Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸
۲۲۳-۲۳۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1128.1231

گزینش چندمنظوره برخی توده‌های گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بومی ایران برای بهبود هم‌زمان صفات در رژیم‌های رطوبتی مختلف

پیمان عینی‌زاده[۱]، حمید دهقانی[۲*]، مصطفی خدادادی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. استاد گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. دانش‌آموخته دکتری ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۵

چکیده

گشنیز گیاهی یک‌ساله بوده که مانند هر گیاه زراعی دیگری عملکرد آن تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. این پژوهش به‌منظور بررسی توده‌های بومی گشنیز ازلحاظ صفات مرتبط با عملکرد و محتوای اسانس میوه و پیشنهاد دو روش گزینش گرافیکی برای ارتقاء چندین صفت کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان در رژیم‌های مختلف آبیاری انجام شد. برای این منظور سه آزمایش در رژیم‌های آبیاری نرمال، تنش خشکی یک‌باره و تنش خشکی تدریجی هرکدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد گزینش بر اساس محتوای کلروفیل و تعداد برگ پایه می‌تواند به‌طور هم‌زمان دو صفت اقتصادی عملکرد میوه و محتوای اسانس میوه را بهبود ببخشد. همچنین گزینش درون اکوتیپ ۹ (بوشهر) برای کشت دیم و تولید میوه و اسانس در مناطق دارای تنش خشکی انتهای فصل و گزینش بوته‌های برتر اکوتیپ ۱۰ (آذربایجان غربی) برای مصرف تازه خوری و تولید میوه و اسانس در شرایط نرمال توصیه شد. گزینش درون اکوتیپ‌های ۳ (فارس)، ۴ (اصفهان)، ۱۱ (لرستان)، ۱۴ (اصفهان) و ۱۵ (فارس) و تشکیل جمعیت می‌تواند در بهبود هم‌زمان صفات مهم اقتصادی مانند عملکرد اسانس میوه، تعداد برگ پایه و وزن خشک زیست‌توده، در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مؤثر باشد.

***واژه‌های کلیدی*: بای‌پلات ژنوتیپ در صفت، تنش تدریجی، تنش یک‌باره، تنش خشکی، گزینش هم‌زمان**

مقدمه

گشنیز گیاهی یک‌ساله دارای ۲n = ۲x = ۲۲ کروموزوم و دگرگشن اجباری بوده که به خانواده چتریان (Apiaceae) تعلق دارد و اعتقاد بر این است که مبدأ آن شرق اروپا و آسیا است (Jansen, 1981; Diederichsen, 1996). سرعت بالای رشد رویشی و تشکیل بذر به این گیاه اجازه می‌دهد تا در فصول رشدی مختلف و همچنین در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگاری یابد به‌طوری‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران و سایر نقاط دنیا مانند چین و هند رشد و توسعه پیدا کرده است (Mengesha et al., 2011; Ghamarnia and Daichin, 2013).

از موارد استفاده آن می‌توان به صنایع پزشکی و دارویی، عطرسازی، لوازم‌آرایشی و بهداشتی و ادویه‌ای اشاره کرد (Jansen, 1981). فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گشنیز توسط ونگستین و همکاران (Wangensteen et al., 2004) و فعالیت‌های ضد باکتریایی آن توسط کوبو و همکاران (Kubo et al., 2004) اثبات شده و همچنین عیدی و همکاران (Eidi et al., 2009) آن را به‌عنوان درمان سنتی دیابت نوع دو در نظر گرفته‌اند و بنابراین دارای خاصیت شبه‌انسولین است.

* نگارنده پاسخگو: حمید دهقانی. پست الکترونیک: dehghanr@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

گشنیز در مرحله گیاهچه‌ای به تنش خشکی حساس ولی در زمان ساقه‌دهی به‌شدت به خشکی مقاوم است؛ بنابراین گشنیز در هندوستان و دیگر کشورهایی که دارای اقلیم خشکی هستند به‌صورت دیم نیز کشت می‌شود (Luayza et al., 1996).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را با محدودیت روبه‌رو ساخته است. این تنش در بسیاری از مسیرهای متابولیکی نظیر فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال آب و عناصر معدنی، فعالیت آنزیمی و انتقال و تجمع مواد آلی تأثیر می‌گذارد و همچنین می‌تواند باعث تجمع متابولیت‌های ثانویه در گیاه شود (Shao et al., 2005)، به‌طوری‌که در تحقیق سینگ سانگ‌وان و همکاران (Singh-Sangwan et al., 1994) بر روی گیاه علف‌لیمو، افزایش معنی‌داری در محتوای اسانس برگ در شرایط تنش خشکی، در مقایسه با شاهد مشاهده شده است.

یکی از حساس‌ترین مراحل رشدی گیاهان به تنش خشکی، مرحله زایشی و تشکیل بذر است که بعضی از گونه‌های گیاهی می‌توانند چرخه زندگی خود را در شرایط بهینه کامل کنند و یا با برخی تغییرات مورفولوژیکی و متابولیکی به آن سازگار شوند (Mardeh et al., 2006; Wahb-Allah et al., 2011). شدت تنش، مدت‌زمان تنش و مرحله رشد و نموی گیاه در مورد سازگاری و پاسخ به تنش خشکی اهمیت دارند (Kramer and Boyer, 1995). تنوع ژنتیکی مشاهده شده در بسیاری از گیاهان برای تحمل به تنش خشکی می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی آن‌ها مورداستفاده قرار گیرد (Premachandra et al., 1992).

در صورت وجود تنوع ژنتیکی، مخصوصاً در مورد صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی باشند، گزینش یکی از سریع‌ترین و مؤثرترین راه‌های اصلاح گیاهان است (Falconer and Mackay, 1996). در صورت وجود اثر زیاد محیط در بروز یک صفت، گزینش مستقیم کارایی خود را از دست می‌دهد. در مورد برخی صفات مربوط به کمیت و کیفیت مانند عملکرد و محتوای اسانس که معمولا وراثت‌پذیری بالایی ندارند می‌توان گزینش را به‌صورت غیرمستقیم و به کمک برخی تکنیک‌های آماری انجام داد. گاهی ممکن است در برنامه به‌نژادی افزایش کمیت و کیفیت محصول مدنظر باشد بنابراین محقق نیازمند روشی است که بتواند به کمک صفات مرتبط، علی‌رغم وجود اثرات محیطی، ژنوتیپ‌هایی را انتخاب کند که نه‌تنها در نسل حاضر دارای برتری هستند، بلکه پتانسیل برتر بودن در نسل‌های بعدی را هم حفظ می‌کنند.

یکی از روش‌های به دست آوردن رابطه واقعی صفات با یکدیگر استفاده از همبستگی‌های ژنوتیپی است که با توجه به طرح‌های آماری قابل‌محاسبه است. همبستگی‌های ساده برای محاسبه‌ی مؤلفه‌های اصلی و سپس محاسبه‌ی عامل‌ها در تجزیه به عامل‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند. حال اگر مؤلفه‌های اصلی بر اساس ماتریس متقارن همبستگی ژنوتیپی به دست بیایند، عامل‌های به‌دست‌آمده بر اساس این همبستگی‌های ژنوتیپی خواهند بود که تا حدی قابل‌اعتمادتر از همبستگی‌های ساده هستند.

