Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 3, Autumn 2017 (637-646)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.207796.654118

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶ (ص ۶۴۶-۶۳۷)

تعیین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد علوفه و صفات زراعی یونجه (*Medicago sativa* L.) در تلاقی دی‌آلل

ویدا قطبی[۱]، حمید دهقانی[۲*]، رجب چوکان[۳] و احمد معینی[۲]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳. استاد، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۶)

چکیده

از جمله مهم‌ترین هدف‌های برنامه‌های بهنژادی یونجه، بهبود عملکرد علوفه و اجزای آن است. هشت تودهٔ محلی یا بوم‌جور (اکوتیپ) و رقم یونجه از مناطق مختلف آب و هوایی ایران و یک رقم خارجی برای بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی از نظر صفات، عملکرد علوفهٔ خشک، ارتفاع، شمار ساقه، سرعت رشد دوباره و نسبت برگ به ساقه در یک طرح دی آلل ۹ × ۹ یک‌سویه بررسی شدند. در پاییز سال ۱۳۹۲، ۳۶ دورگ F_1 به همراه نه والد آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعهٔ تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج کشت شدند. نتایج تجزیه‌وتحلیل دی‌آلل بر پایهٔ روش دو از مدل B گریفینگ برای دو سال زراعی آزمایش (۱۳۹۴-۱۳۹۲) نشان داد، تفاوت معنی‌داری از نظر اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای همهٔ صفات وجود دارد. همچنین اثر متقابل ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی با سال برای صفت عملکرد مادهٔ خشک و اثر متقابل ترکیب‌پذیری عمومی با محیط برای صفت نسبت برگ به ساقه مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد، دورگ (هیبرید)های قهاوند × نیک‌شهری و مهاجران × سیلوانه ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری برای عملکرد مادهٔ خشک علوفه و سرعت رشد دوباره دارند. درحالی‌که دورگ کوزره × یزدی افزون بر صفات عملکرد مادهٔ خشک، ارتفاع و سرعت رشد دوباره، برای صفت نسبت برگ به ساقه نیز ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری نشان داد. نتایج این بررسی نشان داد، امکان بهبود عملکرد یونجه و دیگر صفات از راه تلاقی بین بوم‌جورهای یونجه وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: دی‌آلل، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، صفات زراعی، یونجه.

Determination of general and specific combining abilities for forage yield and agronomic traits in alfalfa (*Medicago sativa* L.) dialell crosses

Vida Ghotbi[1], Hamid Dehghani[2], Rajab Choucan[3] and Ahmad Moeini[2]
1, 2. Ph.D. Candidate and Associate Professor, Department of Plant Breeding, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Professor, Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran
(Received: May 27, 2016 - Accepted: Aug. 6, 2016)

ABSTRACT

The most important purpose of alfalfa breeding programs is forage yield improvement. The objective of this study was to determine general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) of alfalfa forage dry matter yield, plant height, number of stem, regrowth rate and leaf to stem ratio. A half diallel crosses (9×9) was performed by eight alfalfa ecotypes from different climatic regions of Iran and one cultivar from America. Experimental field was established in early autumn of 2013 which included 36 F_1 hybrids with nine of their parents in a complete block design with three replications at Plant and Seed Improvement Institute, Karaj, Iran. The results of diallel analysis for two growth seasons (2014-2015) indicated high significant variation among crosses, GCA and SCA effects. Interactions of GCA and SCA with environment were significant for forage dry matter yield. The hybrids of Ghahavand × Nikshahri and Mohajeran × silvana indicated positive significant SCA for forage dry matter yield and regrowth, while, the hybrid of Kozare × Yazdi exhibited positive SCA for forage dry matter yield, plant height, re-growth rate and also leaf to stem ratio. This study indicated that the possibility of improvement forage yield and other agronomic traits through crosses among alfalfa ecotypes.

Keywords: Alfalfa, agronomical traits, diallel, GCA, SCA.

* Corresponding author E-mail: dehghanr@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

