تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.3795.1917

مقاله پژوهشی

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل خشکی، عملکرد و میزان اسانس میوه در گشنیز با روش پلی‌کراس

آرام شریفی‌زاغه[۱]، مصطفی خدادادی[۲*]، امیر قلی‌زاده[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش خشکی
ترکیب‌پذیری عمومی
فامیل‌های ناتنی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۲/۰۳

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۱

۱۵(۲): ۲۹۹-۳۱۴

چکیده

یکی از عوامل محدودکننده تولید گیاهان دارویی تنش خشکی است. هدف از این مطالعه ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی توده‌های بومی گشنیز برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد میوه و محتوای اسانس در رژیم‌های مختلف آبیاری بود. به همین منظور ۱۴ خانواده‌ی نیمه‌خواهری حاصل از خزانه‌ی پلی‌کراس در سه آزمایش (بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید) در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه‌ی آماری داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین ضریب تنوع فنوتیپی در شرایط عدم تنش مربوط به کلروفیل کل، در شرایط تنش ملایم مربوط به عملکرد میوه و در شرایط تنش شدید مربوط به میزان اسانس میوه بود. هم‌چنین بیش-ترین ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب مربوط به صفات میزان اسانس میوه، عملکرد میوه و میزان اسانس میوه بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای بر اساس ترکیب‌پذیری عمومی صفات مشخص کرد که فامیل‌های ناتنی ۸، ۹، ۱۰ و ۱۴ برای تولید واریته ساختگی با عملکرد میوه و میزان اسانس بالا در شرایط عدم تنش خشکی مناسب هستند. در شرایط تنش ملایم فامیل‌های ۷، ۱۱ و ۱، برای تولید واریته‌های با عملکرد میوه و میزان اسانس بالا مناسب هستند و در شرایط تنش شدید فامیل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۱، ۶ و ۷ برای تولید واریته‌های با عملکرد میوه‌ی بالا و فامیل‌های ۱، ۳، ۹، ۱۲ و ۷ برای تولید واریته با میزان اسانس بالا مناسب هستند.

مقدمه

گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L.، دیپلوئید (n = 2x = 22)، متعلق به خانواده‌ی چتریان (Apiaceae)، گیاهی علفی یک‌ساله با دگرگرده‌افشانی اختیاری بوده که بومی مناطق مدیترانه و جنوب اروپا است (Emamghoreishi and Heidari-Hamedani, 2006). در اغلب نواحی دنیا قسمت‌های مختلف گیاه گشنیز اعم از برگ، میوه و ریشه به‌منظور تهیه‌ی غذا و شیرینی مورد کشت قرار می‌گیرد. در ایران نیز این گیاه سابقه‌ی کشت طولانی دارد که بیشتر سطح زیر کشت آن، به‌منظور تازه‌خوری است (Zargari, 2010). میوه‌ی گشنیز دارای ترکیبات ثانویه ازجمله لینالول است. به همین دلیل کاربرد زیادی در صنایع آرایشی، بهداشتی، غذایی و داروسازی دارد. همچنین از اسانس گشنیز در رفع مشکلات دستگاه گوارش، تشنج و بی‌خوابی استفاده می‌شود (Volatil, 2000).

کیفیت و کمیت گیاهان دارویی تحت تأثیر عوامل محیطی، ژنتیکی و اثر متقابل این دو عامل قرار می‌گیرد (Abdalla and El-Khoshiban, 2007). ازجمله عوامل محدودکننده‌ای که تولید کمی و کیفی گیاهان دارویی را

* نگارنده پاسخگو: مصطفی خدادادی. پست الکترونیک: mkhodadadi@spii.ir

تحت تأثیر قرار می‌دهد، تنش خشکی است؛ بنابراین، دستیابی به ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی کمیت و کیفیت (ماده مؤثره) بالاتری داشته باشند، از اهداف اصلاحی گیاهان دارویی است. به دلیل عوارض جانبی کم‌تر گیاهان دارویی تولید و فرآوری این گیاهان روزبه‌روز بیش‌تر می‌شود و بیشتر کشورها سرمایه‌گذاری‌های زیادی را درزمینه‌ی گیاهان دارویی انجام داده‌اند (Nessabian et al., 2012). امروزه یکی از مهم‌ترین مسائل در بخش کشاورزی، علوم پزشکی و حتی تجارت، توجه به تولید و فرآوری گیاهان دارویی است (Pirzad et al., 2006). با توجه به گرم شدن کره‌ی زمین و به‌تبع آن توسعه خشک‌سالی به‌ویژه در مناطق گرم و خشک جهان، برنامه‌ریزی و تحقیقات درزمینه‌ی تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین تنش محیطی در اولویت خاصی قرار دارد (Khodse et al., 2004). در اثر تنش خشکی دستگاه فتوسنتز گیاه صدمه می‌بیند درنتیجه موجب کاهش کلروفیل در گیاه نسبت به شرایط بدون تنش می‌شود (Fu and Huang, 2001). به‌طوری‌که گیاهان هنگامی‌که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند به شرایط تنش خشکی پاسخ می‌دهند و با القای پاسخ‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به این شرایط سازگار می‌شوند (Wang, and Huang, 2004). به دلیل دگرگرده‌افشان و کوچک بودن گل و اجزای آن، کار اخته کردن و تلاقی دادن در گشنیز خیلی سخت بوده و در برنامه‌های حاصل از تلاقی بذر کمتری به دست می‌آید. درنتیجه نمی‌توان از روش‌های متداول اصلاح گیاهان، برای تولید ژنوتیپ‌های جدید در گشنیز استفاده نمود؛ بنابراین می‌توان از روش‌های اصلاحی که نیاز به اخته کردن و تلاقی دادن ندارند، استفاده کرد. یکی از روش‌های اصلاحی که می‌توان از آن استفاده کرد تولید واریته‌های ترکیبی است. واریته‌های ترکیبی شامل چندین ژنوتیپ متفاوت هستند که به‌طور طبیعی یا از طریق روش‌های مخصوصی به دست می‌آیند (Farshadfar, 1997). رقم ترکیبی چون دارای ژنوتیپ‌های گوناگون است. جهت حفظ توان گیاه و در رابطه با صفت موردنظر از مقداری یکنواختی برخوردار خواهد بود و مزیت آن نسبت به دابل‌کراس‌ها و سینگل‌کراس‌ها این است که زارع می‌تواند چند نسل بذر بگیرد (Allard, 1960). تنها والدینی که دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالای هستند برای تولید واریته‌های ترکیبی مناسب می‌باشند. برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی حاصل از طریق آزمون پلی‌کراس یا تاپ‌کراس صورت می‌گیرد که متداول‌ترین آن‌ها روش پلی‌کراس است (Ahmadi and Ehsanzadeh, 2004). در این روش می‌توان بهترین والدین را ازنظر ترکیب‌پذیری عمومی انتخاب و برای تولید رقم ترکیبی استفاده کرد (Sleper and West, 1996). تورچی و همکاران (Toorchi et al., 2007) را برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی در ۳۶ توده‌ی بومی اسپرس از آزمون پلی‌کراس استفاده کردند و بر اساس آن توده‌های برتر ازنظر صفات مختلف برای تولید واریته‌های ترکیبی معرفی کردند. در مطالعه مجیدی و همکاران (Majidi et al., 2009) نیز پارامترهای ژنتیکی در ۲۵ فامیل نیمه‌خواهری فسکیوی بلند، تنوع ژنتیکی بالایی را برای عملکرد علوفه، درصد ماده خشک و برخی خصوصیات مورفولوژیک و زراعی گزارش شد. با توجه به بررسی منابع انجام شده تاکنون پژوهشی مبنی بر استفاده از فامیل‌های نیمه‌خواهری گشنیز برای تولید واریته‌های ترکیبی گزارش نشده است؛ بنابراین تحقیق حاضر به‌منظور شناسایی توده‌های بومی با قابلیت ترکیب‌پذیری بالا جهت تولید واریته‌های ترکیبی در سه رژیم رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط رشد

