تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۰۹۱-۱۱۰٤
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1749.1399

مقاله پژوهشی

تعیین شاخص‌های انتخاب مناسب برای اصلاح عملکرد دانه در گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

امیر قلی‌زاده[۱]، حمید دهقانی[۲*]، مصطفی خدادادی[۳]
۱. دانشجوی دکتری 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: ۹۷/۰۴/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۰

چکیده

برای بهبود صفت پیچیده‌ای مانند عملکرد، یکی از مؤثرترین روش‌ها در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب، استفاده از گزینش غیرمستقیم برای عملکرد از طریق اجزای عملکرد و صفات وابسته به عملکرد است. در این مطالعه به‌منظور درک روابط ژنتیکی بین خصوصیات کمی و کیفی گشنیز و انتخاب شاخص‌های گزینش غیرمستقیم، نتاج حاصل از تلاقی دی‌آلل ۶ ژنوتیپ گشنیز در نسل‌های F_1 و F_2 مورد ارزیابی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های موردبررسی در سه شرایط متفاوت آبیاری به‌طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه در گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چتر بارور در گیاه، تعداد دانه در گیاه، وزن هزار دانه، وزن دانه در گیاه یا عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، میزان اسانس دانه، میزان روغن دانه، عملکرد اسانس، عملکرد روغن، محتوای کلروفیل SPAD، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید، میزان رطوبت نسبی و نشت یونی مورداندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که صفات روز تا گلدهی، محتوای کلروفیل SPAD، میزان رطوبت نسبی، تعداد دانه و وزن هزار دانه با توجه به همبستگی ژنتیکی معنی‌دار با عملکرد دانه و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش خشکی در مزرعه مورداستفاده قرار گیرند. همچنین با توجه به همبستگی ژنتیکی مثبت بین عملکرد دانه با سایر صفات مهم اقتصادی (میزان اسانس دانه، میزان روغن دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن) در شرایط بدون تنش و تنش خشکی می‌توان نتیجه گرفت که بهبود عملکرد دانه باعث بهبود هم‌زمان صفات اقتصادی دیگر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: **زودرسی، گزینش غیرمستقیم، وراثت‌پذیری خصوصی، همبستگی ژنتیکی**

مقدمه

گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی علفی و یک‌ساله که متعلق به خانواده چتریان است. منشأ اصلی آن نواحی جنوب غربی آسیا و مدیترانه بوده است ولی امروزه در سرتاسر جهان گسترش‌یافته و کشت می‌گردد. قسمت‌های مورداستفاده گشنیز برگ و دانه آن است. دانه گشنیز دارای ۰/۳ تا ۱/۲ درصد اسانس و ۱۹ تا ۲۱ درصد روغن است (Khodadadi et al., 2016). از اسانس گشنیز در رفع مشکلات دستگاه گوارش، کاهش اشتها، تشنج، بی‌خوابی و اضطراب استفاده می‌شود و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی، ضد دیابت، ضد سرطان و ضد جهش آن به اثبات رسیده است (Chithra and Leelamma, 2000; Gallagher et al., 2003; Burt, 2004; Cantore et al., 2004; Wangensteen et al., 2004). روش‌های متعددی برای افزایش کمی و کیفی در تولید محصولات زراعی وجود دارد ولی بهبود ژنتیکی منطقی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش

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

برای دستیابی به این اهداف محسوب می‌گردد؛ زیرا تحقیقات نشان داده است که اصلاح نباتات نقشی انکارناپذیر در بهبود خصوصیات زراعی و کیفی محصولات کشاورزی داشته است(Pahlavani et al., 2008). انتخاب افراد در یک جامعه می‌تواند بر اساس یک صفت خاص با توجه به همبستگی ژنتیکی آن صفت با سایر صفات صورت گیرد. عدم وجود همبستگی بین دو صفت بدین مفهوم است که می‌توان صفتی را بهبود بخشید بدون اینکه هیچ اثری بر دیگری داشته باشد. همبستگی ژنتیکی بین دو صفت عمدتاً به دلیل وجود پیوستگی ژن‌ها و چندنمودی[1] است (Falconer, 1989; Kearsy and Pooni, 1996). کارایی انتخاب غیرمستقیم هنگامی افزایش می‌یابد که همبستگی ژنتیکی دو صفت بالا و توارث‌پذیری صفت مورد انتخاب نیز بالا باشد (Nascimento-Júnior et al., 2018). از دیگر مزایای گزینش غیرمستقیم کاربرد آن در بهبود صفاتی است که ارزیابی و انتخاب برای آن‌ها دشوار یا پرهزینه است؛ بنابراین امکان افزایش کارایی انتخاب با آگاهی از ارتباط مثبت و منفی بین خصوصیات مهم زراعی نظیر عملکرد و اجزاء آن، میزان اسانس و روغن و زمان تا رسیدگی میسر می‌شود (Pahlavani et al., 2008).

مطالعات انجام‌گرفته در گشنیز نشان داده که توارث‌پذیری عملکرد دانه تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری پایین بوده است (Khodadadi et al., 2017). دلیل پایین بودن توارث‌پذیری عملکرد در گشنیز و سایر گونه‌های زراعی را می‌توان به کنترل آن توسط تعداد بسیار زیاد ژن‌ها و همچنین امکان تأثیر کنترل ژنتیکی از نوع غیر افزایشی نسبت داد؛ بنابراین انتخاب مستقیم برای عملکرد مخصوصاً تحت شرایط مزرعه چندان مؤثر نیست. به همین منظور به‌نژادگران معمولاً انتخاب به‌طور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح می‌دهند (Mohammadi et al., 2014).

با توجه به بررسی منابع تاکنون مطالعه‌ای در مورد همبستگی ژنتیکی خصوصیات کمی و کیفی گشنیز در جوامعی با ساختار ژنتیکی متفاوت موردبررسی قرار نگرفته است؛ بنابراین این مطالعه با هدف برآورد میزان همبستگی ژنتیکی و توارث‌پذیری صفات مهم اقتصادی نظیر عملکرد دانه، میزان روغن، میزان اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در نسل‌های ژنتیکی مختلف و تعیین کارایی گزینش غیرمستقیم برای صفات کیفی و کمی مهم در برخی جوامع گشنیز بومی ایران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از ۶ توده بومی گشنیز شامل توده تجاری کرج (P_1)، مرکزی (P_2)، اصفهان (P_3)، مازندران (P_4)، همدان (P_5) و بوشهر (P_6) به‌عنوان والدین تلاقی‌های دی‌آلل یک‌طرفه استفاده شد. نقشه انجام تلاقی‌ها مطابق با جدول ۱ بود.