خوشه‌بندی صفات و ژنوتیپ‌ها و همچنین استفاده از نمایش گرافیکی تنوع به‌صورت هیت‌مپ در سال‌های اخیر مورد استقبال محققان قرار گرفته است (Dai et al., 2013; Johnson et al., 2016). این پژوهش به‌منظور (۱) بررسی صفات مرتبط با عملکرد و محتوای اسانس میوه در گیاه گشنیز، (۲) استفاده از دو روش گزینش گرافیکی برای ارتقاء چندین صفت کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان که بتوانند تأثیر اثرات محیطی را کاهش دهند و (۳) گزینش توده‌های بومی گشنیز برتر بر اساس برخی صفات جهت کشت در سه رژیم آبیاری نرمال، تنش خشکی یک‌باره در انتهای فصل و تنش خشکی تدریجی طول فصل انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و نحوه اعمال تنش

مواد گیاهی استفاده‌شده در این تحقیق شامل ۱۴ توده گشنیز بومی ایران (جدول ۱) تهیه‌شده از بانک ژن گیاهی ملی ایران[1] (NPGBI) به همراه یک توده (ژنوتیپ) تجاری بود. این توده‌ها در سه آزمایش آبیاری نرمال، تنش خشکی یک‌باره و تنش خشکی تدریجی جداگانه و هرکدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از انجام عملیات تهیه زمین، کرت‌های آزمایشی تهیه و بر اساس تحقیقات پیشین کشت با تراکم

[1] National Plant Gene-Bank of Iran

www.SID.ir

Archive of SID

۳۰×۱۵ cm^2 انجام شد (Dyulgerov and Dyulgerova, 2013). نحوه آبیاری و اعمال تنش بدین‌صورت بود که در آزمایش مربوط به شرایط نرمال، آبیاری در تمام طول دوره رشد به‌صورت منظم و در زمان رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد آب در دسترس گیاه[2] (PAW) انجام شد. در آزمایش مربوط به رژیم آبیاری تنش یک‌باره، آبیاری تا زمان شروع تشکیل میوه (مقارن با حداکثر گل‌دهی) به‌صورت معمولی انجام و سپس تا زمان رسیدگی میوه قطع شد. در آزمایش مربوط به رژیم آبیاری تنش تدریجی، تنش در دو مرحله بدین‌صورت اعمال شد که تا مرحله ساقه‌دهی آبیاری به‌صورت معمولی و از ساقه‌دهی تا شروع تشکیل میوه آبیاری در زمان رسیدن رطوبت خاک به ۳۰ درصد PAW انجام شد و ازآن‌پس آبیاری قطع گردید (Eynizadeh et al., 2016). نحوه شناسایی PAW و زمان آبیاری بدین‌صورت بود که ابتدا از خاک نمونه‌برداری شده و نقطه‌ی ظرفیت زراعی و همین‌طور نقطه‌ی پژمردگی دائم مشخص شد (Alizadeh, 2013)؛ سپس هم‌زمان با انجام عملیات کاشت، یک کرت مازاد نیز کشت گردید که به کمک آن منحنی رطوبتی خاک ترسیم و زمان تقریبی رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد و ۳۰ درصد PAW مشخص شد. سپس در آن زمان‌ها از خاک موجود در عمق ریشه کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری و رطوبت محاسبه می‌شد و در صورت نیاز آبیاری صورت می‌گرفت.

در منطقه‌ی اجرای پژوهش (دشت تهران-کرج) میانگین بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر بوده و در نرم‌افزار Netwat در زمان کشت هیچ‌گونه باران مؤثری برای سبزی‌ها گزارش نشده است و در طول اجرای پژوهش و زمان اعمال تنش‌ها بارندگی در منطقه مشاهده نشد. به گزارش سازمان هواشناسی کشور بارندگی‌های این منطقه از ماه‌های مهر و آبان آغاز و تا اواسط اردیبهشت‌ماه ادامه می‌یابد (Iran Meteorological Organization, 2014).

جدول ۱. کد، شماره و محل جمع‌آوری ۱۵ توده گشنیز بومی ایران

Table 1. Code, number and origin of 15 Iranian endemic coriander populations

Code کد	Population توده	Collection site	محل جمع‌آوری	Code کد	Population توده	Collection site	محل جمع‌آوری
P1	Commercial	Karaj	کرج	P9	TN-59-230	Booshehr	بوشهر
P2	TN-59-10	Yazd	یزد	P10	TN-59-306	Western Azerbaijan	آذربایجان غربی
P3	TN-59-36	Fars	فارس	P11	TN-59-347	Lorestan	لرستان
P4	TN-59-80	Isfahan	اصفهان	P12	TN-59-353	Markazi	مرکزی
P5	TN-59-157	Hamadan	همدان	P13	TN-59-357	Kordestan	کردستان
P6	TN-59-158	Hamadan	همدان	P14	TN-59-422	Isfahan	اصفهان
P7	TN-59-160	Mazandaran	مازندران	P15	TN-59-450	Fars	فارس
P8	TN-59-164	Markazi	مرکزی				

صفات مورد ارزیابی و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها

در این تحقیق چهار صفت فنولوژیکی شامل تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه، تعداد روز تا ۵۰٪ رسیدگی، هشت صفت مورفولوژیکی شامل تعداد برگ پایه، ارتفاع بوته در زمان برداشت، وزن خشک بوته، تعداد شاخه در هر بوته، تعداد چتر در هر بوته، تعداد میوه در هر بوته، وزن هزار میوه، عملکرد میوه در بوته و چهار صفت فیزیولوژیکی شامل شاخص برداشت[3]، شاخص کلروفیل برگ، محتوای اسانس میوه[4] و محتوای رطوبت نسبی برگ[5] (RWC) مورد ارزیابی قرار گرفت.

صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی و ۵۰٪ پایان گل‌دهی زمانی یادداشت‌برداری شدند که نصف بوته‌های هر کرت به مرحله‌ی موردنظر رسیده بودند. صفت تعداد روز تا ۵۰٪ رسیدگی زمانی تعیین شد که میوه‌های نیمی از بوته‌های هر کرت کاملاً رسیده بود (Ahmadian and Noorzad, 2014). شاخص برداشت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (Huehn, 1993).

[2] Plant Available Water; PAW
[3] Harvest Index
[4] Essential Oil Content
[5] Relative Water Content

www.SID.ir

Archive of SID

$$HI = \frac{Yield}{Yield + DW} \quad [۱]$$

که در آن Yield عملکرد میوه و DW وزن خشک بوته بدون میوه است.

شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502 Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan) بر روی برگ‌های پایه و در زمان اتمام گلدهی هنگامی‌که تنش خشکی به اوج خود رسیده بود اندازه‌گیری شد (Khodadadi et al., 2017).

برای محاسبه محتوای رطوبت نسبی برگ، نمونه‌برداری از برگ‌های پایه در زمان اتمام گلدهی و اوج تنش انجام شد و پس از توزین، ابتدا نمونه‌ها درون آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند و پس از خشک‌کردن سطح برگ‌ها، وزن حالت اشباع اندازه‌گیری شد. سپس برای به دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند و درنهایت RWC توسط رابطه ۲ محاسبه گردید (Turner, 1986):

$$RWC = (\frac{FW - DW}{TW - DW}) \times 100 \quad [۲]$$

که در آن FW وزن تازه؛ TW وزن حالت اشباع و DW وزن خشک نمونه‌ها هستند.

برای اندازه‌گیری محتوای اسانس میوه ۱۰ گرم میوه توسط آسیاب به‌صورت پودر درآمده و محتوای اسانس آن توسط دستگاه کلونجر به روش مونتس و همکاران (Montes et al., 2001) اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری

واریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی، ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی با استفاده از امید ریاضی جدول تجزیه واریانس مرکب و به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ تا ۷ برآورد شدند.

$$\sigma_g^2 = \frac{(MSG - MSGE)}{re} \quad [۳]$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2 \quad [۴]$$

$$GCV\% = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}_{...}} \times 100 \quad [۵]$$

$$PCV\% = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{X}_{...}} \times 100 \quad [۶]$$

$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \quad [۷]$$

در این رابطه‌ها σ_g^2 واریانس ژنتیکی، σ_p^2 واریانس فنوتیپی، σ_{ge}^2 واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، σ_e^2 واریانس محیطی، MSG میانگین مربعات ژنوتیپ در جدول تجزیه واریانس مرکب، MSGE، میانگین مربعات ژنوتیپ در محیط در جدول تجزیه واریانس مرکب، GCV ضریب تغییرات ژنوتیپی، PCV ضریب تغییرات فنوتیپی، $\bar{X}_{...}$ میانگین کل صفت، h_b^2 وراثت‌پذیری عمومی، r تعداد تکرار و e تعداد محیط هستند.درصد پیشرفت ژنتیکی پس از یک نسل گزینش به روش آلارد (Allard, 1999) محاسبه شد (رابطه ۸):

$$GA\% = \frac{i \times h_b^2 \times \sigma_p}{\bar{X}_{...}} \times 100 \quad [۸]$$

که در آن ضریب i در ۱۰٪ شدت گزینش برابر با ۱/۷۶ است. همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی به روش هلند (Holland, 2006) برای محاسبه مقادیر همبستگی در تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به کمک نرم‌افزار SAS ver. 9.1 انجام گرفت.

