تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸
۴۵۹-۴۷۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1308.1268

تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی توده‌های مختلف گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

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: ۹۶/۱۰/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۹

چکیده

گشنیز یکی از مهم‌ترین گیاهانی است که در صنایع دارویی استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی، نسل‌های F_2 حاصل از تلاقی‌های یک‌طرفه شش توده بومی گشنیز شامل اصفهان، همدان، بوشهر، مازندران، مرکزی و البرز به همراه والدین مربوطه درمجموع ۲۱ ژنوتیپ در سه شرایط متفاوت آبیاری (آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید) به‌طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه در گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چتر بارور در گیاه، تعداد میوه در گیاه، وزن هزار میوه، وزن میوه در گیاه یا عملکرد میوه، عملکرد بیولوژیک، محتوای اسانس میوه، عملکرد اسانس، محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و شاخص پایداری غشاء یا نشت یونی بودند. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر کلیه صفات موردبررسی معنی‌دار بود. به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی میانگین اکثر صفات موردبررسی کاهش یافت درحالی‌که میانگین محتوای اسانس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین محتوای اسانس در شرایط تنش ملایم مشاهده شد. همچنین در این مطالعه از شاخص تحمل به تنش (STI) به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گشنیز استفاده شد. در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی، ژنوتیپ مازندران و جمعیت‌های F_2 حاصل از بعضی دورگ‌ها (البرز × مازندران، مرکزی × مازندران، اصفهان × مازندران، مازندران × همدان و مازندران × بوشهر) متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به خشکی شناخته شدند. بر پایه نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد که بتوان از این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان منابع حاوی ژن‌های تحمل به خشکی برای اصلاح ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد اسانس و میوه بالا در مناطق خشک استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: **شاخص تحمل به تنش، عملکرد اسانس، محتوای اسانس، محتوای رطوبت نسبی.**

مقدمه

گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به خانواده چتریان است. خواص دارویی و وجود ترکیبات معطر سبب شده است گشنیز یکی از گیاهان مشهور در سراسر دنیا باشد. قسمت‌های مورداستفاده گیاه گشنیز برگ‌ها و میوه آن است. اسانس میوه در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی دارای اهمیت بسزایی است و روغن میوه در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (Volatil, 2000; Sefidkon et al., 2007). از اسانس گشنیز در رفع مشکلات دستگاه گوارش، کاهش اشتها، تشنج، بی‌خوابی و اضطراب استفاده می‌شود (Volatil, 2000). همچنین خواص ضداکسیدانی، ضد باکتریایی، ضد دیابت، ضد سرطان و ضد جهش آن به اثبات رسیده است (Burt, 2004; Cantore et al., 2004; Kubo et al., 2004;

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

Wangensteen et al., 2004; Gallagher et al., 2003; Chithra and Leelamma, 2000).

گیاهان در طول دوره رشد خود با تنش‌های محیطی متعددی روبه‌رو می‌شوند که هر یک از این تنش‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی آثار متفاوتی بر رشد، نمو و عملکرد آن‌ها داشته باشند و سبب تغییرات در سطوح مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، متابولیکی، بیوشیمیایی و مولکولی متعددی در آن‌ها شود که این امر موجب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و درنتیجه کاهش محصول می‌شود (Moghaddam et al., 2015). پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی متفاوت است. همچنین توانایی گیاهان برای سازگاری به تنش‌های محیطی به نوع، شدت و مدت تنش، زمان وقوع، مرحله رشد و گونه گیاهی بستگی دارد (Mirfattah et al., 2009). تنش‌های محیطی سبب بروز دامنه وسیعی از تغییر بیان ژن و متابولیسم سلول تا تغییر در سرعت رشد و عملکرد محصولات می‌شوند (Reddy et al., 2004).