یونجه (*Medicago sativa* L.) به دلیل ارزش غذایی بالا، میزان پروتئین بالا در واحد سطح، تثبیت نیتروژن و حفظ ساختار مناسب خاک از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای جهان است و اهمیت بسیار زیادی در تغذیهٔ دام و کشاورزی پایدار دارد (Hill *et al*., 1988; Michaud *et al*., 1988). مبدأ یونجه، ناحیهٔ قفقاز، شمال غرب ایران، شمال شرق ترکیه و ترکمنستان است (Michaud *et al*., 1988). سطح زیر کشت یونجه در ایران حدود ۶۰۰۰۰۰ هکتار است، این در حالی است که بیش از ۹۰ درصد از یونجه‌زارها در مناطق سرد و معتدل قرار دارند (Anonymous, 2015). بوم‌جور (اکوتیپ)های مختلفی که در مناطق مختلف آب و هوایی ایران مشخصات زراعی و فیزیولوژیکی متفاوتی دارند، این ویژگی امکان استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های اصلاحی فراهم می‌آورد. هدف‌های اصلی در برنامه‌های بهنژادی یونجه افزایش عملکرد، پایداری و کیفیت علوفه است (Veronesi *et al*., 2006). بهبود عملکرد یونجه به دلیل موانعی چون توارث تتراسومی، دگرگرده‌افشانی وابسته به حشرات، گل‌های دو جنسه و ویژگی‌های گیاهی، پیشرفت کندی داشته است (Brummer, 1999; Scotti & Brummer, 2010). با کشف دورگ برتری (هتروزیس) و استفاده از آن در برنامه‌های بهنژادی، افزایش عملکرد سرعت بیشتری یافت. یکی از بازدارنده‌های استفاده از دورگ برتری در یونجه اتوتتراپلوئید، ساختار ژنتیکی پیچیدهٔ آن است (Sriwatanapongse & Wilsie, 1968; Tysdal & Kiesselbach, 1944). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است، امکان استفاده از اثر ژنتیکی افزایشی و غیر افزایشی در برگیرندهٔ اثر متقابل ژن‌های مکمل مرتبط با توارث پلی‌سومی در یونجه وجود دارد (Tysdal & Kiesselbach, 1944; Hill, 1983; Holland & Bingham, 1994; Woodfield & Bingham, 1995; Riday & Brummer, 2002; Bhandari *et al*., 2007; Madril *et al*., 2008; Al Lawati *et al*., 2010; Milic´ *et al*., 2010). استفاده از دورگ برتری در شبه –دورگ (هیبرید) (Semi-hybrid) یونجه با تلاقی ذخایر توارثی (ژرم پلاسم‌های) ژنتیکی متفاوت از راه تشخیص گروه‌های دورگ برتر (هتروتیک) پیشنهاد شده است (Brummer, 1999; Riday & Brummer, 2002). اثر غیر افزایشی ژن با تلاقی ژنوتیپ‌های متفاوت از نظر ژنتیکی و از جمعیت‌های یونجهٔ مختلف از نظر جغرافیایی قابل مشاهده است، به‌طوری‌که دورگ‌هایی که از تلاقی دی‌آلل بین جمعیت‌های غیر اصلاحی به وجود آمده بودند، دورگ برتری نسبت به میانگین والدین و والد برتر را نشان دادند (Segovia-Lerma *et al*., 2004). نتایج تجزیه‌وتحلیل دی‌آلل نشان می‌دهد، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) شامل میزانی از عمل غالبیت ژن است، اما بیشترین غالبیت ژن و همهٔ عمل ژن‌های سه‌گانه (تریژنیک) و ژن‌های چهارگانه (تتراژنیک) در ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نمود می‌یابد (Riday & Brummer, 1999; Scotti & Brummer, 2010). ازآنجایی‌که مشاهده شده است، اثر ترکیب‌پذیری عمومی بین دورگ‌ها تا حدود ۵/۶ برابر SCA برای عملکرد علوفه بوده است، بنابراین عمل افزایشی ژن نقش معنی‌داری را بازی می‌کند، به‌رغم اینکه اثر ترکیب‌پذیری خصوصی نیز معنی‌دار است (Al Lawati *et al*., 2010). اثر معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی با میزان بیشتر ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات دیگری مانند نسبت برگ به ساقه، پروتئین خام و ارتفاع نیز مشاهده شده است (Guines *et al*., 2002). از سوی دیگر، انتخاب والدین برای به دست آوردن بیشترین دورگ برتری در تلاقی‌های یونجه اهمیت زیادی دارد (Madril *et al*., 2008; Al Lawati *et al*., 2010; Rotili *et al*., 1999; Brummer, 1999). الگوی واضح دورگ برتر از تلاقی دی‌آلل نه همسانهٔ (کلون) الیت ساتیوا و ۵ کلون فالکاتا[1] توسط Riday & Brummer (2002) مشاهده شد و ترکیب‌پذیری برای عملکرد مادهٔ خشک برای ۹۱ تلاقی و ۱۴ والد آن‌ها به دست آمد. همچنین برای صفات زراعی آسیب‌دیدگی زمستانه، رشد دوبارهٔ بهاره، بنیه، رفتار رشد، بلوغ، ارتفاع، رشد دوبارهٔ پائیزه از نظر ترکیب‌پذیری عمومی متفاوت بودند، ولی ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات ارتفاع، بلوغ،

1. *falcata*

Archive of SID

www.SID.ir

آسیب‌دیدگی زمستانه، بنیه شایان توجه نبود. در نتایج تحقیقی دیگر Şakiroğlu & Brummer (2007) نشان دادند، رقم‌های یونجه با منشأ ذخایر توارثی بدون خواب، عملکرد پایین‌تری نسبت به رقم‌های دارای خواب نسبی تولید کردند. همچنین نتایج تحقیق آنان نشان داد، تنوع برای هر دو ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی تا حدودی برابر است، اگرچه منبع ذخایر توارثی بدون خواب نتوانست گروه دورگ برتر جدیدی را تشکیل دهد. همچنین Milić *et al.* (2010) در آزمایشی با ارزیابی دورگ‌های بین چندین منبع ذخایر توارثی در یک تلاقی دی‌آلل کامل به این نتیجه رسید که هر دو اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفات عملکرد مادهٔ خشک، ارتفاع، شمار ساقه و سرعت رشد دوباره معنی‌دار است. همچنین Tucak *et al.* (2012) نشان دادند، تولید نتاج برتر از نظر عملکرد علوفه از راه تلاقی جمعیت‌هایی از یونجه با عملکرد بالا از مناطق جغرافیایی مختلف امکان‌پذیر است.

