دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۱۸، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۱۹۸-۱۸۱ (۱۳۸۹)

تأثیر القای موتاسیون بر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و روابط صفات در اسپرس (*Onobrychis viciifolia* Scop)

مرضیه بقائی نیا[۱]، محمد مهدی مجیدی*[۲] و آقافخر میرلوحی[۳]

۱- کارشناس‌ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲*- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، پست الکترونیک: majidi@cc.iut.ac.ir
۳- استاد، اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۹/۲۱

چکیده

در این مطالعه به منظور بررسی اثر القای موتاسیون توسط موتاژن شیمیایی اتیل متان سولفونات بر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و روابط صفات در اسپرس، تعداد ٤٠ ژنوتیپ موتانت نسل سوم به همراه ۳۹ ژنوتیپ غیرموتانت از نظر خصوصیات مورفولوژیک و زراعی به مدت دو سال تحت شرایط مزرعه مورد بررسی قرار گرفتند. مقایسه میانگین به تفکیک سال‌ها نشان داد که فامیل‌های موتانت در سال دوم پس از استقرار کامل از عملکرد علوفه خشک و نسبت برگ به ساقه بیشتری نسبت به فامیل‌های غیرموتانت برخوردار بودند. نتایج قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات نشان داد که موتاسیون مقادیر و دامنه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی، بیشتر خصوصیات را کاهش داد، در حالی که این شاخص برای برخی صفات نظیر نسبت برگ به ساقه افزایش یافت. تجزیه خوشه‌ای روی مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی در هر یک از جوامع موتانت و غیرموتانت منجر به ۳ گروه مجزا گردید. براساس خصوصیات مهم برخی ژنوتیپ‌های موتانت (شماره‌های ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۰، ۲۵، ۲٦ و ۳٦) و غیر موتانت (شماره‌های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و۱۲) برای توسعه واریته ترکیبی معرفی شدند. القاء موتاسیون رابطه بین برخی خصوصیات را تغییر داد. به‌عنوان مثال همبستگی عملکرد علوفه خشک با تعداد شاخه فرعی در غیرموتانت‌ها منفی بود، در حالی که این همبستگی در موتانت‌ها مثبت بود. همبستگی درصد برگ با تعداد ساقه در بوته در موتانت‌ها مثبت ولی در غیرموتانت‌ها منفی بود. مقایسه تجزیه عامل‌ها در دو جامعه نیز نشان داد که فامیل‌های موتانت توانستند با تعداد عامل کمتری واریانس بیشتری را نسبت به فامیل‌های غیرموتانت توجیه کنند. نتایج نشان داد که اگرچه جامعه موتانت و غیرموتانت مورد مطالعه منشأ یکسانی داشته‌اند اما القاء جهش و انتخاب طی چند نسل توانسته است بر توان ترکیب‌پذیری و تا حدودی بر روابط بین صفات و عوامل پنهانی مؤثر بر آنها تأثیرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: اسپرس، ترکیب‌پذیری عمومی، موتاسیون، همبستگی، عملکرد علوفه.

مقدمه

اسپرس (*Onobrychis viciifolia* Scop.) یکی از گیاهان چند ساله خانواده بقولات می‌باشد که به دلیل ویژگی‌های مطلوب نظیر ارزش غذایی بالا، عدم ایجاد نفخ در دام و حفظ حاصلخیزی خاک مورد توجه کشاورزان و اصلاح‌گران قرار گرفته است (Delgado *et al*., 2008). کشت و کار آن بصورت مرتعی و زراعی در اروپا و آسیا از مدیترانه تا آسیای مرکزی توسعه یافته است. اسپرس در ایران نیز پراکنش وسیعی دارد و بدلیل خصوصیات مطلوب ازجمله تحمل به تنش‌های زیستی و کیفیت علوفه از دیرباز در بسیاری از مناطق کشور به‌ویژه استان‌های سردسیری برای تولید علوفه استفاده می‌شده است (مجیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

در اسپرس نیز همچون سایر گیاهان زراعی، تولید ارقام دارای عملکرد و کیفیت مطلوب و مقاوم به آفات و بیماری‌ها از مهمترین اهداف به‌نژادی محسوب می‌گردد (Kehr & Gardner, 1960). دگرگشن بودن، وجود گل‌های کوچک و پلی‌پلوئید بودن، از دلایلی است که از تولید ارقام هیبرید در اسپرس جلوگیری می‌کند، ولی شواهد تئوری و تجربی در گیاهان مشابه نشان داده است که تلاقی افراد یا جمعیت‌های دور و متنوع می‌تواند منجر به ایجاد هتروزیس و نمود بهتر نسبت به والدین گردد. بنابراین شناسایی والدین مناسب برای توسعه رقم‌های ترکیبی در دستور کار اصلاح‌گران قرار دارد (Brummer, 1999). در این زمینه برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی به اصلاح‌گران کمک می‌نماید تا در مورد برنامه‌های اصلاحی و استراتژی‌های گزینش ژنوتیپ‌ها تصمیم‌گیری نمایند (Delavega & Chapman, 2006). قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی یک ژنوتیپ، متوسط مشارکتی است که آن ژنوتیپ در عملکرد یک سری ترکیبات هیبریدی و در مقایسه با مشارکت و نقش سایر ژنوتیپ‌ها دارا می‌باشد و بیانگر میزان اثر افزایشی ژن‌هاست (Sleper & Poehlman, 2006; Wricke & Weber, 1986).

از موتاسیون به‌عنوان ابزار مؤثری در اصلاح نباتات و بهبود محصولات کشاورزی استفاده می‌شود (Acharya, 2007). پرتوتابی و مواد جهش‌زای شیمیایی از رایجترین روش‌ها جهت ایجاد موتاسیون مصنوعی در گیاهان هستند (Fehr, 1987). از بین ده‌ها موتاژن شیمیایی، اتیل متان سولفونات (EMS= Ethyl Methane Sulfonate) از متداول‌ترین موتاژن‌های شیمیایی بدین منظور می‌باشد (Agrawal, 2000). این ماده آلکالوئیدی به‌عنوان عامل جهش‌های نقطه‌ای، باعث پیدایش دامنه گسترده‌ای از آلل‌های موتانت ازجمله تولید آلل‌های موتانت جدید با خصوصیات ویژه می‌گردد (Penmetsa & Cook, 2000). نادری شهاب و همکاران (۱۳۸٦) در بررسی اثر موتاسیون‌زایی غلظت‌های مختلف EMS در یونجه گزارش کردند که غلظت‌های کم این ماده تأثیری بر جوانه‌زنی بذرها نداشته اما افزایش غلظت آن باعث کاهش تدریجی جوانه‌زنی گردید. همچنین اثر منفی EMS بر رشد ریشه‌چه بیشتر از ساقه‌چه بوده است. تنها گزارش در مورد القای موتاسیون در اسپرس مربوط به مطالعه مجیدی و ارزانی (۱۳۸٤) می‌باشد که نشان دادند تیمارهای EMS تنوع قابل ملاحظه‌ای برای ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته و تعداد شاخه فرعی (گل‌آذین) در تودهای اسپرس مورد مطالعه

ایجاد نمودند. با توجه به اینکه این صفات از اجزای عملکرد علوفه محسوب می‌گردند انتظار می‌رود بتوان از بین ژنوتیپ‌های موتانت، نسبت به انتخاب والدین مناسب برای ایجاد رقم مصنوعی اقدام نمود. از این رو مطالعه آنها اساس پژوهش حاضر قرار گرفت.

با توجه به اهمیت اسپرس در ایران به‌عنوان یک گیاه ارزشمند علوفه‌ای و کمبود تنوع ژنتیکی برای برخی صفات مهم (نظیر حساسیت به سفیدک سطحی و دیرزیستی) به نظر می‌رسد القای موتاسیون در این گیاه بتواند منجر به ایجاد تنوع ژنتیکی بیشتر گردد (مجیدی و ارزانی، ۱۳۸٤). در این راستا بهینه‌سازی القای موتاسیون توسط ماده جهش‌زای اتیل متان سولفونات از طریق مطالعه آزمایشگاهی و بررسی نسل‌های اول و دوم توسط مجیدی و ارزانی (۱۳۸٤) انجام گردید. با توجه به این که اسپرس یک گیاه دگرگشن و تتراپلوئید می‌باشد و برخی تغییرات القایی که می‌توانند منجر به ایجاد تنوع در ژنوتیپ‌های موتانت گردند، در نسل‌های پیشرفته‌تر خود را نشان می‌دهند، پژوهش حاضر با هدف تحلیل همبستگی و روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد در نسل سوم موتاسیون و شناسایی فامیل‌هایی با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالا در هر دو گروه جهت تولید ارقام ساختگی به منظور استفاده در برنامه‌های اصلاحی آینده انجام گرفت.

