

تجزیه دی آلل برای عملکرد علوفه خشک بین برخی ارقام یونجه

ایرج برنوسی^{۱*} و عبدالله حسن زاده قورت تپه^۲^{۱*} نویسنده مسئول، دانشیار، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

پست الکترونیک: i.bernosi@urmia.ac.ir

^۲ استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

چکیده

هدف از این مطالعه، ایجاد هیبریدهای جمعیتی با تلاقی دادن پنج رقم یونجه از نواحی جغرافیایی مختلف (قره یونجه، همدانی و محلی اصفهان از ایران، الچی از ترکیه و اردوباد از آذربایجان) و بررسی میزان ترکیب پذیری بین آنها، با استفاده از تجزیه دی آلل بود. یک دی آلل یک طرفه در میان ارقام مورد نظر در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. برای به دست آوردن نسل F1 برای هر تلاقی دوتایی، ۱۰ گیاه به طور تصادفی از هر رقم انتخاب گردید. واکنش های هتروتیک، با ارزیابی عملکرد گیاهان حاصل از کاشت بذرها از ارقام و ۱۰ هیبرید حاصل از دی آلل یک طرفه آنها طی دو سال (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) با سه چین در هر سال تعیین شد. تغییرات عملکرد علوفه در میان تلاقی ها عمدتاً به اثرات ترکیب پذیری عمومی (GCA) نسبت داده شد. به هر حال اثرات ترکیب پذیری خصوصی (SCA) نیز معنی دار بود. دامنه هتروزیس نسبت به میانگین والدین (MPH) از ۷/۱٪ در هیبرید الچی × همدانی تا ۹/۹٪ در هیبرید قره یونجه × محلی اصفهان و هتروزیس والد برتر (HPH) از ۳/۴٪ در هیبرید الچی × همدانی تا ۱۶/۷٪ در هیبرید قره یونجه × محلی اصفهان بود. رقم الچی می تواند به عنوان عضوی از یک گروه هتروتیک بالقوه برای ارقام سازگار با منطقه (قره یونجه و همدانی) در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: یونجه، هتروزیس، نیمه هیبرید، ترکیب پذیری عمومی، ترکیب پذیری خصوصی.

مقدمه

بیشتر گونه های گیاهان زراعی مانند ذرت (*Zea mays* L.)، بیشتر ارقام گیاهان علوفه ای مانند یونجه، جمعیت های ترکیبی هستند که در آنها از هتروزیس برای صفات زراعی مهم مانند عملکرد، به طور کامل استفاده نمی شود (Brummer, 1999). بیشتر تحقیقات در رابطه با توسعه ارقام هیبرید در این گیاهان، بر روی ایجاد لاین های اینبرد و به دنبال آن تولید سینگل کراس ها و دابل کراس ها تمرکز یافته است (Groose et al., 1989). با وجود این، هیچ رقم هیبرید تجاری برای گیاهان علوفه ای چندساله و دگرگرده افشان معرفی نشده

یونجه (*Medicago sativa* L.) یکی از پر محصول ترین و مغذی ترین گیاهان علوفه ای است که در سرتاسر جهان برای علوفه، سیلو و یا مرتع کشت می شود (Monteros et al., 2014). یونجه زراعی (*Medicago sativa spp. sativa*) یک اتوتتراپلوئید آزاد گرده افشان با عملکرد علوفه، پروتئین و کیفیت بالا و دارای سازگاری وسیع است که عمدتاً در نواحی معتدل هر دو نیمکره شمالی و جنوبی کشت می شود (Bouton, 2001). با وجود استفاده وسیع از ارقام هیبرید در

وسیع در این ژرم پلاسم زراعی، حکایت از وجود یک منبع با ارزش برای برنامه‌های اصلاحی دارد، از این رو یونجه ایران به‌ویژه غرب و شمال‌غرب کشور دارای اهمیت است (Veronesi *et al.*, 2010). تلاقی بین جمعیت‌ها در قالب طرح آمیزشی دی‌آلل و بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی آنها، امکان تعیین اثرات متقابل بین و درون مکان‌های ژنی را ایجاد می‌کند (Bhandari *et al.*, 2007). هدف از این تحقیق بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی و هتروزیس برای عملکرد علوفه خشک، بین برخی ارقام یونجه با ارقام سازگار با منطقه (قره یونجه و همدانی) بود.