در انتخاب والدین ضمن توجه به وجود تنوع ژنتیکی ازنظر صفات ظاهری و زراعی، سعی گردید که توده‌ها از نواحی جغرافیایی مختلف انتخاب گردند. پس از حصول بذر F_1 بخشی از بذور هر تلاقی جهت تولید بذور F_2 در گلخانه کشت شدند. به‌منظور جلوگیری از دگرگرده‌افشانی توسط حشرات، هر بوته در مرحله گلدهی ایزوله شد تا از خودگشنی کامل ژنوتیپ‌ها اطمینان حاصل شود. بذور ۳۶ ژنوتیپ شامل (۶ والد، ۱۵ هیبرید F_1 و ۱۵ نتاج نسل F_2) در فروردین‌ماه ۱۳۹۵ در سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار 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 کشت گردیدند. بر پایه تحقیقات پیشین کشت با تراکم ۱۵ × ۳۰ سانتیمتر در هر کرت انجام شد (Khodadadi et al., 2017). نحوه آبیاری و اعمال تنش برای ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های مختلف به صورتی بود که در آزمایش اول مربوط به آبیاری نرمال، آبیاری در زمان رسیدن رطوبت خاک به ۵۰٪ آب در دسترس گیاه انجام شد به‌طوری‌که گیاه شرایط مطلوب ازنظر رطوبت خاک قرار داشته باشد. در آزمایش دوم مربوط به تنش ملایم تا زمان ساقه‌دهی آبیاری مانند آزمایش نرمال انجام شد سپس در بازه زمانی بین ساقه‌دهی تا شروع تشکیل میوه (۵۰٪ گلدهی) آبیاری انجام نگردید و پس از رسیدن به مرحله شروع تشکیل دانه یک‌بار آبیاری بازیابی انجام و سپس آبیاری قطع گردید. در آزمایش سوم مربوط به تنش شدید، آبیاری تا زمان شروع گلدهی مانند آزمایش اول انجام و پس‌ازاین مرحله آبیاری

[1] Pleiotropy

قطع شد. همچنین در طول فصل رشد کوددهی با توجه به نیاز گیاه و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی مختلفی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند که نشانه‌های اختصاری و واحد اندازه‌گیری آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای صفات فنولوژیکی معیار اندازه‌گیری ۵۰٪ بوته‌های هر کرت و برای صفات دیگر اندازه‌گیری بر روی ۱۰ بوته در هر کرت F_1 و ۳۰ بوته F_2 در هر کرت انجام و از میانگین هر کرت برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده گردید.

جدول ۱. نقشه تلاقی‌های یک‌طرفه بین والدها در گشنیز

Table 1. The plan of F_1 crosses between parents in coriander

والد نر (Male)	والد ماده (Female)				
	P_1	**P_2**	**P_3**	**P_4**	**P_5**
P_2	$H_{2\times1}$	---	---	---	---
P_3	$H_{3\times1}$	$H_{3\times2}$	---	---	---
P_4	$H_{4\times1}$	$H_{4\times2}$	$H_{4\times3}$	---	---
P_5	$H_{5\times1}$	$H_{5\times2}$	$H_{5\times3}$	$H_{5\times4}$	---
P_6	$H_{6\times1}$	$H_{6\times2}$	$H_{6\times3}$	$H_{6\times4}$	$H_{6\times5}$

جدول ۲. اختصارات و واحد صفات اندازه‌گیری شده در گشنیز

Table 2. Abbreviations used in text for measured traits and the units for these traits in coriander

Full	کامل	Abbreviation	Unit	واحد
Day to flowering	**روز تا گلدهی**	DTF	d	روز
Days to end of flowering	**روز تا پایان گلدهی**	DTEOF	d	روز
Days to ripening	**روز تا رسیدگی**	DTR	d	روز
Plant height	**ارتفاع گیاه**	PH	cm	سانتیمتر
Leaf number	**تعداد برگ**	LN	No.	عدد
Branch number per plant	**تعداد شاخه در گیاه**	BNPP	No.	عدد
Umbel number per plant	**تعداد چتر در گیاه**	UNPP	No.	عدد
Fertile umbel number per plant	**تعداد چتر بارور در گیاه**	FUNPP	No.	عدد
Fruit number per plant	**تعداد دانه در گیاه**	FNPP	No.	عدد
Thousand fruit weight	**وزن هزار دانه**	TFW	g	گرم
Fruit yield	**عملکرد دانه**	FWPP	g	گرم
Biological yield	**عملکرد بیولوژیک**	BY	g	گرم
Essential oil content	**میزان اسانس**	EOC	%	درصد
Fatty oil content	**میزان روغن**	FOC	%	درصد
Essential oil yield	**عملکرد اسانس**	EOY	g	گرم
Fatty oil yield	**عملکرد روغن**	FOY	g	گرم
SPAD chlorophyll content	**محتوای کلروفیل SPAD**	SCC	-	-
Chlorophyll a	**کلروفیل a**	Chla	mg g^{-1}	میلی‌گرم بر گرم
Chlorophyll b	**کلروفیل b**	Chlb	mg g^{-1}	میلی‌گرم بر گرم
Total chlorophyll	**کلروفیل کل**	TChl	mg g^{-1}	میلی‌گرم بر گرم
Carotenoids	**کارتنوئید**	Car	mg g^{-1}	میلی‌گرم بر گرم
Relative water content	**میزان رطوبت نسبی**	RWC	%	درصد
Ion leakage	**نشت یونی**	EL	%	درصد

صفات فنولوژیکی

عبارت بودند از تعداد روز تا شروع گل‌دهی (ظهور اولین گل در هر گیاه)، تعداد روز تا پایان گلدهی (تعداد روز تا آخرین گل بر روی هر گیاه) و تعداد روز تا برداشت (شمارش) اندازه‌گیری شد.

صفات مورفولوژیکی

صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد کل برگ‌ها، تعداد کل چتر، تعداد چترهای بارور، قطر ساقه، تعداد شاخه، تعداد دانه در هر گیاه، وزن هزار دانه، وزن کل گیاه (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد دانه به‌عنوان صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شد.