هدف از این بررسی تجزیه‌وتحلیل دی آلل برای تعیین توانایی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد مادهٔ خشک علوفه، ارتفاع، شمار ساقه در هر گیاه، سرعت رشد دوباره و نسبت برگ به ساقه از روش تلاقی هفت والد از بوم‌جورها و رقم‌های مختلف یونجه که متعلق به مناطق آب و هوایی مختلف ایران هستند و یک رقم یونجهٔ خارجی (آمریکا) است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی هشت بوم‌جور یونجهٔ ایرانی شامل بمی (کرمان)، قهاوند، کوزره و مهاجران (همدانی)، نیک شهری (سیستان و بلوچستان)، رهنانی (اصفهان)، سیلوانا (قره یونجه) و یزدی (یزد)، همچنین یک رقم لجند (آمریکا) به‌صورت طرح دی‌آلل یک‌سویه در شرایط گلخانه بدون اخته کردن با یکدیگر تلاقی داده شدند. والدین و ۳۶ F_1 در گلدان‌های قابل احیا در گلخانه در اواخر تابستان ۱۳۹۲ کشت شدند و گیاهچه‌های رشد یافته به مزرعهٔ آزمایشی در مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج در اوایل پائیز ۱۳۹۲ منتقل شدند. کرت‌های آزمایشی شامل چهار ردیف به طول ۲ متر و فاصلهٔ ردیف ۰/۵ متر بود و فاصلهٔ بین گیاهان روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. مزرعهٔ آزمایشی پس از انتقال گیاهچه‌ها برای دو هفته هر سه روز آبیاری و آبیاری‌های بعدی هر هفت روز یک‌بار انجام شد. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفات عملکرد مادهٔ خشک کل (گرم در بوته)، ارتفاع (سانتی‌متر)، شمار ساقه در هر گیاه، سرعت رشد دوباره (سانتی‌متر) و نسبت برگ به ساقه در فصل زراعی در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اندازه‌گیری و تجزیه‌وتحلیل تجزیهٔ مرکب برای دو سال انجام شد. در هر برداشت، ۲۰ گیاه در مرحلهٔ ۲۰درصد گلدهی از دو خط وسط هر کرت در هر تکرار برداشت و عملکرد علوفهٔ هر بوته (گرم در بوته) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد مادهٔ خشک، نمونه‌ای تصادفی از هر کرت در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و در آون با دمای ۷۰°C برای ۴۸ ساعت خشک شدند. مجموع میانگین دو گیاه برداشت‌شده در هر چین (در کل چهار چین) در هر تکرار به‌عنوان عملکرد مادهٔ خشک کل (گرم در بوته) در نظر گرفته شد. همچنین ارتفاع گیاهان و شمار ساقه در زمان برداشت اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری سرعت رشد دوباره، ارتفاع گیاهان، چهارده روز پس از برداشت اندازه‌گیری شد. میانگین ارتفاع، سرعت رشد دوباره و شمار ساقهٔ مربوط به چهار برداشت در سه تکرار برای هر سال در تجزیهٔ مرکب دو سال تجزیه شد. ژنوتیپ به‌عنوان عامل ثابت و تکرار و سال، به‌عنوان عامل تصادفی در نظر گرفته شد. برای انجام تجزیه‌های آماری، در آغاز عادی بودن خطاهای آزمایشی با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و همگن بودن واریانس‌ها در نرم‌افزار SAS 9.2 آزمون شد (SAS, 2008). تجزیهٔ واریانس بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر مبنای روش دو (Method II) گریفینگ (Griffing, 1956) و با استفاده از برنامهٔ SAS، Zhang *et al.* (2005) صورت گرفت.

نتایج و بحث

آزمون عادی بودن (نرمالیتی) داده‌ها، گویای عادی بودن خطاهای آزمایشی برای همهٔ صفات بود (جدول ۱). تجزیهٔ واریانس تلاقی‌های دی‌آلل نشان داد،

Archive of SID

www.SID.ir

والدین و دورگ‌های F_1 از نظر صفات بررسی‌شده تفاوت معنی‌داری دارند. همچنین اثر شرایط محیطی (سال) برای صفات عملکرد مادهٔ خشک علوفه و شمار ساقه در هر بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). در ضمن اثر متقابل ترکیب‌پذیری عمومی × سال برای صفات عملکرد مادهٔ خشک و نسبت برگ به ساقه معنی‌دار بود، که نشان‌دهندهٔ پاسخ متفاوت نتاج F_1 در دو سال آزمایش است. تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از عامل‌های زیستی باشد و اینکه گیاهان در سال دوم استقرار بیشتری یافته‌اند، همچنین می‌تواند به دلیل واکنش‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ باشد (جدول ۱). تأثیر شرایط محیطی روی ژنوتیپ‌ها برای بیان عملکرد و اجزا عملکرد در یونجه در بررسی‌های دیگری نیز مشاهده شده است (Julier *et al*., 2000; Milić *et al*., 2011).

نتایج تجزیهٔ دی‌آلل نشان داد، برای همهٔ صفات مورد بررسی اثر ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی بسیار معنی‌دار هستند (جدول ۱) بنابراین صفات از نظر ژنتیکی توسط عمل افزایشی ژن از راه افزایش تجمعی فراوانی آلل‌های مطلوب منعکس‌شده در اثرگذاری ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار و همچنین اثر غیر افزایشی ژن‌ها از راه اثر متقابل ژن‌های مکمل ناشی از اثرگذاری ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت کنترل می‌شوند.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس مرکب برای صفات عملکرد مادهٔ خشک علوفه، ارتفاع گیاه ، شمار ساقه، سرعت رشد دوباره و نسبت برگ به ساقه با روش گریفینگ

Table 1. Combined analysis of variance for traits of forage dry matter yield (DMY), plant height, number of stems, regrowth rate and leaf to stem ratio (LSR) by Griffing method

SOV	df	DMY (g/plant)	Plant Height (cm)	No stems	Regrowth (cm)	LSR
Replication (R)	2	2000.07^{ns}	113.47**	195.44^{ns}	93.60**	0.008**
Year (Y).	1	56851.92**	139.84^{ns}	11939.01**	14.11ns	0.16^{ns}
R × Y	2	245.05	35.05	56.30	37.56	0.06
Entries (E)	44	9469.57**	59.59**	240.42**	168.52**	0.11**
GCA	8	8471.45**	49.23**	135.83ns	573.76**	0.25**
SCA	36	9691.38**	61.89**	263.67**	78.48**	0.07**
E × Y.	44	2549.96**	25.98**	46.93^{ns}	17.45^{ns}	0.02^{ns}
GCA × Y.	8	3458.01**	15.81^{ns}	22.11^{ns}	18.65^{ns}	0.04**
SCA × Y.	36	2348.17**	28.24^{ns}	52.45^{ns}	17.19^{ns}	0.02^{ns}
Error	176	622.14	11.89	68.65	13.88	0.016
CV (%)		11.44	4.04	16.42	6.90	11.34
Kolmogorov-Smirnov statistic		1.44^{ns}	1.24^{ns}	0.85^{ns}	0.78^{ns}	0.82^{ns}

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

ns, * and ** Non significant, Significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

هرچند که در گیاهان اتوتتراپلوئید مانند یونجه، ترکیب‌پذیری عمومی شامل هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی است. نتایج دیگر بررسی‌ها نیز اهمیت هر دو اثر افزایشی و غالبیت در بیان صفات عملکرد و اجزای عملکرد در یونجه را نشان می‌دهد (Segovia-Lerma, 2004; Bhandari *et al*., 2007; Milic *et al*., 2011). بنابراین بهبود عملکرد یونجه می‌تواند در نتیجهٔ تجمع آلل‌های مطلوب و اثر متقابل بین ترکیب‌های مطلوب آلل‌های مکمل رخ دهد (Riday *et al*., 2003; Carelli *et al*., 2006; Milic´ *et al*., 2011; Bingham *et al*., 1994). در نتایج بسیاری از تحقیقات بالاتر بودن میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی بیشتر از ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات عملکرد مادهٔ خشک و دیگر صفات زراعی گزارش شده است (Guines *et al*., 2002; Bhandari *et al*., 2007; Millic *et al*., 2011). همچنین اثر متقابل سال با ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی توسط Al Lawatie *et al.* (2010) و Bhandari *et al.* (2007) برای صفت عملکرد علوفهٔ یونجه مشاهده شده است.