مواد و روش‌ها مواد گیاهی

پنج جمعیت یونجه از نواحی جغرافیایی مختلف (قره یونجه، همدانی و محلی اصفهان از ایران، الچی از ترکیه و اردوباد از آذربایجان) مورد ارزیابی قرار گرفتند. جمعیت‌ها در قالب یک طرح دی‌آلل یک‌طرفه برای تولید ۱۰ هیبرید F_1 به‌طور دستی، بدون اخته کردن آمیزش داده شدند. جمعیت‌های F_1 از تلاقی دو به دوی ۱۵ گیاه از هر رقم ایجاد شدند. از هر تلاقی به تعداد مساوی بذر برای تشکیل هر جمعیت F_1 مخلوط گردید.

اجرای آزمایش

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در ۱۱ کیلومتری جاده ارومیه - سرو طی سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. مزرعه آزمایشی به‌ترتیب در عرض و طول جغرافیایی ۳۷ و ۴۵ درجه شمالی با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. خاک محل آزمایش از نوع لومی رسی با ۲ درصد ماده آلی بود. سه روز قبل از کاشت (۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۲) زمین با کود فسفر (سوپر فسفات تریپل) برابر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاس (کلروپتاسیم) ۸۰ کیلوگرم در هکتار کودپاشی و تسطیح شد. در طول دوره رشد عملیات داشت از قبیل آبیاری و مبارزه با آفات بنا به ضرورت انجام گردید.

است. به‌طور مسلم یکی از دلایل این ناکامی، پسروی درون زادآوری شدید در این گیاهان است. گزارش‌های موجود از اثر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) معنی‌دار در هیبرید‌های ایجاد شده از ژنوتیپ‌ها و جمعیت‌های مختلف یونجه (Riday & Brummer, 2002; Segovia-Lerma *et al.*, 2004) نشان می‌دهد که ایجاد لاین‌های اینبرد که یک مشکل اساسی در اصلاح یونجه هیبرید به‌شمار می‌رود، یک پیش‌نیاز برای استفاده از هتروزیس در یونجه نیست. به‌رحال تلاقی بین هر جمعیت یونجه هتروزیس نشان نمی‌دهد. از این رو نیاز است که جمعیت‌ها دو به دو تلاقی داده شوند و دو جمعیت والدی که در نتاج آنها هتروزیس بیان می‌شود در گروه‌های هتروتیک متفاوت قرار بگیرند (Halauer & Miranda, 1988). به‌عبارت دیگر، جمعیت‌های دور از لحاظ ژنتیکی که به‌خوبی با هم ترکیب می‌شوند، شناسایی و حفظ شوند (Riday *et al.*, 2002). به‌عقیده Brummer (۱۹۹۹) می‌توان پس از شناسایی گروه‌های هتروتیک و گزینش داخل هر گروه هتروتیک برای ترکیب‌پذیری بالا با ژنوتیپ‌های گروه هتروتیک دیگر، اقدام به تولید هیبرید بین گروه‌ها (نیمه هیبریدها) نمود. اصلاح نیمه هیبریدها، راهکاری بر اساس تلاقی بین جمعیتی است که در آن نیازی به ایجاد لاین‌های اینبرد نیست و می‌تواند با استفاده از تکنولوژی رایج، بدون تحمیل هزینه‌های اضافی توسعه یابد. البته شناسایی و توسعه گروه‌های هتروتیک و تولید نیمه هیبریدها یک روش آسان برای دستیابی به بیان جزئی هتروزیس در سطح تجاری است (Brummer, 1999). در حال حاضر گزارش‌های متعددی در مورد گروه‌های هتروتیک در زیرگونه *Medicago sativa spp. sativa* وجود دارد (Sakiroglu *et al.*, 2007; Madrill *et al.*, 2008). جمعیت‌های بومی و زراعی، بخش عمده منابع ژنتیکی یونجه را تشکیل می‌دهند و منابع بالقوه‌ای برای صفات سازگاری، ایجاد تنوع در مخازن ژنی و بررسی وجود هتروزیس به‌شمار می‌روند. در ایران، اساساً یونجه‌های زراعی، جمعیت‌های رایج در منطقه هستند. تنوع ژنتیکی

متوسط، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) بر اساس مقابله (کنتراست) بین میانگین والدین و F_1 ها برآورد شد. هر مقابله (C) به صورت تابع خطی از عملکرد کرت ایجاد شد.