تجزیه به عامل‌ها با استفاده از ماتریس همبستگی ژنوتیپی صفات انجام شد و ترسیم بای‌پلات مربوط به دو عامل اول که بیشترین همبستگی را با صفات موردمطالعه داشتند توسط نرم‌افزار MATLAB ver. R2016a انجام شد (Works, 1992). خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها و صفات یک‌بار بر اساس میانگین ارزش صفات در سه آزمایش و یک‌بار دیگر بر اساس ارزش صفات در ترکیب تیماری ژنوتیپ در آزمایش انجام شد. خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها و صفات به روش وارد و هوک (Ward and Hook, 1963) و ضریب مربع فاصله اقلیدسی انجام شد. نقشه هیت‌مپ مربوط به خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها و صفات توسط نرم‌افزار metaboanalyst 3.0 ترسیم گردید (Xia and Wishart, 2016).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب و تعیین پارامترهای ژنتیکی

تجزیه واریانس مرکب صفات وجود تنوع نسبتاً بالایی را برای اکوتیپ‌ها در اکثر صفات نشان داد (داده‌ها نشان داده نشده است). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. این

www.SID.ir

Archive of SID

موضوع نشان می‌دهد که اکوتیپ‌های مختلف در رژیم‌های رطوبتی مختلف واکنش‌های متفاوتی داشتند.

برآوردهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده بر روی جمعیت‌های گشنیز موردبررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود صفات تعداد روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه، وزن هزار میوه، عملکرد میوه و محتوای نسبی رطوبت برگ تأثیرپذیری نسبتاً بالایی از محیط داشتند و شاخص‌های مربوط به محیط اختلاف نسبتاً زیادی با شاخص‌های مربوط به اکوتیپ داشتند؛ بنابراین احتمالاً این صفات در شرایط همراه با تنش تغییرپذیری بالاتری نسبت به صفات دیگر خواهند داشت. تأثیر محیط بر روی عملکرد میوه به حدی بود که واریانس ژنتیکی برابر با صفر برآورد شد. عینی‌زاده و همکاران (Eynizadeh et al., 2016) بیشترین تأثیر تنش را بر روی عملکرد و اسانس میوه مشاهده کردند. این تأثیرات در مورد عملکرد در جهت منفی و در مورد محتوای اسانس در جهت مثبت بود. بدین معنی که در شرایط تنش از عملکرد کاسته و به محتوای اسانس افزوده می‌شد. همچنین مشاهده شد که وراثت‌پذیری در شرایط تنش کاهش یافت؛ بنابراین با در نظر گرفتن وراثت‌پذیری و عدم مشاهده واریانس ژنتیکی در این تحقیق گزینش در شرایط نرمال برای عملکرد نمی‌تواند برای شرایط تنش مؤثر باشد. ازآنجایی‌که در شرایط تنش بر محتوای اسانس افزوده می‌شود می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً گزینش در شرایط نرمال می‌تواند در بهبود این صفت در شرایط تنش مؤثر باشد اما به دلیل پایین بودن واریانس ژنتیکی پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار در نسل بعد ناچیز بوده و بستگی به محیط دارد. تأثیر بالای محیط بر روی محتوای رطوبت نسبی برگ نشان می‌دهد که احتمالاً این صفت برای غربال‌گری اکوتیپ‌های متحمل می‌تواند مفید باشد. محتوای نسبی بالای برگ در شرایط تنش نشان‌دهنده پتانسیل بالای گیاه برای حفظ رطوبت در شرایط تنش بوده و باعث ایجاد مقاومت گیاه نسبت به تنش خشکی می‌شود. همچنین کمبود آب در گیاه می‌تواند باعث اختلال در فعالیت آنزیم‌ها شود بنابراین حفظ رطوبت نسبی برای یک ژنوتیپ می‌تواند یک مزیت محسوب شود (Parida et al., 2008). زودرسی صفتی است که می‌تواند تأثیر بالایی در بروز تحمل به خشکی ایفا کند. بوته‌های زودرس می‌توانند در شرایط رطوبت کافی و قبل از شروع خشکی انتهای فصل، سریع‌تر چرخه زندگی خود را تکمیل کنند (Farooq et al., 2009). همان‌طور که ملاحظه می‌شود صفات مربوط به زودرسی دارای واریانس ژنتیکی نسبتاً بالایی بودند و درصد پیشرفت ژنتیکی آن‌ها نیز نسبتاً بالا بود؛ بنابراین احتمالاً گزینش می‌تواند در بهبود این صفات در شرایط نرمال و تنش مؤثر باشد. در تحقیق عینی‌زاده و همکاران (Eynizadeh et al., 2017) نیز وراثت‌پذیری بالایی برای صفات فنولوژیکی در شرایط رطوبتی مختلف گزارش شد. بیشترین درصد پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفات میزان کلروفیل برگ و تعداد برگ پایه مشاهده شد؛ بنابراین احتمالاً برای بهبود عملکرد سبزی و استفاده برگی گیاه گشنیز گزینش می‌تواند مؤثر باشد. افزایش کلروفیل برگ می‌تواند در افزایش فتوسنتز و جذب نور و درنتیجه در افزایش عملکرد میوه و اسانس میوه نقش مهمی داشته باشد که بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان این صفت را به کمک گزینش در شرایط نرمال و تنش بهبود بخشید. این موضوع با نتایج آزمایش‌های پیشین در گیاهان پنبه و آویشن مطابقت داشت (Letchamo et al., 1995; Karademir et al., 2009). به دلیل ناکارآمدی گزینش مستقیم برای بهبود عملکرد میوه راهکار دیگر گزینش غیرمستقیم است (Falconer and Mackay, 1996).

نتایج همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی صفات اندازه‌گیری شده بر روی اکوتیپ‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. به کمک همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی می‌توان گزینش را در جهت بهبود چندین صفت به‌طور هم‌زمان انجام داد. به دلیل وجود اثر متقابل شدید بین ژنوتیپ و محیط و رفتار متفاوت اکوتیپ‌ها ازنظر عملکرد میوه در رژیم‌های مختلف رطوبتی و درنتیجه عدم وجود واریانس ژنتیکی برای این صفت، همبستگی ژنوتیپی بین این صفت و سایر صفات برآورد نشد.

دلیل وجود اثر متقابل شدید ژنوتیپ و محیط را می‌توان اعمال تنش در آزمایش‌های مختلف دانست چراکه اکوتیپ‌های مختلف پتانسیل‌های مختلفی در پاسخ به تنش خواهند داشت. گزینش بر اساس صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی هستند و می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر روی عملکرد و دیگر صفات مهم اقتصادی تأثیرگذار باشند می‌تواند به‌طور هم‌زمان باعث افزایش پتانسیل اکوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تنش شود (Zhao et al., 2006).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. برآوردهای ژنوتیپی و فنوتیپی صفات اندازه‌گیری شده بر روی اکوتیپ‌های گشنیز بومی ایران به کمک جدول تجزیه واریانس مرکب

Table 2. Genotypic and phenotypic estimates of measured traits on Iranian endemic coriander using table of combined analysis of variance

صفت Trait	واریانس ژنتیکی Genotypic variance	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variance	ضریب تغییرات فنوتیپی phenotypic coefficient of variance	وراثت‌پذیری عمومی Broad sense heritability (%)	درصد پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار Percentage of expected genetic advance (%)
روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	68.38	83.67	0.12	0.14	0.82	19.44
روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی Days to 50% end of flowering	1.08	19.93	0.06	0.24	0.05	2.30
روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه Days to 50% fruit maturity	40.70	58.56	0.08	0.10	0.70	12.39
روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% ripening	28.49	49.84	0.06	0.08	0.57	7.55
تعداد برگ پایه Base leaf number	4.64	17.92	0.35	0.70	0.26	31.75
ارتفاع بوته Plant height	33.01	88.80	0.13	0.22	0.37	14.47
وزن خشک بوته Plant dry weight	9.38	21.43	0.36	0.54	0.44	41.49
تعداد شاخه Branch number	2.90	6.61	0.16	0.24	0.44	18.47
تعداد چتر Umbel number	684.57	1891.66	0.27	0.46	0.36	29.07
تعداد میوه Fruit number	25547.54	157103.50	0.18	0.46	0.16	13.08
وزن هزار میوه Fruit thousand weight	1.15	6.99	0.11	0.27	0.16	7.94
عملکرد میوه در بوته Plant fruit yield	0.00	21.65	0.00	0.52	0.00	0.00
شاخص برداشت Harvest index	49.13	179.03	0.15	0.29	0.27	13.97
شاخص کلروفیل Chlorophyll index	16.54	37.74	0.30	0.46	0.44	35.47
اسانس میوه Essential oil	1.10	6.00	0.22	0.48	0.18	16.94
محتوای رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content	5.68	109.35	0.04	0.16	0.05	1.47