میانگین صفات بررسی‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد، عملکرد مادهٔ خشک علوفه بین والدین دامنه‌ای از ۱۵۶/۹۵ گرم در بوته تا ۱۹۳/۶۲ گرم در بوته به ترتیب برای والدهای بمی و کوزره است. بیشترین میانگین ارتفاع، شمار ساقه در هر گیاه و

Archive of SID

www.SID.ir

سرعت رشد دوباره نیز به ترتیب در والدهای مهاجران، نیک شهری و رهنانی مشاهده شد. بیشترین نسبت برگ به ساقه در والدهای لجند و یزدی مشاهده شد. عملکرد مادهٔ خشک در بین تلاقی‌ها از ۳۰۸/۴۱ گرم در بوته در دورگ قهاوند × مهاجران تا ۱۷۳/۹۴ گرم در بوته در تلاقی رهنانی × سیلوانه متغیر بود. تلاقی کوزره × یزدی بیشترین ارتفاع (۹۰/۹۶ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد، درحالی‌که بیشترین شمار ساقه در بوته در تلاقی کوزره × نیک‌شهری (۶۷/۶۱) مشاهده شد. همچنین سریع‌ترین سرعت رشد دوباره در دورگ نیک‌شهری × یزدی (۶۳/۲۲ سانتی‌متر) را دارد، در ضمن بیشترین نسبت برگ به ساقه در دورگ لجند × نیک‌شهری (۱/۴۲) مشاهده شد.

جدول ۲. میانگین دو سال صفات عملکرد کل مادهٔ خشک علوفه، ارتفاع گیاه، شمار ساقه، سرعت رشد دوباره و نسبت برگ به ساقه برای نه والد یونجه و تلاقی دی‌آلل آن‌ها

Table 2. Means of two years for total forage dry matter yield (DMY), plant height, number of stem, regrowth rate and leaf to stem ratio (LSR) of nine parents of alfalfa and their crosses

Parental combination	DMY (g/plant)	Plant Height (cm)	No stems	Regrowth (cm)	LSR
Bami	156.95	80.62	51.94	41.22	1.00
Ghahavand	183.12	84.01	49.33	44.19	1.09
Kozare	193.62	84.95	49.63	45.97	0.91
Legend	191.96	81.79	39.11	41.11	1.12
Mohajeran	193.54	88.29	49.72	48.39	0.79
Nikshahri	192.36	82.29	56.61	39.19	1.08
Rahnani	191.47	80.45	51.61	54.03	0.99
Silvana	182.56	76.34	56.33	47.69	0.97
Yazdi	190.95	82.07	53.05	45.44	1.12
Bami × Ghahavand	190.18	81.68	59.33	42.17	1.41
Bami × Kozare	202.80	84.79	50.99	50.58	1.01
Bami × Mohajeran	232.39	88.34	57.33	56.47	1.18
Bami × Legend	200.17	90.79	51.78	52.83	1.13
Bami × Nikshahri	242.48	88.45	59.16	54.25	1.20
Bami × Rahnani	191.93	86.85	62.14	41.06	1.05
Bami × Silvana	185.20	85.68	58.22	43.33	1.20
Bami × Yazdi	224.66	85.18	58.66	56.03	1.13
Ghahavand × Kozare	235.49	89.23	50.44	54.44	1.06
Ghahavand × Legend	185.33	85.57	43.11	46.94	1.37
Ghahavand × Mohajeran	308.41	87.96	51.16	61.00	1.00
Ghahavand × Nikshahri	289.41	90.33	59.94	58.55	1.14
Ghahavand × Rahnani	292.69	86.01	50.50	61.42	1.14
Ghahavand × Silvana	187.15	88.51	51.83	50.39	1.01
Ghahavand × Yazdi	219.16	84.73	54.22	51.19	1.04
Kozare × Legend	246.29	84.57	46.66	52.22	1.28
Kozare × Mohajeran	269.53	86.95	50.77	50.94	0.88
Kozare × Nikshahri	167.48	81.45	67.61	42.78	1.06
Kozare × Rahnani	204.31	84.79	52.33	52.97	0.95
Kozare × Silvana	183.80	84.07	51.16	39.72	1.01
Kozare × Yazdi	307.58	90.96	54.61	62.47	1.28
Legend × Mohajeran	210.33	84.84	43.27	53.19	1.06
Legend × Nikshahri	206.59	86.40	59.05	50.17	1.42
Legend × Rahnani	267.75	84.73	50.39	54.69	1.21
Legend × Silvana	227.66	87.12	51.72	57.22	1.10
Legend × Yazdi	174.69	82.84	54.22	43.83	1.13
Mohajeran × Nikshahri	261.44	79.90	59.16	50.47	1.09
Mohajeran × Rahnani	192.61	85.51	48.22	43.61	0.93
Mohajeran × Silvana	273.40	85.40	60.89	55.61	1.03
Mohajeran × Yazdi	258.17	88.07	59.61	53.89	0.98
Nikshahri × Rahnani	196.59	84.84	60.77	43.44	1.18
Nikshahri × Silvana	227.33	84.46	60.22	53.47	1.18
Nikshahri × Yazdi	282.68	89.73	60.11	63.22	0.99
Rahnani × Silvana	173.94	84.01	59.00	42.83	1.20
Rahnani × Yazdi	217.15	88.51	54.89	52.33	1.19
Silvana × Yazdi	201.07	81.79	58.50	53.05	1.27
LSD (P < 0.05)	58.75	5.93	4.86	7.97	0.17
MP	186.28	82.31	50.81	45.25	1.01
MF_1	227.30	85.97	55.05	51.47	1.12