صفات فیزیولوژیک

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ در زمان اعمال تنش از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 استفاده شد (Khodadadi et al., 2017). برای اندازه‌گیری نشت یونی[1] (EL) از برگ‌های توسعه‌یافته به قطر یک سانتی‌متر مربع انتخاب شد سپس ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. لوله‌ها با فویل بسته‌شده و در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه محیط (EC1) با استفاده از دستگاه EC سنج (DENVER CR30C1) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت min ۲۰ اتوکلاو شدند هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) آن‌ها پس از خنک شدن در دمای ۲۵ °C اندازه‌گیری شد، درنهایت مقدار EL با استفاده از رابطه‌ی ۱ محاسبه شد (Khodadadi et al., 2017).

$$EL = (\frac{EC_1}{EC_2}) \times 100 \qquad [۱]$$

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید مقدار ۲۰۰ میلی گرم از بافت گیاهی را در هاون چینی ریخته و با استفاده از نیتروژن مایع پودر شد. سپس مقدار ۱۰ میلی لیتر استن ۸۰٪ به هر نمونه اضافه و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت g ۱۶۳۱ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. مقادیر ۲ میلی لیتر از هر نمونه در کووات اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار جذب در طول‌موج‌های ۶۳۳ برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. درنهایت با استفاده از رابطه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه محاسبه شد (Arnon, 1979).

$$C_a\ (mg/g) = ((11.24 \times A_{661.6} - 2.04 \times A_{644.8}) \times mlAseton)/mgLeaf \qquad [۲]$$

$$C_b\ (mg/g) = ((20.130 \times A_{644.8} - 2.04 \times A_{661.6}) \times mlAseton)/mgLeaf \qquad [۳]$$

$$C_h\ (mg/g) = ((1000 \times A_{470} - 1.9 \times C_a - 63.14 \times C_b) \times mlAseton)/mgLeaf \qquad [۴]$$

$$Chl = C_a + C_b \qquad [۵]$$

میزان نسبی آب برگ (LRWC[2]) از طریق رابطه ۶ اندازه‌گیری شد.

$$LRWC(\%) = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \qquad [۶]$$

که در آن FW وزن‌تر نمونه برگی، DW وزن خشک نمونه برگی، TW وزن تورژسانس نمونه برگی می‌باشند (Khodadadi et al., 2017).

صفات فیتوشیمیایی

پس از برداشت گیاه دانه‌ها برداشت شدند و استخراج اسانس با استفاده از دستگاه کلونجر و به روش تقطیر بخار انجام شد به‌طوری‌که ۳۰ گرم از دانه گشنیز با استفاده از هاون کاملاً آسیاب شده و به همراه ۲۵۰ میلی لیتر آب در مخزن کلونجر به مدت ۱۲۰ دقیقه عمل استخراج انجام شد (Msaada et al., 2009). همچنین میزان روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال پترولیوم اتر انجام شد (Alinian and Razmjoo, 2014). عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب دو صفت میزان اسانس و عملکرد دانه به دست آمد و همچنین صفت عملکرد روغن با حاصل‌ضرب دو صفت میزان روغن و عملکرد دانه محاسبه شد (Khodadadi et al., 2016).

تجزیه‌وتحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی از طریق آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) و همچنین همگنی واریانس‌های درون‌تیماری با استفاده از نرم‌افزار

[1] Electrolyte Leakage

[2] Leaf Relative Water Content

SPSS20 (SPSS, 2010) انجام شد. در مرحله بعد تجزیه واریانس روی صفات انجام پذیرفت. با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، تجزیه دی‌آلل به روش گریفینگ انجام شد (Griffing, 1956). سپس برآوردهای واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (σ_g^2) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (σ_s^2) جهت تخمین واریانس افزایشی (σ_A^2)، واریانس غالبیت (σ_D^2) و وراثت‌پذیری خصوصی (h_N^2) با استفاده از مدل تصادفی انجام گرفت (Zhang et al., 2005). به‌منظور محاسبه h_N^2 از رابطه ۷ استفاده شد (Kalb and Davis, 1984).

$$h_N^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \qquad [۷]$$

برای محاسبه واریانس افزایشی و غالبیت از رابطه‌های ۸ و ۹ استفاده شد (Griffing, 1956).

$$\sigma_A^2 = \frac{1+F}{4}\sigma_{GCA}^2 \qquad [۸]$$

$$\sigma_D^2 = \left(\frac{1+F}{2}\right)^2 \sigma_{GCA}^2 \qquad [۹]$$

که در آن σ_{GCA}^2 و σ_{SCA}^2 به ترتیب واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و F ضریب خویش‌آمیزی والدها است. همچنین در این مطالعه از شاخص عامل تشخیص (Prediction Factor) استفاده شد که طبق رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود(Baker, 1978).

$$PF = \frac{2\sigma_g^2}{2\sigma_g^2 + \sigma_s^2} \qquad [۱۰]$$

از فاکتور تشخیص به‌عنوان معیاری در جهت مقایسه اهمیت نسبی واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (σ_g^2) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (σ_s^2) استفاده شده است. به‌طوری‌که هرچقدر میزان فاکتور تشخیص به عدد یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفت موردمطالعه است. میزان انحراف فاکتور تشخیص از عدد یک بیانگر نقش بیشتر اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی صفت موردنظر است (Banerjee and Kole, 2009).

ضرایب همبستگی ژنتیکی بین صفات با استفاده از واریانس‌ها و کوواریانس‌های ژنتیکی از طریق رابطه ارائه‌شده توسط هالند (Holland, 2006) به شرح زیر محاسبه گردید.

$$\hat{r}_{gij} = \frac{\hat{\sigma}_{Gij}}{\hat{\sigma}_{Gi}\,\hat{\sigma}_{Gj}} \qquad [۱۱]$$

نتایج و بحث

تجزیه همبستگی ژنتیکی صفات فنولوژیک با صفات عملکردی

نتایج حاصل از همبستگی ژنوتیپی نشان داد که بین تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا برداشت با عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی همبستگی ژنتیکی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴)؛ بنابراین می‌توان احتمال داد که در شرایط تنش خشکی با کاهش دوره رسیدگی، عملکرد گیاه افزایش یابد. پیش ازاین نیز موتزو و جونتا (Motzo and Giunta, 2007) گزارش کردند که در نواحی مدیترانه‌ای با تنش‌های انتهای فصل، ورود زودهنگام گندم به مرحله گلدهی سبب بهبود گرده‌افشانی و لقاح و درنتیجه، افزایش عملکرد می‌شود. در پژوهش دیگری نیز بیان‌شده است که طول مدت دوره‌های رشدی کاشت تا گلدهی، ساقه‌روی تا گلدهی و غلاف رفتن تا گلدهی نقش حساس در تعیین عملکرد دارد (Ziluai et al., 2013). طویل شدن دوره کاشت تا گلدهی و به‌عبارت‌دیگر، تأخیر گلدهی سبب افت چشمگیر عملکرد دانه می‌شود (Fischer, 2011)؛ بنابراین با توجه به گرما و خشکی آخر فصل در اکثر نقاط ایران و با توجه به همبستگی ژنتیکی منفی صفات فنولوژیک با عملکرد دانه گشنیز، می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا باید به دنبال توسعه ژنوتیپ‌های زودرس بود. از طرفی زودرسی هزینه‌های تولید را به علت کوتاه شدن طول دوره کاشت، کاهش می‌دهد.