مواد ژنتیکی مورداستفاده در این آزمایش (جدول ۱) شامل ۱۴ فامیل نیمه‌خواهری گشنیز در ایران بود. جهت تولید فامیل نیمه‌خواهری در سال ۱۳۹۳ تمام تلاقی‌های ممکن بین توده‌های گشنیز بومی ایران تهیه‌شده از بانک ژن گیاهی در خزانه پلی‌کراس انجام شد. آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران- کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا با اقلیم نیمه‌خشک اجرا گردید. بذور خانواده‌های نیمه‌خواهری حاصل از خزانه پلی‌کراس در فصل زراعی سال ۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در سه آزمایش جداگانه کشت شدند. در هر کرت آزمایشی تعداد ۲۵ بوته با تراکم ۲۰×۲۵ سانتی‌متر مربع کشت گردیدند. روش آبیاری به‌صورت غرق آبی و بافت خاک محل آزمایش لومی-شنی بود. در آزمایش اول آبیاری بعد از اندازه‌گیری رطوبت خاک با دستگاه TDR در زمان رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد آب در دسترس گیاه انجام شد. به‌طوری‌که آب در دسترس گیاه با محاسبه

اختلاف رطوبت خاک در زمان ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به دست می‌آید.

در آزمایش دوم مربوط به تنش ملایم تا زمان شروع ساقه‌دهی آبیاری مانند آزمایش اول انجام شد. در زمان شروع ساقه‌دهی آبیاری قطع و درزمان شروع تشکیل میوه که مصادف با رطوبت خاک ۳۰ درصد آب در دسترس گیاه بود، یک‌بار آبیاری بازیابی انجام شد و پس‌ازآن مجدداً قطع گردید. در آزمایش سوم مربوط به تنش شدید، آبیاری تا مرحله‌ی شروع تشکیل میوه به‌صورت معمولی انجام و پس‌از این مرحله آبیاری کاملاً قطع شد.

جدول ۱. کد بانک ژن توده‌های گشنیز بومی ایران و ۱۴ شماره فامیل ناتنی حاصل از آن‌ها

Table 2. The gene bank code of the Iranian endemic coriander accessions and their half sib family number

فامیل Family	کد Code	فامیل Family	کد Code
F8	TN-59-306	F1	TN-59-10
F9	TN-59-347	F2	TN-59-36
F10	TN-59-353	F3	TN-59-80
F11	TN-59-357	F4	TN-59-158
F12	TN-59-422	F5	TN-59-160
F13	TN-59-450	F6	TN-59-164
F14	Commercial	F7	TN-59-230

اندازه‌گیری صفات

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ و پارامترهای فلورسانس کلروفیل در زمان اوج تنش به ترتیب از دستگاه‌های کلروفیل‌متر SPAD-502 و فلورسانس‌متر (PAM 2500-Walz, Germany) استفاده شد. اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس در ساعات ۱۲ الی ۱۵ انجام شد. برای اندازه‌گیری نشت یونی (EL)، به مقدار ۱۰ سانتی‌متر مربع برگ به‌صورت تصادفی از بوته‌های هر کرت انتخاب شدند. اندازه‌گیری EL مطابق با روش (Lutts et al., 1996) انجام شد. اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید بر اساس روش آرنون (Arnon, 1979) صورت گرفت. میزان رطوبت نسبی برگ (RWC)[1] بر اساس رابطه (۱) اندازه‌گیری شد.

$$RWC(\%) = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \qquad [۱]$$

در این رابطه FW وزن‌تر نمونه برگی، DW وزن خشک نمونه برگی، TW وزن تورژسانس نمونه برگی می‌باشند. برای اندازه‌گیری میزان اسانس میوه برحسب میکرولیتر، مقدار ۳۰ گرم از میوه‌ی هر فامیل با استفاده از دستگاه آسیاب به‌خوبی خرد شد و به همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل مخزن کلونجر ریخته شد. استخراج اسانس در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک و نیم ساعت انجام شد (Msaada et al., 2009).

تجزیه داده‌ها

ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)[2] هر ژنوتیپ با استفاده از رابطه (۲)، ضریب تنوع فنوتیپی (PCV)[3] و ضریب تنوع ژنتیکی (GCV)[4] هر صفت به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند (Hallauer et al., 2010).

$$GCA = \overline{X}_{.j} - \overline{X}_{..} \qquad [۲]$$

$$PCV\% = \frac{\sqrt{VP}}{\overline{\overline{X}}_{..}} \times 100 \qquad [۳]$$

$$GCV\% = \frac{\sqrt{VG}}{\overline{\overline{X}}_{..}} \times 100 \qquad [۴]$$

در این رابطه $\overline{X}_{.j}$، $\overline{\overline{X}}_{..}$، VP و VG به ترتیب میانگین تکرارهای فامیل jام، میانگین کل صفت، واریانس فنوتیپی و واریانس ژنوتیپی هستند. همچنین برای برآورد مقادیر

[1] Relative Water Content
[2] General Combining Ability
[3] Phenotypic Coefficient of Variation
[4] Genotypic Coefficient of Variation

وراثت‌پذیری عمومی، پیشرفت ژنتیکی (GA)[5] و درصد پیشرفت ژنتیکی از رابطه‌های ۵ و ۶ استفاده شد (Trivedi et al., 2006).

$$H = \frac{VG}{VP} \times 100 \qquad [۵]$$

$$GA\% = \frac{\sigma^2 A}{\overline{X}} \times 100 \qquad [۶]$$

$\sigma^2 A$ برابر انحراف معیار فنوتیپی، GA برابر پیشرفت ژنتیکی و $\overline{X}$ میانگین صفت است. به‌منظور گروه‌بندی فامیل‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر مبنای ماتریس فاصله اقلیدسی استفاده شد و تجزیه آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزارهای SAS و SPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج دامنه‌ی تغییرات، میانگین و درصد کاهش برای صفات موردبررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میانگین صفات موردبررسی در شرایط بدون تنش برای اکثر صفات بالاتر بود. از طرفی میانگین صفات فلورسانس بیشینه (F_m)، فلورسانس کمینه (F_o)، میزان اسانس میوه (EO) و نشت یونی (EL) در هر دو حالت تنش (تنش ملایم و تنش شدید) بیشتر از شرایط بدون تنش بود (جدول ۲). میانگین عملکرد میوه (FY) در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب برابر ۶/۷۵، ۱/۸۹ و ۱/۰۱ گرم در بوته بود که کاهش ۷۱/۹۲ درصدی را در اثر تنش ملایم و کاهش ۸۴/۹۷ درصدی را در اثر تنش شدید نسبت به شرایط بدون تنش را نشان داد (جدول ۲).

کاهش عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه باشد (Sreevalli et al., 2001). میانگین کلروفیل a در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب برابر ۰/۵۷، ۰/۳۳ و ۰/۳۷ گرم در بوته بود که کاهش ۴۲/۳۷ درصدی را در اثر تنش ملایم و کاهش ۳۴/۵۹ درصدی را در اثر تنش شدید نسبت به شرایط بدون تنش را نشان داد (جدول ۲)؛ بنابراین تنش ملایم به میزان بیشتری میزان کلروفیل a را کاهش داده است. کلروفیل a رنگ‌دانه اصلی در تمام گیاهان عالی، جلبک‌ها و سیانوباکتری‌ها است (Kocheki and Sarmdnia, 2003).