MP: میانگین والدین

MF_1: میانگین تلاقی‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. برآورد اثر ترکیب‌پذیری عمومی والدین برای صفات مورد بررسی در دو سال (۱۳۹۴-۱۳۹۳)

Table 3. Estimates of effects for general combining ability (GCA) of parents for investigated traits in two years (2014-2015)

Parents	DMY (g/plant)	Plant Height (cm)	No stems	Regrowth (cm)	LSR
Bami	-17.93*	0.05ns	-2.32**	1.97**	0.03ns
Ghahavand	8.45ns	0.87ns	0.98ns	-1.88**	0.03ns
Kozare	2.14ns	0.39ns	-0.6ns	-2.36**	-0.06*
Legend	-4.18ns	-0.4ns	1.12ns	-5.08**	0.09**
Mohajeran	16.37*	1.23**	1.24ns	-1.41**	-0.12**
Nikshahri	7.0ns	-0.2ns	-0.9ns	4.49**	0.04ns
Rahnani	-5.55ns	-0.57ns	-0.39ns	0.15ns	-0.02ns
Silvana	-14.21ns	-1.7**	-1.24ns	2.21**	-0.01ns
Yazdi	7.82ns	0.32ns	2.11**	1.91**	0.02ns
SE (gi)	6.82	0.46	0.55	0.50	0.02
SE(gi-gj)	10.24	0.69	0.82	0.75	0.04

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

ns, * and ** Non significant, Significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود اثر ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای صفات عملکرد مادهٔ خشک علوفه و ارتفاع گیاه در بوم‌جور مهاجران معنی‌دار شد. درحالی‌که بوم‌جور یزدی برای صفت شمار ساقه در هر گیاه، بوم‌جورهای بمی، سیلوانا، نیک‌شهری و یزدی برای سرعت رشد دوباره و رقم لجند برای صفت نسبت برگ به ساقه، اثر ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری را به خود اختصاص دادند (جدول ۳)، درنتیجهٔ این بوم‌جورها ترکیب‌پذیری عمومی مناسبی برای صفات موردنظر دارند. اثر مثبت و معنی‌دار ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد مادهٔ خشک علوفه در دورگ‌های قهاوند × مهاجران، قهاوند × نیک شهری، قهاوند × رهنانی، کوزره × یزدی، لجند ×رهنانی، مهاجران × سیلوانه و نیک شهری × یزدی مشاهده شد، که نشان‌دهندهٔ ترکیب‌های مطلوب ژن‌ها در این تلاقی‌ها می‌باشد (جدول ۴). از نظر صفت ارتفاع دورگ‌های بمی× لجند، قهاوند× نیک‌شهری، قهاوند × سیلوانه، کوزره ×یزدی و نیک‌شهری× یزدی اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند. همچنین برای صفت شمار ساقه در هر گیاه دورگ‌های بمی× مهاجران، بمی× یزدی، قهاوند× مهاجران، قهاوند× نیک‌شهری، قهاوند× رهنانی، کوزره× یزدی، لجند× سیلوانه و نیک‌شهری× یزدی اثر SCA مثبت و معنی‌دار مشاهده شد.

اثر ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفت رشد دوباره در هفت دورگ شامل بمی× قهاوند، بمی× نیک‌شهری، قهاوند× نیک‌شهری، لجند× نیک‌شهری، لجند× یزدی، مهاجران× سیلوانه و مهاجران× یزدی مثبت و معنی‌دار به دست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تلاقی با بوم‌جورهای گرمسیری و همچنین بوم‌جور سیلوانه که سرعت رشد دوبارهٔ بالاتری دارند منجر به تولید دورگ‌هایی با سرعت رشد دوبارهٔ بالاتر شده است. در صفت نسبت برگ به ساقه، دورگ‌های بمی × قهاوند، بمی× لجند، قهاوند× لجند، کوزره× لجند، کوزره× یزدی، لجند× نیک‌شهری، رهنانی× سیلوانه و سیلوانه× یزدی اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار را نشان دادند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دورگ کوزره× یزدی در چهار صفت عملکرد مادهٔ خشک، ارتفاع، شمار ساقه و نسبت برگ به ساقه ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت معنی‌دار داشته، دورگ قهاوند× نیک‌شهری نیز در چهار صفت به‌جز نسبت برگ به ساقه اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴).

تفاوت در اث ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بین ژنوتیپ‌ها و جمعیت‌ها برای عملکرد مادهٔ خشک، ارتفاع، شمار ساقه در هر گیاه، سرعت رشد دوباره و نسبت برگ به ساقه در بررسی‌های دیگر نیز مشاهده شده است (Rotili & Zannone, 1974; Segovia-Lerma *et al.*, 2004; Şakiroğlu & Brummer, 2007; Milić *et al.*, 2010). دورگ‌هایی با ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار بالا از تلاقی والدینی با اثر ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای عملکرد مادهٔ خشک علوفه تولید شده‌اند. درحالی‌که برای صفات دیگر دورگ‌هایی با ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار از تلاقی والدینی با اثر GCA مثبت و منفی ایجاد شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. برآورد اثر ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات مورد بررسی در دو سال (۱۳۹۴-۱۳۹۳)

Table 4. The estimates of ' specific combining ability (SCA) for investigated traits in two years (2014-2015)