$$C = \sum_{j=1}^t c_j \bar{y}_j$$

که c_j ها ضرایب مقابله ($\sum c_j = 0$) و \bar{y}_j میانگین نمونه ژنوتیپ‌ها (والدین یا F_1 ها) و t تعداد ژنوتیپ‌ها در مقابله را نشان می‌دهد. هتروزیس میان والدی (MPH) و هتروزیس والد برتر (HPH) مطابق با هالوور و میراندا (Hallauer & Miranda, 1988) به صورت:

$$MPH = 100 \left[\frac{F_1 - \{(P_1 + P_2) / 2\}}{(P_1 + P_2) / 2} \right]$$

$$HPH = 100 \left[\frac{F_1 - HP}{HP} \right]$$

برآورد شد که F_1 عملکرد هیبرید حاصل از تلاقی والدین P_1 ، P_2 و HP (والد با عملکرد بالا) در تلاقی است. معنی‌دار بودن اثرات هتروزیس با استفاده از آزمون t به صورت زیر انجام شد:

$$t = L / \sqrt{(MSE / rk) \left(\sum_{j=1}^t C_j^2 \right)}$$

که در آن L مقدار مطلق مقابله متناظر با هتروزیس (یعنی MPH یا HPH)؛ r تعداد تکرارها؛ k تعداد سال‌ها؛ MSE میانگین مربعات اشتباه کرت‌های اصلی (یعنی میانگین مربعات بلوک \times ژنوتیپ) حاصل از تجزیه واریانس والدین و F_1 ها (۱۵ ژنوتیپ) و

$$\sum_{j=1}^t C_j^2$$

ده جمعیت F_1 به همراه ۵ جمعیت والدی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر کرت با فاصله ۶۰ سانتی‌متر از کرت دیگر شامل ۳۰۰ بذر در سه ردیف ۱/۵ متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ سه بار با فاصله حدود ۳۵ روز برداشت محصول انجام شد، درو از پنج سانتی‌متری زمین انجام شد و در سال استقرار (۱۳۹۲) هیچ داده‌ای جمع‌آوری نشد. علوفه برداشت شده از ردیف وسط هر کرت با در نظر گرفتن ۲۵ سانتی‌متر حاشیه، در ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. مجموع عملکرد خشک طی سه چین در سال محاسبه شد و به میزان ماده خشک در هکتار (ton ha^{-1}) تبدیل گردید.

تجزیه آماری

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد خشک (مجموع سه چین در هر سال) به صورت کرت خرد شده در زمان انجام شد. ژنوتیپ‌ها (جمعیت‌های والدی و F_1 ها) به عنوان کرت‌های اصلی و سال‌ها به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس داده‌های عملکرد خشک در هر سال نیز به طور جداگانه انجام شد. پس از تجزیه واریانس داده به اجزای مشاهده‌ای (بلوک‌ها، ژنوتیپ‌ها، سال‌ها و اثر متقابل‌ها آنها) تجزیه واریانس به اجزا عاملی به صورت دی آلل به دو روش مختلف انجام شد. تغییرات ژنوتیپ‌ها به ارقام (جمعیت‌های والدی)، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) مطابق با تجزیه III (Gardner & Eberhart, 1966) و تغییرات ناشی از هتروزیس به هتروزیس متوسط (والدین در مقابل دورگ‌ها)، هتروزیس رقم و هتروزیس خاص مطابق با تجزیه II (Gardner & Eberhart, 1966) تقسیم شد. ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) از تجزیه III همان هتروزیس خاص در تجزیه II هست (Murray et al., 2003).

تجزیه‌ها داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و برنامه DIALLEL-SAS05 مطابق با Zhang و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد. اثرات ارقام (والدها)، هتروزیس، هتروزیس

قره یونجه و همدانی (با میانگین ۷/۷۸ تن در هکتار طی دو سال با سه چین در هر سال) به عنوان ارقام سازگار با منطقه نداشت. کمترین عملکرد مربوط به جمعیت محلی اصفهان (۶/۶۰ تن در هکتار) بود و عملکرد رقم الجی (۷/۱۸ تن در هکتار) به طور معنی داری کمتر از عملکرد قره یونجه و همدانی و بیشتر از عملکرد محلی اصفهان و اردوباد (۶/۸۰ تن در هکتار) بود. بیشترین عملکرد هیبرید مربوط به دو تلاقی (همدانی × الجی و قره یونجه × الجی) بود که والد مشترک الجی را داشتند. میانگین عملکرد هر جمعیت والدی از مجموع ۴ تلاقی در ستون آخر جدول ۱، برآورد اثرات را (مطابق جدول ۳) امکان پذیر می سازد.