در این آزمایش صفات فنولوژیکی، تعداد برگ پایه، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد شاخه، تعداد چتر، تعداد میوه در بوته، میزان کلروفیل و تا حدی محتوای اسانس میوه دارای وراثت‌پذیری و درصد پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار بالایی بودند؛ بنابراین، این صفات می‌توانند در گزینش غیرمستقیم برای افزایش عملکرد میوه به‌طور هم‌زمان در شرایط نرمال و تنش مورداستفاده قرار بگیرند. قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh et al., 2017) و حنیفه‌ای و همکاران (Hanifei et al., 2017) نیز وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی بالایی برای صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ پایه،

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد شاخه و عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال و تنش خشکی مشاهده کردند.

پی بردن به همبستگی ژنوتیپی این صفات و گزینش بر اساس آن‌ها احتمالاً می‌تواند در رسیدن به ژنوتیپ‌های مطلوب‌تر در شرایط نرمال و تنش مفید باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، عملکرد میوه بیشترین همبستگی فنوتیپی را با صفات تعداد میوه، تعداد چتر، تعداد شاخه و ارتفاع بوته داشت. درصورتی‌که این صفات با یکدیگر همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی‌داری داشتند. در تحقیق کاساهون و همکاران (Kassahun et al., 2013) روی همبستگی عملکرد میوه و اجزاء عملکرد در گشنیز، مشاهده شد که تعداد میوه در هر بوته و وزن هزار میوه دارای همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت با عملکرد میوه در بوته بود. با افزایش تعداد میوه، وزن هزار میوه کاهش یافت؛ بنابراین احتمالاً میزان تجمع مواد فتوسنتزی در تک میوه وابسته به تعداد میوه بوده است. در

جدول ۳. همبستگی ژنوتیپی (پایین قطر) و فنوتیپی (بالای قطر) صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های بومی گشنیز ایران به کمک تجزیه مرکب

Table 3. Genotypic (below the diameter) and phenotypic (upon the diameter) correlations between measured traits in Iranian endemic coriander using combined analysis

	صفت Trait	1	2	3	4	5	6	7	8
1	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	1.00	-0.25	0.85**	0.74**	0.44	0.47	0.58*	0.44
2	روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی Days to 50% end of flowering	-0.78**	1.00	-0.43	0.20	0.09	0.11	-0.02	0.07
3	روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه Days to 50% fruit maturity	0.98**	-0.94**	1.00	0.73**	0.38	0.42	0.50	0.46
4	روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% ripening	1.01**	-0.92**	1.00**	1.00	0.40	0.56*	0.51	0.52*
5	تعداد برگ پایه Base leaf number	0.90**	-0.80**	0.82**	0.85**	1.00	0.35	0.45	0.34
6	ارتفاع بوته Plant height	0.84**	-0.75**	0.75**	0.70**	0.60*	1.00	0.65**	0.64**
7	وزن خشک بوته Plant dry weight	0.90**	-0.71**	0.82**	0.82**	0.86**	0.91**	1.00	0.60*
8	تعداد شاخه Branch number	0.81**	-0.45	0.74**	0.79**	0.55**	1.03**	0.88**	1.00
9	تعداد چتر Umbel number	0.36	0.28	0.24	0.32	0.07	0.87**	0.63*	0.86**
10	تعداد میوه Fruit number	0.84**	0.08	0.63*	0.76**	0.34	1.18**	0.85**	1.19**
11	وزن هزار میوه Fruit thousand weight	-0.72**	0.89**	-0.79**	-0.77**	-0.61*	-0.58*	-0.30	-0.64**
12	عملکرد میوه در بوته Plant fruit yield	-	-	-	-	-	-	-	-
13	شاخص برداشت Harvest index	-1.14**	1.42**	-1.18**	-1.11**	-1.22**	-1.05**	-1.06**	-1.00**
14	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	0.75**	-0.88*	0.70**	0.63*	0.92**	0.34	0.87**	0.34
15	اسانس میوه Essential oil	1.04**	-1.57*	1.05**	0.93**	0.79**	0.63*	0.83**	0.35
16	محتوای رطوبت نسبی برگ Relative water content	-0.56*	-2.86*	-0.49	-1.07**	-0.35	-0.70**	-0.60*	-0.64**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

* and ** means significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

	صفت Trait	9	10	11	12	13	14	15	16
1	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	0.19	0.28	-0.36	0.23	-0.61*	0.39	0.41	-0.19
2	روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی Days to 50% end of flowering	0.20	0.09	0.08	-0.01	0.18	-0.10	-0.16	0.01
3	روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه Days to 50% fruit maturity	0.18	0.25	-0.34	0.24	-0.56*	0.35	0.38	-0.14
4	روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% ripening	0.34	0.35	-0.35	0.22	-0.48	0.30	0.29	-0.18
5	تعداد برگ پایه Base leaf number	0.22	0.12	-0.03	0.23	-0.30	0.30	0.20	0.06
6	ارتفاع بوته Plant height	0.61*	0.53*	-0.09	0.32	-0.32	0.14	0.15	-0.01
7	وزن خشک بوته Plant dry weight	0.53	0.56**	-0.01	0.44	-0.47	0.24	0.21	0.01
8	تعداد شاخه Branch number	0.69**	0.56**	-0.05	0.38	-0.29	0.11	0.11	-0.04
9	تعداد چتر Umbel number	1.00	0.59**	0.04	0.33	-0.11	-0.02	0.01	0.01
10	تعداد میوه Fruit number	1.26**	1.00	-0.08	0.43	-0.01	-0.05	-0.03	-0.02
11	وزن هزار میوه Fruit thousand weight	-0.14	-0.46	1.00	-0.08	0.31	-0.02	-0.09	0.01
12	عملکرد میوه در بوته Plant fruit yield	-	-	-	1.00	-0.08	0.13	0.12	0.06
13	شاخص برداشت Harvest index	-0.40	-1.21**	0.68**	-	1.00	-0.22	-0.31	-0.02
14	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	-0.09	0.32	-0.08	-	-0.77**	1.00	0.27	0.05
15	اسانس میوه Essential oil	-0.04	0.56*	-0.49	-	-1.19**	1.06**	1.00	0.00
16	محتوای رطوبت نسبی برگ Relative water content	-0.64**	-1.52**	1.48**	-	0.15	-0.03	-0.33	1.00

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

* and ** means significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

می‌دهد که احتمالاً گزینش بر اساس این صفات می‌تواند در بهبود هم‌زمان دو صفت مهم و اقتصادی تعداد برگ پایه و میزان اسانس میوه در شرایط نرمال و تنش مؤثر باشد. نتایج مشاهدات با مطالعات حنیفه‌ای و همکاران (Hanifei et al., 2017) و قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh et al., 2017) مطابقت دارد. در تحقیق هانی و همکاران (Hani et al., 2014) با تغییر در میزان آبیاری، صفات ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد چتر و عملکرد بذر به‌طور هماهنگ تغییر کردند. وجود همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار بین صفات فنولوژیک و صفات مربوط به زیست‌توده نشان می‌دهد که احتمالاً بوته‌های دیررس‌تر به دلیل فراهم داشتن فرصت بیشتر برای رشد، دارای زیست‌توده بیشتری بودند؛ بنابراین با توجه به وراثت‌پذیری نسبتاً بالای این صفات انتخاب اکوتیپ‌های دیررس‌تر برای مناطقی که خشکی انتهای فصل در آن‌ها مشکل‌ساز نیست می‌تواند مناسب باشد. بر اساس نتایج احمدیان و نورزاد (Ahmadian and Noorzad, 2014) تأخیر در برداشت می‌تواند باعث افزایش وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و عملکرد بوته شود. همبستگی ژنوتیپی منفی و معنی‌دار بین صفت شاخص برداشت و صفات مربوط به فنولوژی نشان می‌دهد که در اکوتیپ‌های دیررس‌تر رشد

www.SID.ir

Archive of SID

رویشی بیشتر از رشد زایشی و تولید میوه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بدین معنی که گیاه انرژی خود را بیشتر صرف تولید زیست‌توده می‌کند؛ بنابراین احتمالاً انتخاب اکوتیپ‌های دیررس‌تر در مواردی که هدف از کشت گشنیز مصرف تازه آن باشد، مفید خواهد بود. نتایج این پژوهش در رابطه با دیررسی با پژوهش احمدیان و نورزاد (Ahmadian and Noorzad, 2014) قرابت داشت.