در کل با توجه به همبستگی ژنتیکی معنی‌دار صفات فنولوژیک ازجمله تعداد روز تا گلدهی با صفات عملکردی و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا (جدول ۳) می‌توان صفت زودرسی را به‌عنوان یک شاخص انتخاب مستقل در جهت اصلاح ارقام مختلف گشنیز در نظر گرفت.

جدول ۳. شاخص عامل تشخیص و برآورد وراثت‌پذیری خصوصی صفات در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Prediction Factor and narrow-sense heritability estimate of traits in non-stress and drought stress conditions

صفات Traits	آبیاری معمولی Well Watered				تنش خشکی ملایم Moderate drought Stress				تنش خشکی شدید Severe drought Stress			
	وراثت‌پذیری خصوصی		شاخص عامل تشخیص		وراثت‌پذیری خصوصی		شاخص عامل تشخیص		وراثت‌پذیری خصوصی		شاخص عامل تشخیص	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
روز تا گلدهی Day to flowering	0.93	0.87	0.94	0.90	0.85	0.79	0.85	0.83	0.86	0.82	0.87	0.86
روز تا پایان گلدهی Days to end of flowering	0.93	0.86	0.93	0.89	0.79	0.73	0.79	0.78	0.83	0.76	0.83	0.81
روز تا رسیدگی Days to ripening	0.96	0.95	0.97	0.97	0.77	0.70	0.78	0.76	0.74	0.77	0.74	0.83
ارتفاع گیاه Plant height	0.74	0.85	0.81	0.93	0.73	0.78	0.80	0.85	0.71	0.72	0.77	0.80
تعداد برگ Leaf number	0.71	0.72	0.74	0.80	0.82	0.86	0.86	0.91	0.68	0.81	0.89	0.98
تعداد شاخه در گیاه Branch number per plant	0.65	0.71	0.71	0.80	0.42	0.53	0.49	0.67	0.73	0.87	0.86	0.94
تعداد چتر در گیاه Umbel number per plant	0.54	0.59	0.60	0.70	0.29	0.31	0.46	0.53	0.42	0.50	0.58	0.63
تعداد چتر بارور در گیاه Fertile umbel number per plant	0.71	0.72	0.73	0.78	0.69	0.67	0.82	0.89	0.46	0.48	0.55	0.58
تعداد دانه در گیاه Fruit number per plant	0.70	0.80	0.74	0.89	0.64	0.71	0.65	0.78	0.66	0.64	0.69	0.72
وزن هزار دانه Thousand fruit weight	0.65	0.66	0.68	0.75	0.83	0.86	0.86	0.91	0.78	0.79	0.79	0.84
عملکرد دانه Fruit yield	0.19	0.27	0.12	0.37	0.43	0.48	0.45	0.57	0.35	0.31	0.36	0.40
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.66	0.63	0.69	0.72	0.85	0.88	0.91	0.95	0.69	0.73	0.89	0.88
میزان اسانس Essential oil content	0.62	0.65	0.62	0.68	0.44	0.56	0.46	0.62	0.46	0.80	0.44	0.86
میزان روغن Fatty oil content	0.19	0.35	0.23	0.56	0.43	0.53	0.48	0.64	0.33	0.41	0.39	0.57
عملکرد اسانس Essential oil yield	0.18	0.39	0.18	0.48	0.43	0.52	0.44	0.60	0.31	0.65	0.35	0.55
عملکرد روغن Fatty oil yield	0.08	0.05	0.09	0.10	0.17	0.09	0.41	0.53	0.31	0.39	0.41	0.57
محتوای کلروفیل SPAD SPAD chlorophyll content	0.19	0.79	0.24	0.91	0.43	0.71	0.57	0.88	0.71	0.77	0.73	0.87
کلروفیل a Chlorophyll a	0.88	0.83	0.92	0.89	0.32	0.40	0.31	0.48	0.28	0.23	0.29	0.29
کلروفیل b Chlorophyll b	0.88	0.89	0.94	0.96	0.42	0.33	0.43	0.41	0.40	0.33	0.41	0.40
کلروفیل کل Total chlorophyll	0.91	0.88	0.94	0.92	0.36	0.39	0.37	0.46	0.33	0.34	0.27	0.33
کارتنوئید Carotenoids	0.51	0.53	0.60	0.65	0.41	0.38	0.44	0.47	0.002	0.05	0.022	0.07
میزان رطوبت نسبی Relative water content	0.57	0.58	0.65	0.67	0.62	0.64	0.70	0.76	0.54	0.74	0.59	0.85
نشت یونی Ion leakage	0.76	0.73	0.98	0.84	0.55	0.53	0.61	0.63	0.63	0.64	0.76	0.79

جدول ۴. همبستگی ژنتیکی صفات فنولوژیک با عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 4. Genetic correlation of phonological traits with fruit yield, essential oil yield and fatty oil yield in different irrigation regimes

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	صفات Traits	روز تا گلدهی Day to flowering	روز تا پایان گلدهی Days to end of flowering	روز تا رسیدگی Days to ripening
آبیاری معمولی Well Watered	FY	0.49**	0.40*	0.39*
	EOY	0.48**	0.38*	0.49**
	FOY	0.55**	0.47**	0.45**
تنش خشکی ملایم Moderate drought Stress	FY	-0.55**	-0.65**	-0.67**
	EOY	-0.34*	-0.46**	-0.48**
	FOY	-0.69**	-0.75**	-0.77**
تنش خشکی شدید Severe drought Stress	FY	-0.74**	-0.80**	-0.75**
	EOY	-0.55**	-0.63**	-0.58**
	FOY	-0.83**	-0.87**	-0.82**