مجموع توان دوم ضرایب مقابله برای برآورد اثر هتروزیس مورد نظر است. فرمول های ریاضی و روش های مورد استفاده برای برآورد اثر اجزای دای آلل در این مطالعه در جای دیگر وجود دارد (Murray *et al.*, 2003).

نتایج

بین جمعیت های والدی از لحاظ عملکرد علوفه خشک اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۲). میانگین عملکرد علوفه خشک جمعیت های والدی، هر یک از هیبرید و همچنین میانگین عملکرد هر جمعیت والدی از مجموع ۴ تلاقی در جدول ۱ آورده شده است. هیچ جمعیت والدی، عملکرد علوفه خشک بیشتری از

جدول ۱- میانگین عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) والدین (قطر) و هیبریدهای (بالای قطر) دی آلل پنج رقم یونجه

در دو سال با سه چین در هر سال

رقم	قره یونجه	همدانی	محلی اصفهان	الجی	اردوباد	میانگین
قره یونجه	۷/۷۸	۷/۷۸	۶/۴۸	۷/۸۰	۷/۱۴	۷/۳۰
همدانی		۷/۷۱	۶/۶۹	۷/۹۷	۷/۱۱	۷/۳۹
محلی اصفهان			۶/۶	۶/۴۴	۶/۲۴	۶/۴۶
الجی				۷/۱۸	۶/۹۸	۷/۳۰
اردوباد					۶/۸	۶/۸۷
LSD (0.05)						۰/۳۱

(جدول ۲). از تجزیه جداگانه در هر سال نیز نتایج مشابهی به دست آمد. البته اثر متقابل هیچ یک از اثرات اصلی با سال معنی دار نبود. میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی به طور قابل توجهی بیشتر از ترکیب پذیری خصوصی (نسبت واریانس GCA به واریانس SCA بیش از سه برابر) بود.

تجزیه واریانس در میان سال ها، بر اساس تجزیه II و Gardner & Eberhart, 1966; Murray *et al.*,) III (2003 نشان داد که تمام اثرات (هتروزیس، هتروزیس متوسط، هتروزیس رقم (والدی)، ترکیب پذیری عمومی (GCA) و ترکیب پذیری خصوصی (SCA)) به طور معنی داری روی عملکرد علوفه خشک مؤثر هستند

جدول ۲- میانگین مربعات عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) حاصل از تجزیه دی آلل پنج رقم یونجه در دو سال (مجموع سه چین در هر سال) مطابق با تجزیه II و III و Gardner، Eberhart و Murray (۱۹۶۶) بازنگری شده توسط Murray و همکاران (۲۰۰۳)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		۱۳۹۲	۱۳۹۳
بلوک	۲	۰/۲۶	۰/۳۶
ژنوتیپ	۱۴	**۱/۰۰	**۱/۰۰
والدین / ارقام	۴	*۰/۸۵	*۰/۸۳
هتروزیس (H)	۱۰	**۰/۸۷	**۰/۸
هتروزیس متوسط (\bar{h})	۱	*۱/۱۳	*۱/۰۱
ترکیب پذیری عمومی (GCA)	۴	**۱/۵۴	**۱/۶۵
ترکیب پذیری خصوصی (SCA)	۵	*۰/۶۶	*۰/۶۱
بلوک × ژنوتیپ	۲۸	۰/۲۴	۰/۴۲
سال	۱		**۱/۷۵
سال × ژنوتیپ	۱۴		۰/۱۳
سال × والدین	۴		۰/۱۵
سال × هتروزیس	۱۰		۰/۰۸
سال × هتروزیس متوسط	۱		۰/۰۷
سال × ترکیب پذیری عمومی	۴		۰/۱۷
سال × ترکیب پذیری خصوصی	۵		۰/۰۹
باقی مانده	۳۰		۰/۰۹
ضریب تغییرات CV (%)		۴/۳	۶/۷
		۶/۹	۶/۹

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

معنی داری نشان دادند. برآورد اثرات هتروزیس رقم برای الچی و همدانی به طور معنی داری بیشتر از صفر و برای محلی اصفهان به طور معنی داری کمتر از صفر بود و برای قره یونجه و اردوباد اختلاف معنی داری با صفر نداشت. اثر ترکیب پذیری خصوصی برای تلاقی اردوباد × محلی اصفهان و الچی × همدانی مثبت و معنی دار بود، در حالی که برای سایر تلاقی ها معنی دار نبود (جدول ۳).