مواد و روشها

مواد ژنتیکی مورد بررسی در این پژوهش شامل تعداد ٤۰ ژنوتیپ گزینش شده از جامعه تحت تیمار موتاژن و ۳۹ ژنوتیپ گزینش شده از جامعه شاهد بودند. این مواد ژنتیکی مطابق توضیح زیر ایجاد شده بودند. در یک مطالعه اولیه (مجیدی و ارزانی، ۱۳۸٤) تحت شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای مؤثرترین غلظت ایجاد کننده موتاسیون توسط موتاژن اتیل متان سولفونات (EMS) براساس معیارهایی نظیر غلظت ۵۰ درصد کشندگی (Lethal dose 50) و کاهش رشد گیاهچه و گیاه بالغ در نسل اول موتاسیون تعیین گردید. برای انجام مطالعه حاضر بذرهای برداشت شده از روی گیاهان نسل اول و نیز جامعه شاهد کشت گردید و گیاهان نسل دوم حاصل شد. تعداد ٤۰ ژنوتیپ برتر از جامعه موتانت به همراه ۳۹ ژنوتیپ از جامعه شاهد انتخاب و بذور آنها مواد ژنتیکی مطالعه حاضر را تشکیل دادند. ژنوتیپ‌های موتانت و غیر موتانت به مدت دو سال (سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ بلوک در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان (واقع در نجف‌آباد) مورد بررسی قرار گرفتند. تاریخ کاشت، آخر فروردین ماه سال ۱۳۸۷ بود. در هر کرت فاصله بین ردیف‌ها ٤۰ سانتیمتر و طول هر ردیف ٤ متر و فاصله بین پلات‌ها ٦۰ سانتیمتر بود. در هر کرت آزمایشی، ۵۰ سانتیمتر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و مجموعه‌ای از صفات زراعی و مورفولوژیک روی دو چین یادداشت‌برداری و از متوسط آنها برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. صفات و نحوه اندازه‌گیری آنها در ژنوتیپ‌های موتانت و غیرموتانت اسپرس در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

تجزیه‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS انجام شد. از تجزیه همبستگی به منظور بررسی ارتباط متغیرها و از تجزیه به عامل‌ها نیز به منظور گروه‌بندی صفات و کشف روابط

پنهانی بین آنها استفاده گردید. از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) بر مبنای فاصله اقلیدسی برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های موتانت و غیرموتانت استفاده گردید. برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای هر صفت از اختلاف بین میانگین هر فامیل با میانگین کل فامیل‌ها برآورد گردید. برای آزمون اختلاف معنی‌دار آثار GCA با صفر از آزمون دو دامنه‌ای t به صورت روابط زیر استفاده شد (Halluar & Miranda, 1981).

$$t = \frac{GCA}{SE_{GCA}}$$

$$SE_{GCA} = \sqrt{\frac{Mse}{r}}$$

نتایج

مقایسه میانگین‌ها به تفکیک سال‌ها و میانگین سال‌ها و اثر متقابل فامیل * سال برای صفات مهم در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در مجموع در سال اول فامیل‌های موتانت دارای نسبت برگ به ساقه بیشتر و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی کمتر بودند، در حالی‌که برای صفاتی چون عملکرد علوفه‌تر و خشک غیرموتانت‌ها بهتر عمل کردند. در مورد بقیه صفات نیز در سال اول اختلاف معنی‌داری بین موتانت‌ها و غیرموتانت‌ها دیده نشد. در بین صفات معنی‌دار شده در سال دوم صفات عملکرد علوفه خشک و نسبت برگ به ساقه بیشترین میانگین را در فامیل‌های موتانت دارا بودند. بنابراین فامیل‌های موتانت در سال دوم پس از استقرار کامل توانستند حداکثر میانگین عملکرد علوفه خشک را به خود اختصاص دهند. در ضمن فامیل‌های موتانت در هر دو سال برای صفت نسبت برگ به ساقه بیشترین میانگین را دارا بودند.

برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات برای فامیل‌های غیرموتانت و موتانت اسپرس با استفاده از میانگین دو سال در جدول‌های ۳ و ٤ ارائه شده است. نتایج قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات نشان داد که موتانت‌ها از ترکیب‌پذیری عمومی کمتری برای بیشتر صفات برخوردار بودند. به‌عنوان مثال، برای صفت عملکرد علوفه خشک، قدرت ترکیب‌پذیری عمومی برای موتانت‌های سال اول از ۲۲٦/۲٤ تا ۱٤٦/۱۸- و در غیرموتانت‌ها از ۸٦۸/٦۸ تا ۲٤۲/۵۱- تغییر کرد. با توجه به اینکه در مورد این صفت افزایش عملکرد علوفه خشک مد نظر می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌های دارای قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند. با این حال، در مورد نسبت برگ به ساقه، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی در فامیل‌های موتانت از ۲٤/۵۱ تا ۸/۹۰- و در غیرموتانت‌ها از ۱۵/٦٦ تا ٦/۸۱- متغیر بود.

جدول ۱- صفات و نحوه اندازه‌گیری آنها در فامیل‌های موتانت و غیرموتانت اسپرس

ردیف	صفت	نحوه اندازه‌گیری صفات
۱	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد روز از کاشت تا زمان گلدهی ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت از تاریخ کاشت (در سال دوم از اول فروردین)
۲	تعداد ساقه در واحد سطح	شمارش تعداد ساقه در ۲ متر طولی و تبدیل به واحد سطح در مرحله ۵۰ درصد گلدهی
۳	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ارتفاع از طوقه تا رأس ساقه اصلی در زمان ۵۰ درصد گلدهی
٤	تعداد ساقه در بوته	شمارش تعداد ساقه گل دهنده در هر بوته در زمان ۵۰ درصد گلدهی
۵	تعداد گره در ساقه	میانگین تعداد گره در سه ساقه از هر بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی
٦	تعداد شاخه فرعی	میانگین تعداد گل‌آذین در سه ساقه از هر بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی
۷	طول خوشه (سانتی‌متر)	میانگین طول سه خوشه از هر بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی
۸	عملکرد علوفه تر (گرم در متر مربع)	برداشت از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح زمین در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و وزن کردن با ترازوی دقیق
۹	عملکرد علوفه خشک (گرم در متر مربع)	محاسبه عملکرد علوفه خشک بعد از خشک شدن به مدت ٤۸ ساعت در آون ۷۰ درجه
۱۰	درصد برگ	وزن برگ و گل‌های خشک جدا شده از ساقه
۱۱	درصد ساقه	وزن ساقه خشک جدا شده از برگ و گل
۱۲	نسبت برگ به ساقه	نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک ساقه
۱۳	درصد ماده خشک	تعیین درصد ماده خشک براساس عملکرد علوفه خشک
۱٤	توان استقرار	براساس معیار قطر تاج‌پوش قبل از ساقه‌دهی در سال اول کاشت
۱۵	امتیاز رشد پائیزه	میزان رشد ظاهری در شروع فصل سرما به صورت امتیاز دهی از ۱ (ضعیف‌ترین) تا ۹ (بهترین)
۱٦	امتیاز رشد بهاره	میزان رشد ظاهری در شروع فصل بهار به صورت امتیاز دهی از ۱ (ضعیف‌ترین) تا ۹ (بهترین)
۱۷	دیرزیستی	معیاری از درصد بقاء، شادابی، حفظ بنیه ظاهری و اندازه تاج‌پوش در پایان فصل سرما براساس امتیازدهی
۱۸	حساسیت به سفیدک سطحی	به صورت امتیاز دهی از ۱ (مقاوم) تا ۹ (حساس)