جدول ۴. نمایش دو عامل اول در تجزیه به عامل‌ها

Table 4. Two first factors in factor analysis

عامل‌ها Factors	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی days to 50% flowering	روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی days to 50% end of flowering	روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه days to 50% fruit maturity	روز تا ۵۰٪ رسیدگی days to 50% ripening	تعداد برگ پایه Base leaf number	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد شاخه Branch number	تعداد چتر Umbel number
1	-1.00	0.73	-0.82	-0.99	-0.86	-0.94	-0.95	-0.89	-0.50
2	0.07	-1.33	0.00	-0.02	0.26	-0.16	0.00	-0.26	-0.58

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

عامل‌ها Factors	تعداد میوه Fruit number	وزن هزار میوه Fruit thousand weight	عملکرد میوه در بوته Plant fruit yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	اسانس میوه Essential oil	محتوای رطوبت نسبی Relative water content	مقدار ویژه Eigen value
1	-0.93	0.73	1.16	-0.63	-0.73	0.53	-1.00	10.84
2	-0.65	0.20	-0.31	0.36	0.43	1.35	0.07	5.03

همان‌طور که گفته شد بیشتر صفات دارای وراثت‌پذیری پایینی بودند و محیط در بروز آن‌ها تأثیر زیادی داشت و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای همه صفات معنی‌دار بود؛ بنابراین برای گزینش ابتدا باید اثرات محیط را جدا نمود تا ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در نسل بعد نیز برتری خود را حفظ کنند. برای این منظور در ادامه دو روش گرافیکی پیشنهاد می‌شود که در موارد مشابه می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند .

روش اول: تجزیه به عامل‌ها و بای‌پلات صفات و اکوتیپ‌ها بر اساس دو عامل اول

نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که دو عامل اول به ترتیب ۵۱/۱۱ و ۲۳/۷۱ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۴). عامل اول همبستگی ژنوتیپی بالایی بین بیشتر صفات با یکدیگر و از طرف دیگر عامل دوم همبستگی صفات محتوای رطوبت نسبی برگ و تعداد روز تا بلوغ میوه را نشان داد. بای‌پلات ژنوتیپ و صفات بر اساس دو عامل اول این همبستگی‌ها را به‌صورت گرافیکی نشان داد (شکل ۱). جهت درک بهتر این شکل، نقاط مربوط به صفات و مبدأ مختصات با یک خط به هم متصل شده‌اند. در این تحقیق ضرایب مربوط به اکوتیپ‌ها در دو عامل اول به کمک میانگین کل اکوتیپ‌ها در هر صفت مشخص‌شده و در بای‌پلات ترسیم‌شده‌اند.

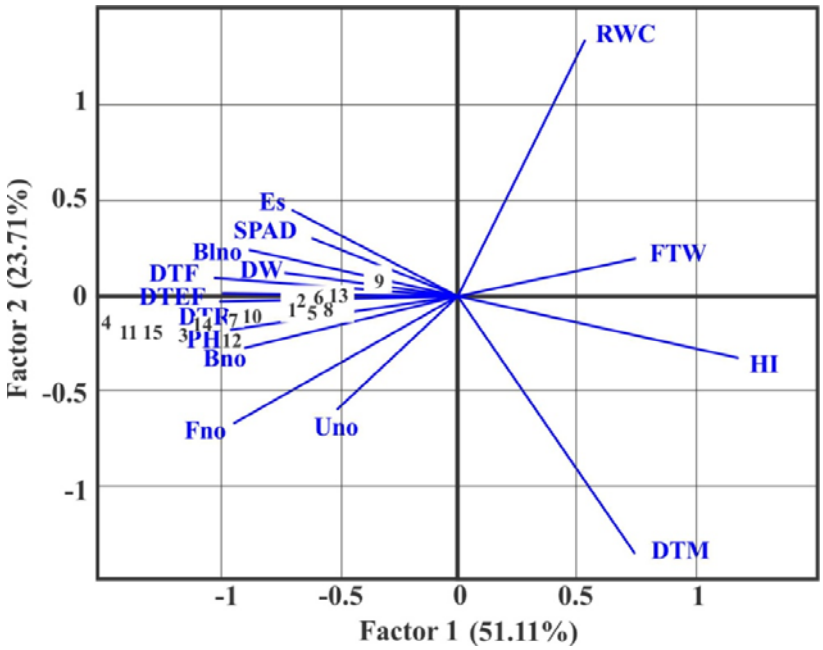
به دلیل استفاده از واریانس ژنتیکی برای به دست آوردن عامل‌ها و ضرایب عاملی و جدا کردن اثرات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، پتانسیل ژنتیکی اکوتیپ‌ها نشان داده شده است. همچنین به دلیل بالا بودن سهم عامل اول در واریانس کل، بردار اکوتیپ‌ها اغلب موازی با محور عامل اول بود؛ بنابراین با توجه به بای‌پلات حاصل، اکوتیپ‌هایی که بیشترین پتانسیل ژنتیکی را برای اغلب صفات داشتند مشخص شدند که به ترتیب اکوتیپ‌های ۳ (فارس)، ۴ (اصفهان)، ۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

(لرستان)، ۱۴ (اصفهان) و ۱۵ (فارس) بودند. می‌توان نتیجه گرفت که گزینش این اکوتیپ‌ها و تهیه جمعیت به کمک آن‌ها می‌تواند در بهبود هم‌زمان صفات مهم اقتصادی مانند محتوای اسانس میوه، تعداد برگ پایه و وزن خشک زیست‌توده، در هر دو شرایط نرمال و تنش مؤثر باشد.

عملکرد میوه یکی از صفات مهم اقتصادی است که در این تحقیق همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری را با صفات فنولوژیکی و صفات مربوط به زیست‌توده نشان داد؛ بنابراین انتخاب اکوتیپ‌های مذکور احتمالاً در بهبود این صفت نیز می‌تواند نقش داشته باشد. در پژوهش حاضر اکوتیپ شماره ۹ (بوشهر) به دلیل زودرسی زیاد دارای تعداد برگ پایه بسیار کمی بوده و از زیست‌توده و عملکرد پایینی برخوردار بود. زودرسی و شاخص برداشت نسبتاً بالای این رقم آن را برای کشت دوم پس از برداشت محصول اصلی در مناطقی که خطر خشکی انتهای فصل در آن‌ها وجود دارد جهت تولید میوه گشنیز و اسانس مناسب می‌کند. همچنین حجم کمتر شاخساره این بوته امکان کشت در تراکم بالاتر را می‌دهد. حنیفه‌ای و همکاران (Hanifei et al., 2017) در پژوهش خود از توده‌ی بوشهر به‌عنوان والد مقاوم به تنش خشکی و از توده‌ی همدان به‌عنوان والد حساس به تنش خشکی در طرح تلاقی سه‌گانه برای بررسی ژنتیک تحمل به تنش خشکی استفاده کردند.