رتبه بندی والدها (ارقام) بر اساس عملکرد علوفه خشک (جدول ۱) و برآورد اثرات والدی از تجزیه III (جدول ۳) نشان داد که عملکرد قره یونجه و همدانی به طور معنی داری بیشتر از میانگین عملکرد والدها و عملکرد رقم محلی اصفهان کمتر از میانگین والدها بود. برآورد اثرات ترکیب پذیری عمومی برای ارقام قره یونجه، همدانی و الچی مثبت و معنی دار بود، در حالی که ارقام اردوباد و محلی اصفهان اثرات منفی

جدول ۳- برآورد اثرات والدین/ ارقام (v)، ترکیب پذیری عمومی (GCA)، هتروزیس متوسط (\bar{h})، هتروزیس رقم (h)، ترکیب پذیری خصوصی (SCA) و اشتباه معیار آنها (در پرانتز) از تجزیه دی آلل برای عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)

برآورد	اثر	برآورد	اثر	برآورد	اثر	برآورد	اثر	برآورد	اثر
v_{11}^a	۰/۵۷**	GCA ₁₁	۰/۳۲**	h_{11}	۰/۰۴	SCA ₁₂	-۰/۰۳	SCA ₂₄	۰/۱۷*
v_{22}	۰/۵**	GCA ₂₂	۰/۴۳**	h_{22}	۰/۱۸**	SCA ₁₃	-۰/۱۰	SCA ₂₅	-۰/۱۳
v_{33}	-۰/۶۱	GCA ₃₃	-۰/۸۰**	h_{33}	-۰/۵۰**	SCA ₁₄	۰/۱۱	SCA ₃₄	-۰/۱۴
v_{44}	-۰/۰۳	GCA ₄₄	۰/۳۱**	h_{44}	۰/۳۳**	SCA ₁₅	۰/۰۳	SCA ₃₅	-۰/۱۴
v_{55}	-۰/۴۲**	GCA ₅₅	-۰/۲۶**	h_{55}	-۰/۰۵	SCA ₂₃	-۰/۰۱	SCA ₄₅	۰/۲۴**
	(۰/۰۹)		(۰/۰۵)		(۰/۰۷)		(۰/۰۷)		(۰/۰۷)
μ_v	۷/۲۱	\bar{h}	-۰/۱۵**	(۰/۰۵)					

^a والدین/ ارقام به صورت ۱۱ قره یونجه، ۲۲ همدانی، ۳۳ محلی اصفهان، ۴۴ الجی و ۵۵ اردوباد نشان داده شدند. هیبرید ۱۲، هیبرید بین قره یونجه (۱۱) و همدانی (۲۲) و غیره را نشان می دهد. * و ** به ترتیب تفاوت معنی دار با صفر در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

۹/۹-٪ در هیبرید قره یونجه × محلی اصفهان که اختلاف معنی داری با صفر داشت متغیر بود (جدول ۴). رتبه بندی والدین بر اساس هتروزیس رقم (جدول ۳) و میانگین مقدار هتروزیس میان والدی، مطابقت نداشت (جدول ۴).

هتروزیس والد برتر (HPH) از ۳/۴٪ در هیبرید الجی × همدانی تا ۱۶/۷-٪ در هیبرید قره یونجه × محلی اصفهان که اختلاف معنی داری با صفر داشت متغیر بود. هتروزیس میان والدی (MPH) نیز از ۷/۱٪ در هیبرید الجی × همدانی تا

جدول ۴- هتروزیس والد برتر (HPH) بالای قطر) و میان والدی (MPH) پایین قطر) عملکرد علوفه از تلاقی دی آلل پنج جمعیت یونجه