میانگین میزان اسانس میوه در حالت عدم تنش برابر ۰/۲۷ میکرولیتر در گرم و در شرایط تنش ملایم ۰/۶۲ میکرولیتر در گرم بود که در اثر تنش ملایم مقدار اسانس به میزان ۱۳۳/۹۲ درصد افزایش را نشان داد (تقریباً ۱/۳ برابر افزایش یافته است). همچنین میانگین میزان اسانس میوه در شرایط تنش شدید برابر ۰/۶۰ میکرولیتر در گرم بود که افزایش ۱۲۵/۹۰ درصدی را در اثر تنش شدید نشان داد (جدول ۲)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تحت شرایط تنش خشکی میزان اسانس گیاه گشنیز افزایش می‌یابد و این افزایش میزان اسانس در شرایط تنش ملایم بیشتر از تنش شدید بوده است. این مطلب نشان‌دهنده آن است که در شرایط تنش خشکی یکی از مکانیسم‌های ایجاد سازگاری پاسخ متابولیکی است به‌طوری‌که بر اساس فرضیهٔ موازنهٔ کربن عناصر غذایی، عوامل محیطی می‌توانند درصد اسانس تولیدشده توسط یک گیاه را متأثر کنند (Ingersoll et al., 2010). فرضیه موازنه کربن عناصر غذایی بیان می‌کند هنگامی‌که دسترسی گیاه به عناصر غذایی محدود می‌شود، رشد بیش از فتوسنتز محدودشده و متابولیسم به‌جای تقسیم سلولی صرف ساخت سطوح بالای از متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Ingersoll et al., 2010)؛ بنابراین، تشکیل و تجمع متابولیت‌های ثانویه ازجمله اسانس در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی تمایل به افزایش دارد (Bannaya et al., 2008).

نتایج ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری در جدول ۳ نشان داده شده است. در بین صفات موردبررسی بیشترین مقدار ضریب تنوع فنوتیپی در شرایط بدون تنش مربوط به میزان اسانس میوه (۸۳/۲۴ درصد) و در شرایط تنش ملایم مربوط به عملکرد میوه (۹۸/۵۶ درصد) و در شرایط تنش شدید بیشترین مقدار مربوط به میزان اسانس میوه (۴۵/۸۵ درصد) و کمترین مقدار ضریب تنوع فنوتیپی در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید مربوط به صفت نشت یونی بود (جدول ۳).

[5]. Genetic Advance

جدول ۲. دامنه تغییرات و میانگین فامیل‌های نیمه خواهری گشنیز بومی ایران برای صفات فیزیولوژیک و میزان اسانس میوه و مقدار کاهش در اثر تنش تدریجی و تنش یک‌باره

Table 2. Descriptive statistics and stress intensity (percent of reduction) on measured traits in Iranian endemic half-sib coriander families under different irrigation regimes

صفت Trait	عدم تنش Well water			تنش تدریجی Mild drought stress				تنش یک‌باره Severe drought stress			
	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	درصد کاهش در تنش تدریجی Percent of reduction	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	درصد کاهش در تنش یک‌باره Percent of reduction
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	37.20	54.50	44.59	34.00	50.80	42.40	4.91	12.40	40.00	31.18	30.08
$T_{1.2}$*	0.20	0.50	0.37	0.17	0.56	0.34	14.43	0.15	0.66	0.40	7.50
فلورسانس بیشینه F_M	0.13	0.25	0.17	0.15	0.23	0.19	-8.91	0.16	0.28	0.20	-15.98
فلورسانس کمینه F_0	0.12	0.16	0.14	0.13	0.17	0.15	-7.51	0.12	0.20	0.15	-13.67
فلورسانس متغیر F_V	0.03	0.11	0.10	0.02	0.08	0.04	17.76	0.01	0.10	0.05	20.00
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	0.02	0.44	0.20	0.09	0.35	0.21	2.60	0.06	0.38	0.22	9.09
عملکرد اسانس Essential oil yield (µl g^{-1})	0.03	0.90	0.48	0.13	1.27	0.62	-133.92	0.20	1.17	0.60	-125.90
عملکرد میوه دربوته Fruit yield (g $plant^{-1}$)	2.80	12.20	6.75	0.48	5.14	1.89	71.92	0.25	2.16	1.01	84.97
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	71.57	96.15	85.24	70.52	102.25	87.66	0.44	60.87	93.53	77.77	11.66
نشت یونی Ion leakage (%)	80.80	97.51	88.96	90.51	98.89	94.12	-5.81	84.99	97.16	91.98	-3.40
کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1})	0.35	0.79	0.57	0.08	0.52	0.33	42.37	0.23	0.57	0.37	34.59
کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1})	0.12	0.59	0.26	0.12	0.34	0.23	12.42	0.10	0.28	0.17	34.79
کارتنوید Carotenoids (mg g^{-1})	2.86	7.00	4.93	1.20	6.16	3.54	28.13	1.69	6.69	4.70	4.63
کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1})	0.60	1.21	0.85	0.21	0.81	0.56	34.22	0.37	0.76	0.54	36.02
کلروفیل a.b Chl a.b	0.93	4.10	2.41	0.51	3.07	1.47	38.76	1.27	3.86	2.30	4.28

*نصف مدت زمان برای رسیدن فلورسانس از Fo به F_M

* ½ time for reaching fluorescence from F_0 to F_M

بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط بدون تنش مربوط به میزان اسانس میوه (۷۹/۸۶ درصد)، در شرایط تنش ملایم و شرایط تنش شدید هم بیشترین مقدار ضریب تنوع ژنتیکی به ترتیب مربوط به عملکرد میوه (۴۳/۷۶ درصد) و میزان اسانس (۴۵/۵۰ درصد) بود. کمترین مقدار ضریب تنوع ژنتیکی هم در سه شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب مربوط به صفات نشت یونی (۲/۸۶ درصد)، نسبت کلروفیل a/b (۰/۶۸ درصد) و $T_{1/2}$ (۱/۲۹ درصد) بود.

بزرگ بودن ضرایب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی کافی در بین فامیل‌های برادر خواهی ناتنی برای این صفات دارد. ضرایب تنوع فنوتیپی در شرایط مختلف آبیاری برای کلیه صفات بزرگ‌تر از ضرایب تنوع ژنوتیپی بودند. این نتایج با نتیجه‌ی ناهید و همکاران (Nahid et al., 2021) نیز مطابقت دارد. تنش شدید باعث افزایش ضریب تنوع ژنتیکی صفاتی از قبیل محتوای کلروفیل، RWC، نشت‌یونی و کلروفیل a شد، اما تنش ملایم باعث کاهش ضریب تنوع ژنتیکی این صفات گشت (جدول ۳)؛ بنابراین در شرایط تنش خشکی نقش بیان ژن‌های درگیر در تحمل به تنش بروز پیدا می‌کند و ژنوتیپ‌های دارای این ژن‌ها عملکرد بهتری برای این صفات از خود نشان می‌دهند. این امر باعث افزایش تفاوت بین ژنوتیپ‌ها شده و ضریب تنوع ژنتیکی آن‌ها نسبت به شرایط عدم وجود تنش خشکی افزایش می‌یابد. در همین راستا، ابراهیمیان و همکاران (Ebrahimiyan et al., 2013) در فسکیوی بلند گزارش کردند که ضریب تنوع ژنتیکی صفات تحت شرایط تنش خشکی شدید بزرگ‌تر از شرایط بدون تنش بود. همچنین بیان کردند که تنش خشکی ملایم سبب کاهش ضریب تنوع ژنتیکی برای بیشتر صفات موردمطالعه شد که با نتایج این پژوهش برای تعدادی از صفات مطابقت داشت.