Crosses	DMY (g/plant)	Plant Height (cm)	No stems	Regrowth (cm)	LSR
Bami × Ghahavand	-18.44ns	-4.49*	-6.96*	5.25**	0.25**
Bami × Kozare	0.49 ns	-0.90 ns	3.03 ns	-2.59 ns	-0.06 ns
Bami × Mohajeran	36.40 ns	3.45 ns	7.21*	6.46**	-0.03 ns
Bami × Legend	-16.36 ns	4.26*	3.44 ns	-2.76 ns	0.12*
Bami × Nikshahri	35.25 ns	3.36 ns	7.00*	-1.28 ns	0.03 ns
Bami × Rahnani	-2.69 ns	2.12 ns	-6.70*	6.04**	-0.07 ns
Bami × Silvana	-0.76 ns	2.08 ns	-3.57 ns	0.05 ns	0.08 ns
Bami × Yazdi	16.67 ns	-0.44 ns	5.77**	0.79 ns	-0.02 ns
Ghahavand × Kozare	6.80 ns	2.73 ns	3.59 ns	0.7 ns	-0.01 ns
Ghahavand × Legend	-37.03 ns	-0.15 ns	-5.62*	-3.92*	0.15**
Ghahavand × Mohajeran	65.37**	0.60 ns	8.31**	0.47 ns	-0.01 ns
Ghahavand × Nikshahri	55.79**	4.42*	8.01**	3.34*	-0.03 ns
Ghahavand × Rahnani	71.69**	0.46 ns	10.35**	-1.75 ns	0.03 ns
Ghahavand × Silvana	-25.19 ns	4.09*	0.18 ns	-2.49 ns	-0.11*
Ghahavand × Yazdi	-15.22 ns	-1.70 ns	-1.37 ns	0.2 ns	-0.12*
Kozare × Legend	30.24 ns	-0.66 ns	1.24 ns	0.12 ns	0.15**
Kozare × Mohajeran	32.92 ns	0.09 ns	-0.17 ns	0.57 ns	-0.04 ns
Kozare × Nikshahri	-59.83**	-3.97 ns	-6.19**	1.5 ns	-0.02 ns
Kozare × Rahnani	-10.38 ns	-0.28 ns	3.49 ns	0.56	-0.08 ns
Kozare × Silvana	-22.23 ns	0.13 ns	-8.90**	-2.67	-0.02 ns
Kozare × Yazdi	79.51**	5.00*	10.49**	1.07	0.22**
Legend × Mohajeran	-19.95 ns	-1.23 ns	0.37 ns	-4.22**	-0.01 ns
Legend × Nikshahri	-14.39 ns	1.77 ns	-0.51 ns	5.66**	0.19**
Legend × Rahnani	59.38**	0.46 ns	3.50 ns	1.34 ns	0.03 ns
Legend × Silvana	27.95 ns	3.98 ns	6.88**	0.6 ns	-0.09 ns
Legend × Yazdi	-47.05 ns	-2.31 ns	-9.86**	3.4*	-0.08 ns
Mohajeran × Nikshahri	19.90 ns	-6.37 ns	-0.33 ns	2.1 ns	0.07 ns
Mohajeran × Rahnani	-36.31 ns	-0.40 ns	-7.71 ns	-4.5**	-0.03 ns
Mohajeran × Silvana	53.14**	0.62 ns	5.14 ns	6.1**	0.05 ns
Mohajeran × Yazdi	15.88 ns	1.27 ns	0.07 ns	5.12**	-0.02 ns
Nikshahri × Rahnani	-23.03 ns	0.37 ns	-5.73*	2.15 ns	0.06 ns
Nikshahri × Silvana	16.37 ns	1.12 ns	5.15 ns	-0.47 ns	0.05 ns
Nikshahri × Yazdi	49.68**	4.38*	11.54**	-0.28 ns	-0.17**
Rahnani × Silvana	-24.40 ns	1.04 ns	-6.01**	2.65 ns	0.13**
Rahnani × Yazdi	-3.22 ns	3.51 ns	0.14 ns	-1.16 ns	0.09 ns
Silvana × Yazdi	-10.65 ns	-2.07 ns	1.72 ns	0.38 ns	0.15**
SE(sij)	18.09	1.98	2.70	1.55	0.05
SE(sij-sik)	26.67	2.92	3.99	2.28	0.07
SE(sij-skl)	25.31	2.77	3.78	2.16	0.07

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

ns, * and ** Non significant, Significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

در بیشتر بررسی‌هایی که انجام شده است اثر ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار در تلاقی‌های بین ژنوتیپ‌ها یا جمعیت‌هایی از یونجه مشاهده شد که از نظر ژنتیکی، مناطق جغرافیایی، یا درجهٔ خواب متفاوت بودند (Riday & Brummer 2002; Segovia-Lerma *et al*., 2004; Bhandari *et al*., 2007; Al Lawati *et al*, 2010). در حقیقت تلاقی بین ژنوتیپ‌هایی که فاصلهٔ ژنتیکی دارند، اثر ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار و دورگ برتری مشاهده می‌شود (Milic' *et al*., 2011). نتایج این بررسی نیز نشان داد، تلاقی‌های بین بوم‌جورهای یونجه از مناطق آب و هوایی متفاوت با نمرهٔ خواب پاییزه متفاوت دورگ‌های برتری را از نظر صفات مورد بررسی به‌ویژه عملکرد مادهٔ خشک تولید کرده است. بوم‌جورهای مناطق سردسیر مانند قهاوند و مهاجران دارای خواب پاییزه، درحالی‌که بوم‌جورهای مناطق گرم مانند نیک‌شهری بدون خواب پائیزه هستند. بنابراین این بوم‌جورها که از نظر ژنتیکی بسیار متفاوت هستند، در ضمن دورگ ناشی از تلاقی آن‌ها نیز برتر است. اگرچه تلاقی‌هایی مانند قهاوند × مهاجران که متعلق به بوم‌جورهای همدانی با منشأ سردسیر هستند یا دورگ نیک شهری × یزدی منشأ گرفته از مناطق گرمسیری از نظر صفات مورد بررسی برتر بودند. بنابراین به نظر می‌رسد اگرچه این بوم‌جورها از یک منطقه منشأ گرفته‌اند ولی تنوع ژنتیکی دارند، به‌طوری‌که این تنوع منجر به تولید دورگ برتر شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد، دورگ‌هایی با عملکرد بالاتر، ارتفاع و شمار ساقهٔ بیشتری را نیز تولید کردند. این نتایج با نتایج دیگر محققان همخوانی داشت (Katepa- Mutondwa *et al*., 2002; Milić *et al*., 2011). همبستگی بین عملکرد علوفه و سرعت رشد دوباره در بررسی‌های چندی گزارش شده است (Riday & Brummer, 2004; Katić *et al*., 2004; Milić *et al*., 2010) به‌طوری‌که گیاهانی با سرعت رشد سریع‌تر عملکرد بالاتری را نیز تولید کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که دورگ‌های قهاوند × نیک‌شهری و مهاجران × سیلوانه ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری را برای عملکرد مادهٔ خشک علوفه و سرعت رشد دوباره دارند. درحالی‌که تنها دورگ کوزره × یزدی هم برای صفات عملکرد مادهٔ خشک، ارتفاع و سرعت رشد دوبارهٔ ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت معنی‌دار نشان داد و هم برای صفت نسبت برگ به ساقه اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. بیشتر دورگ‌های با نسبت برگ به ساقهٔ بالا، عملکرد علوفه و ارتفاع کمتری را به خود اختصاص دادند.