شکل ۱. بای‌پلات ژنوتیپ در صفت مربوط به دو عامل اول در تجزیه به عامل‌هاDTF ، روز تا ۵۰٪ گل‌دهی؛DTM ، روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه؛ DTEF، روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی؛DTR ، روز تا ۵۰٪ رسیدگی؛BLno ، تعداد برگ پایه؛PH ، ارتفاع بوته؛DW ، وزن خشک بوته؛Bno ، تعداد شاخه؛Uno ، تعداد چتر در بوته؛Fno ، تعداد میوه در بوته؛FTW ، وزن هزار میوه؛Yld ، عملکرد میوه؛HI ، شاخص برداشت؛SPAD ؛ شاخص کلروفیل برگ؛Es ، محتوای اسانس میوه وRWC ، محتوای رطوبت نسبی برگ

Fig 1. Biplot of genotype and trait related to two first components in factor analysis. DTF, Days to 50% flowering; DTEF, Days to 50% end of flowering; DTM, Days to 50% fruit maturity; DTR, Days to 50% ripening; BLno, Base leaf number; PH, Plant height; DW, Plant dry weight; Bno, Branch number; Uno, Umbel number; Fno, Fruit number; FTW, Fruit thousand weight; Yld, Plant fruit yield; HI, Harvest index; SPAD, chlorophyll index; Es, Essential oil; RWC, Relative water content.

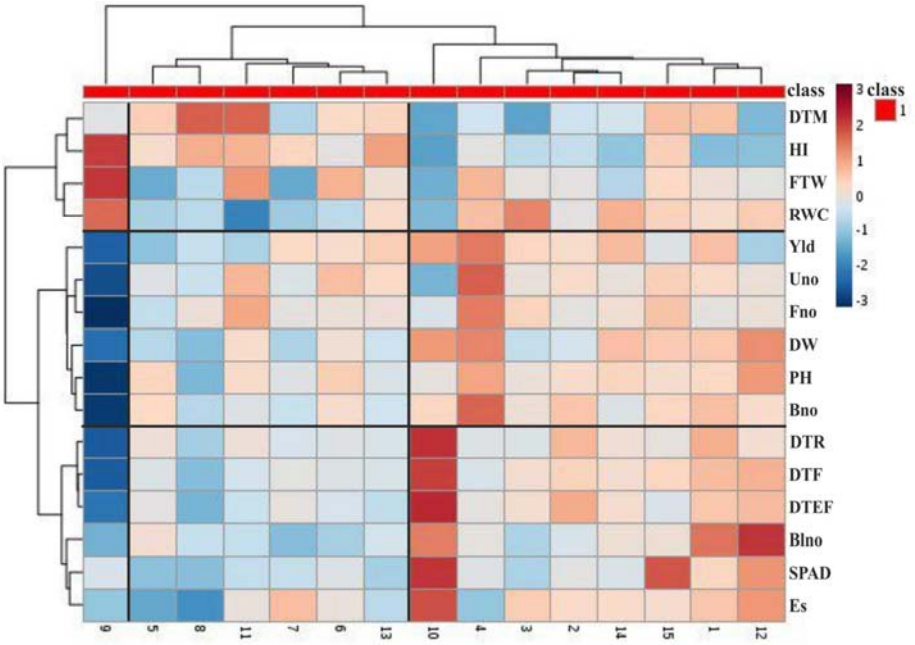
روش دوم: استفاده از هیت‌مپ و تجزیه کلاستر صفات

در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط دیگر نمی‌توان در مورد اثرات اصلی اظهارنظر کرد. در این صورت تجزیه‌ها و نتیجه‌گیری‌ها باید بر روی ترکیب تیماری ژنوتیپ و محیط انجام شود.

www.SID.ir

Archive of SID

بدین منظور تجزیه کلاستر و آنالیز هیت‌مپ به دو صورت، ابتدا بر روی میانگین ژنوتیپ‌ها در هر سه آزمایش و سپس روی اثرات متقابل انجام و نتایج آن‌ها باهم مقایسه شدند. نمایش گرافیکی اختلاف بین اکوتیپ‌ها بر اساس صفات موردبررسی به همراه تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها و صفات اندازه‌گیری شده بر اساس میانگین کل آن‌ها در هر سه رژیم آبیاری در شکل ۲ نشان داده شده است. با مقایسه‌ی شکل‌های ۱ و ۲، اکوتیپ‌ها و صفات هرکدام در سه گروه طبقه‌بندی شدند. اختلافات مشاهده شده بین این دو نمایش گرافیکی در گروه‌بندی اکوتیپ‌ها و صفات بدین دلیل است که بای‌پلات مستقل از اثرات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و نقشه هیت‌مپ بر روی میانگین اکوتیپ‌ها در رژیم‌های رطوبتی مختلف ترسیم شده است. در این حالت برای خوشه‌بندی صفات و اکوتیپ‌ها ماتریس‌های تشابه بر روی داده‌های فنوتیپی و با احتساب اثرات محیطی به‌دست‌آمده‌اند.



شکل ۲. هیت‌مپ و تجزیه کلاستر اکوتیپ‌ها و صفات بر اساس میانگین اکوتیپ‌ها در محیط‌هاDTF ،. روز تا ۵۰٪ گل‌دهی؛DTM ، روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه؛DTEF ، روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی؛DTR ، روز تا ۵۰٪ رسیدگی؛BLno ، تعداد برگ پایه؛PH ، ارتفاع بوته؛DW ، وزن خشک بوته؛Bno ، تعداد شاخه؛Uno ، تعداد چتر در بوته؛Fno ، تعداد میوه در بوته؛FTW ، وزن هزار میوه؛Yld ، عملکرد میوه؛HI ، شاخص برداشت؛SPAD ؛ شاخص کلروفیل برگ؛Es ، محتوای اسانس میوه وRWC ، محتوای رطوبت نسبی برگ

Fig 2. Heatmap and cluster analysis of genotypes and traits based on means of genotypes in different condition. DTF, Days to 50% flowering; DTEF, Days to 50% end of flowering; DTM, Days to 50% fruit maturity; DTR, Days to 50% ripening; BLno, Base leaf number; PH, Plant height; DW, Plant dry weight; Bno, Branch number; Uno, Umbel number; Fno, Fruit number; FTW, Fruit thousand weight; Yld, Plant fruit yield; HI, Harvest index; SPAD, chlorophyll index; Es, Essential oil; RWC, Relative water content.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی داشتند به دلیل تأثیر کم محیط در بروز آن‌ها در هر دو نمایش گرافیکی گروه‌بندی‌های تقریباً یکسانی داشتند. در تحقیق احمدیان و نورزاد (Ahmadian and Noorzad., 2014) صفات با وراثت‌پذیری بالا مانند ارتفاع و وزن خشک بوته تغییرات کمی نسبت به شرایط محیطی نرمال و تنش داشتند. در تحقیق نجفی و همکاران (Najafi et al., 2009) تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد نداشت و این نشان‌دهنده‌ی تأثیرپذیری کم این صفات از محیط است. به‌طوری‌که نحوه تغییر صفات عملکرد میوه، تعداد روز تا بلوغ میوه و محتوای رطوبت نسبی برگ در اکوتیپ‌ها به دلیل وراثت‌پذیری پایین آن‌ها با دخالت محیط تغییر کرد؛ بنابراین گروه‌بندی این صفات و همچنین گزینش اکوتیپ‌ها بر اساس آن‌ها قابل‌اعتماد نیست و احتمالاً در شرایط محیطی جدید با تغییرات دیگری همراه خواهند بود. در پژوهش حاضر، صفت محتوای اسانس تأثیرپذیری نسبتاً

