. A. Hanson, D. K. Barends, and R. R. Hill, Jr., (ed) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. Madison, Wisconsin, USA.
- Ruru, S., Yang, J., Yang, Y., Yutong, Z., et al. (2022). Selection of alfalfa (*Medicago sativa* L.) hybrid parents and heterosis analysis of F1 hybrids. *Turkish Journal Of Field Crops*, 27(2), 235-241. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1126296>.
- Smolikova, M., Nedbalkova, B., Pelikan, J., Ptackova, M., & Bystricka, A. (1991). Selection of lucerne genotypes for synthetic population. *Scientific studies*. OSE VA. Breeding Institute for Fodder Plants, 12, 31-39.
- Tysdal, H. M., Kiesselbach, T. A., & Westover, H. L. (1942). *Alfalfa breeding*. Research Bulletin: Bulletin of the Agricultural Experiment Station of Nebraska No. 124- Vachunkova, A., Röd, J., Vagnerova, V., & Mrazek, O. (1992). Role of selection traits and environmental conditions in selecting components for synthetics in lucerne. *Genetika a Slechteni*, 28, 143-151.
- Valizadeh, M., Moghaddam, M., Taleb Chaichi, P., Kazemi, M., Monirifar, H., & Hasanpanah, H. (2002). *Breeding and introduction of most suitable of alfalfa (Medicago sativa L.) cultivars for Azarbayejan*. Report of research project, Tabriz University, Iran.
- Wricke, G. & Weber, W. E. (1986). *Quantitative genetics and selection in plant breeding*. Walter de Gruyter, New York, p 406.

The assessment of general combining ability and heterosis in Iranian ecotypes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to produce synthetic varieties.

Abstract

One of the key stages in producing synthetic varieties in alfalfa (*Medicago sativa* L.) is estimating the combining ability of parents by evaluating the forage yield of polycross progenies. In this regard, this experiment was conducted with 20 genotypes, including 10 polycross progenies and 10 parent alfalfa ecotypes/varieties, including two varieties, Ahang and Mandegar, two ecotypes from Bami and Yazdi alfalfa, and six cold and temperate region alfalfa ecotypes with codes KFA16, KFA4, KFA3, KFA13, KFA11, KFA15. The experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications in the 400-hectare farm of the Seed and Plant Improvement Institute in Karaj during the years 2020-2022. The traits studied included plant height, stem number per square meter, regrowth rate, fall dormancy score, and dry and fresh forage yield. Statistical analysis results showed a significant difference between the means of polycross progenies (half-sib families) and their parents for all traits except fresh forage yield. The half-sib family Poly-KFA3 had the highest dry forage yield with 22.91 tons per hectare, and Poly-KFA15 had the lowest with 19.48 tons per hectare. The highest percentage of heterosis in plant height, stem number per square meter, regrowth rate, fall dormancy score, fresh and dry forage yield were 13.25%, 7.94%, 57.03%, 150.49%, 10.92%, and 14.25%, respectively. Based on the general combining ability estimates for the traits studied, five parents (Bami, Yazdi, KFA3, KFA13, and KFA16) were selected for crossing and creating a new synthetic population.

Key words: Yield comparison, Polycross progenies, Ecotype, General combining ability, Heterosis.

غیر
قابل
استناد