نتایج تحقیقات موجود، حاکی از این است که خواص کمی و کیفی بسیاری از گیاهان دارویی متعلق به خانواده چتریان ازجمله آنیسون، رازیانه و گشنیز به‌شدت تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد (Kochaki et al., 2006; Zehtab-Salmasi et al., 2006; Nadjafi et al., 2009; Heidari et al., 2012; Khodadadi et al., 2016). بروز تنش خشکی طی مراحل مختلف نموی مخصوصاً مرحله زایشی سبب کاهش طول دوره فتوسنتزی می‌شود. درنتیجه انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه و انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده ساقه به دانه و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. همچنین تنش‌های محیطی درصد اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نتایج نشان داده است که تشکیل و تجمع متابولیت‌های ثانویه ازجمله اسانس در گیاهان دارویی و معطر، تحت شرایط تنش خشکی تمایل به افزایش دارد (Bannayan et al., 2008; Laribi et al., 2009; Khalid et al., 2010; Ekren et al., 2012; Alinian and Razmjoo, 2014; Alinian et al., 2016; Maatallah et al., 2016). از طرفی عملکرد اسانس در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. ازآنجاکه عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب درصد اسانس و عملکرد دانه حاصل می‌شود، کاهش در عملکرد دانه در شرایط تنش سبب کاهش عملکرد اسانس در شرایط مذکور می‌گردد. به‌طوری‌که محققان در پژوهش خود بیان کردند که باوجود افزایش درصد اسانس در آنیسون تحت شرایط کمبود آب، عملکرد اسانس گیاه کاهش می‌یابد (Zehtab-Salmasi et al., 2006)؛ بنابراین دستیابی به ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط تنش خشکی هم عملکرد میوه و هم درصد اسانس مطلوب داشته باشند از اهداف مهم اصلاحی در گیاهان دارویی است.

با توجه به تأثیر عوامل محیطی، شرایط جغرافیایی و وضعیت اکولوژیکی محل رویش بر گیاه گشنیز مطالعهٔ دقیق در مورد نقش عوامل مذکور و ارتباط آن‌ها با رشد، عملکرد و کیفیت گیاه ضروری است. درنتیجه این تحقیق نیز با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به خشکی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی استفاده‌شده در این پژوهش شامل ۶ توده بومی گشنیز TN-59-80 (اصفهان)، TN-59-158 (همدان)، TN-59-230 (بوشهر)، TN-59-160 (مازندران)، TN-59-353 (مرکزی) و توده تجاری (کرج) و جمعیت‌های F_2 حاصل از تلاقی دی‌آلل یک‌طرفه آن‌ها که درمجموع ۲۱ ژنوتیپ بودند در فروردین‌ماه ۱۳۹۵ در سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس کشت و بررسی گردیدند.

پس از عملیات تهیه زمین، کشت بوته‌ها با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در هر کرت انجام شد. 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. در آزمایش دوم مربوط به تنش ملایم تا زمان ساقه‌دهی آبیاری مانند آزمایش نرمال انجام شد سپس تا شروع تشکیل میوه (۵۰٪ گلدهی) آبیاری قطع گردید و در مرحله ۵۰٪ گلدهی که مقارن با رسیدن رطوبت خاک به ۳۰٪ آب در دسترس گیاه بود، آبیاری بازیابی انجام و سپس تا آخر آزمایش آبیاری قطع گردید. در آزمایش سوم مربوط به تنش شدید، آبیاری تا زمان شروع گلدهی به‌صورت نرمال انجام و پس‌ازاین مرحله آبیاری قطع شد. میزان عناصر موردنیاز به خاک مزرعه اضافه شد. تمامی کود فسفره (۱۱۵ کیلوگرم فسفر خاص در هکتار) و پتاسه (۸۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار)، به ترتیب از منبع

سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم همراه با عملیات تکمیلی زمین به خاک اضافه گردید. کود نیتروژن (۴۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) نیز در زمان کاشت اضافه گردید. همچنین در طول فصل رشد وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه در گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چتر بارور در گیاه، تعداد میوه در گیاه، وزن هزار میوه، وزن میوه در گیاه یا عملکرد میوه، عملکرد بیولوژیک، محتوای اسانس میوه، عملکرد اسانس، محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و شاخص پایداری غشاء یا نشت یونی بودند. صفات اندازه‌گیری شده، نشانه‌های اختصاری و واحد اندازه‌گیری آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. اختصارات و واحد صفات اندازه‌گیری شده در گشنیز

Table 1. Abbreviations used in text for measured traits and the units for these traits in coriander

Trait	صفت	Abbreviation	Unit
Plant height	ارتفاع گیاه	PH	cm
Leaf number	تعداد برگ	LN	No.
Branch number per plant	تعداد شاخه در گیاه	BNPP	No.
Umbel number per plant	تعداد چتر در گیاه	UNPP	No.
Fertile umbel number per plant	تعداد چتر بارور در گیاه	FUNPP	No.
Fruit number per plant	تعداد میوه در گیاه	FNPP	No.
Thousand fruit weight	وزن هزار میوه	TFW	g
Fruit yield	عملکرد میوه	FWPP	g
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	BY	g
Essential oil content	محتوای اسانس	EOC	%
Essential oil yield	عملکرد اسانس	EOY	g
SPAD chlorophyll content	محتوای کلروفیل SPAD	SCC	-
Relative water content	محتوای رطوبت نسبی	RWC	%
Ion leakage	نشت یونی	EL	%

تجزیه‌وتحلیل آماری

ابتدا فرض نرمال بودن خطاهای آزمایشی از طریق آزمون کولموگروف-اسیمروف[1] با استفاده از نرم‌افزار SPSS 2010 (ver 20) مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس تجزیه واریانس مرکب بر روی صفات انجام پذیرفت و به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی صفات موردبررسی، مقایسه میانگین‌های صفات در محیط‌های مختلف به‌طور جداگانه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام گرفت. برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها، از شاخص تحمل به تنش[2] (STI) استفاده شد (معادله ۱). به‌طوری‌که ژنوتیپ‌هایی که مقدار عددی شاخص STI آن‌ها بالاتر از ۱ بود به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند (Fernandez, 1992).

$$STI = \frac{(Y_P) \times (Y_S)}{(\overline{Y_P})^2} \qquad [۱]$$

که در آن Y_s، Y_p و $\overline{Y_p}$ به ترتیب عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش، عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش است. در این آزمایش برای محاسبه شاخص STI از نرم‌افزار آماری SAS 2011 (ver 9.1) استفاده شد.

[1] Kolmogorov-Smirnov

[2] Stress tolerance index

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب صفات

نتایج تجزیه واریانس مرکب در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که اثر محیط (سطوح تنش خشکی) برای کلیه صفات موردبررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، به این مفهوم که محیط بدون تنش و تنش خشکی اثر یکسانی بر روی صفات مذکور نداشتند که یکی از دلایل آن این است که بیشتر صفات مذکور به دلیل زمان بروز و تکمیل شدن آن‌ها و عوامل دیگر، بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند و بخش عمده‌ای از دوره تداوم این صفات مانند عملکرد بیولوژیک و عملکرد میوه در مراحل انتهایی رشد گیاه است که به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تغییرات شرایط تنش قرار گرفتند. همچنین بین ژنوتیپ‌ها ازنظر کلیه صفات تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در هر سه محیط وجود داشت (جدول ۲) که مفهوم آن این است که بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه تفاوت معنی‌داری ازنظر کلیه صفات موردبررسی وجود داشت. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز برای کلیه صفات به‌جز صفات تعداد شاخه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲)، به این مفهوم که ژنوتیپ‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به شرایط محیطی مختلف نشان دادند و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از آزمایشی به آزمایش دیگر یکسان نبود. با توجه به معنی‌دار بودن اثر محیط برای کلیه صفات موردبررسی، در ادامه تأثیر تنش خشکی بر صفات موردبررسی موردبحث قرار می‌گیرد.