جدول ۳. ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنتیکی، وراثت‌پذیری و درصد پیشرفت ژنتیکی صفات فیزیولوژیک و میزان اسانس میوه در شرایط تنش ملایم، تنش شدید و بدون تنش در فامیل‌های نیمه‌خواهری گشنیز

Table 3. Inheritance related estimates of measured traits in Iranian endemic half-sib coriander families under different irrigation regimes

صفت Trait	ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation (%)			ضریب تنوع ژنتیکی Genotypic coefficient of variation (%)		
	بدون تنش Well water	تنش ملایم Mild drought stress	تنش شدید Severe drought stress	بدون تنش Well water	تنش ملایم Mild drought stress	تنش شدید Severe drought stress
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	10.51	10.40	19.01	9.72	6.05	18.51
$T_{1.2}^{*}$	19.36	26.17	37.52	17.68	10.77	1.29
فلورسانس بیشینه F_M	41.02	10.96	13.99	11.60	10.05	11.73
فلورسانس کمینه F_0	69.60	7.85	10.76	18.82	7.38	7.88
فلورسانس متغیر F_V	14.42	37.86	48.02	513.5	26.95	32.12
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	43.95	29.32	35.88	39.44	17.60	19.87
عملکرد اسانس Essential oil yield ($\mu l.g^{-1}$)	83.24	46.91	48.85	79.86	28.06	45.50
عملکرد میوه دربوته Fruit yield (g plant^{-1})	27.24	98.56	39.34	22.13	43.76	37.34
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	6.20	10.91	12.79	3.79	8.36	9.60
نشت یونی Ion leakage (%)	4.09	2.21	3.54	2.68	1.48	3.15
کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	19.27	33.80	20.86	16.66	2.73	18.84
کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	39.62	23.65	24.35	28.61	16.88	16.88
کارتنوید Carotenoids ($mg.g^{-1}$)	22.77	24.73	21.61	19.16	24.73	14.49
کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	86.32	28.22	18.17	59.69	10.10	16.98
کلروفیل a.b Chl a.b	59.82	23.57	27.88	53.48	0.68	11.80

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

صفت Trait	وراثت پذیری Broad sense heritability (%)			درصد پیشرفت ژنتیکی Genetic advance (%)		
	بدون تنش Well water	تنش ملایم Mild drought stress	تنش شدید Severe drought stress	بدون تنش Well water	تنش ملایم Mild drought stress	تنش شدید Severe drought stress
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	85.52	50.41	94.80	18.10	9.03	36.21
$T_{1.2}^{*}$	83.33	14.48	0.12	29.00	8.65	0.09
فلورسانس بیشینه F_M	8.00	74.15	70.33	2.35	17.89	20.61
فلورسانس کمینه F_0	7.31	78.99	53.60	1.07	12.75	12.27
فلورسانس متغیر F_V	91.80	53.53	44.74	90.24	41.71	44.73
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	80.53	41.37	30.66	76.29	24.11	22.97
عملکرد اسانس Essential oil yield ($\mu l.g^{-1}$)	92.05	38.37	86.78	93.85	36.31	85.18
عملکرد میوه دربوته Fruit yield ($g.plant^{-1}$)	65.99	68.48	90.12	46.11	75.29	79.67
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	37.36	74.58	56.25	4.84	14.75	14.46
نشت یونی Ion leakage (%)	43.03	47.37	79.39	3.55	2.06	5.87
کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	74.73	0.51	81.58	28.96	0.44	35.08
کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	52.16	91.87	48.04	41.92	41.86	23.87
کارتنوید Carotenoids ($mg.g^{-1}$)	70.86	56.77	44.96	32.55	37.45	19.73
کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	47.82	13.53	87.26	18.13	7.93	31.97
کلروفیل a.b Chl a.b	79.93	0.03	17.90	49.54	0.03	10.37

همان‌گونه که ملاحظه شد، بیشترین وراثت‌پذیری عمومی در شرایط بدون تنش مربوط به میزان اسانس میوه (۹۲/۰۵ درصد) بود. همچنین این صفت، ضریب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی بالایی را در شرایط بدون تنش به خود اختصاص داد (جدول ۳). کمترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در شرایط بدون تنش مربوط به F_M (۸ درصد) بود. بیشترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب مربوط به کلروفیل b (۹۱/۸۷ درصد) و محتوای کلروفیل SPAD (۹۴/۸۰ درصد) بود. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد مقدار وراثت‌پذیری صفاتی مانند محتوای کلروفیل SPAD، F_M، F_0، عملکرد میوه، RWC، نشت یونی، کلروفیل a و کلروفیل کل در شرایط تنش شدید بیشتر از شرایط بدون تنش بود (جدول ۳).

اگر واریانس ژنتیکی و درنتیجه وراثت‌پذیری در محیط دارای تنش بیشتر از شرایط بدون تنش باشد انتخاب در محیط دارای تنش از بازده ژنتیکی بالاتری نسبت به انتخاب در شرایط بدون تنش برخوردار خواهد بود و احتمالاً گزینش برای بهبود تحمل به خشکی از طریق صفات دارای وراثت‌پذیری بالا در شرایط تنش خشکی موفقیت بیشتری خواهد داشت (Said, 2014; Dorostkar et al., 2015).

همچنین کمترین مقدار وراثت‌پذیری در شرایط عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب مربوط به F_0، کلروفیل a و $T_{1/2}$ بود؛ بنابراین وراثت‌پذیری پایین این صفات

مبین تأثیرپذیری بالای این صفات از محیط است. محاسبه وراثت‌پذیری همراه با درصد پیشرفت ژنتیکی می‌تواند در انتخاب بهترین ژنوتیپ بسیار سودمند باشد؛ زیرا درصد پیشرفت ژنتیکی میزان ژن‌های با اثر افزایشی را نشان می‌دهد (Johnson et al., 1955). بیشترین درصد پیشرفت ژنتیکی در شرایط بدون تنش مربوط به میزان اسانس میوه (۹۳/۸۵ درصد) بود، بدین معنی که به دلیل افزایشی بودن اثر ژن‌ها انتخاب توده‌های دارای مقادیر بالای اسانس منتج به تشکیل واریته ترکیبی مطلوبی برای این صفت خواهد شد. کمترین درصد پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار در شرایط بدون تنش نیز مربوط به F_0 (۱/۰۷). دلیل کم بودن این میزان را می‌توان پایین بودن وراثت‌پذیری عمومی و درنتیجه تأثیرپذیری این صفت از محیط نسبت داد (Erande et al., 2014). در شرایط تنش ملایم و تنش شدید بیشترین مقدار درصد پیشرفت ژنتیکی به ترتیب مربوط به عملکرد میوه (۷۵/۲۹ درصد) و میزان اسانس میوه (۸۵/۱۸ درصد) و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به کلروفیل a/b (۰/۰۳ درصد) و $T_{1/2}$ (۰/۰۹ درصد) بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در هر شرایط محیطی، انتخاب برای صفات دارای درصد پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار بالا مؤثر است ولی صفاتی که درصد پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار پایین‌تری دارند، انتخاب مستقیم برای این صفات مؤثر نبوده و نیازمند آزمون نتاج و انتخاب بر اساس صفات ثانویه دارای وراثت‌پذیری بالا است (Erande et al., 2014).