رقم	قره یونجه	همدانی	محلی اصفهان	الجی	اردوباد
قره یونجه		۰/۱	-۱۶/۷**	۰/۳	-۸/۲
همدانی	۰/۵		-۱۳/۲*	۳/۴	-۷/۸
محلی اصفهان	-۹/۹*	-۶/۵		-۱۰/۴	-۸/۱
الجی	۴/۳	۷/۱	-۶/۶		-۲/۸
اردوباد	-۲/۱	-۲/۰	-۶/۸	-۰/۰۶	

* و ** به ترتیب تفاوت معنی دار با صفر در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

بحث

در اثرات GCA سهیم باشد، زیرا دو آلل از هر والد به نتاج منتقل می شود (Levings & Dudley, 1963). معنی دار شدن اثرات هتروزیس، هتروزیس متوسط، هتروزیس والدی و ترکیب پذیری خصوصی نشان می دهد که فرصت بهره برداری از هتروزیس در رابطه با تلاقی ارقام مورد مطالعه وجود دارد. معنی دار بودن اثر ترکیب پذیری عمومی رقم الجی و اثر ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی دار، در تلاقی الجی × همدانی (جدول ۳) نشان می دهد که ترکیبات آلی مؤثر در عملکرد علوفه می تواند از مواد گیاهی غیرسازگار با این ناحیه

معنی دار شدن اثرات هتروزیس، هتروزیس متوسط، هتروزیس رقم (والدی)، ترکیب پذیری عمومی (GCA) و ترکیب پذیری خصوصی (SCA) نشان داد که والدین اثرات ژنتیکی متفاوت مؤثر در عملکرد علوفه را به نتاج منتقل کردند. زیاد بودن میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی نسبت به ترکیب پذیری خصوصی، نشان داد که اثرات افزایشی نقش اصلی را در کنترل عملکرد علوفه خشک بر عهده دارند. در اتوتتراپلوئیدها هر دو واریانس افزایشی و غالب بودن می تواند

بررسی شجره جمعیت‌های مورد مطالعه خود، پی بردند که اثر ترکیب‌پذیری خصوصی در هیبریدهای تولید شده از جمعیت‌های خویشاوند معنی‌دار نبوده و زمانی اثر معنی‌دار مشاهده شده است که هیبریدها از جمعیت‌هایی با فاصله ژنتیکی دور و آلل‌های متفاوت حاصل شده باشند. یافته‌های ما با نتایج Bhandari و همکاران (۲۰۰۷) و Milić و همکاران (۲۰۱۰) که اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری را در تلاقی دی-آلل حاصل از یونجه‌هایی با منشأ جغرافیایی مختلف به دست آوردند مطابقت دارد، که نشان می‌دهد جمعیت‌های با فاصله ژنتیکی دور، مواد ژنتیکی مفیدی برای بهره‌برداری از هتروزیس در یونجه هستند.

بالاترین عملکرد، اثر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) معنی‌دار و بالاترین هتروزیس والد برتر (HPH) و هتروزیس میان والدی (MPH) در هیبرید الجی × همدانی نشان می‌دهد که انتخاب والدین برای بهبود عملکرد علوفه خشک در برنامه‌های اصلاحی یونجه می‌تواند بر اساس هتروزیس والد برتر (HPH) و هتروزیس میان والدی (MPH) انجام گیرد. نتایج مشابهی توسط Milić و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. در حالی که Bhandari و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که انتخاب والدین تنها بر اساس هتروزیس والد برتر (HPH) و هتروزیس میان والدی (MPH) ممکن است گمراه‌کننده باشد و انتخاب والدین نباید بر اساس پاسخ هتروزیس مطلق و یا نسبی هیبرید (نتایج) باشد بلکه باید بر اساس عملکرد هیبرید نسبت به رقم شاهد تجاری باشد. اگر عملکرد علوفه یونجه یک صفت پلی‌ژنیک افزایشی با توارث‌پذیری بالا باشد نباید انتظار داشت که اثرات غیر افزایشی رخ دهد. به‌رحال تلاقی دو جمعیت هتروتیک با فراوانی آلل‌های غالب متفاوت، می‌تواند منجر به ظاهر شدن اثرات تجمعی بین آلل‌های غالب شود که نتیجه آن بیان اثرات غیر افزایشی در تلاقی بین جمعیتی یونجه است (Riday *et al.*, 2002). یافته‌های این تحقیق نشان داد که امکان استفاده از اثرات ژنی افزایشی و غیر افزایشی در اصلاح یونجه وجود دارد و رقم الجی می‌تواند به‌عنوان عضوی از یک گروه هتروتیک بالقوه برای ارقام سازگار با منطقه (قره یونجه و همدانی) در نظر گرفته شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعه

با ترکیب‌پذیری عمومی بالا به دست آید.