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف به تفکیک سال‌ها و میانگین سال‌ها و اثر متقابل فامیل در سال برای فامیل‌های موتانت و غیرموتانت اسپرس+

سال	فامیل	صفت										
		روز تا گلدهی	ساقه در واحد سطح (مترمربع)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	حساسیت به سفیدک	توان استقرار	دیرزیستی	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	رشد پائیزه	رشد بهاره
سال اول													
	موتانت	٤٩/٤٢b	٢٧/٣٧a	٥٨/٧٧a	٧/٦٩a	٢٧/٢١a	–	٥٣٢٠/١٣b	١٦٢٠/٦٩b	١٠/٥٩a	٣١/٦٦a	٦/٠٣a	–
	غیرموتانت	٥١/٢٤a	٢٧/٥٦a	٦٢/١٥a	٧/٧٤a	٢٨/١٦a	–	٦٣٢٠/٨٦a	١٩١٠/٨٨a	٩/٣٣b	٣١/٤٤a	٦/٠٤a	–
سال دوم													
	موتانت	٢٨/٨٩a	١٤٢/٢٦b	٥٠/١٤b	٣/٦٠a	–	٦/٥٥a	٩٢٣٠/٠٩a	٣٥٧٠/٦٧a	١٦/٤٨a	٣٤/٧٤b	–	٥/٢٧b
	غیرموتانت	٢٦/٨٥b	١٥١/٥٤a	٥٧/٢٣a	٣/٧٦a	–	٦/٤٨a	٩١٠٠/٣٤a	٣٠١٠/٨٨b	١١/٦٦b	٣٦/٨٤a	–	٦/٦١a
میانگین													
	موتانت	٣٩/١٥ a	٨٤/٨١b	٥٤/٤٥b	٥/٦٤a	٢٧/٢١a	٦/٥٥a	٧٢٧٠/٦١a	٢٦٠٠/١٨a	١٣/٥٣a	٣٣/٢b	٦/٠٣a	٥/٢٧b
	غیرموتانت	٣٩/٠٤a	٨٩/٥٥a	٥٩/٦٩a	٥/٧٥a	٢٨/١٦a	٦/٤٨a	٧٧١٠/٦a	٢٤٦٠/٨٨a	١٠/٤٩b	٣٤/١٤a	٦/٠٤a	٦/٦١a
اثر متقابل فامیل * سال													
		١٨/٤١**	١٠٨٤/٧٦**	٢٨/٤٢ns	٤/٧٦**	–	–	١٢٣١٤٩/٢٢**	٤٧٥٣/٣٦**	١٣٠/١٤**	٠/٠٠٥**	–	–

+ برای هر صفت تفاوت دو میانگین که دارای حرف مشترک می‌باشند در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست.

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

جدول ۳- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های غیرموتانت اسپرس با استفاده از میانگین دو سال صفت

	صفت						
فامیل	۵۰ درصد گلدهی	ساقه در واحدسطح	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	توان استقرار
۱	۱/۵۸	٤/۱٤	-۹/۵۲	۷۹/۷۸	٤/۸۳	۰/۳۲	۱/۵۲
۲	۲/۸۳	۱/۲٦	-۱۰/۸۹	-۲۵/۰۰۷	۷/۱۹	٦/۰۳	۱/۵۲
۳	۰/۹٦	۱۲/۱۷	-۱۰/۲٦	۱۲۷/۰۰۷	٤/۹۰	۱/۱۱	۱/۵۲
٤	۰/۲۱	-٤٦/٤۹	-۱۰/۰۰۵	۵/٦٦	۷/۱۷	-۰/٤٤	۰/۵۲
۵	۱/۷۱	۵۲/۳۳	-۸/۵۹	٦۱/٤۵	۱۵/٦٦	-۰/۱٤	-۱/٤۸
٦	-۱/٦٦	-۷/۲۸	۳/۳۷	۱۳۹/۲۱	۳/٦٦	-۰/۵۸	۱/۵۲
۷	-۱/۵٤	-۳/۲۱	۲/۰۲	۱۸۷/۷٤	۳/۱۰	-۰/۱۵	۲/۵۲
۸	-۱/٤۱	٦/۳۱	۵/۹٤	۳۰۹/۹۷	-٦/۵۳	-۰/۷۵	۲/۵۲
۹	-۰/۷۹	۷/۹٦	٦/۲۸	۲٦۲/۲۹	-٦/۱۸	-۱/۰۵	۰/۵۲
۱۰	-۰/۰٤	-۲۳/٦۰	٤/۵۹	٦۳۵/۰۸	-٦/۳۷	۱/۲۱	۰/۵۲
۱۱	-۰/۰٤	-۲۳/٦۵	۵/۳۵	۸٦۸/٦۸	-٦/۱۳	-۱/۱۷	۲/۵۲
۱۲	۰/۸۳	۱۵/۳۷	۵/٤۱	۲۸۹/۱۵	-٦/۸۱	-۰/٤۷	۰/۵۲
۱۳	۰/۵۲	-۱٤/۱	-۹/۹٦	-۲٤۲/۵۱	۱۰/۱۷	۲/۲۸	-۲/٤۸
۱٤	-۰/۷۲	-۸/٦۱	-۱۰/۷۰	-۲٤۱/۵۱	۱۰/۰٦	-۰/۷۹	-۱/٤۸
۱۵	۰/۲۷	-۵/۹۱	-۱۰/۵۹	-۲۲۱/۸٦	٦/۲٦	۰/۰٤	-۰/٤۸
۱٦	-۰/۲۲	-۱۱/۹۰	-۱۰/۹٤	-۲۱۹/٤٤	۱۲/٦۰	۰/۲٦	-۰/٤۸
۱۷	۰/۷۷	-۱٤/٤۹	-۹/۷٤	-۲۲۳/۳۲	۱۱/۹۱	۲/۹۲	-۱/٤۸
۱۸	۰/۷۷	۰/۵۰	-۱/٤۱	-۱۲۰/۸۷	-۰/٦٦	-۰/۲۷	-۰/٤۸
۱۹	۲/٤	٤/۹۱	۱/۷۹	-۱۲۸/۹٤	-۱/٤۵	-۰/۵٤	۰/۵۲
۲۰	۲/۰۲	٦/۳۸	۲/۲۹	-۱٦۷/٤۳	-۰/٤٦	-۰/٦٦	-۰/٤۸
۲۱	۰/٦۵	-۲۹/۸۰	۰/۳۰	-۷۸/۷۹	-۰/۳۵	-۰/۳۸	-۰/٤۸
۲۲	۰/۱۵	-۲۹/۳۵	-٤/٤۸	-۱۸۳/۷۹	-۲/۸۵	-۰/٦۵	-۱/٤۸
۲۳	-۲/۲۲	-٤۲/۲۲	-٤/۳۵	۱۷/۲٤	-۲/۰۹	-۱/۰۲	۰/۵۲
۲٤	-۰/٤۷	-۰/۲۸	-۵/۳٦	-۱۱/۸۱	-۲/۸۹	۰/۹۰	۰/۵۲
۲۵	-۰/۳۵	۱/۹۱	-۳/٤۲	-۲۰٤/۳٤	-۲/۰۱	۰/۷۳	-۰/٤۸
۲٦	۱/۱۵	-۲۳/۵۲	-۳/٤٦	-۱۵۵/۲٦	-۱/۸۲	۰/۲۷	-۱/٤۸
۲۷	-۱/٤۷	۲۵/۵٤	-۵/۷٤	-۱۲۷/۳۸	-۲/۵۳	-۰/۳٤	-۰/٤۸
۲۸	-۰/۲۲	۱۰/۸۹	-۵/٤۷	-۲۰۲/۹٦	-۱/۵۱	-۱/۲۰	۰/۵۲
۲۹	-۰/٦	۰/۸۲	-۵/۳۳	-۱۳۸/۸۹	-۲/۰۹	-۰/۵۵	۰/۵۲

ادامه جدول ۳- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های غیرموتانت اسپرس با استفاده از میانگین دو سال صفت