علائم اختصاری:FY: عملکرد دانه،EOY: عملکرد اسانس،FOY: عملکرد روغن. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

Abbreviations: FY: fruit yield, EOY: essential oil yield, FOY: fatty oil yield. * and ** significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

تجزیه همبستگی ژنتیکی صفات فیزیولوژیک با صفات عملکردی

با توجه به نتایج، در هر سه رژیم آبیاری همبستگی ژنتیکی مثبت معنی‌داری بین میزان رطوبت نسبی با عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن مشاهده شد (جدول ۵)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌هایی که بدون بستن کامل روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند، مناسب‌تر می‌باشند. در مطالعات دیگری گزارش شده است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان نسبی آب برگ با عملکرد اقتصادی وجود دارد (Farrokhinia et al., 2011; Ebrahimiyan et al., 2013; Irani et al., 2015; Pirnajmedin et al., 2017; Khodadadi et al., 2017).

در کل با توجه به همبستگی ژنتیکی معنی‌دار میزان رطوبت نسبی با صفات عملکردی و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا (جدول ۳)، می‌توان میزان رطوبت نسبی را ازجمله شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل خشکی به شمار آورد.

در این مطالعه همبستگی ژنتیکی مثبت معنی‌داری بین محتوای کلروفیل SPAD با عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در شرایط تنش ملایم و تنش شدید وجود داشت (جدول ۵). تنش خشکی موجب پیری بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شود که زرد شدن برگ و کاهش میزان کلروفیل از علائم آن است (Hafsi et al., 2007). پژوهشگران از محتوای کلروفیل برگ به‌عنوان ابزاری برای پاسخ به تنش و به‌عنوان روشی ایده‌آل در مطالعات تنش استفاده می‌کنند و این محققان گزارش کرده‌اند که ارقام متحمل به خشکی دارای محتوای کلروفیل برگ بالا و واریته‌های حساس پایین‌ترین محتوای کلروفیل برگ را نشان می‌دهند (Geravandi et al., 2011; Farshadfar and Amiri, 2015; Gholizadeh et al., 2015). با توجه به همبستگی ژنتیکی معنی‌دار میزان رطوبت نسبی با صفات عملکردی و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا (جدول ۳) در شرایط تنش خشکی می‌توان نتیجه گرفت که صفت محتوای کلروفیل برگ به علت کم‌هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان و غیر تخریبی بودن، می‌تواند به‌عنوان شاخصی مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش خشکی در مزرعه مورداستفاده قرار گیرد.

همبستگی ژنتیکی منفی و معنی‌داری بین صفت نشت یونی با صفات عملکرد دانه عملکرد اسانس و عملکرد روغن تحت دو شرایط تنش ملایم و تنش شدید مشاهده شد (جدول ۵). بدین معنا که ژنوتیپ‌هایی که نشت یونی کمتری دارند، عملکرد دانه بالاتر و درنهایت تحمل به خشکی بالاتری دارند. تحت تنش خشکی و گرما، غشاء سلولی پایداری خود را ازدست‌داده و در صورت قرار گرفتن برگ در یک آب خالص مواد محلول درون‌سلولی از سلول‌های آن تراوش می‌یابد، لذا پایداری غشاء به‌وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود (Sairam et al., 2002). میزان هدایت الکتریکی در محیط آبی خسارت تنش خشکی و یا تنش گرمایی را به غشاء سلولی نشان می‌دهد و میزان پایداری غشاء سلولی به‌خوبی

باتحمل سایر فرآیندهای گیاهی به تنش ازجمله فتوسنتز مرتبط است و به‌عنوان شاخصی از تحمل به تنش ارائه شده است. به‌صورت مشابه کوچهوا و گرگیف (Kocheva and Gorgiev, 2003) در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام جو، در ارقام متحمل‌تر به خشکی تخریب کمتری در غشاءهای سلولی مشاهده کردند. با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد و نشت یونی در شرایط تنش به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های متحمل دارای مقدار خسارت سلولی کمتر باشند. بنابراین می‌توان از این صفت نیز به‌عنوان یک شاخص تحمل به خشکی استفاده کرد.

جدول ۵. همبستگی ژنتیکی صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 5. Genetic correlation of physiological traits with fruit yield, essential oil yield and fatty oil yield in different irrigation regimes.

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	صفات Traits	محتوای کلروفیل SPAD SPAD chlorophyll content	میزان رطوبت نسبی Relative water content	نشت یونی Ion leakage
آبیاری معمولی Well Watered	FY	-0.03	0.80**	0.22
	EOY	-0.03	0.74**	0.08
	FOY	0.09	0.73**	0.27
تنش خشکی ملایم Moderate Drought Stress	FY	0.60**	0.49**	-0.77**
	EOY	0.59**	0.45**	-0.66**
	FOY	0.51**	0.54**	-0.78**
تنش خشکی شدید Severe Drought Stress	FY	0.80**	0.76**	-0.48**
	EOY	0.82**	0.83**	-0.43**
	FOY	0.73**	0.73**	-0.40*

جدول ۵. ادامه

Table 5. Continued

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	صفات Traits	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoids
آبیاری معمولی Well Watered	FY	0.13	0.11	0.12	0.04
	EOY	0.20	0.16	0.18	0.09
	FOY	0.08	0.12	0.09	0.06
تنش خشکی ملایم Moderate Drought Stress	FY	0.87**	0.90**	0.90**	0.86**
	EOY	0.79**	0.81**	0.81**	0.76**
	FOY	0.85**	0.88**	0.88**	0.81**
تنش خشکی شدید Severe Drought Stress	FY	0.91**	0.99**	0.97**	0.87**
	EOY	0.91**	0.95**	0.95**	0.83**
	FOY	0.89**	0.94**	0.93**	0.86**

علائم اختصاری: FY: عملکرد دانه، EOY: عملکرد اسانس، FOY: عملکرد روغن.* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

Abbreviations: FY: fruit yield, EOY: essential oil yield, FOY: fatty oil yield. * and ** significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

در این مطالعه همبستگی ژنتیکی مثبت معنی‌داری بین رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید) با صفات عملکرد دانه عملکرد اسانس و عملکرد روغن تحت دو شرایط تنش ملایم و تنش شدید مشاهده شد (جدول ۵). بدین معنا که ژنوتیپ‌هایی که رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی بیشتری دارند، عملکرد دانه بالاتر و درنهایت تحمل به خشکی بالاتری دارند. یکی از عوامل مهم در رشد و توسعه گیاهان، میزان فتوسنتز است. بالا بودن میزان کلروفیل در برگ‌ها نشان‌دهنده کارایی بیشتر برگ‌ها در جذب نور و عمل فتوسنتز و درنهایت تولید افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه بیشتر خواهد بود (Park et al., 2000). در این راستا گزارش‌های متعددی در خصوص رابطه مستقیم رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در سویا با افزایش عملکرد دانه، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی خشکی و شوری

گزارش شده است. همچنین چاپمن و همکاران (Chapman et al., 2003) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با میزان کلروفیل گزارش کرد.