مشابهت رتبه‌بندی والدها (جمعیت‌ها) بر اساس عملکرد علوفه خشک (جدول ۱) و برآورد اثرات والدی از تجزیه III Eberhart و Gardner (۱۹۶۶) (جدول ۳) در این مطالعه، توسط Segovia-Ierma و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است که نشان‌دهنده عدم اختلاط اثرات والدی و ترکیب‌پذیری عمومی در تجزیه III بر خلاف آنچه که در تجزیه II Eberhart و Gardner (۱۹۶۶) روی می‌دهد است (Murray *et al.*, 2003).

با وجود اهمیت بیشتر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) نسبت به ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) در این مطالعه، معنی‌دار شدن اثرات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) در تجزیه دی‌آلل حکایت از نقش هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی عملکرد علوفه خشک یونجه دارد و نشان می‌دهد که امکان بهبود عملکرد از طریق تجمع آلل‌های مطلوب و بهره‌برداری از هتروزیس وجود دارد. اختلاف در ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) ارقام، معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و بالا بودن اهمیت آن نسبت به ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA)، برای عملکرد علوفه خشک یونجه در این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعات قبلی مطابقت دارد (Segovia-Ierma *et al.*, 2004; Sakiroglu & Brummer, 2007; Bhandari *et al.*, 2007). پایین بودن سهم ترکیب‌پذیری خصوصی از ترکیب‌پذیری عمومی در این مطالعه، ممکن است ناشی از رقیق شدن اثر ترکیب‌پذیری خصوصی برخی ژنوتیپ‌های خاص، در نتیجه مخلوط کردن بذره‌های هیبرید چندین ژنوتیپ در هر تلاقی و یا عدم تکثیر رویشی والدین باشد. علاوه بر این ردیابی ترکیب‌پذیری خصوصی در دی‌آلل‌های اتوتتراپلوئیدها آسان نیست (Dudley *et al.*, 1969). البته معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری خصوصی در چندین مطالعه گزارش شده است (Segovia-Ierma *et al.*, 2004; Bhandari *et al.*, 2007). با وجود این گزارش‌هایی نیز از ترکیب‌پذیری خصوصی غیرمعنی‌داری وجود دارد (Dudley *et al.*, 1969; Hill, 1983; Groose *et al.*, 1988). محققانی که اثر ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری را گزارش کردند با

- Hallauer, A.R. and Miranda, J.B., 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Hill, R.R. Jr. 1983. Heterosis in population crosses of alfalfa. *Crop Science*, 23:48-50.
- Levings, C.S., and Dudley, J.W., 1963. Evaluation of certain mating designs for estimation of genetic variance in autotetraploid alfalfa. *Crop Science*, 3:532-535.
- Madrill, C.M., Pierce, C.A. and Ray, I.M., 2008. Heterosis among hybrids derived from genetically improved and unimproved alfalfa germplasm. *Crop Science*, 48:1787-1792.
- Milić, D., Katić, S., Mikić, A. and Karagić, D., 2010. Heterotic response from a diallel analysis between cultivars of different geographic origin. In: Huyghe C, ed. Sustainable Use of genetic Diversity in Forage and Turf Breeding. Springer, New York: 551-556.
- Murray, L.W., Ray, I.M., Dong, H. and Segovia-Lerma, A., 2003. Clarification and reevaluation of population base diallel analyses: Gardner and Eberhart analyses II and III revisited. *Crop Science*, 43:1930-1937.
- Monteros, M.J., Han, Y. and Brummer, E.C., 2014. Alfalfa. pp: 187-219. In: Cai, H., Yamada, T. and Kole, C. (ed.). Genetics, Genomics and Breeding Forage Crops. CRC Publishers, Boca Raton London New York.
- Riday, H. and Brummer, E.C. 2002. Forage yield heterosis in alfalfa. *Crop Science*, 42:713-723.
- Riday, H., Brummer, E.C. and Moore, K. 2002. Heterosis of forage quality in alfalfa. *Crop Science*, 42:1088-1093.
- Sakiroglu, M. and Brummer, E.C., 2007. Little heterosis between alfalfa populations derived from the Midwestern and Southwestern United States. *Crop Science*, 47:2364-2371.
- Segovia-Lerma, A., Murray, L.W., Townsend, M.S. and Ray, I.M., 2004. Population-based diallel analyses among nine historically recognized alfalfa germplasms. *Theoretical and Applied Genetics*, 109:1568-1575.
- Veronesi, F., Brummer, E.C. and Huyghe, C., 2010. Alfalfa. In Boller, B., U.K. Posselt, and F. Veronesi. (eds). Fodder crops and amenity grasses. Series: handbook of plant breeding. Vol 5. Springer, New York, pp 395-437.
- Zhang, Y., Kang, M.S. and Lamkey, R.R., 2005. DIALLEL-SAS05: a comprehensive program for Griffing's and Gardner Eberhart analyses. *Agronomy Journal*, 97:1097-1106.