فامیل	صفت						
	۵۰ درصد گلدهی	ساقه در واحدسطح	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	توان استقرار
۳۰	۲/۰۲	۷/۲۲	-۵/۷۱	-۱۵۱/۱۳	-۳/۲۶	۲/۲٤	۰/۵۲
۳۱	۱/۰۲	۳۸/۷۳	۵/۲۵	-۱۵۷/۳۸	-۳/٤۰	۰/۰۲	-۱/٤۸
۳۲	-۱/٤۷	-۳/۲۸	۵/۵۳	-٦۳/۸۹	-۳/۷۵	-۰/٤۱	-۰/٤۸
۳۳	-۱/۲۲	-۳/۹٤	۱۳/٤۱	۲٤/۰۷	-۵/۳۱	-۰/۹۹	-۰/٤۸
۳٤	-۰/۳۵	۲۹/۹٦	۱٤/۷۲	-٤٤/۲۷	-٤/۹٤	۰/۰٤	-۱/٤۸
۳۵	-۰/۱	۳۲/۲٤	۱٤/۱۰	۸۸/۰۹	-٤/۹٤	-۱/۰۵	-۱/٤۸
۳٦	-۲/٤۷	۱۹/۹۷	۱٤/۵۱	٦/۳۳	-٤/۸۷	-۱/٤۸	-۰/٤۸
۳۷	-۱/۷۲	۱۳/۲٤	۱٤/۰۰۳	۳۳/۷۹	-٤/۸۵	-۰/۸۹	۰/۵۲
۳۸	-۰/٤۷	-۱۲/۰۲	۱٤/۳۲	-٤۱/۲۹	-٤/۷۷	-۱/۱۸	۰/۵۲
۳۹	-۰/۳۵	۱۳/۰٤	۱۲/۸۳	۱۵/۹٦	-٤/٦٦	-۰/۸۹	-۰/٤۸
LSD	۰/۹۹	۲/۱۲	۷/۷۹	۱۹/۵۹	۱/۷٤	۰/۰۱	۳/٤۹

جدول ٤- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های موتانت اسپرس با استفاده از میانگین دو سال صفت

فامیل	صفت						
	۵۰ درصد گلدهی	ساقه در واحدسطح	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	توان استقرار
۱	۲/۷۲	-٤/۸۵	-۱۰/٤۱	-۱۳٦/۸۵	۷/۸۹	-۰/۰۲	۱/٤۵
۲	۱/٦۳	-۳/۱۷	-۱۱/۹٤	-۱۱۵/۷٦	۱۰/٦۸	۰/۰۰۸	۰/۰۵
۳	۳/۸۸	-۱۳/۸۸	-۷/٦٤	-۹۲/۵٤	۲۱/۵٤	-۰/۰٦	۰/۷۹
٤	۳/٦٦	-۱۱/۳۵	-۷/٦۵	-۱۱۲/۳۲	۳/۰۳	۰/۰۲	-۸/٤۷
۵	٤/۱٦	-۱۵/۲۳	-۵/۷۹	-۷۸/۹۲	۱۸/۳۳	-۰/۰۲	-۵/٤۱
٦	-۰/۳۳	-۱۵/٦۰	-٦/٦۰	-۱۲۲/٤۲	۵/۷۰	۰/۰۵	-۲/۸۷
۷	-۰/۸۳	-۷/٦۰	-۳/۱۲	-۱۱/۸٦	۲/۸٦	۰/۰۲	-۰/۷٤
۸	-۱/۵۸	-۲/۲٦	۲/٦٦	۱۳۱/۹٤	-٤/۱۸	۰/۰۰۷	-۱/٤۷
۹	-۰/۵۸	۲/۲۳	۲/۷۵	۱۱۱	-۲/۹۰	۰/۰۱	۲/٤۵
۱۰	۱/٦٦	-۰/٤۸	۲/۲۷	۱۸۸/٦۹	-۲/٦۰	۰/۰٤	۲/۱۲
۱۱	۰/٦٦	۵/۵۱	٤/۳٦	۵۹/۳۱	-٤/۹۲	۰/۰۳	۱/۲۵

ادامه جدول ٤- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های موتانت اسپرس با استفاده از میانگین دو سال صفت

صفت							
فامیل	۵۰ درصد گلدهی	ساقه در واحدسطح	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	توان استقرار
۱۲	-۱/۳۳	۹/۹۲	٤/۱۹	۱٤۷/۰۵	-٤/۰۳	۰/۰٦	۰/۵۲
۱۳	-۱/۵۸	۱۰/۸۹	۵/۸۹	۱۳۱/۷۵	-۵/۲۵	۰/۰٤	۲/۵۲
۱٤	-۰/۳۳	۱/٦۰	۳/٦٤	۷۲/۰۷	-٤/۹۸	۰/۰۰۰٦	۱/٤۵
۱۵	-۱/۰۸	-۲/۷٦	۲/۵۳	-٤۳/۰۷	-٤/۷۷	۰/۰۵	۲/۰۵
۱٦	-۰/۵۸	-۳/٦٦	-۱/۱۷	۲۷/۰۷	-۵/۰۳	۰/۰۳	۱/۱۲
۱۷	۰/۱٦	۰/۲۹	۰/۳۲	٤۱/۰٦	-٤/۱۳	۰/۰٦	۰/۰۵
۱۸	-۱/۸۳	۲٤/۷۳	٤/۵۸	۹۵/۷۰	-٦/۷۳	-۰/۰۰۰٤	۲/۱۲
۱۹	-۱/۳۳	۲۱/۷٦	۳/۸۵	۱۹/۰۳	-۷/۱٤	-۰/۰۰۹	۱/٤۹
۲۰	-۱/۵۸	۲۷/۰۸	۷/۷۱	۱٦۹/٦٦	-٦/۰۵	-۰/۰۰۸	۳/۷۹
۲۱	-۲/۳۳	۲۷/۲۰	۹/۲۰	-۳/۵۱	-٤/۰٤	-۰/۰۰۷	٤/۳۹
۲۲	-۲/۸۳	٤۱/٤۵	۱۵/۲٦	۸۲/٦۰	-۸/۹۰	-۰/۰۲	۳/۵۹
۲۳	-۱/۰۸	۳٤/۲٦	۱٤/۷۳	۵۹/۷۸	-۸/۸۱	-۰/۰۳	-٤/٦۷
۲٤	-۱/۰۸	۳٤/۵۷	۱٦/۰٤	٦/۳۱	-۸/۸۲	۰/۰۰۲	-۵/٤۱
۲۵	-۰/۵۸	۷/۸٦	۱۳/۷۰	۱۳۲/۵٤	-٦/۵۵	-۰/۰۲	-٦/٦۱
۲٦	-۱/۳۳	۳/۸	۱۲/۹۷	۲۲٦/۲٤	-۷/۸۵	-۰/۰۱	-۸/۵۱
۲۷	۱/۱٦	-۲۵/٤۵	-۸/۱۷	-۱۳۱/۱۸	٤/٤۱	-۰/۰۵	-۳/۰۸
۲۸	۰/۱٦	-۲۲/۵۷	-۷/۸۲	-۱۲۷/٤۳	۱۰/۹۱	-۰/۰۵	-۸/۳۳
۲۹	۰/٦٦	-۵/۱۳	-۷/٤٦	-۱۳۲/٤۳	۰/۲۲	-۰/۰٤	-٦/۹۳
۳۰	۰/٦٦	-٦/۷	-٦/۹۹	-۱٤٦/۱۷	٤/۵۷	-۰/۰٦	-۱۰/۷۳
۳۱	۰/۱٦	-۷/٤۵	-٦/٤۲	-۱۲٤/۳۰	-۲/۱۰	-۰/۰۱	-۰/۳۳
۳۲	۰/۱٦	۱٦/۸٦	-۲/٦۵	-۵٤/۷٤	۰/٤۳	-۰/۰۲	-۳/۱۳
۳۳	۰/٦٦	-۲۲/۹۵	-۳/۰٦	-۵٤/۵۱	-۲/۳۱	-۰/۰۱	-۲/۷۳
۳٤	-۰/۲۹	-۱۵/٦۳	-۳/۲٤	۱۹/۲٤	-۰/٤۷	۰/۰٦	۰/۱۹
۳۵	-۱/۰٤	-۲٤/۷۹	-۱/۷۳	-۱۱۵/۰٦	-۲/۵۱	۰/۰۵	۰/۹۲
۳٦	۰/۹۵	-۲۰/۳۸	-۸/۹۰	۱۰۰/۲۷	۰/۷۸	-۰/۰۲	۰/۹۲
۳۷	-۱/۲۹	-۲۱/۱۳	-٤/۹۰	-۱۲۵/۱۹	۱/۲۵	۰/۰۷	٤/۳۹
۳۸	۰/٤۵	-۱۸/۱۹	-۷/۰۲	-۸۳/۵٦	۱۰/۱۳	۰/۰۰۰۸	-۰/٦۵
۳۹	-۰/۰٤	٤/۱٤	-۰/۷۳	۵۰/۸۵	۰/۷۳	-۰/۰۱	٤/۳۲
٤۰	۱/٤۵	-۳/۷۹	-۳/۲۱	-٦۱/۰۳	۱۱/۵٤	-۰/۰۳	۳/۱۲
LSD	۰/۹۹	۲/۱۲	۷/۷۹	۱۹/۵۹	۱/۷٤	۰/۰۱	۳/٤۹