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری در گشنیز

Table 2. Combined analysis for traits under different irrigation regimes in coriander.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square						
		PH	LN	BNPP	UNPP	FUNPP	FNPP	TFW
محیط Environment (E)	2	1312.24**	212208.99**	731.13**	47029.41**	16596.13**	12920254.93**	32.42**
تکرار درون محیط Rep/E	6	6.42	138.97	1.10	120.25	32.45	4138.09	0.30
ژنوتیپ Genotype (G)	20	155.84**	3635.45**	17.52**	255.21**	435.96**	192784.75**	26.33**
ژنوتیپ × محیط G × E	40	20.45**	1670.03**	2.52**	102.01**	329.93**	35897.20**	1.46**
اشتباه آزمایشی Error	120	4.30	135.96	0.69	26.59	10.07	5795.27	0.33

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square						
		FY	BY	EOC	EOY	SCC	RWC	IL
محیط Environment (E)	2	332.34**	4921.54**	0.193**	0.004**	2591.0**	1283.91**	401.76**
تکرار درون محیط Rep/E	6	12.55	9.01	0.33 E^{-3}	0.26 E^{-3}	3.72	1.90	1.83
ژنوتیپ Genotype (G)	20	21.64**	196.05**	0.167**	0.14 E^{-2}	21.92**	181.31**	5.93**
ژنوتیپ × محیط G × E	40	6.27**	73.62**	0.015**	0.2 E^{-3}**	28.73**	39.90**	16.02**
اشتباه آزمایشی Error	120	1.10	6.06	0.87 E^{-3}	3.1 E^{-5}	3.59	8.91	1.40

ns,*و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, * and ** are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

عملکرد بیولوژیک و اجزای آن

اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد برگ معنی‌دار بود و تحت شرایط تنش صفات مذکور به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافتند (جدول ۳). تنش خشکی با محدودیت‌هایی که در جذب آب توسط گیاه و همچنین جذب عناصر غذایی برای گیاه ایجاد می‌کند باعث کاهش بیوماس تولیدی می‌شود (Ashraf and Foolad, 2007). به عقیده بسیاری از پژوهشگران، نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب، کاهش در آماس سلول و درنتیجه کاهش رشد است (Larcher, 1995; Mandal et al., 2008). به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد و رشد گیاه گشنیز تحت تنش درنتیجه محدودیت آبی ناشی از اعمال تیمار تنش باشد که رشد و توسعه سلول‌ها را کاهش داده و درنهایت، رشد گیاه را محدود می‌کند کاهش وزن تک بوته در طی افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد و سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد. سایر محققین نیز کاهش عملکرد گیاه را با افزایش شدت تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Tawfik, 2008; Ahmadian et al., 2011).

محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و نشت یونی

اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر روی صفت محتوای کلروفیل معنی‌دار بود به‌طوری‌که افزایش شدت تنش باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل برگ‌ها (شاخص SPAD) در گیاه گشنیز گردید (جدول ۳). کاهش میزان کلروفیل براثر تنش خشکی علل متعددی دارد. ازجمله اینکه هم‌زمان با کاهش مقدار آب خاک و پتانسیل آب برگ، برخی هورمون‌ها مانند اتیلن و اسید آبسیزیک افزایش می‌یابند و فعالیت کلروفیلاز زیاد می‌شود و به علت هیدرولیز کلروپلاست و پروتئین‌های تیلاکوئیدی محتوای کلروفیل کل کاهش پیدا می‌کند (Loggini et al., 1999). علاوه بر این کاهش کلروفیل ممکن است به علت تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد، به‌طوری‌که رادیکال‌های آزاد سبب تجزیهٔ این رنگیزه‌ها می‌شوند (Schutz and Fangmeir, 2001). در بررسی اثر تنش خشکی بر ریحان و نعناع نشان داده شد که هم‌زمان با تنش خشکی محتوای کلروفیل کاهش پیدا می‌کند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Misra and Sricastatva, 2000; Hassani and Omidbaigi, 2002).

مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد بیشترین محتوای نسبی آب برگ در آبیاری کامل حاصل شد که ازنظر آماری با تنش ملایم اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ متعلق به شرایط تنش خشکی شدید بود (جدول ۳). درواقع با افزایش سطح خشکی میزان رطوبت نسبی کاهش یافت، کاهش ظرفیت آب برگ و محتوای رطوبت نسبی به مفهوم کاهش وضعیت آبی گیاه است که می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها شود ولی بسته شدن درازمدت روزنه برای گیاه زیان‌بار است چون CO_2 لازم برای نورساخت فراهم نمی‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای از موارد مهمی است که در جریان تنش خشکی موجب کاهش نورساخت می‌شود. از محتوای نسبی آب به‌منزله شاخصی مناسب از وضعیت آب برگ‌ها یاد می‌شود که در صورت پیشرفت تنش خشکی کاهش می‌یابد و سبب تغییر در غشای یاخته‌ای و درنتیجه افزایش نشت الکترولیتی از یاخته‌ها می‌شود. نتایج دیگر محققان گویای کاهش میزان نسبی آب برگ در گیاهان مختلف در شرایط تنش خشکی است (Izadi et al., 2009; Moghaddam et al., 2015; Farhadi et al., 2016).

نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی برای صفت نشت یونی نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش درصد نشت یونی برگ‌ها شد، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین میزان نشت یونی به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش ملایم مشاهده گردید (جدول ۳). ولی بین تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تحت تنش خشکی و گرما، غشاء سلولی پایداری خود را ازدست‌داده و در صورت قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌یابد، لذا پایداری غشاء به‌وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود (Sairam et al., 2002). حفظ تمامیت غشاء سلولی طی شرایط تنش، نشانه‌ای از وجود مکانیسم‌های کنترلی در تحمل به پسابیدگی است. تنش خشکی یکسری تغییرات را در فسفولیپیدهای غشاء ایجاد می‌کند، این تغییرات مشابه تنش سرما در دنباله‌های اسید چرب ایجاد می‌شود و در این تنش اسیدهای چرب غیراشباع، افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دولایه‌ای غشاء حالت هگزاگونال (شش‌وجهی) و ساختار غشاء به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد به‌طورکلی تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و درنهایت

کاهش شاخص پایداری غشا سلول در گیاهان مختلف می‌شود (Sairam et al., 2002).

عملکرد و اجزای عملکرد

تأثیر سطوح مختلف آبیاری سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری بر تعداد شاخه گیاه گشنیز گردید (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه در شرایط بدون تنش و کمترین تعداد شاخه در شرایط تنش شدید مشاهده شد (جدول ۳)؛ یعنی با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد شاخه‌های گیاه کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد (جدول ۳). علت کاهش رشد و تعداد شاخه در تنش خشکی این‌طور بیان شده است که فعالیت آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز در بافت‌های گیاهی که دارای رشد سریعی می‌باشند بسیار کم است ولی فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی افزایش‌یافته و موجب تجزیه هورمون اکسین در گیاه می‌گردد. در تحقیقی رزمجو و همکاران (Razmjoo et al., 2008) بیان کردند که افزایش دور آبیاری از ۲ روز به ۱۰ روز باعث کاهش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی در گیاه بابونه می‌گردد. همچنین فکرباهر و همکاران (Fakerbaher et al., 2002) تأثیر تنش آبی را بر ارتفاع و تعداد شاخه مرزه بررسی کردند و نشان دادند که بالاترین سطح تنش آبی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه مرزه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین تنش خشکی منجر به کاهش تعداد شاخهٔ فرعی در ریحان و بادرشبو شده است (Hassani and Omidbaigi, 2002; Safikhani, 2006) که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارند.