نتایج GCA صفات موردبررسی برای هر یک از فامیل‌های نیمه‌خواهری گشنیز در شرایط بدون تنش در جدول ۴ نشان داده شده است. برای صفت عملکرد میوه در بوته، F_4،F_7، F_8، F_{11} و F_{13} دارای GCA مثبت و بالا بودند (جدول ۴). درنتیجه انتظار می‌رود که انتخاب این توده‌ها به‌عنوان والدین برای تولید واریته‌های ترکیبی با عملکرد میوه بیشتر مؤثر باشد. همچنین در شرایط بدون تنش بیشترین GCA در صفت محتوای کلروفیل در فامیل شماره ۲ و ۸ مشاهده شد که مقادیر آن‌ها به ترتیب برابر با ۸/۶۱ و ۸/۸۱ بود. درحالی‌که کمترین مقدار GCA در این شرایط بدون تنش برای صفات عملکرد میوه در بوته و RWC به ترتیب مربوط به F_3 و F_{12} بود (جدول ۴). در شرایط تنش ملایم کمترین و بیشترین مقدار GCA مربوط به صفت RWC بود که به ترتیب متعلق به F_2 و F_1 (جدول ۵) بودند. برای عملکرد میوه در شرایط تنش ملایم، F_7، F_{11}، F_3، F_5، F_6 و F_{14} برای میزان اسانس میوه، F_7، F_6، F_{14}، F_1 و F_2، GCA بالایی نشان دادند (جدول ۵). درنتیجه در برنامه‌های به‌نژادی برای ایجاد واریته‌های ترکیبی با عملکرد میوه و میزان اسانس بالاتر در شرایط تنش ملایم می‌توان از این توده‌ها به‌عنوان والدین استفاده کرد (Baert and Ghesquiere, 2010). با توجه به این‌که GCA، متوسط توانایی یک والد در ترکیب با سایر والدین بوده و با عمل افزایشی ژن‌ها در ارتباط است، به همین دلیل یکی از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب والدین جهت ایجاد واریته‌های ترکیبی است (Baert and Ghesquiere, 2010). ژنوتیپ با GCA بالاتر برای واریته‌های ترکیبی مناسب هستند (Hallauer et al., 2010).

دی‌آرجو (De Araujo, 2001) با مقایسه روش‌های متفاوت آزمون نتاج در علف پشمکی نتیجه گرفت که آزمون نتاج پلی‌کراس برای شناسایی والدین وقتی تفاوت در GCA زیاد باشد، مناسب و بهتر است. در شرایط تنش شدید دامنه‌ی تغییرات GCA برای صفت محتوای کلروفیل از ۱۷/۷۴- (F_7) تا ۷/۴۶ (F_2) بود (جدول ۶). برای عملکرد میوه در شرایط تنش شدید F_7، F_{11}، F_3، F_6، F_{14}، F_2 و F_{12} دارای بیشترین مقدار GCA بودند. مجیدی و همکاران (Majidi et al., 2009) بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری را برای صفات روز تا گرده‌افشانی بین ۵/۷ تا ۴/۵۱-، برای ارتفاع بین ۷/۷۷ تا ۶/۸۳- و برای تعداد ساقه بارور بین ۵/۲۱ تا ۳/۹۸- متغیر گزارش کردند. تجزیه‌ی خوشه‌ی ۱۴ فامیل موردمطالعه با استفاده از داده‌های ترکیب‌پذیری عمومی صفات در شرایط بدون تنش منجر به شناسایی ۴ گروه مجزا از یکدیگر شد (شکل A-1). گروه اول F_8، F_{14}، F_9 و F_{10} را شامل شد که ازلحاظ صفات محتوای کلروفیل، عملکرد میوه در بوته، کلروفیل a، دارای GCA بالاتری نسبت به سایر گروه‌ها بودند (جدول ۷). گروه دوم فامیل‌های ۱۲، ۵ را شامل شد که ازنظر صفات $T_{1/2}$، F_0، میزان اسانس میوه و کلروفیل b بیشترین مقدار GCA را نسبت به سایر گروه‌ها دارا بودند. گروه سوم شامل F_7، F2، بود که فقط برای نسبت کلروفیل a/b در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشترین مقدار GCA را داشتند. همچنین، گروه چهارم نیز شامل F_4، F_{11}، F_{13}، F_3، F_6 و F_1 بود که فقط در صفت نشت یونی بیشترین مقدار GCA را که نشان داده بود. لذا در شرایط عدم وجود تنش خشکی، با توجه به اینکه توده‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۴ دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برای صفت عملکرد میوه بودند لذا برای تولید رقم

جدول ۴. ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های نیمه خواهری گشنیز در شرایط عدم تنش

Table 4. General combining ability of coriander half-sib families in non-stress conditions

صفت Trait	families فامیل‌ها 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	LSD
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	-1.29	8.61	-2.46	1.81	-0.29	-6.19	-1.02	8.81	1.51	-0.16	-5.42	-4.29	-1.52	1.86	3.00
$T_{1.2}^{*}$	0.09	0.07	0.00	-0.05	0.07	-0.05	0.01	0.04	-0.05	0.08	-0.01	0.01	-0.16	-0.02	0.04
فلورسانس بیشینه F_M	-0.01	0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.06	-0.03	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.01
فلورسانس کمینه F_0	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	-0.01	0.00	0.01
فلورسانس متغیر F_V	-0.01	0.04	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.01	0.01
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	-0.01	0.18	-0.04	0.01	0.05	0.00	0.19	-0.08	-0.09	-0.08	0.01	-0.10	-0.01	-0.05	0.07
عملکرد اسانس Essential oil yield ($\mu l\ g^{-1}$)	-0.06	-0.23	-0.10	-0.23	0.10	0.60	0.35	-0.22	-0.09	0.02	-0.23	0.07	-0.15	0.14	0.11
عملکرد میوه دربوته Fruit yield ($g.plant^{-1}$)	-2.59	-3.01	-6.43	5.68	-4.26	-1.62	5.45	4.22	-0.40	-1.95	5.60	-4.78	2.97	1.17	2.98
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	-4.05	0.77	1.09	-0.39	1.88	-0.92	6.41	0.88	1.48	-1.70	0.92	-5.28	1.39	-2.52	7.26
نشت یونی Ion leakage (%)	-3.83	0.42	-1.35	1.01	-1.15	1.05	0.65	-1.58	-0.18	-1.05	4.02	1.02	-0.22	1.15	4.61
کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	-0.13	0.11	0.02	-0.06	-0.03	-0.12	-0.04	0.00	0.04	0.10	0.08	-0.08	-0.12	0.20	0.09
کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	-0.10	-0.02	-0.04	-0.10	0.20	-0.08	-0.07	0.02	0.00	0.03	-0.04	0.10	-0.01	0.11	0.12
کارتنوید Carotenoids ($mg.g^{-1}$)	-0.90	-0.28	-1.04	1.38	-0.83	-1.28	-1.32	0.59	1.61	1.30	-0.27	-0.08	0.31	0.68	1.02
کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg\ g^{-1}$)	-0.15	0.07	-0.03	-0.17	0.16	-0.21	-0.12	0.02	0.03	0.11	0.03	0.00	-0.03	0.29	0.16
کلروفیل a.b Chl a.b	0.26	0.50	0.33	0.85	-1.19	-6.19	0.63	-0.30	-0.02	0.00	0.51	-1.03	-0.34	-0.26	0.88

جدول ۵. ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های نیمه خواهری گشنیز در شرایط تنش ملایم

Table 5. General combining ability of coriander half-sib families in mild drought stress conditions