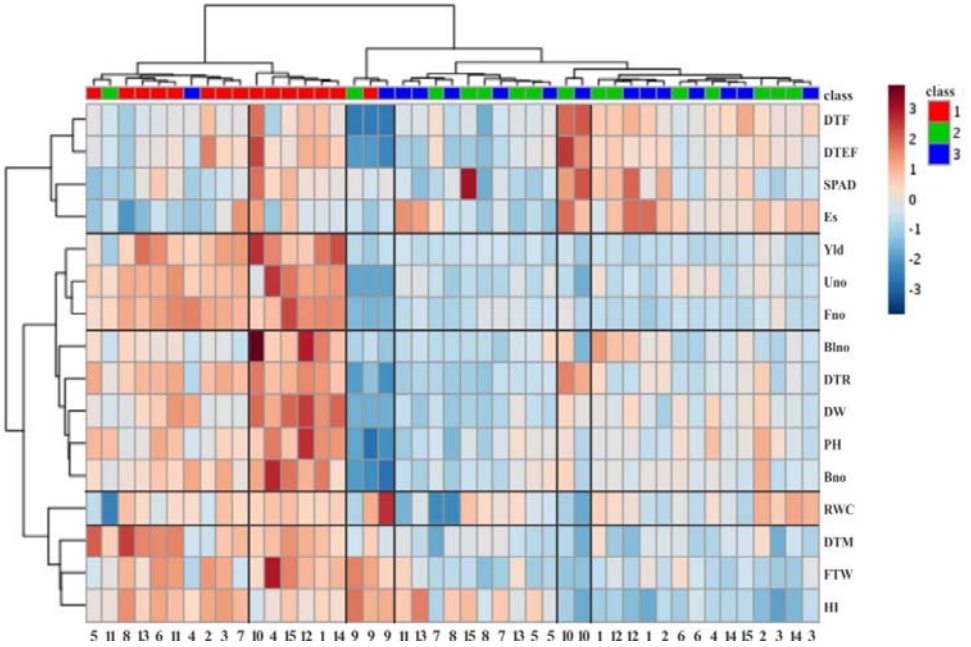
www.SID.ir

Archive of SID

بالایی از محیط داشت همچنین نجفی و همکاران (Najafi et al., 2009) نیز تأثیر محیط بر روی محتوای اسانس را گزارش دادند.

نمایش گرافیکی اختلاف بین اکوتیپ‌ها بر اساس صفات موردبررسی به همراه تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها و صفات اندازه‌گیری شده بر اساس میانگین تکرارها در هر رژیم آبیاری را به‌صورت مجزا در شکل ۳ نشان داده شده است.

کلاس رنگی قرمز مربوط به رژیم آبیاری نرمال، کلاس رنگی سبز مربوط به تنش یک‌باره در انتهای فصل و کلاس رنگی آبی مربوط به تنش تدریجی طول فصل است. در این روش درواقع به‌جای اکوتیپ‌ها، از ترکیب تیماری اکوتیپ در محیط برای کلاستربندی استفاده می‌شود. می‌توان به‌خوبی شباهت بین گروه‌بندی صفات را در شکل ۱ و شکل ۳ مشاهده کرد. در شکل ۳ چهار صفت تعداد روز تا بلوغ میوه، شاخص برداشت، وزن هزار میوه و محتوای رطوبت نسبی برگ به‌صورت بهتری نسبت به شکل ۲ از یکدیگر تفکیک‌شده‌اند.



شکل ۳. هیت‌مپ و تجزیه کلاستر اکوتیپ‌ها و صفات بر اساس میانگین تکرارها در هر آزمایش به‌طور مجزا (کلاس رنگی قرمز مربوط به رژیم آبیاری نرمال، کلاس رنگی سبز مربوط به تنش یک‌باره در انتهای فصل و کلاس رنگی آبی مربوط به تنش تدریجی طول فصل است DTF.(، روز تا ۵۰٪ گل‌دهی؛ DTM ، روز تا ۵۰٪ بلوغ میوه؛ DTEF ، روز تا ۵۰٪ پایان گل‌دهی؛ DTR ، روز تا ۵۰٪ رسیدگی؛ BLno ، تعداد برگ پایه؛ PH ، ارتفاع بوته؛ DW ، وزن خشک بوته؛ Bno ، تعداد شاخه؛ Uno ، تعداد چتر در بوته؛ Fno ، تعداد میوه در بوته؛ FTW ، وزن هزار میوه؛ Yld ، عملکرد میوه؛ HI ، شاخص برداشت؛ SPAD ؛ شاخص کلروفیل برگ؛ Es ، محتوای اسانس میوه و RWC ، محتوای رطوبت نسبی برگ

Fig 3. Heatmap and cluster analysis of genotypes and traits based on means of replications in each condition separately (The red color class refers to the normal irrigation regime, the green color class refers to the stress at the end of the season and the blue color class is related to the gradual stress of the season). DTF, Days to 50% flowering; DTEF, Days to 50% end of flowering; DTM, Days to 50% fruit maturity; DTR, Days to 50% ripening; BLno, Base leaf number; PH, Plant height; DW, Plant dry weight; Bno, Branch number; Uno, Umbel number; Fno, Fruit number; FTW, Fruit thousand weight; Yld, Plant fruit yield; HI, Harvest index; SPAD, chlorophyll index; Es, Essential oil; RWC, Relative water content.

با توجه به شکل ۲ ملاحظه می‌شود که ترکیب‌های تیماری همراه با رژیم آبیاری نرمال کنار یکدیگر تجمع داشته‌اند و این نشان می‌دهد که احتمالاً پاسخ اکوتیپ‌ها در این آزمایش اختلاف زیادی با دو آزمایش تنش داشته است.

همچنین ملاحظه می‌شود که در این آزمایش بیشتر صفات مورفولوژیکی مقادیر بالاتری داشتند (با توجه به تجمع رنگ‌های مایل به قهوه‌ای) که نشان از عدم محدودیت اکوتیپ‌ها در استفاده از آب در این آزمایش داشت. درنهایت

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۲ مشاهده می‌شود که اکوتیپ‌های ۵ (همدان)، ۶ (همدان)، ۹ (بوشهر)، ۱۰ (آذربایجان غربی)، ۱۲ (مرکزی) و ۱۴ (اصفهان) کمترین تغییرات را در رژیم‌های آبیاری مختلف داشتند بنابراین دارای پایداری بالاتری بر اساس همه صفات نسبت به اکوتیپ‌های دیگر بودند. در مقابل اکوتیپ‌های ۱ (تجاری)، ۱۴ (اصفهان) و ۱۵ (فارس) بیشترین جابجایی را در گروه‌بندی‌ها داشتند که عدم پایداری مناسب این اکوتیپ‌ها را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به‌منظور شناسایی روابط بین صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فنولوژیکی و همچنین انتخاب توده‌های بومی گشنیز برتر جهت کشت در هر سه شرایط نرمال، تنش یک‌باره و تنش تدریجی انجام شد. ۱۶ صفت مختلف بر روی توده‌های کشت‌شده ارزیابی شد و تجزیه واریانس مرکب، برآورد پارامترهای ژنتیکی، تعیین همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی، تجزیه به عامل‌ها و آنالیزهای گرافیکی بای‌پلات اکوتیپ‌ها و عامل‌ها و هیت‌مپ انجام شد. تجزیه واریانس مرکب تنوع نسبتاً بالایی را بین اکوتیپ‌های مختلف بر اساس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد و وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای همه‌ی صفات معنی‌دار بود. پس از برآورد پارامترهای ژنتیکی مشاهده شد که اغلب صفات دارای وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً پایینی بودند. جهت انجام گزینش غیرمستقیم برای بهبود چندین صفت به‌طور هم‌زمان در رژیم‌های رطوبتی مختلف دو روش گرافیکی پیشنهاد شد که بتوانند ژنوتیپ‌های پایدار و رابطه موجود بین صفات را با در نظر گرفتن اثر محیط مشخص کنند. بر اساس این روش‌ها اکوتیپ‌هایی که بیشترین پتانسیل ژنتیکی را برای اغلب صفات داشتند توده‌های ۳ (فارس)، ۴ (اصفهان)، ۱۱ (لرستان)، ۱۴ (اصفهان) و ۱۵ (فارس) بودند. گزینش این اکوتیپ‌ها و تهیه جمعیت به کمک آن‌ها احتمالاً می‌تواند در بهبود هم‌زمان صفات مهم اقتصادی مانند محتوای اسانس میوه، تعداد برگ پایه و وزن خشک زیست‌توده، در هر دو شرایط نرمال و تنش مؤثر باشد. زودرسی و شاخص برداشت نسبتاً بالای اکوتیپ ۹ (بوشهر) آن را برای کشت دوم در مناطقی که خطر خشکی انتهای فصل در آن‌ها وجود دارد جهت تولید میوه گشنیز و اسانس مناسب می‌کند. اکوتیپ شماره ۱۰ (آذربایجان غربی) در دو صفت اقتصادی محتوای اسانس میوه و تعداد برگ پایه بیشترین مقدار را داشت اما دیررس بودن این اکوتیپ باعث حساسیت شدید آن به خشکی شده و میانگین عملکرد میوه آن را در رژیم‌های مختلف آبیاری تحت تأثیر قرار داده است. اکوتیپ‌ها و صفات هرکدام در سه گروه طبقه‌بندی شدند. تشابه زیادی بین نتایج دو روش تجزیه گرافیکی مشاهده شد و صفات نسبت به حالتی که ترکیب تیماری در نظر گرفته نمی‌شد به طرز بهتری گروه‌بندی شدند.