تجزیه همبستگی ژنتیکی صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد با صفات عملکردی

بر اساس نتایج تجزیه همبستگی ژنتیکی در هر سه رژیم آبیاری همه صفات همبستگی ژنتیکی معنی‌داری با صفات عملکردی (عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن) نشان دادند (جدول ۶). مثبت و معنی‌دار بودن ضریب همبستگی ژنتیکی عملکرد دانه با صفات تعداد برگ، تعداد شاخه و عملکرد بیولوژیک نیز نشان‌گر آن است که با افزایش کل زیست‌توده، عملکرد دانه افزایش داشته است. با توجه به آن‌که دانه، حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی چون شاخه و برگ است، بنابراین همبستگی مثبت و بالای این صفات با عملکرد دانه، دور از انتظار نیست و این نشان می‌دهد که داشتن عملکرد دانه بالا نیازمند به گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و قدرت رویشی مناسب است (Dabiri et al., 2009). اهداف بسیاری از برنامه‌های اخیر اصلاحی، ارتقای سطح ظرفیت بالقوه تولید عملکرد صرفاً با شاخص برداشت، افزایش ارتباط ظرفیت بالقوه تولید عملکرد با شاخص برداشت و تولید زیست‌توده یا حتی افزایش ارتباط ظرفیت بالقوه تولید صرفاً با زیست‌توده است (Shearman et al., 2005; Aisawi et al., 2010).

جدول ۶. همبستگی ژنتیکی صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد با عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 6. Genetic correlation of morphological and yield components traits with fruit yield, essential oil yield and fatty oil yield in different irrigation regimes

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	صفات Traits	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه در گیاه Branch number per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield
آبیاری معمولی Well Watered	FY	0.52**	0.59**	0.36*	0.63**
	EOY	0.44**	0.73**	0.57**	0.78**
	FOY	0.63**	0.50**	0.41*	0.49**
تنش خشکی ملایم Moderate Drought Stress	FY	0.48**	0.45**	0.70**	0.67**
	EOY	0.33*	0.40*	0.74**	0.80**
	FOY	0.51**	0.52**	0.61**	0.51**
تنش خشکی شدید Severe Drought Stress	FY	0.32*	0.60**	0.62**	0.55**
	EOY	0.46**	0.61**	0.52**	0.69**
	FOY	0.31*	0.60**	0.76**	0.45**

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	صفات Traits	تعداد چتر در گیاه Umbel number per plant	تعداد چتر بارور در گیاه Fertile umbel number per plant	وزن هزار دانه Thousand fruit weight	تعداد دانه در گیاه Fruit number per plant
آبیاری معمولی Well Watered	FY	0.53**	0.63**	0.65**	0.56**
	EOY	0.38*	0.78**	0.44**	0.65**
	FOY	0.45**	0.49**	0.73**	0.45**
تنش خشکی ملایم Moderate Drought Stress	FY	0.76**	0.95**	0.48**	0.78**
	EOY	0.68**	0.83**	0.58**	0.79**
	FOY	0.73**	0.98**	0.65**	0.63**
تنش خشکی شدید Severe Drought Stress	FY	0.44**	0.96**	0.75**	0.78**
	EOY	0.55**	0.98**	0.59**	0.87**
	FOY	0.48**	0.88**	0.86**	0.68**

علائم اختصاری: FY: عملکرد دانه، EOY: عملکرد اسانس، FOY: عملکرد روغن. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

Abbreviations: FY: fruit yield, EOY: essential oil yield, FOY: fatty oil yield. * and ** significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

در هر سه رژیم آبیاری بین صفات عملکردی (عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن) با صفات تعداد دانه و وزن هزار دانه همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد توارث‌پذیری نسبتاً بالایی داشتند، بنابراین گزینش بر اساس این صفات نیز ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد (Yin et al., 2002). با توجه به همبستگی ژنتیکی معنی‌دار صفات تعداد دانه و وزن هزار دانه با صفات عملکردی (عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن) و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا (جدول ۳)، می‌توان این صفات را به‌عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه، اسانس و روغن بالا در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در مزرعه مورداستفاده قرار داد.

تجزیه همبستگی ژنتیکی صفات عملکردی در هر شرایط به‌طور جداگانه

بین عملکرد دانه با صفات میزان اسانس، میزان روغن، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در هر شرایط به‌طور جداگانه همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). در بیشتر برنامه‌های به‌نژادی، بهبود چندین صفت به‌صورت هم‌زمان در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین بهبود یک صفت ممکن است باعث پیشرفت مثبت یا منفی صفات دیگر شود. با توجه به همبستگی ژنتیکی مثبت بین عملکرد دانه با سایر صفات مهم و عملکردی (میزان اسانس، میزان روغن، عملکرد اسانس و عملکرد روغن) می‌توان نتیجه گرفت که بهبود عملکرد دانه باعث بهبود هم‌زمان سایر صفات مهم و عملکردی می‌شود و بنابراین به‌نژادی هم‌زمان این صفات در گشنیز امکان‌پذیر است.