صفت Trait	فامیل‌ها families														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	LSD
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	1.20	-1.83	0.73	1.70	-4.57	0.40	-4.90	1.13	1.80	-4.87	0.33	2.50	1.50	4.87	4.27
$T_{1.2}^{*}$	0.09	0.05	-0.03	-0.02	0.04	-0.09	0.07	-0.10	-0.08	0.00	0.02	0.00	0.07	-0.06	0.15
فلورسانس بیشینه F_M	0.01	0.03	-0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	0.02
فلورسانس کمینه F_0	0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.01	0.02	-0.01	0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.01
فلورسانس متغیر F_V	0.01	0.03	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.02
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	0.02	0.12	0.01	-0.05	-0.05	-0.05	0.02	0.03	0.03	0.01	-0.02	-0.02	-0.04	-0.02	0.08
عملکرد اسانس Essential oil yield ($\mu l.g^{-1}$)	0.50	0.22	-0.12	-0.03	-0.09	0.08	0.09	-0.21	-0.26	-0.06	-0.25	-0.04	-0.14	0.30	0.37
عملکرد میوه دربوته Fruit yield ($g.plant^{-1}$)	-0.63	-0.20	0.55	-0.35	0.28	0.47	0.81	-1.25	-0.71	-0.76	2.37	-0.07	-0.58	0.07	1.01
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	7.91	-14.39	3.18	0.07	-5.70	6.68	6.56	-12.07	4.14	-11.75	4.75	6.80	1.24	2.53	7.18
نشت یونی Ion leakage (%)	3.06	-1.26	-1.59	-0.72	0.12	-0.03	2.26	-0.97	0.23	-1.95	3.04	-0.55	-0.75	-0.88	2.47
کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	-0.03	0.01	0.09	0.05	0.07	-0.06	-0.16	-0.01	0.08	0.00	-0.06	0.02	-0.03	0.02	0.22
کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	-0.04	0.01	0.02	0.05	-0.03	-0.01	-0.07	0.02	0.05	-0.03	-0.03	-0.01	-0.02	0.08	0.06
کارتنوید Carotenoids ($mg.g^{-1}$)	0.07	0.63	0.98	0.90	-0.03	-0.60	-1.39	-1.30	2.09	-0.15	-0.16	0.53	-0.32	-1.26	1.28
کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	-0.07	0.02	0.12	0.11	0.03	-0.07	-0.24	0.01	0.13	-0.03	-0.09	0.01	-0.05	0.10	0.24
کلروفیل a.b Chl a.b	0.18	-0.01	0.18	-0.12	0.54	-0.23	-0.49	-0.10	-0.01	0.36	-0.07	0.17	-0.08	-0.35	0.96

جدول ۶. ترکیب‌پذیری عمومی فامیل‌های نیمه خواهری گشنیز در شرایط تنش شدید

Table 6. General combining ability of coriander half-sib families in severe drought stress conditions

صفت Trait	فامیل‌ها families														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	LSD
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	-0.08	7.46	2.22	1.26	1.19	1.22	-17.74	1.72	0.29	6.26	-3.48	0.06	-2.01	1.62	2.27
$T_{1.2}^{*}$	-0.03	0.09	-0.04	0.03	0.06	-0.04	0.00	-0.03	0.14	-0.11	-0.06	0.01	-0.12	0.10	0.24
فلورسانس بیشینه F_M	-0.02	0.04	-0.02	0.01	0.02	-0.02	-0.02	0.03	-0.01	0.05	-0.02	0.00	-0.01	-0.02	0.03
فلورسانس کمینه F_0	-0.01	0.02	-0.01	0.00	0.03	-0.01	-0.02	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
فلورسانس متغیر F_V	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00	0.02	-0.01	0.03	-0.02	0.00	-0.01	-0.02	0.02
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	-0.03	0.03	-0.03	0.06	-0.03	-0.06	0.05	0.08	-0.01	0.08	-0.08	0.02	-0.01	-0.06	0.10
میزان اسانس میوه Essential oil yield (µl g^{-1})	0.14	-0.08	-0.29	-0.37	-0.32	0.46	0.25	0.21	0.20	-0.12	-0.16	0.45	-0.14	-0.24	0.18
عملکرد میوه دربوته Fruit yield (g $plant^{-1}$)	-0.05	0.05	0.27	-0.15	-0.38	0.12	0.85	-0.60	-0.47	-0.43	0.30	0.31	-0.15	0.37	0.38
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	7.87	-12.35	2.88	-0.17	-12.44	8.25	2.26	-5.40	-4.39	-8.57	11.29	7.70	-7.12	10.08	11.05
نشت یونی Ion leakage (%)	2.62	-2.31	1.08	-4.29	-3.92	0.95	4.19	0.29	0.58	1.42	1.72	-6.31	2.33	1.52	2.48
کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1})	-0.02	-0.05	-0.05	-0.02	0.12	0.04	-0.06	0.05	-0.08	-0.01	0.04	-0.13	0.13	0.02	0.06
کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1})	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03	0.04	0.01	0.04	-0.02	-0.03	-0.02	0.06	-0.02	0.06	-0.03	0.05
کارتنوید Carotenoids (mg g^{-1})	-0.09	-0.02	-0.23	0.52	0.44	1.19	-2.15	-0.41	-0.71	-0.31	0.60	-0.10	0.65	0.63	1.27
کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1})	-0.04	-0.08	-0.06	-0.04	0.15	0.05	-0.02	0.03	-0.10	-0.02	0.10	-0.15	0.17	0.00	0.06
کلروفیل a.b Chl a.b	0.11	0.23	-0.25	0.26	0.10	0.15	-0.84	0.63	-0.25	0.26	-0.43	-0.71	0.28	0.46	0.98

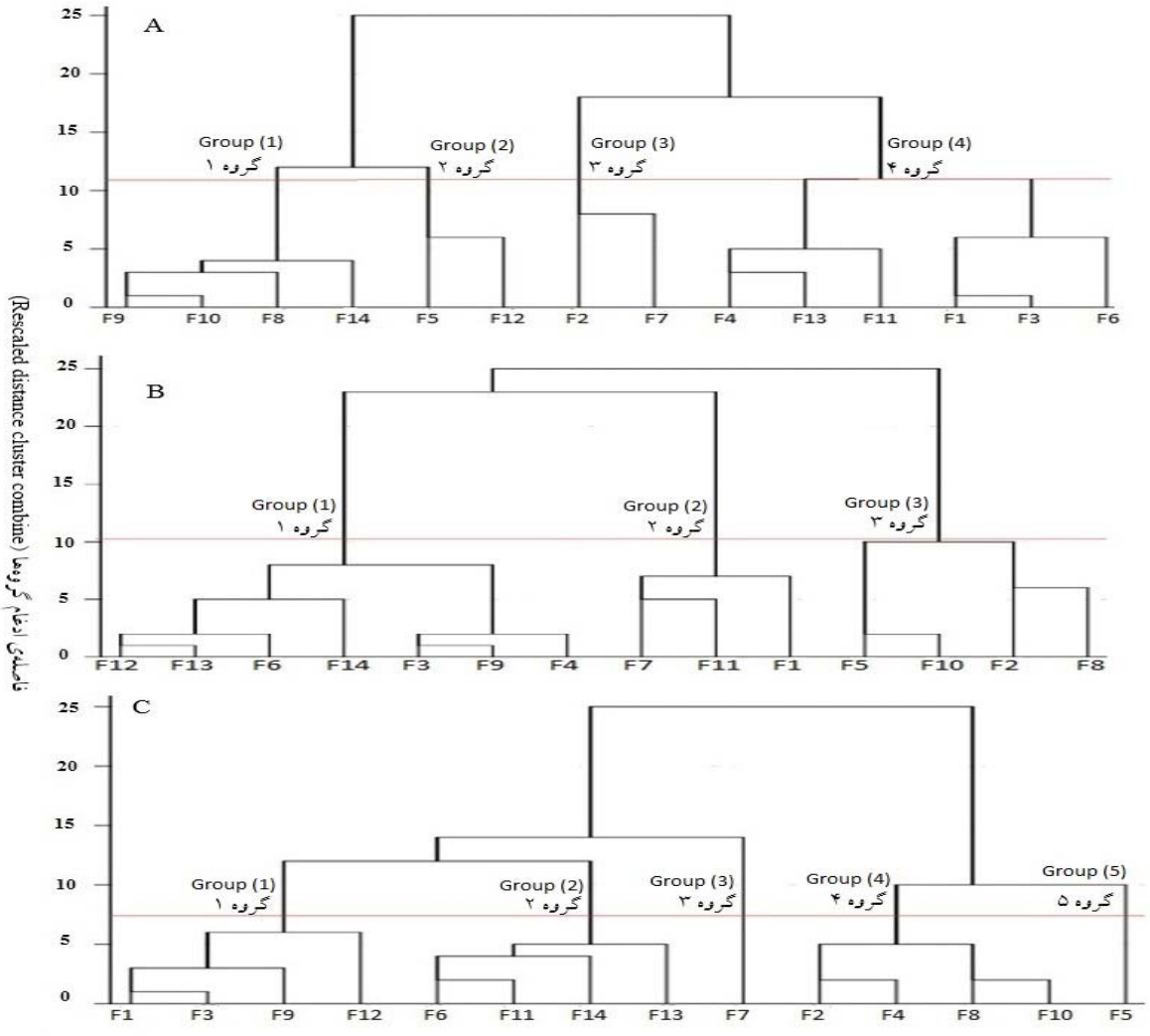
جدول ۷. انحراف میانگین ترکیب‌پذیری عمومی گروه‌ها از میانگین کل در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید

Table 7. General combining ability mean value deviation of groups from their total mean in different irrigation regimes for measured traits in Iranian endemic half-sib coriander families

	شرایط بدون تنش Well water				تنش ملایم Mild drought stress			تنش شدید Severe drought stress				
صفت Trait	گروه اول Group 1	گروه دوم Group 2	گروه سوم Group 3	گروه چهارم Group 4	گروه اول Group 1	گروه دوم Group 2	گروه سوم Group 3	گروه اول Group 1	گروه دوم Group 2	گروه سوم Group 3	گروه چهارم Group 4	گروه پنجم Group 5
محتوای کلروفیل SPAD chlorophyll content	3.01	-2.29	-2.51	-2.51	1.93	-1.12	-2.53	0.62	-0.66	-17.74	4.18	1.19
$T_{1.2}^{*}$	0.01	0.04	-0.03	-0.03	-0.03	0.06	0.00	0.02	-0.03	0.00	-0.01	0.06
فلورسانس پیشینه F_M	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.03	0.02
فلورسانس کمینه F_0	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.01	0.03
فلورسانس متغیر F_V	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.02	0.00
عملکرد کوانتومی $F_V.F_M$	-0.07	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.03	-0.01	-0.05	0.05	0.06	-0.03
میزان اسانس میوه Essential oil yield (µl g^{-1})	-0.04	0.09	-0.03	-0.03	-0.03	0.11	-0.03	0.13	-0.02	0.25	-0.09	-0.32
عملکرد میوه دریوته Fruit yield (g $plant^{-1}$)	0.76	-4.52	0.60	0.60	-0.09	0.85	-0.48	0.01	0.16	0.85	-0.29	-0.38
محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	-0.46	-1.70	-0.32	-0.32	3.52	6.41	-10.97	3.52	5.63	2.27	-6.61	-12.43
نشت یونی Ion leakage (%)	-0.41	-0.06	0.11	0.12	-0.61	2.78	-1.01	-0.50	4.20	1.64	-1.21	-3.91
کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1})	0.09	-0.05	-0.05	-0.05	0.02	-0.08	0.03	-0.07	0.06	-0.06	-0.01	0.12
کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1})	0.04	0.15	-0.06	-0.06	0.03	-0.05	-0.01	-0.02	0.03	0.04	-0.03	0.04
کارتنوید Carotenoids (mg g^{-1})	1.05	-0.45	-0.29	-0.29	0.33	-0.49	-0.21	-0.28	0.77	-2.15	-0.06	0.44
کلروفیل کل Total chlorophyll	0.11	0.08	-0.09	-0.09	0.05	-0.13	0.01	-0.09	0.08	-0.02	-0.03	0.15
کلروفیل a.b Chl a.b	-0.14	-1.11	0.28	0.27	-0.06	-0.12	0.20	-0.28	0.12	-0.84	0.35	0.10

ترکیبی با عملکرد میوه‌ی بالا تلاقی و ترکیب ژنتیکی میان توده‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۴ مناسب هستند چراکه این توده‌ها هرکدام به‌طور مجزا ترکیب‌پذیری عمومی بالایی با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند و لذا انتخاب آن‌ها برای ترکیب ژنتیکی و تولید واریته ساختگی می‌تواند موجب افزایش عملکرد میوه گردد. همچنین در مورد صفت محتوای اسانس نیز برای تولید رقم ترکیبی با میزان اسانس بالا تلاقی بین توده‌های ۵ و ۱۲ پیشنهاد می‌گردد.

در شرایط تنش خشکی ملایم، ۳ گروه کاملاً مجزا مشخص گردید (شکل B-1). گروه اول شامل $F_{۱۳}$، $F_{۳}$، $F_{۶}$، $F_{۱۴}$، $F_{۹}$، $F_{۴}$ و $F_{۱۲}$ بود که برای صفات محتوای کلروفیل، کلروفیل b، کارنوییید و کلروفیل کل دارای بیشترین مقدار انحراف از میانگین کل GCA را نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. گروه دوم شامل $F_{۷}$، $F_{۱۱}$ و F۱ بود که بیشترین مقدار انحراف از میانگین را برای صفات $T_{1/2}$ میزان اسانس میوه، نشت یونی، RWC و عملکرد میوه در بوته را به خود اختصاص دادند همچنین گروه سوم شامل $F_{۸}$، $F_{۵}$، $F_{۲}$ و $F_{۱۰}$ بود که برای بیشتر صفات مقدار انحراف از میانگین کل GCA کمتری نسبت به گروه‌های اول و دوم داشت. در شرایط تنش ملایم نیز برای تولید واریته‌های با عملکرد میوه و میزان اسانس بالا توده‌های ۱، ۷ و ۱۱ پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۴ فامیل نیمه‌خواهری گشنیز بر اساس ترکیب‌پذیری عمومی در سه شرایط بدون تنش خشکی (A) تنش ملایم (B) تنش شدید (C)

Fig. 1. Dendrogram clustering of 14 half-sib coriander families using general combining ability values in well watered (A), mild drought stressed (B) and severe drought stressed (C) conditions