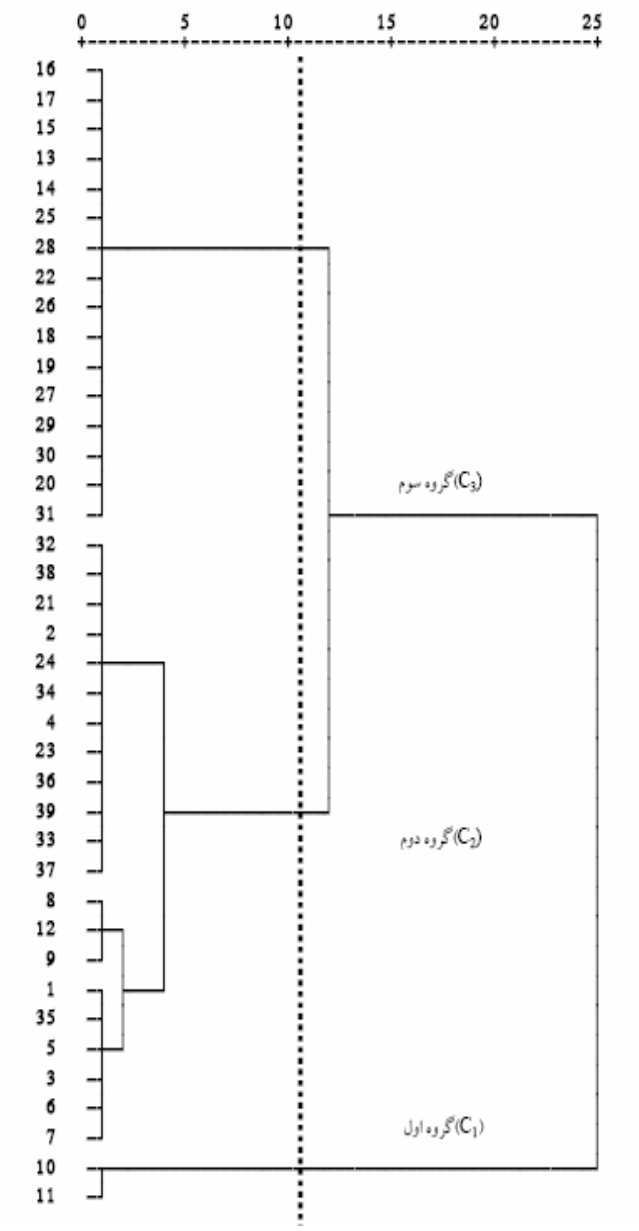
به منظور انتخاب آسانتر ژنوتیپ‌های دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالا، تجزیه خوشه‌ای بر روی مقادیر میانگین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های غیرموتانت و موتانت سال اول و دوم انجام شد و نتایج آن در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مهم نیز در جدول‌های ۵ و ٦ ارائه شده است. فامیل-های غیرموتانت در نتیجه تجزیه خوشه‌ای در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های گروه اول بیشترین میانگین را در صفت عملکرد علوفه خشک داشتند. بنابراین، این گروه والدین مناسبی برای دست یافتن به عملکرد علوفه خشک بیشتر می‌باشند. گروه دوم حداکثر میانگین را برای صفت ارتفاع بوته به خود اختصاص داد و گروه سوم نیز کمترین میانگین را برای صفت تعداد روزتا ۵۰ درصد گلدهی را دارا بود. از نظر صفت نسبت برگ به ساقه نیز تفاوت آماری معنی‌داری بین سه گروه دیده نشد (جدول ۵).

تجزیه خوشه‌ای، فامیل‌های موتانت را در سه گروه، متمایز کرد (شکل ۲). موتانت‌های گروه اول بیشترین میانگین را برای صفت عملکرد علوفه خشک داشتند (جدول ٦). همچنین ژنوتیپ‌های این گروه به همراه ژنوتیپ‌های گروه دوم بیشترین میانگین را برای صفات تعداد ساقه در واحد سطح و ارتفاع بوته دارا بودند. گروه سوم نیز شامل موتانت‌هایی بود که از نظر صفات نسبت برگ به ساقه و حساسیت به سفیدک سطحی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین نسبت به دو گروه دیگر بود. بنابراین ژنوتیپ‌های این گروه به‌عنوان بهترین ترکیب‌پذیرها برای دست یافتن به بیشترین کیفیت و کمترین آلودگی به سفیدک سطحی معرفی شدند. نتایج نشان داد که تا حدود زیادی بین نتایج حاصل از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی با نتایج خوشه‌ای تطابق وجود دارد. به عنوان مثال، موتانت‌های گروه اول از نظر قابلیت ترکیب‌پذیری عملکرد علوفه خشک برتری داشتند، در حالی که در گروه دوم ژنوتیپ‌های برتر از نظر تعداد ساقه در واحد سطح و ارتفاع جای گرفتند.

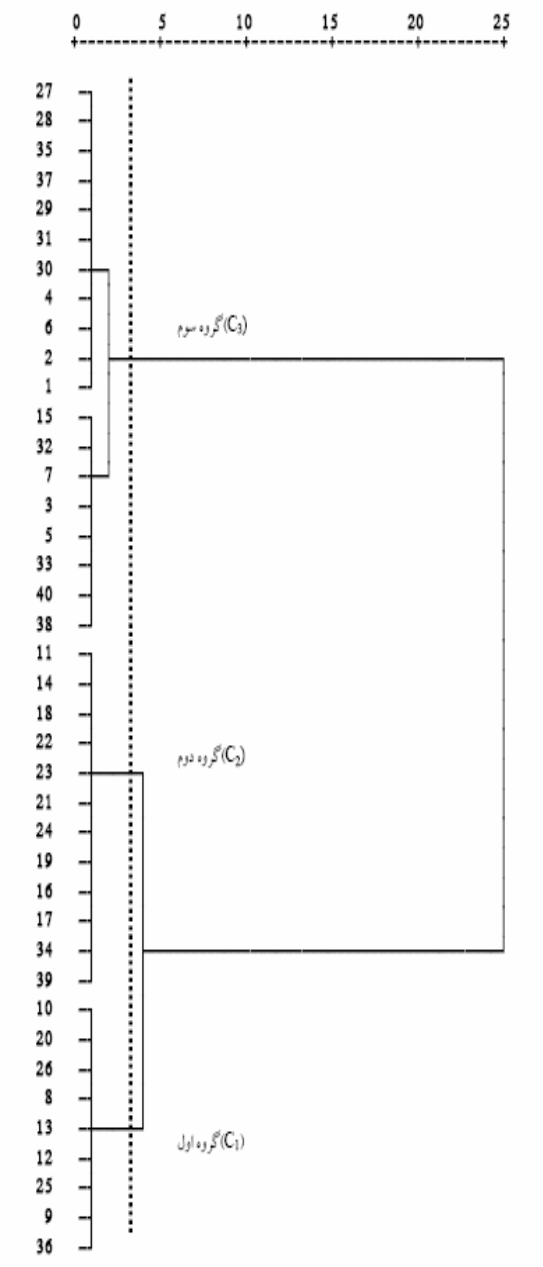
جدول ۵- میانگین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات در هر یک از گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای فامیل‌های غیرموتانت اسپرس *