جدول ۷. همبستگی ژنتیکی صفات عملکرد دانه، میزان اسانس، میزان روغن، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در رژیم‌های مختلف آبیاری
Table 7. Genetic correlation of fruit yield, essential oil content, fatty oil content, essential oil yield and fatty oil yield in different irrigation regimes

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	صفات Traits	عملکرد دانه Fruit yield	میزان اسانس Essential oil content	میزان روغن Fatty oil content	عملکرد اسانس Essential oil yield
آبیاری معمولی Well Watered	EOC	0.75**			
	FOC	0.58**	0.12		
	EOY	0.95**	0.90**	0.43**	
	FOY	0.96**	0.61**	0.77**	0.87**
تنش خشکی ملایم Moderate Drought Stress	EOC	0.85**			
	FOC	0.49**	0.08		
	EOY	0.95**	0.95**	0.14	
	FOY	0.95**	0.72**	0.53**	0.85**
تنش خشکی شدید Severe Drought Stress	EOC	0.71**			
	FOC	0.61**	0.43**		
	EOY	0.93**	0.90**	0.58**	
	FOY	0.96**	0.66**	0.78**	0.90**

علائم اختصاری: EOC: میزان اسانس، FOC: میزان روغن، EOY: عملکرد اسانس، FOY: عملکرد روغن.* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

Abbreviations: EOC: essential oil content, FOC: fatty oil content, EOY: essential oil yield, FOY: fatty oil yield. * and ** significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

تجزیه همبستگی ژنتیکی صفات عملکردی در شرایط محیطی مختلف

بر اساس نتایج، همبستگی ژنتیکی مثبتی بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری معمولی با تنش ملایم و تنش شدید وجود داشت (جدول ۸) که نشان می‌دهد در این تحقیق اکثر ژنوتیپ‌هایی که در شرایط آبیاری معمولی پتانسیل عملکرد بالاتری داشتند در شرایط تنش خشکی نیز از عملکرد بالایی برخوردار بودند، بر این اساس امکان اصلاح هم‌زمان (در

جدول ۸. همبستگی ژنتیکی صفات عملکرد دانه، میزان اسانس، میزان روغن، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 8. Genetic correlation of fruit yield, essential oil content, fatty oil content, essential oil yield and fatty oil yield in different irrigation regimes

صفات Traits	عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ملایم Fruit yield in MDS	میزان اسانس در تنش خشکی ملایم Essential oil content in MDS	میزان روغن در شرایط تنش خشکی ملایم Fatty oil content in MDS	عملکرد اسانس در شرایط تنش خشکی ملایم Essential oil yield in MDS	عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی ملایم Fatty oil yield in MDS
عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی Fruit yield in WW	0.90**	0.73**	0.39*	0.84**	0.90**
میزان اسانس در شرایط آبیاری معمولی Essential oil content in WW	0.82**	0.79**	0.02	0.82**	0.69**
میزان روغن در شرایط آبیاری معمولی Fatty oil content in WW	0.41*	0.19	0.80**	0.30**	0.59**
عملکرد اسانس در شرایط آبیاری معمولی Essential oil yield in MDS	0.93**	0.83**	0.22	0.92**	0.87**
عملکرد روغن در شرایط آبیاری معمولی Fatty oil yield in SDS	0.82**	0.60**	0.52**	0.74**	0.88**

Table 8. Continued

جدول ۸. ادامه

صفات Traits	عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شدید Fruit yield in SDS	میزان اسانس در تنش خشکی شدید Essential oil content in SDS	میزان روغن در شرایط تنش خشکی شدید Fatty oil content in SDS	عملکرد اسانس در شرایط تنش خشکی شدید Essential oil yield in SDS	عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی شدید Fatty oil yield in SDS
عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی Fruit yield in WW	0.85**	0.82**	0.65**	0.92**	0.87**
میزان اسانس در شرایط آبیاری معمولی Essential oil content in WW	0.59**	0.83**	0.28	0.72**	0.51**
میزان روغن در شرایط آبیاری معمولی Fatty oil content in WW	0.45**	0.38*	0.95**	0.48**	0.65**
عملکرد اسانس در شرایط آبیاری معمولی Essential oil yield in MDS	0.75**	0.88**	0.50**	0.87**	0.73**
عملکرد روغن در شرایط آبیاری معمولی Fatty oil yield in SDS	0.80**	0.74**	0.79**	0.86**	0.88**

علائم اختصاری: WW: آبیاری معمولی، MDS: تنش خشکی ملایم، SDS: تنش خشکی شدید. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

Abbreviations: WW: Well Watered, MDS: Moderate Drought Stress, SDS: Severe Drought Stress. * and ** significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی) وجود دارد. بسیاری از محققین نیز همبستگی مثبتی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش گزارش کردند (Pantuwan et al., 2002; Ober et al., 2004; Darvishzadeh et al., 2010; Darvishzadeh et al., 2011)؛ اما سی‌سه مرده و همکاران (Sioseh-Mardeh et al., 2006) در تحقیق خود گزارش کردند که ارتباطی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش وجود ندارد. همچنین بین میزان اسانس، میزان روغن، عملکرد اسانس و عملکرد روغن در شرایط مختلف محیطی ارزیابی‌شده اکثراً همبستگی معنی‌داری مشاهده شد که بیانگر امکان اصلاح هم‌زمان (در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی) این صفات است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که صفات روز تا گلدهی، محتوای کلروفیل SPAD، میزان رطوبت نسبی، تعداد دانه و وزن هزار دانه با توجه به همبستگی ژنتیکی معنی‌دار با عملکرد دانه و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش خشکی در مزرعه مورداستفاده قرار گیرند. همچنین با توجه به ژنتیک زودرسی و عملکرد دانه و وجود همبستگی ژنتیکی معنی‌دار بین این دو صفت، امکان بهبود عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گشنیز از طریق به‌نژادی برای فرار از خشکی امکان‌پذیر است.

منابع

Aisawi, K., Foukes, J., Reynolds, M., Mayes, S., 2010. The physiological basis of genetic progress in yield potential of CIMMYT wheat varieties from 1966 to 2009. Abstracts 8th International Wheat Conference. 1-4 June, St Petersburg, Russia. pp. 349-350

Alinian, S., Razmjoo, J., 2014. Phenological, yield, essential oil yield and oil content of cumin accessions as affected by irrigation regimes. Industrial Crops and Products. 54, 167-174.

Arnon, D.T., 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24, 1-15.

Baker, R., 1978. Issues in diallel analysis. Crop Science. 18, 533-536.

Banerjee, P., Kole, P., 2009. Analysis of genetic architecture for some physiological characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). Euphytica. 168, 11-22.

Burt, S., 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review. International Journal of Food Microbiology. 94, 223-253.

Cantore, P.L., Iacobellis, N.S., De Marco, A., Capasso, F., Senatore, I.F., 2004. Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. vulgare (Miller) essential oils. Journal of Agricultural Food Chemistry. 52, 7862-7866.