اثر تنش خشکی بر تعداد چتر در بوته و تعداد چتر بارور معنی‌دار بود و تحت شرایط تنش صفات مذکور به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافتند (جدول ۳). تعداد چتر علاوه بر ژنوتیپ به مقدار زیادی تابع عوامل محیطی همچون وجود عناصر غذایی و رطوبت است. با اعمال تنش خشکی رطوبت قابل‌دسترس خاک در محیط ریشه‌ها کاهش می‌یابد و به‌تبع آن جذب آب و عناصر غذایی دچار مشکل می‌شود. در مطالعات سایر محققان نیز کاهش تعداد چتر در بوته با کاهش مقدار آب آبیاری گزارش شده است (Kochaki et al., 2006; Heidari et al., 2012; Noroozi-Shahri et al., 2015).

نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی برای صفت وزن هزار میوه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش وزن هزار میوه شد، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین وزن هزار میوه به ترتیب در شرایط تنش ملایم و بدون تنش مشاهده گردید (جدول ۳). ولی بین تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید ازنظر آماری تفاوتی وجود نداشت. پر شدن دانه مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها است (Sarmadnia, 1993). در پژوهشی بری (Bray, 1993) ثابت کرد که تیمارهایی که به نحوی در مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی دچار تنش رطوبتی بوده‌اند هرچند در مراحلی مانند رشد رویشی و یا دانه‌بندی با تنش مواجه نباشند، ازنظر آماری وزن هزار دانه کمتری نسبت به شرایط شاهد داشته و مشابه شرایط دیم هستند، زیرا موجب کاهش تعداد سلول‌های ذخیره‌ای دانه، کاهش تجمع ماده خشک در دانه و درنتیجه کاهش وزن دانه می‌شود (Quarrie and Jones, 1979). همچنین امام و ثقه‌الاسلام (Emam and Seghateleslami, 2005) بیان کردند که کمبود آب در مرحلهٔ پر شدن دانه‌ها سبب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش میزان مواد پرورده و درنتیجه چروکیدگی و کاهش وزن هزار دانه خواهد شد. در این مطالعه نیز تحت شرایط تنش خشکی وزن هزار میوه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافت که با نتایج محققان دیگر مبنی بر کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی مطابقت داشت (Pouryousef et al., 2012; Noroozi-Shahri et al., 2015).

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد میوه گیاه گشنیز معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد میوه در شرایط بدون تنش و کمترین تعداد میوه در شرایط تنش شدید مشاهده شد (جدول ۳) و با افزایش تنش خشکی، تعداد میوه کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و کاهش طول دوره گرده‌افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گل‌ها و کاهش تعداد دانه در گیاه می‌شود. ازآنجاکه در بیشتر مناطق، گیاهان علاوه بر تنش خشکی آخر فصل از دمای بالا نیز متأثر می‌شوند و شرایط محیطی به‌ویژه دما و رطوبت بر رشد دانه گرده اثر می‌گذارد، بنابراین تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی و لقاح، تعداد دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد. به‌علاوه در شرایط تنش رشد دانه‌های گرده و رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک را نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Stephenson et al., 1997). محققان دیگر نیز بیان کردند که تنش خشکی به کاهش باروری و درنتیجه کاهش تعداد دانه منجر می‌شود که علت آن نقص در عملکرد

دانهٔ گرده و تخمک است (Basra et al., 2003; Noroozi-Shahri et al., 2015).

نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی برای صفت عملکرد میوه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد میوه شد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد میوه در شرایط بدون تنش و کمترین عملکرد میوه در شرایط تنش شدید مشاهده شد (جدول ۳) یعنی با افزایش تنش خشکی، عملکرد میوه کاهش معنی‌داری داشت. بروز تنش خشکی طی مراحل مختلف نموی مخصوصاً مرحله زایشی سبب کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده ساقه به دانه و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. تنش خشکی علاوه بر محدود کردن منبع (کاهش سطح برگ و غیره)، سبب کاهش قدرت مخزن (کاهش تعداد دانه در چتر و غیره) و ظرفیت ذخیره‌ای می‌شود (Zhang and John, 2005)؛ بنابراین کاهش منبع و فتوسنتز جاری از طرفی و کاهش مقدار انباشت و انتقال مجدد مواد از طرفی دیگر، موجب کاهش عملکرد دانه می‌شوند. محققان علت کاهش عملکرد دانه را با افزایش فواصل آبیاری، کاهش اجزای عملکرد ازجمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک عنوان کرده‌اند (Zehtab-Salmasi et al., 2006; Noroozi-Shahri et al., 2015).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی صفات موردمطالعه در گشنیز

Table 3. The mean comparison of effect of different irrigation regimes on studied traits in coriander.

Water treatments	تیمارهای آبیاری	PH (cm)	LN (No.)	BY (g)	SCC	RWC (%)	IL (%)	BNPP (No.)
Well Watered	آبیاری نرمال	49.41[a]	160.03[a]	22.87[a]	43.85[a]	91.09[a]	88.66[c]	13.13[a]
Moderate Stress	تنش ملایم	42.09[b]	63.64[b]	9.43[b]	42.04[b]	88.31[b]	93.50[a]	9.04[b]
Severe Stress	تنش شدید	41.03[c]	55.82[c]	6.21[c]	31.95[c]	82.26[c]	92.32[b]	6.37[c]

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

Water treatments	تیمارهای آبیاری	UNPP (No.)	FUNPP (No.)	TFW (g)	FNPP (No.)	FY (g)	EOC (%)	EOY (g)
Well Watered	آبیاری نرمال	73.92[a]	36.89[a]	7.47[a]	1154.29[a]	6.74[a]	0.337[c]	0.023[a]
Moderate Stress	تنش ملایم	31.36[b]	9.07[b]	6.41[b]	423.27[b]	3.94[b]	0.446[a]	0.021[b]
Severe Stress	تنش شدید	22.96[c]	8.50[b]	6.10[c]	325.69[c]	2.18[c]	0.377[b]	0.009[c]

در هر ستون مقادیر با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری باهم ندارند. مقایسات میانگین با استفاده از ازمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفته است.

In each column, the values with same letters is not significantly different.The mean comparisons were made using the least significant difference (LSD) at the 5% probability level.

محتوا و عملکرد اسانس

محتوای اسانس میوه‌های گشنیز به‌طور معنی‌داری تحت شرایط متفاوت رطوبتی تغییر یافت (جدول ۳). به‌طوری‌که بالاترین محتوای اسانس تولیدی در سطح تنش ملایم مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهشگران که بیان کردند محتوای اسانس گیاهان دارویی در واکنش به تنش آبی افزایش می‌یابد تا حدودی مطابقت دارد (Bannayan et al., 2008; Laribi et al., 2009; Khalid et al., 2010; Ekren et al., 2012; Alinian and Razmjoo, 2014; Alinian et al., 2016; Maatallah et al., 2016). بر اساس دو فرضیه موازنه رشد-تمایز و موازنه کربن-عناصر غذایی، عوامل محیطی می‌توانند درصد اسانس تولیدشده توسط یک گیاه را متأثر کنند. فرضیه موازنه کربن-عناصر غذایی بیان می‌کند که هنگامی‌که دسترسی گیاه به عناصر غذایی محدود شود، توان گیاه صرف ساخت سطوح بالایی از متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Coley, 1986). بر اساس فرضیه موازنه رشد-تمایز، نیز تا زمانی که شرایط اجازه تقسیم و گسترش سلولی وجود داشته باشد. کربن صرف رشد می‌شود و با ایجاد تنش خشکی یا هر عامل تنش‌زای محیطی دیگر، رشد متوقف می‌شود و سلول‌ها تمایز می‌یابند و گیاه کربن را به تولید ترکیبات ثانویه اختصاص می‌دهد (Lorio, 1986)؛ بنابراین، تشکیل و تجمع

متابولیت‌های ثانویه ازجمله اسانس در گیاهان، تحت شرایط تنش خشکی تمایل به افزایش دارد (Bannayan et al., 2008).