گروه	۵۰ درصد گلدهی	ساقه در واحدسطح	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	حساسیت به سفیدک سطحی	توان استقرار
گروه اول	-۰/۰٤b	-۲۳/٦۲a	٤/۹۷a	۷۵۱/۸۸a	-٦/۲۵a	۰/۰۲a	۳/۳۷a	۱/۵۲a
گروه دوم	-۰/۰٤b	۱۳/۳۳a	۰/۹۷a	۱۷۱/٦۳b	۰/۸۵a	-۰/۳a	۱/٤۲b	۰/۸۵b
گروه سوم	۰/٤۷a	-۰/٦۸a	-٤/۸۵b	-۱۸۰/٤٤c	۱/۸۰a	۰/۲۳a	-۱/۱٦b	-۰/٦٦b

* برای هر پارامتر تفاوت بین گروه‌ها که در حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۱- نمودار خوشه‌ای ۳۹ فامیل غیرموتانت اسپرس براساس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات مورفولوژیک



شکل ۲- نمودار خوشه‌ای ۴۰ فامیل موتانت اسپرس براساس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات مورفولوژیک

جدول ٦- میانگین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات در هر یک از گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای فامیل‌های موتانت اسپرس *

گروه	۵۰ درصد گلدهی	ساقه در واحدسطح	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	نسبت برگ به ساقه	درصد ماده خشک	حساسیت به سفیدک سطحی	توان استقرار
گروه اول	-۰/٦٦b	٤/۲۹a	٤/۸a	۱٤۸/۷۹a	-٤/۲۹b	۰/۰۱a	۰/٤٦a	-۰/٤۷a
گروه دوم	-۰/۹۱b	۱٤/٦۸a	۵/۵۷a	٤٤/۱۳b	-۵/۲۷b	۰/۰۰۹a	۱/۱۰a	۰/۸۲a
گروه سوم	۰/۸۹a	-۱۱/۳۵b	-۵/۷۹b	-۹۸/۳۹c	۵/۳٦a	-۰/۰۰٦a	-۰/۹۱b	-۰/۲۸a

* برای هر پارامتر تفاوت بین گروه‌ها که در حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج برآورد همبستگی صفات به تفکیک برای فامیل‌های غیرموتانت (پایین قطر جدول ۷) و موتانت (بالای قطر جدول ۷) نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که روابط بین صفات در موتانت‌ها و غیر موتانت‌ها تا حدودی متفاوت است. به‌عنوان مثال بین صفت عملکرد علوفه خشک و تعداد شاخه فرعی در فامیل‌های غیرموتانت همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت، در حالی که این همبستگی در موتانت‌ها مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷). همچنین در فامیل‌های موتانت صفت ارتفاع بوته با تعداد صفات بیشتری همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. در فامیل‌های موتانت همبستگی روز تا ۵۰ درصد گلدهی با عملکرد علوفه خشک مثبت و معنی‌دار بود در حالی که این همبستگی در غیرموتانت‌ها معنی‌دار نشد. همبستگی روز تا۵۰ درصد گلدهی با دیرزیستی در فامیل‌های موتانت مثبت و معنی‌دار بود ولی در غیرموتانت‌ها این رابطه معنی‌دار نبود(جدول ۷). همچنین در موتانت‌ها همبستگی روز تا ۵۰ درصد گلدهی با حساسیت به سفیدک سطحی مثبت و معنی‌دار بود ولی این همبستگی در غیرموتانت‌ها معنی‌دار نشد. در هر دو جامعه همبستگی مثبت و معنی‌دار بین دیرزیستی و عملکرد علوفه تر و خشک مشاهده شد (جدول ۷).

تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی انجام گردید و عامل‌ها به منظور توجیه بهتر به روش وریماکس (Varimax) دوران داده شدند. در فامیل‌های غیرموتانت (جدول ۸) پنج عامل در مجموع ۸۰ درصد از کل تنوع موجود را توجیه نمودند که از این میان، سهم عوامل اول تا پنجم به‌ترتیب ٤۰، ۱۸، ۹، ٦ و ۵ درصد بود. در عامل اول صفت درصد ساقه در مقابل نسبت برگ به ساقه قرار گرفت که با نتایج همبستگی در غیرموتانت‌ها مطابقت داشت. در عامل دوم دو صفت عملکرد علوفه و تعداد شاخه فرعی مطابق نتایج همبستگی‌ها مجدداً در مقابل همدیگر قرار گرفتند و به دلیل بزرگ بودن بار عامل‌های مربوط به عملکرد، می‌توان این فاکتور را عامل عملکرد نامید. نتایج تجزیه به عامل‌ها در فامیل‌های موتانت (جدول ۹) نشان داد که سه عامل در مجموع ۸۳ درصد از کل تنوع موجود بین صفات را توجیه نمودند و سهم هر سه عامل به‌ترتیب ۵۵، ۲۱ و ٦ درصد بود. در عامل اول صفات ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر و خشک، امتیاز رشد بهاره، امتیاز رشد پائیزه، دیرزیستی و حساسیت به سفیدک سطحی دارای بار عاملی بزرگ و مثبت بودند و این فاکتور، عامل عملکرد نامیده شد.

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مختلف در فامیل‌های غیرموتانت (پایین قطر) و موتانت (بالای قطر) اسپرس براساس متوسط ارزیابی طی سال‌های ۸۷ و ۸۸

صفت	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸
۱- ٥۰ درصد گلدهی																		
۲-تعداد ساقه در سطح	۰/۰۱۹																	
۳-ارتفاع بوته	-۰/۲٤	۰/۲۹																
٤-تعداد ساقه در بوته	۰/۰۹	۰/٦٦**	۰/٤٦**															
٥-تعداد گره در ساقه	-۰/۲۸	۰/۲۲	۰/٥۰**	۰/۳۲*														
٦-تعداد شاخه فرعی	-۰/۰٤	-۰/۰٦	-۰/۱۸	-۰/۱۱	۰/۰۲													
۷-طول خوشه	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۳۷*	۰/۲۹	۰/۱۹	۰/۲٤												
۸-عملکرد علوفه تر	-۰/۱۳	-۰/۰۸	۰/٤۱**	۰/۰٥	۰/۰۲	-۰/٦۲**	-۰/۱۱											
۹-عملکرد علوفه	-۰/۱۰	-۰/۰۹	۰/٤۰**	۰/۰٦	۰/۰٤	-۰/٦٥**	-۰/۱۳	۰/۹۸**										
۱۰-درصد برگ	۰/۲۹	-۰/۲۸	-۰/۸۷**	-۰/٤۳**	-۰/۲۹	۰/۲۰	-۰/۳٦*	-۰/٤۸**	-۰/٤٥**									
۱۱-درصد ساقه	-۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۸۷**	۰/٤۳**	۰/۲۹	-۰/۲۰	۰/۳٦*	۰/٤۸**	۰/٤٥**	-۱**								
۱۲-نسبت برگ به ساقه	۰/۳۰	-۰/۱٦	-۰/۷٥**	-۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۱۲	-۰/٥۰**	-۰/۳۷*	-۰/۳۱*	۰/۸۱**	-۰/۸۱**							
۱۳-درصد ماده خشک	-۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۰٦	-۰/۰۳	-۰/۰٤	۰/۳۰	۰/۰۷	-۰/۲۳	-۰/۲۱	۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۰۳						
۱٤-شاخص عملکرد	-۰/۱٦	-۰/۰۳	۰/٤۳**	۰/۰۲	۰/۱۲	-۰/٦۳**	-۰/۱۳	۰/۹۳**	۰/۹٤**	-۰/٤۸**	۰/٤۸**	-۰/۳٥*	-۰/۲۰					
۱٥-توان استقرار	۰/۳۱	۰/٤۲**	۰/۲٦	۰/۳۷	-۰/۰۰۰٤	-۰/۲۲	-۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۲۰	-۰/۲۲	۰/۲۲	-۰/۱٥	۰/۰۹	۰/۲۹				
۱٦-امتیاز رشد پائیزه	-۰/۳٤*	۰/۳۰	۰/۷۱**	۰/٤٤**	۰/٤٥**	-۰/۱۱	۰/۳٦*	۰/۳٦*	۰/۳۱	-۰/۷۷**	۰/۷۷**	-۰/۷۱**	۰/۰۹	۰/۳۸*	۰/۲۷			
۱۷- دیرزیستی	-۰/۲۲	-۰/۱٤	۰/۱۳	-۰/۲۸	۰/۱٦	-۰/٤٦**	-۰/۰۹	۰/٦۰**	۰/۵۸**	-۰/۱۰	۰/۱۰	-۰/۱٥	-۰/۱٤	۰/٦٦**	۰/۰۹	۰/۲۳		
۱۸- امتیاز رشد بهاره	-۰/۳۳*	۰/۲۷	۰/۷٤**	۰/٤۰*	۰/٤۷**	-۰/۰۷	۰/٤۲**	۰/۳۷*	۰/۳۱	-۰/۸۰**	۰/۸۰**	-۰/۷٤**	۰/۰٥	۰/۳۷*	۰/۱۸	۰/۹۷**	۰/۱۹	
۱۹-سفیدک سطحی	-۰/۲٦	۰/۱۷	۰/۷۷**	۰/۳۰	۰/۲۲	-۰/٤٦**	۰/۱۷	۰/۷۰**	۰/٦۸**	-۰/۷۸**	۰/۷۸**	-۰/٦٥**	-۰/۲۰	۰/۷۲**	۰/۲۸	۰/٦۷**	۰/٤۹**	۰/٦۷**