Chapman, A., Pantalone, V., Ustun, A., Allen, F., Landau-Ellis, D., Trigiano, R., Gresshoff, P., 2003. Quantitative trait loci for agronomic and seed quality traits in an F 2 and F 4: 6 soybean population. Euphytica. 129, 387-393.

Chithra, V., Leelamma, S., 2000. *Coriandrum sativum* L. effect on lipid metabolism in 1, 2-dimethyl hydrazine induced colon cancer. Journal of Ethnopharmacology. 71, 457-463.

Dabiri, M., Bahramnejad, M., Baghbanzadeh, M., 2009. Ammonium salt catalyzed multicomponent transformation: simple route to functionalized spirochromenes and spiroacridines. Tetrahedron. 65, 9443-9447.

Darvishzadeh, R., Pirzad, A., Bernousi, I., Abdollahi Mandoulakani, B., Azizi, H., Akhondi, N., Poormohammad Kiani, S., Sarrafi, A., 2011. Genetic properties of drought tolerance indices in sunflower. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science. 61, 593-601.

Darvishzadeh, R., Pirzad, A., Hatami-Maleki, H., Poormohammad-Kiani, S., Sarrafi, A., 2010. Evaluation of the reaction of sunflower inbred lines and their F1 hybrids to drought conditions using various stress tolerance indices. Spanish Journal of Agricultural Research. 8, 1037-1046.

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

Falconer, D.S., 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd. London.

Farrokhinia, M., Roshdi, M., Pasban, E.B., Sasandoust, R., 2011. Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crop Science. 42, 545-553. [In Persian with English Summary].

Farshadfar, E., Amiri, R., 2015. Genetic analysis of physiological indicators of drought tolerance in bread wheat using diallel technique. Genetika. 47, 107-118.

Fischer, R.A., 2011. Wheat physiology: a review of recent developments. Crop & Pasture Science. 62, 95-114.

Gallagher, A.M., Flatt, P.R., Duffy, G., Abdelvahab, Y.H.A., 2003. The effects of traditional antidiabetic plants on in vitro glucose diffusion. Natural Research. 23, 413-424.

Geravandi, M., Farshadfar, E., Kahrizi, D., 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. Russian Journal Plant Physiology. 58, 69-75.

Gholizadeh, A., Dehghani, H., Dvorak, J., 2015. Interrelationships between chlorophyll content and seed yield in bread wheat under saline conditions. Iranian Journal of Field Crop Science. 45, 625-638. [In Persian with English Summary].

Griffing, B., 1956. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity. 10, 31-50.

Hafsi, M., Akhter, J., Monneveux, P., 2007. Leaf senescence and carbon isotope discrimination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under severe drought conditions. Cereal Research Communications. 35, 71-80.

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.

Irani, S., Majidi, M.M., Mirlohi, A., Zargar, M., Karami, M., 2015. Assessment of drought tolerance in sainfoin: physiological and drought tolerance indices. Agronomy Journal. 107, 1771-1781.

Kalb, T.J., Davis, D.W., 1984. Evaluation of combining ability, heterosis, and genetic variance for yield, maturity, and plant characteristics in bush muskmelon. Journal of the American Society for Horticultural Science. 109(3), 416-419.

Kearsy, M.J., Pooni, H.S., 1996. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. Chapman & Hall Press.

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, 568.

Khodadadi, M., Dehghani, H., Javaran, M.J., Christopher, J.T., 2016. Fruit yield, fatty and essential oils content genetics in coriander. Industrial Crops and Products. 94, 72-81.

Kocheva, K., Georgiev, G., 2003. Evaluation of the reaction of two contrasting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in response to osmotic stress with PEG 6000. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 49, 290-294.

Mohammadi, R., Dehghani, H., Karimzadeh, G., Dane, F., Akrami, M., 2014. Study on relationships between yield and its components in Iranian cantaloupe genotypes. Iranian Journal of Horticultural Science. 45, 1-10. [In Persian with English Summary].

Motzo, R., Giunta, F., 2007. The effect of breeding on the phenology of Italian durum wheats: from landraces to modern cultivars. European Journal of Agronomy. 26, 462-470.

Msaada, K., Hosni, K., Taarit, M.B., Hammami, M., Marzouk, B., 2009. Effects of growing region and maturity stages on oil yield and fatty acid composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit. Scientia Horticulturae. 120, 525-531.

Nascimento-Júnior, I., Moro, G.V., Moro, F.V., 2018. Indirect selection of maize genotypes based on associations between root agronomic and anatomical characters. Chilean Journal of Agricultural Research. 78, 39-47.

Ober, E.S., Clark, C.J., Le Bloa, M., Royal, A., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D., 2004. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crops Research. 90, 213-234.

Pahlavani, M.H., Saeidi, G., Mirlohi, A.F., 2008. Correlated response to selection for yield and oil content of seed in safflower. Electronic

Journal of Crop Production. 1, 49-63. [In Persian with English Summary].

Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., O'Toole, J., 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands: Part 1. Grain yield and yield components. Field Crops Research. 73, 153-168.

Park, S.J., Kim, W.H., Seong, R.C., 2000. Influences of different planting times on harvest index and yield determination factors in soybean. Korean Journal of Crop Science. 45, 97-102.

Pirnajmedin, F., Majidi, M.M., Saeidi, G., Gheysari, M., Nourbakhsh, V., Radan, Z., 2017. Genetic analysis of root and physiological traits of tall fescue in association with drought stress conditions. Euphytica. 213, 135.

Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G., 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163, 1037-1046.

Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52, 591-611.

Shearman, V., Sylvester-Bradley, R., Scott, R., Foulkes, M., 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. Crop Science. 45, 175-185.

Sioseh-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.

SPSS Inc., 2010 SPSS 20. Users Guied. Chicago, USA.

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

Yin, X., Chasalow, S., Stam, P., Kropff, M., Dourleijn, C., Bos, I., Bindraban, P., 2002. Use of component analysis in QTL mapping of complex crop traits: a case study on yield in barley. Plant Breeding. 121, 314-319

Zhang, Y., Kang, M.S., Lamkey, K.R., 2005. Diallel-SAS05: a comprehensive program for griffing's and gardner-eberhart analyses. Agronomy Journal. 97(4), 1097.

Ziluai, N., Ahmadi, A., Joodi, M., Bagheri Dehabadi, M., Mohammad Morad Tarom, E., 2013. Study of Phenological Traits and Their Relation with Yield Potential in Wheat. Iranian Journal of Field Crop Science. 44, 549-562. [In Persian with English Summary].