به‌طور خلاصه نتایج این بررسی نشان داد، هر دو اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در توضیح تنوع عملکرد علوفه و دیگر صفات بررسی‌شده بین نتاج بوم‌جورها و رقم‌های یونجهٔ پر محصول از مناطق مختلف آب و هوایی ایران اهمیت دارند. تلاقی‌هایی با بیشترین عملکرد و یا دیگر صفات زراعی مطلوب دست‌کم یک والد با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری داشتند. ازآنجایی‌که عملکرد یونجهٔ صفتی چندژنی (پلی‌ژنیک) با توارث افزایشی است بنابراین انتظار می‌رود اثر افزایشی نیز وجود داشته باشد. تلاقی دو جمعیت دورگ برتر با فراوانی مختلف آلل‌های غالب منجر به ظهور اثر تجمعی بین آلل‌های غالب می‌شود که این امر منجر به ظهور اثر غیر افزایشی در تلاقی‌های بین جمعیت‌ها در یونجه می‌شود (Riday *et al*., 2002). عمل افزایشی ژن به‌احتمال محصول تفرق چهار لنگه‌ای (تتراسومیک) در اتوتتراپلوئیدهاست و ناشی از قابلیت بالاتر فراوانی مکان‌های ژنی با آلل‌های غالب مطلوب است. اگرچه اثر متقابل ژن‌های مکمل آلل‌های ژن‌های سه‌گانه و ژن‌های چهارگانه نیز از دلایل اصلی افزایش بنیه در یونجه است (Bingham *et al*., 1994). بنابراین افزایش عملکرد در یونجه در نتیجهٔ تجمع آلل‌های مطلوب و اثر متقابل بین ترکیب‌های مطلوب آلل‌های مکمل است (Riday *et al*., 2002; Carelli *et al*., 2006). این نوع از عمل ژن در یونجه باعث تعیین روش بهنژادی می‌شود، درنتیجهٔ بهنژادی این گیاه از راه تولید شبه دورگ‌ها (semi-hybrid) پیشنهاد شد (Rotili *et al*., 1999; Brummer, 1999). این مفهوم در بهنژادی شامل تشخیص ذخایر توارثی گروه دورگ برتر درون جمعیت‌ها و بین جمعیت‌ها است. نتایج این بررسی نشان داد، امکان بهبود عملکرد یونجه و دیگر صفات از راه تلاقی‌های بین بوم‌جورهای یونجه وجود دارد. اگرچه در تلاقی بوم‌جورهایی از مناطق آب و هوایی متفاوت با درجهٔ خواب پاییزه متفاوت امکان به دست آوردن دورگ با بنیهٔ بیشتری وجود دارد. هرچند به‌منظور بهبود و گسترش روش‌های بهنژادی یونجه، نیاز است تا بررسی‌های بیشتری درزمینهٔ کنترل ژنتیکی توارث عملکرد و صفات وابسته به آن در تلاقی بین جمعیت‌ها و درون جمعیت‌ها در بوم‌جورهای ایرانی و خارجی صورت پذیرد.

سپاسگزاری

از مسئولان مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج، بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای برای حمایت و در اختیار قرار دادن امکانات و از بخش تحقیقات غلات به دلیل فراهم کردن گلخانه برای انجام تلاقی‌های مورد نیاز این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

1. 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.
2. Anonymous. (2015). Agricultural Statistics Report. Vol. 1., Field Crops. Vol. 1. Statistics and IT Bureau. Jahad e Keshavarzi Ministry Publication, Tehran, Iran. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir

3. Bhandari, H. S., Pierce, C. A., Murray, L. W. & Ray, I. M. (2007). Combining abilities and heterosis for forage yield among high yielding accessions of the alfalfa core collection. *Crop Science*, 47, 665-673.
4. Bingham, E. T., Groose, R. W., Woodfield, D. R. & Kidwell, K. K. (1994). Complementary gene interactions in alfalfa are greater in autotetraploids than diploids. *Crop Science*, 34, 823-829.
5. Brummer, E. C. (1999). Capturing heterosis in forage crop cultivar development. *Crop Science*, 39, 943-954.
6. Carelli, M., Scotti, C., Gnocchi, G., Kertikova, D., Ferrari, L. & Gaudenzi, P. (2006). Genetic diversity in breeding for narrow genetic based cultivar models in alfalfa. In *Proceedings of the XXVI EUCARPIA fodder crops and amenity grasses section and XVI Medicago spp*., (pp. 75–79). Group Joint Meeting Breeding and Seed Production for Conventional and Organic Agriculture, Perugia, 3-7 September 2006.
7. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9, 463-493.
8. Guines, F., Julier, B., Ecalle, C. & Huyghe, C. (2002). Genetic control of quality traits of lucerne (*Medicago sativa* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 53, 401-407.
9. Hill, R. R. Jr. (1983). Heterosis in population crosses of alfalfa. *Crop Science*, 23, 48-50.
10. Hill, R. R., Jr., Shenk, J. S. & Barnes, R. F. (1988). Breeding for yield and quality. P. 809-825. In: Hanson, A., Barnes, A. D. and Hill, K. R. R. (ed.) Alfalfa and alfalfa Improvement. *Agronomy Monograph*. 29. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
11. Holland, J. B. & Bingham, E. T. (1994). Genetic improvement for yield and fertility of alfalfa cultivars representing different eras of breeding. *Crop Science*, 34, 953-957.
12. Julier, B., Huyghe, C. & Ecalle, C. (2000). Within and among–cultivar genetic variation in alfalfa: forage quality, morphology and yield. *Crop Science*, 40, 365-369.
13. Katepa-Mutondwa, M. F., Christie, R. B. & Michaels, E. T. (2002). An improved breeding strategy for autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Euphytica*, 123, 139-146.
14. Katić, S., Mihailović, V., Milić, D., Karagić Đ. & Pataki, I. (2004). Variability in dry matter yield and morphological characteristics of lucerne cultivars depending on geographic origin. *Grassland science in Europe*, 9, 407-409.
15. Madril, C. M., Pierce, C. A. & Ray, I. M. (2008). Heterosis among hybrids derived from genetically improved and unimproved alfalfa germplasm. *Crop science*, 48(5), 1787-1792.
16. Michaud, R., Lehman, W. F. & Rumbaugh, M. D. (1988). World distribution and historical development. In A. A. Hanson, D. K. Barnes & R. R. Hill (Ed.) Alfalfa and alfalfa improvement. (pp. 26–82) ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI
17. Milić, D., Katić, S., Mikić, A. & Karagić, D. (2010). Heterotic response from a diallel analysis between alfalfa cultivars of different geographic origin. In H. Cristian (Ed.) *Sustainable use of genetic diversity in forage and turf breeding*. (82: pp. 551–556) Springer, New York.
18. Milić, D., Katić, S., Miklić, A., Karagić, D., Gvozdanović–Varga, J., Petrovicć, S. & Boć anski, J. (2011). Genetic control of agronomic traits in alfalfa (*M. sativa* ssp. sativa L.). *Euphytica*, 182, 25-33.
19. Riday, H. & Brummer, E. C. (1999). Heterosis in alfalfa *Medicago sativa* subsp. sativa x subsp. *falcata*. http://www.naaic.org/ TAG/TAGpapers/riday/riday.html. Accessed 09 Oct 1999
20. Riday, H. & Brummer, E. C. (2002). Forage yield heterosis in alfalfa. *Crop Science*, 42, 716-723.
21. Riday, H. & Brummer, E. C. (2004). Morphological variation of *Medicago sativa* subsp. falcata genotypes and their hybrid progeny. *Euphytica*, 138, 1-12.
22. Riday, H., Brummer, E. C. & Moore, K. J. (2002). Heterosis of forage quality in alfalfa. *Crop Science*, 42, 1088-1093.
23. Riday, H., Brummer, E. C., Campbell, T. A., Luth, D. & Cazcarro, P.M. (2003). Comparations of genetic and morphological distance with heterosis between *Medicago sativa* subsp. *sativa* and subsp. *falcata*. *Euphytica*, 131, 37-45.
24. Rotili, P. & Zannone, L. (1974). General and specific combining ability in alfalfa at different levels of inbreeding and performance of second generation synthetics measured in competitive conditions. *Euphytica*, 23, 569-577.
25. Rotili, P., Gnocchi, G., Scotti, C. & Zannone, L. (1999). Some aspects of breeding methodology in alfalfa. http://www.naaic.org/TAG/TAGpapers/rotili/rotilipapers.html
26. Şakiroğlu, M. & Brummer, E. C. (2007). Little Heterosis between Alfalfa Populations Derived from the Midwestern and Southwestern United States. *Crop Science*, 47, 2364-2371.
27. SAS Institute. (2008) SAS system for Windows: Release 9.2. SAS
28. Scotti, C. & Brummer, E. C. (2010). Creation of heterotic groups and hybrid varieties. In C. Huyghe (Ed.) *Sustainable use of genetic diversity in forage and turf breeding*. (75: pp. 509–518) Springer, New York.

Archive of SID

www.SID.ir

29. Scotti, C., Carelli, M., Calderini, O., Panara, F. & Gaudenzi, P. (2011). Agronomic and molecular analysis of heterosis in alfalfa. *Plant Genetic Resources: Charecterization and Utilization*, 9, 288-290.
30. Segovia-Leirma, A., Murray, L. W., Townsend, M. S. & Ray, I. M. (2004). Population-based diallel analyses among nine historically recognized alfalfa germplasms. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 1568-1575.
31. Sriwatanapongse, S. & Wilsie, C. P. (1968). Intra- and intervariety crosses of *Medicago sativa* L. and *Medicago falcata* L. *Crop Science*, 8, 465-466.
32. Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Španić, V., Šimić, B. & Meglič, V. (2012). Combining abilities and heterosis for dry matter yield in alfalfa diallel crosses. *Romanian Agricultural Research*, 29, 72-77.
33. Tysdal, H. M. & Kiesselbach, T. A. (1944). Hybrid alfalfa. *Journal of the American Society of Agronomy*, 36, 649-667.
34. Veronesi, F., Huyghe, C. & Delgado, I. (2006). Lucerne breeding in Europe: results and research strategies for future developments. In J. Lloveras, A. Gonzalez-Rodriguez, O. Vazquez-Yanez, J. Pineiro., O. Santamaria, L. Olea & M. J. Poblaciones (Ed.) Sustainable grassland productivity. (11:pp. 232–242.) Eds. *Proceedings on the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*. Badajoz, Spain. Grassland Science in Europe, 3–6 April 2006.
35. Woodfield, D. R. & Bingham, E. T. (1995), Improvement in two allele autotetraploid populations of alfalfa explained by accumulation of favorable alleles. *Crop Science*, 35, 988-994.
36. Zhang, Y., Kang, M. S. & Lamkey, R. R. (2005). DIALLEL-SAS05: a comprehensive program for Griffing's and Gardner- Eberhart analyses. *Agronomy Journal*, 97, 1097-1106.

Archive of SID

www.SID.ir