منابع

Alizadeh, A., 2013. Soil Physics. Astane Ghodse Razavi. Mashhad. [In Persian].

Allard, R. W., 1999. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons. New York.

Ahmadian, A., Noorzad, S., 2014. Effect of water stress and harvesting stages on quantitative and qualitative yields of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Agroecology. 6(1), 130-141. [In Persian with English summary].

Dai, Z.W., Léon, C., Feil, R., Lunn, J.E., Delrot, S., Gomès, E., 2013. Metabolic profiling reveals coordinated switches in primary carbohydrate metabolism in grape berry (*Vitis vinifera* L.), a non-climacteric fleshy fruit. Journal of Experimental Botany. 64, 1345–1355.

Diederichsen, A., 1996. Coriander: Coriandrum Sativum L. (Vol. 3). Biodiversity International. New York.

Dyulgerov, N., Dyulgerova, B., 2013. Variation of yield components in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Agricultural Science and Technology. 23, 124–130.

Eidi, M., Eidi, A., Saeidi, A., Molanaei, S., Sadeghipour, A., Bahar, M., Bahar, K., 2009. Effect of coriander seed (*Coriandrum sativum* L.) ethanol extract on insulin release from pancreatic beta cells in streptozotocin-induced diabetic rats. Phytotheral Research. 23, 404–406.

Eynizadeh, P., Dehghani, H., Khodadadi, M., 2016. Drought stress Tolerance and Adaptation in Iranian endemic Coriander (*Coriandrum sativum* L.) populations. Iranian Journal of

www.SID.ir

Archive of SID

Horticultural Science. 47, 317–327. [In Persian with English summary].

Falconer, D.S., Mackay, T.F., 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Pearson Education. Dehli.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. In Sustainable Agriculture (pp. 153–188). Springer. New York.

Ghamarnia, H., Daichin, S., 2013. Effect of different water stress regimes on different Coriander (*Coriander sativum* L.) Parameters in a semi-arid climate. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4, 822–832.

Gholizadeh, A., Dehghani, H., Khodadadi, M., 2017. Estimation of genetic parameters, general and specific combining ability on endemic coriander populations. Journal of Plant Genetic Research. Accepted. [In Persian with English summary].

Hani, M., Hussein, S. A., Mursy, M., Ngezimana, W., Mudau, F. N., 2014. Yield and essential oil response in corianderto water stress and phosphorus fertilizer application. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 18(1), 82-92.

Hanifei, M., Dehghani, H., Khodadadi, M., 2017. Estimation genetic parameters of some quantitative traits in coriander under drought stress using triple test cross. Journal of Plant Genetic Research. 4(1), 25-38. [In Persian with English summary].

Holland, J.B., 2006. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. Crop Science. 46, 642–654.

Huehn, M., 1993. Harvest index versus grain/straw-ratio. Theoretical comments and experimental results on the comparison of variation. Euphytica. 68, 27–32.

Institute, S. 2011. The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Inst., Cary, NC.

Iran Meteorological Organization, 2014. Climate of Alborz province. Iran Meteorological Organization (IRIMO). [Online] available on: http://www.irimo.ir/eng/index.php

Jansen, P.C.M., 1981. Spices, Condiments and Medicinal Plants in Ethiopia, Their Taxonomy and Agricultural Significance. Backhuys. New York.

Johnson, T.A., Stedtfeld, R.D., Wang, Q., Cole, J.R., Hashsham, S.A., Looft, T., Zhu, Y.-G., Tiedje, J.M., 2016. Clusters of Antibiotic Resistance Genes Enriched Together Stay Together in Swine Agriculture. John Wiley and Sons. New York.

Karademir, C., Karademir, E., Ekinci, R., Gencer, O., 2009. Correlations and path coefficient analysis between leaf chlorophyll content yield and yield components in cotton (*G. hirsutum* L.) under drought stress conditions. Notulae Botanicae Horticulture. 37, 241-252.

Kassahun, B.M., Alemaw, G., Tesfaye, B., 2013. Correlation studies and path coefficient analysis for seed yield and yield components in Ethiopian coriander accessions. African Crop Science Journal. 21, 51–59.

Khodadadi, M., Dehghani, H., Jalali Javaran, M., 2017. Quantitative genetic analysis reveals potential to genetically improve fruit yield and drought resistance simultaneously in coriander. Frontiers in Plant Science. 8, 1-16.

Kramer, P.J., Boyer, J.S., 1995. Water Relations of Plants and Soils. Academic Press. New York.

Kubo, I., Fujita, K., Kubo, A., Nihei, K., Ogura, T., 2004. Antibacterial activity of coriander volatile compounds against Salmonella choleraesuis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52, 3329–3332.

Letchamo, W., Xu, H. L., Gosselin, A., 1995. Variations in photosynthesis and essential oil in thyme. Journal of Plant Physiology. 147, 29–37.

Luayza, G., Brevedan, R., Palomo, R., 1996. Progress in New Crops. Alexandria. New York.

Mardeh, A.S.-S., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammadi, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research. 98, 222–229.

Mengesha, B., Alemaw, G., Tesfaye, B., 2011. Genetic divergence in Ethiopian coriander accessions and its implication in breeding of desired plant types. African Crop Science Journal. 19, 45-56.

Montes, M., Muñoz, L., Wilkomirsky, T., 2001. Plantas medicinales de uso en Chile. Químicay farmacología.

Najafi, F., Mahdavi, A.M., Nejad Ebrahimi, S., 2009. Effect of irrigation regimes on yield, yield components, content andcomposition of

www.SID.ir

Archive of SID

the essential oil of four Iranian land racesof coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants. 12(3), 300-309.

Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak, M.S., Aurangabadkar, L.P., 2008. Differential responses of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. Acta Physiologiae Plantarum. 30, 619–627.

Premachandra, G.S., Saneoka, H., Fujita, K., Ogata, S., 1992. Leaf water relations, osmotic adjustment, cell membrane stability, epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficits in sorghum. Journal of Experimental Botany. 43, 1569–1576.

SAS, 2003. SAS version SAS 9.1. 3, Service Pack 3. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A., 2005. Changes of some anti-oxidative enzymes under soil water deficits among 10 wheat genotypes at tillering stage. Journal of Experimental Botany. 85, 1024–1030.

Singh-Sangwan, N., Abad Farooqi, A.H., Singh Sangwan, R., 1994. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. New Phytologist. 128, 173–179.

Turner, N.C., 1986. Crop water deficits: a decade of progress. In: Brady, N.C., (ed.), Advances in Agronomy. (Massachusetts: Academic Press), 1–51.

Wahb-Allah, M.A., Alsadon, A.A., Ibrahim, A. A., 2011. Drought tolerance of several tomato genotypes under greenhouse conditions. World Applied Sciences Journal. 15, 933–940.

Wangensteen, H., Samuelsen, A.B., Malterud, K.E., 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. Food Chemistry. 88, 293–297.

Ward Jr, J.H., Hook, M.E., 1963. Application of a hierarchical grouping procedure to a problem of grouping profiles. Educational and Psychological Measurement. 23, 69–81.

Works, I.T.M., 1992. Matlab reference guide. Math Works, Incorporated.

Xia, J., Wishart, D.S., 2016. Using metaboanalyst 3.0 for comprehensive metabolomics data analysis. Current Protocols in Bioinformatics. 34, 10–14.

Zhao, D.L., Atlin, G.N., Bastiaans, L., Spiertz, J. H. J., 2006. Cultivar weed-competitiveness in aerobic rice: heritability, correlated traits, and the potential for indirect selection in weed-free environments. Crop Science. 46, 372–380.

www.SID.ir