در شرایط تنش خشکی شدید، ۵ گروه شناسایی شد (شکل C-1) که گروه اول شامل $F_{۳}$، $F_{۱}$، $F_{۱۲}$ و $F_{۹}$ بود. این گروه ازلحاظ صفات بررسی‌شده برتری نسبت به سایر گروه‌ها نشان نداد. گروه دوم شامل $F_{۱۴}$، $F_{۱۱}$،$F_{۶}$ و $F_{۱۳}$ بود که برای صفات RWC، نشت یونی و کاروتنوئید بیشترین مقدار انحرافات ترکیب‌پذیری از میانگین را نسبت به سایر گروه‌ها نشان دادند. گروه‌های سوم ($F_{۷}$)، بیشترین مقدار انحراف از میانگین ترکیب‌پذیری برای صفات میزان اسانس، عملکرد میوه در بوته و را نشان داد (جدول ۷). گروه چهارم شامل $F_{۲}$، $F_{۴}$، $F_{۸}$ و $F_{۱۰}$ است و بیشترین مقدار GCA را برای صفات محتوای کلروفیل، F_M، F_V، عملکرد کوانتومی (F_V/F_M) و کلروفیل a/b را نسبت به سایر گروه‌ها نشان داد و گروه پنجم ($F_{۵}$) نیز بیشترین مقدار انحراف از میانگین کل GCA را برای صفات $T_{1/2}$، F_0، کلروفیل a و کلروفیل کل نسب به سایر گروه‌ها نشان داد. در شرایط تنش یک‌باره توده ۷ به‌عنوان یکی از والدهای مستعد برای تولید رقم ترکیبی با عملکرد میوه و میزان اسانس بالا است. لذا با توجه به این‌که توده‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۴ دارای ترکیب‌پذیری مطلوب برای عملکرد و توده‌های ۱، ۳، ۹ و ۱۲ دارای ترکیب‌پذیری مطلوب برای اسانس بودند پیشنهاد می‌گردد توده‌ی ۷ به همراه هرکدام از این دو گروه برای تولید واریته ترکیبی استفاده شود.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی مطلوبی برای بیشتر صفات ارزیابی شده به‌خصوص برای عملکرد و میزان اسانس بین توده‌های بومی گشنیز در شرایط تنش خشکی وجود دارد. این تنوع معنی‌دار ازلحاظ ترکیب‌پذیری عمومی نویدبخش امکان بهبود عملکرد میوه و میزان اسانس گشنیز از طریق تولید واریته‌های ترکیبی است. در شرایطی که کمبود آب برای کشت گشنیز وجود نداشته باشد واریته ترکیبی حاصل از توده‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۴ می‌تواند عملکرد بالایی را به دست بدهد. درحالی‌که در شرایط تنش خشکی ملایم، تولید واریته ترکیبی با عملکرد و میزان اسانس بالا توده‌های ۱، ۷ و ۱۱ و در شرایط تنش خشکی شدید و آخر فصل تولید واریته‌های با میزان اسانس بالا ترکیب توده‌های ۱، ۳، ۹، ۷ و ۱۲ و عملکرد بالا ترکیب توده‌های ۶، ۷، ۱۱، ۱۳ و ۱۴ پیشنهاد می‌شود.

منابع

Abdalla, M., El-Khoshiban, N., 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two Triticium aestivum cultivars. Journal of Applied Sciences Research. 3, 2062-2074 .

Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P., 2004. Introduction to Plant Physiology (translation). Tehran University Press. [In Persian with English Summary].

Allard, R., 1960. Principles of plant breeding. Inc. John Weley and Sons. New York. 485p.

Arnon, A.N., 1979. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23, 112-121 .

Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi L., Rastgoo, M., 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products. 27, 11-16.

Baert, J., Ghesquiere, A. 2010. F1 Performance of tetraploid perennial ryegrass on the basis of the composition of a synthetic variety. In: Huyghe, C. (eds). Sustainable use of Genetic Diversity in Forage and Turf Breeding. Springer. Dordrecht. p. 525-528.

De Araujo, M.R.A., 2001. Variation and heritability in Meadow Bromegrass. University of Saskatchewan, Ph.D. Saskatoon.

Dorostkar, S., Dadkhodaie, A., Heidari, B. 2015. Evaluation of grain yield indices in hexaploid wheat genotypes in response to drought stress. Archives of Agronomy and Soil Science. 61, 397-413.

Ebrahimiyan, M., Majidi, M.M., Mirlohi, A., Noroozi, A., 2013. Physiological traits related to drought tolerance in tall fescue. Euphytica. 190, 401-414.

Emamghoreishi, M., Heidari-Hamedani, G., 2006. Sedative-hypnotic activity of extracts and essential oil of coriander seeds, Iran. Journal of Medicinal Science. 31, 22-27.

Erande, C.S., Kalpande, H.V., Deosarkar, D.B., Chavan, S.K., Patil, V.S., Deshmukh, J.D.,

Puttawar, M.R. 2014. Genetic variability, correlation and path analysis among different traits in desi cotton (*Gossypium arboreum* L.). African Journal of Agricultural Research. 9, 2278-2286.

Farshadfar, A., 1997. Plant Breeding Methodology. Taqbostan Press. Kermanshah. PP 558. [In Persian].

Fu, J., Huang, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Environmental and Experimental Botany. 45, 105-114.

Hallauer, A., Carena, M., Filho, J.B.M., 2010. Testers and Combining Ability. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Springer New York. 6, 383-423.

Ingersoll, C.M., Niesenbaum, R.A., Weigle, C.E., Lehman, J.H. 2010. Total phenolics and individual phenolic acids vary with light environment in *Lindera benzoin*. Botany. 88, 1007-1010.

Johnson, H.W., Robinson H.F., Comstock, R.E., 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybean. Agronomy Journal. 47, 314-318.

Khodse, M., Chai chi, M.R., Kamali, G., Mazaheri. D., 2004. Growth stages of wheat sensitivity to water stress and its effects on yield. Seed and Plant Improvement Journal. 20, 489-509. [In Persian with English Summary].

Kocheki, A., Sarmdnia. G., 2003. Crop physiology (Translation). Publications Jihad-e-Daneshgah. Mashhad. 189p. [In Persian].

Lutts, S., Kint J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oriza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany. 78, 389-398.

Toorchi, M., Aharizad, S., Moghaddam, M., Etedali, F., Tabatabavakili, S.H., 2007. Estimation of genetic parameters and general combining ability of sainfoin landraces with respect to forage yield. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 40, 213-223 .

Majidi, M.M., Mirlohi A., Amini, F., 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Euphytica. 167, 323-331.

Msaada, K., Taarit, M.B., Hosni, K., Hammami M., Marzouk, B., 2009. Regional and maturational effects on essential oils yields and composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits. Scientia Horticulturae. 122, 116-124.

Nihad, S.A.I., Manidas, A.C., Hasan Hasan, M.A., Honey, O., Latif, M.A. 2021. Genetic variability, heritability, genetic advance and phylogenetic relationship between rice tungro virus resistant and susceptible genotypes revealed by morphological traits and SSR markers. Current Plant Biology. 25, 100194.

Nessabian, S., gholamhoseini, T., Jebel Ameli, F. 2012. Comparison of Iran's medicinal plants exporting comparative advantage with other exporting countries (case study: fennel, badian, anise and corian). Economic Modeling. 6, 75-92.

Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, A., 2006. Essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy. 5, 451-455 .

Said, A.A., 2014. Generation mean analysis in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress conditions. Annals of Agricultural Sciences. 59, 177-184.

Sleper, D.A., West, C.P., 1996. Tall fescue. 15th. Cool season forage grasses. American Society of Agronomy, Madison. PP: 471.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., chandra shekara, R., Kuikkarni, R., Sushil, H., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S., Rakesh, T., 2001. Preliminary observation on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. Journal of medicinal and Aromatic plant Science 22, 356-358.

Trivedi, M., Tiwari, R.K., Dhawan, O.P., 2006. Genetic parameters and correlations of collar rot resistance with important biochemical and yield traits in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Journal of Applied Genetics. 47, 29-38 .

Volatil, O., 2000. Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Plant Foods for Human Nutrition. 51, 167-172.

Wang, Z., Huang, B., 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. Crop Science. 44, 1729-1736.

Zargari, A., 2010. Medicinal plants. Tehran University Press, Tehran, Iran. PP. 270. [In Persian with English Summary].