*** و**: به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح ٥ و ۱ درصد هستند.**

جدول ۸- نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه در فامیل‌های غیرموتانت اسپرس

صفت	بار عامل اول	بار عامل دوم	بار عامل سوم	بار عامل چهارم	بار عامل پنجم
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	-۰/۱۹	-۰/۱	۰/۲۳	۰/۸۱	-۰/۰۸
ساقه در واحد سطح	۰/۱٦	-۰/۱	۰/۸۳	-۰/۱۰	۰/۰۰۳
ارتفاع بوته	۰/۸۱	۰/۲۲	۰/۲٦	-۰/۲۰	-۰/۰۷
تعداد ساقه در بوته	۰/۳٦	-۰/۰۹	۰/۷۹	-۰/۰۱	-۰/۱۵
تعداد گره در ساقه	۰/۲۸	-۰/۰٤	۰/۲۸	-۰/٦٦	-۰/۱۱
تعداد شاخه فرعی	۰/۰٤	-۰/۷٦	-۰/۲۰	-۰/۰۷	۰/۲۵
طول خوشه	۰/٦۸	-۰/۳٦	۰/۰۰۵	۰/۲۸	-۰/۰۵
عملکرد علوفه تر	۰/۲۹	۰/۹۰	-۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۷
عملکرد علوفه خشک	۰/۲۵	۰/۹۱	-۰/۰۲	۰/۰۳	-۰/۰۷
درصد برگ	-۰/۸۸	-۰/۲٦	-۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۵
درصد ساقه	۰/۸۸	۰/۲٦	۰/۱۸	-۰/۱۱	-۰/۰۵
نسبت برگ به ساقه	-۰/۸۹	-۰/۱٤	۰/۰۱	۰/۰۵	-۰/۰۰۵
درصد ماده خشک	۰/۰۱	-۰/۲۲	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۱	۰/۸۹
توان استقرار	۰/۰۹	۰/۳۰	۰/٦٦	۰/۳۰	۰/۳۳
امتیاز رشد پائیزه	۰/۷۸	۰/۱۹	۰/۲٤	-۰/۳۲	۰/۲۰
دیرزیستی	۰/۰۲	۰/۷۳	-۰/۲۰	-۰/۲۲	۰/۰۸
امتیاز رشد بهاره	۰/۸۳	۰/۱۵	۰/۱۷	-۰/۳۰	۰/۱٤
حساسیت به سفیدک سطحی	۰/٦٦	۰/٦۱	۰/۱۳	-۰/۱۱	-۰/۰۷
واریانس توجیه شده	۰/٤۰	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۰٦	۰/۰۵
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/٤۰	۰/۵۹	۰/٦۸	۰/۷۵	۰/۸۰
ریشه مشخصه	۷/۷٦	۳/٤۷	۱/۸٦	۱/۱۸	۱/۰۸

جدول ۹- نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه در فامیل‌های موتانت اسپرس

صفت	بار عامل اول	بار عامل دوم	بار عامل سوم
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۰/۱۵	-۰/۷۹	۰/٤۸
تعداد ساقه در واحد سطح	۰/۱۵	۰/۸۲	-۰/۱۵
ارتفاع بوته	۰/۷٤	۰/۰۰۱	۰/٦۳
تعداد ساقه در بوته	۰/۰۱	۰/۹۸	۰/۰۳
تعداد گره در ساقه	۰/۲۳	-۰/۱٤	۰/۷۹
تعداد شاخه فرعی	۰/٦٤	۰/۰۲	۰/٦۲
طول خوشه	۰/٤٦	-۰/۰۹	۰/۷۸
عملکرد علوفه تر	۰/۸۰	-۰/۰۳	۰/٤۰
عملکرد علوفه خشک	۰/۸۷	-۰/۰۲	۰/۲۳
درصد برگ	-۰/٤۷	۰/٦۰	-۰/٦۱
درصد ساقه	۰/۲۹	۰/۸۱	۰/۳۹
نسبت برگ به ساقه	-۰/۸۳	-۰/۱۷	-۰/۱۹
درصد ماده خشک	۰/٤۸	-۰/٦۱	۰/۰۵
توان استقرار	۰/٤۷	-۰/٦۸	۰/۳۲
مقاومت رشد پائیزه	۰/۸۰	-۰/۱۱	۰/٤۹
دیرزیستی	۰/۷۰	-۰/٤۸	۰/۰٦
مقاومت رشد بهاره	۰/۸٦	-۰/۰۱	۰/٤۲
سفیدک سطحی	۰/۷۱	-۰/۰٦	۰/۵۵
واریانس توجیه شده	۰/۵۵	۰/۲۱	۰/۰٦
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۸۳
ریشه مشخصه	۱۰/۵۸	٤/۰۷	۱/۱۸

بحث

نتایج تحقیق حاضر حاکی از وجود تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های هر دو گروه موتانت و غیر موتانت بود. با این وجود، از نظر بسیاری از صفات مورفولوژیک بین دو جامعه موتانت و غیر موتانت اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت، فامیل‌های موتانت توانستند پس از استقرار کامل،

حداکثر میانگین عملکرد علوفه خشک را به خود اختصاص دهند. همچنین فامیل‌های موتانت در هر دو سال برای صفت نسبت برگ به ساقه بیشترین میانگین را دارا بودند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که امکان انتخاب ارقام پرعملکرد که دارای خوشخوراکی بالایی نیز باشند امکان‌پذیر می‌باشد.