در سطح تک گیاه و جمعیت‌هایی با فاصله ژنتیکی دور با تعداد جمعیت بیشتر انجام شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی و همکاری حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه اجرا شده است، بدین وسیله از تمامی دست‌اندرکاران سپاسگزاری می‌گردد. از دکتر رضا درویش‌زاده به دلیل در اختیار قرار دادن برنامه DIALLEL-SAS05 قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Al Lawati, A. H., Pierce, C. A., Murray, L. W. and 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.
- Bhandari, H.S., Pierce, C.A., Murray, L.W. and 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.
- Bouton, J.H. 2001. Alfalfa. In: Arnaldo Machado Camargo Filho ed. Grassland Ecosystems: an Outlook into the 21st Century. Proceeding of the XIX Grassland Congress, Sao Paulo, Brasil, 11-21 February 2001. Brazilian Society of Animal Husbandry, 545-547.
- Brummer, E.C. 1999. Capturing heterosis in forage crop cultivar development. *Crop Science*, 33: 943-954.
- Dudley, J.W., Busbice, T.H. and Levings, C.S., 1969. Estimates of genetic variance in Cherokee alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Crop Science*, 9:228-231.
- Gardner, C.O. and Eberhart, S.A., 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. *Biometrics*, 22:439-452.
- Groose, R.W., Kojis, W.P. and Bingham, E.T., 1988. Combining ability differences between isogenic diploid and tetraploid alfalfa. *Crop Science*, 28:7-10.
- Groose, R.W., Talbert, L.E., Kojis, W.R. and Bingham, E.T., 1989. Progressive heterosis in autotetraploid alfalfa: studies using two types of inbreds. *Crop Science*, 29:1173-1177.

Diallel analyses for dry forage yield among some alfalfa cultivars

I. Bernousi^{1*}, A. Hasanzade Ghorttappe²

1*- Assoc. Prof., Department Plant Breeding and Biotechnology, Agricultural Faculty, Urmia University, Urmia, I.R.Iran
Email: i.bernosi@urmia.ac.ir

2- Assist. Prof., Center of Agricultural Research and Natural Resources of West Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, I.R. Iran

Received: 15.01.2018 Accepted: 18.04.2018

Abstract

The objective of this study was to develop population hybrids by crossing five alfalfa cultivars of different geographic origin (Ghareh Yonjeh, Hamedani and Mahalie-Esfahan from Iran, Elchi from Turkey and Ordobad from Azerbaijan) and assessment of combining ability among them using diallel analysis. A half diallel was performed during 2012 between the selected cultivars. For each pairwise cross, ten plants were chosen at random to obtain F1 generation. Heterotic responses were determined by evaluation forage yield of the cultivars and their 10 half-diallel hybrids in seeded plots that were harvested three times in each of 2 years (2014 and 2015). Variation among crosses was attributed primarily to general combining ability (GCA) effects. However, specific combining ability (SCA) effects were also significant. Mid-parent heterosis ranged from 7.1% in the Elchi x Hamedani to -9.9 % in the Ghareh Yonjeh x Mahalie-Esfahan and high-parent heterosis ranged from 3.4 % in the Elchi x Hamedani to -16.7% Ghareh Yonjeh x Mahalie-Esfahan. Results indicated that Elchi cultivar could be considered as a member of a potential heterotic group for adapted cultivars (Ghareh Yonjeh and Hamedani) to the studied environment.

Keywords: Alfalfa, GCA, heterosis, semi hybrid, SCA.