در بسیاری از لگوم‌های علوفه‌ای ازجمله اسپرس ایجاد ارقام دارای عملکرد و کیفیت مطلوب از اهداف مهم به‌نژادی محسوب می‌گردد (Kehr & Gardner, 1960). ایجاد واریته ترکیبی مرسوم‌ترین روش ایجاد رقم در اسپرس و برخی گیاهان دگرگشن می‌باشد. گزارش‌ها حاکی از آن است که نه تنها تلاقی افراد با جمعیت‌های متنوع می‌تواند منجر به ایجاد هتروزیس و نمود بهتر در این واریته‌ها گردد، بلکه سنجش میزان ترکیب‌پذیری والدین رقم ترکیبی بسیار مهم می‌باشد (Brummer, 1999; Delavega & Chapman, 2006). نتایج قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مطالعه حاضر نشان داد که برخی از ژنوتیپ‌ها در هر دو گروه از توان ترکیبی بالایی برخوردارند و می‌توانند پس از مطالعات بیشتر در توسعه ارقام ترکیبی بکار گرفته شوند. با این حال، القای موتاسیون با اتیل متان سولفونات توانست قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بیشترصفات را کاهش دهد. بطوری که به‌عنوان مثال، برای عملکرد علوفه قدرت ترکیب‌پذیری عمومی برای موتانت‌های سال اول از ۲۲٦/۲٤ تا ۱٤٦/۱۸- و در غیرموتانت‌ها از ۸٦۸/٦۸ تا ۲٤۲/۵۱- تغییر کرد. با توجه به اینکه در مورد این صفت افزایش عملکرد علوفه خشک مد نظر می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌های دارای قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند. چنین روندی در مورد نسبت برگ به ساقه نیز مشاهده گردید. بطور کلی از آنجایی که یکی از اهداف اصلاحی اسپرس، زیاد کردن خوش‌خوراکی علوفه است، بنابراین برتری با ژنوتیپ‌هایی است که دارای قدرت ترکیب‌پذیری مثبت برای این صفت باشند. به همین دلیل فامیل‌های موتانت با داشتن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بیشتر برای این صفت، بهترین فامیل‌ها برای دست یافتن به ژنوتیپ‌هایی با کیفیت بالاتر هستند.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر یک از دو جامعه موتانت و غیر موتانت به‌خوبی توانست ژنوتیپ‌ها را براساس برخی ویژگی‌های خاص در گروه‌های مجزا قرار دهد. به‌طوری که بهترین ترکیب‌شونده‌ها برای دست یافتن به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد علوفه خشک بیشتر، نسبت برگ به ساقه بالاتر و کمترین آلودگی به سفیدک سطحی معرفی شوند. در مطالعه Kenga و همکاران (۲۰۰۵) ترکیب‌پذیری عمومی روی فامیل‌های موتانت سورگوم بررسی شد و اثر GCA بسیار معنی‌دار برای تمام صفات مشاهده گردید. همچنین آنها ژنوتیپ‌هایی که برای صفات عملکرد دانه و روز تا گلدهی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین قدرت ترکیب‌پذیری عمومی بودند را به‌عنوان بهترین والدین معرفی کردند.

نتایج حاصل از بررسی همبستگی‌ها نشان داد که القاء موتاسیون و انتخاب برای صفات مشابه طی نسل‌ها، توانسته است روابط بین برخی از صفات را تغییر دهد. در موتانت‌ها همبستگی روز تا ۵۰ درصد گلدهی با حساسیت به سفیدک سطحی، به‌عنوان یکی از مهمترین بیماریهای شایع اسپرس (مجیدی و ارزانی، ۱۳۸٤)، مثبت و معنی‌دار بود که نشان می‌دهد موتانت‌های زودرس احتمالاً می‌توانند از مکانیسم فرار برای افزایش مقاومت بهره گیرند، ولی این همبستگی در غیرموتانت‌ها معنی‌دار نشد. مقایسه تجزیه به عامل‌ها در دو

جامعه نشان داد که فامیل‌های موتانت با تعداد عامل کمتر توانستند واریانس بیشتری را نسبت به فامیل‌های غیرموتانت توجیه کنند. در مطالعه عباسی و همکاران (۱۳۸٦) در ماشک نشان داده شد که ۷۰/٤ درصد واریانس جامعه در ۷ عامل اول با مقدار ویژه بیش از یک وجود دارد و صفات الگوی شاخه‌زایی، روز تا گلدهی، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد روز تا رسیدگی و سرعت رشد گیاه بیشترین تأثیر را در عامل اول داشتند. در پژوهش حاضر نتایج تجزیه به عامل‌ها در تایید نتایج همبستگی نشان داد که اگرچه جامعه موتانت و غیرموتانت مورد مطالعه منشأ یکسانی داشته‌اند اما القاء جهش و انتخاب طی چند نسل توانسته است تا حدودی بر روابط بین صفات و عوامل پنهانی مؤثر بر آنها تأثیرگذار باشد.

منابع مورد استفاده

- مجیدی، م.م. و ارزانی، ا.، ۱۳۸٤. بررسی القاء موتاسیون با اتیل متان سولفونات (EMS) در اسپرس (*Onobrychis viciifolia*). مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۹: ۱٦۷-۱۷۹.
- نادری شهاب، م.ع.، ۱۳۸٦. بررسی اثر جهش‌زایی غلظت‌های مختلف EMS و پرتو UV-C بریونجه (*Medicago sativa*) ، تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۵:۱۸۳-۱۹۵.
- عباسی، م ر.، واعظی، ش. و بقایی، ن. ۱۳۸٦. ارزیابی تنوع ژنتیکی کلکسیون ماشک تلخ (*Vicia ervilia*) بانک ژن گیاهی ملی ایران براساس صفات زراعی مورفولوژیکی. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۵: ۱۱۳-۱۲۸.
- مجیدی، م.م.، جزایری، م. و محمدی‌نژاد، ق.، ۱۳۸۸. اثر شوری بر جوانه‌زنی و انباشت یون‌ها در توده‌های اسپرس زراعی. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۷: ۲۵٦-۲٦۹.
- Acharya, S.N., Thomas, J.E. and Basu, S.K., 2007. Improvement in the medicinal and nutritional properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). In: Acharya, S.N., Thomas. J. E(eds) Advances in Medicinal Plant Research. Research Signpost. Trivandrum. Kerala. India. P27
- Agrawal, R.L., 2000. Fundamentals of Plant Breeding and Hybrid Seed Production. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. Ltd.
- Brummer, E.C., 1999. Capturing heterosis in forage crop cultivar development. Crop Science, 39: 943-954.
- DelaVega, A.J. and Chapman, S.C., 2006. Multivariate analyses to display interactions between environment and general or specific combining ability in hybrid crops. Crop Science, 46: 957-967.
- Delgado, I., Salvia, J., Buil, I. and Andres, C., 2008. The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. Spanish J. Agricultural Research, 3: 401-407.
- Fehr, W.R., 1988. Principle of Cultivar Development. Vol 1. Mc Millan. USA.
- Halluar, A.R. and Miranda, J.B., 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames. Iowa.
- Kehr, W.R., and Gardner, C.O., 1960. Genetic variability in Ranger alfalfa. Agronomy Journal, 52: 41-44.
- Kenga, R.S., Alabi, O. and Gupta, S.C., 2005. Heterosis and combining ability for grain yield and its components in induced sorghum mutants. African Crop Science Journa, 13: 143-152.
- Penmetsa, R.V. and D.R., Cook., 2000. Production and characterization of divers developmental mutants of *Medicago truncatula*. Plant Physiology, 123: 1387 – 1398.
- Sleper, D.A. and Poehlman, J. M., 2006. Breeding Field Crops. 6th edition. Van Nostrand Reinhold Company. NewYork. P 724.
- Wricke, G. and Weber, W.E., 1986. Quantitative Genetic and selection in plant breeding. Walter De Gruyter. New York.

Effects of induced mutation on general combining ability and association of traits in Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop)

M. Baghaie-Nia[1], M.M. Majidi*[2] and A. Mirlohi[3]

1- M.Sc. in plant breeding, Isfahan University of Technology, I.R.Iran
2*- Assist. Prof., Isfahan University of Technology, College of Agriculture, Isfahan, I.R.Iran, Email: majidi@cc.iut.ac.ir
3- Prof. of plant breeding, Isfahan University of Technology, I.R.Iran

Received: 24.05.2010 Accepted: 12.12.2010

Abstract

To evaluate the effects of induced mutation by Ethyle Methane Sulphonat (EMS) on general combining ability (GCA) and character relationships on Sainfoin, 40 M_3 genotypes along with 39 non-mutant counterpart genotypes were assessed for 18 agro-morphological traits in the field during two years. Means comparison by year showed that mutant genotypes were superior for leaf/stem ratio and dry matter yield after established in the second year. Results showed that general combing ability (GCA) was lower in mutant genotypes for most of the traits. However, for several traits such as leaf to stem ratio the parameter was higher in mutant families. Cluster analysis based on general combining ability grouped mutant and non-mutant families separately in three clusters. Based on important traits, a number of mutant (8, 10, 12, 20, 25, 26 and 36) and non-mutant genotypes (7, 8, 9, 10, 11 and 12) were selected as best parents for synthetic variety development. Mutation changed relationships between several characters. For example correlation of dry forage yield with number of inflorescence was negative in non-mutant while positive in mutant families. Correlation of leaf percentage with number of stem per plant was positive in mutant but negative in non-mutant families. Factor analysis also showed that mutant families with fewer factors explained greater variance than non-mutant families, indicating that mutation induction and selection can change combining ability and relationships of traits and factors affecting the relations.

Key words: Sainfoin, General combining ability, Mutation, Correlation, Forage yield.