از طرفی سطوح مختلف تنش، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اسانس گردید (جدول ۳). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد اسانس در شرایط بدون تنش و کمترین عملکرد اسانس در شرایط تنش شدید مشاهده شد (جدول ۳). هرچند تنش خشکی محتوای اسانس اکثر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، اما عملکرد اسانس تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد زیرا برهمکنش بین محتوای اسانس و عملکرد میوه دو مؤلفه مهم و تعیین‌کننده مقدار عملکرد اسانس می‌باشند. ازآنجاکه عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب محتوای اسانس و عملکرد دانه حاصل می‌شود، کاهش در عملکرد دانه در شرایط تنش سبب کاهش عملکرد اسانس در شرایط مذکور می‌گردد. به‌طوری‌که سایر پژوهشگران در پژوهش خود بیان کردند که باوجود افزایش محتوای اسانس در شرایط کمبود آب، عملکرد اسانس و مواد موثره‌ی تولیدی کاهش می‌یابد (Zehtab-Salmasi et al., 2006; Pouryousef et al., 2012; Heidari et al., 2012; Noroozi-Shahri et al., 2015).

جدول ۴. مقادیر شاخص تحمل به تنش خشکی و عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های گشنیز در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 4. Stress tolerance index and essential oil yield of coriander genotypes in non-stress and drought stressconditions

Genotype	ژنوتیپ	YP (g)	YM (g)	YS (g)	STIm	STIs
Alborz	**البرز**	0.013	0.006	0.004	0.138	0.084
Alborz × Markazi	**البرز × مرکزی**	0.010	0.006	0.002	0.099	0.035
Alborz × Isfahan	**البرز × اصفهان**	0.030	0.005	0.003	0.290	0.181
Alborz × Mazandaran	**البرز × مازندران**	0.045	0.060	0.015	4.899	1.225
Alborz × Hamadan	**البرز ×همدان**	0.019	0.005	0.001	0.158	0.034
Alborz × Bushehr	**البرز × بوشهر**	0.022	0.017	0.015	0.689	0.621
Markazi	**مرکزی**	0.013	0.003	0.001	0.081	0.032
Markazi × Isfahan	**مرکزی × اصفهان**	0.019	0.009	0.006	0.294	0.215
Markazi × Mazandaran	**مرکزی × مازندران**	0.055	0.051	0.019	5.056	1.896
Markazi × Hamadan	**مرکزی × همدان**	0.017	0.003	0.001	0.091	0.020
Markazi × Bushehr	**مرکزی × بوشهر**	0.023	0.018	0.011	0.776	0.480
Isfahan	**اصفهان**	0.012	0.007	0.004	0.157	0.082
Isfahan × Mazandaran	**اصفهان × مازندران**	0.033	0.060	0.019	3.649	1.149
Isfahan × Hamadan	**اصفهان × همدان**	0.015	0.008	0.002	0.213	0.065
Isfahan × Bushehr	**اصفهان × بوشهر**	0.021	0.023	0.015	0.890	0.594
Mazandaran	**مازندران**	0.037	0.034	0.010	2.326	0.700
Mazandaran × Hamadan	**مازندران × همدان**	0.039	0.036	0.018	2.524	1.250
Mazandaran × Bushehr	**مازندران × بوشهر**	0.028	0.060	0.023	3.067	1.182
Hamadan	**همدان**	0.012	0.004	0.001	0.090	0.030
Hamadan × Bushehr	**همدان × بوشهر**	0.023	0.019	0.015	0.781	0.631
Bushehr	**بوشهر**	0.006	0.011	0.009	0.113	0.089

علائم اختصاری: YP: عملکرد اسانس در شرایط بدون تنش، YM: عملکرد اسانس در شرایط تنش ملایم، YS: عملکرد اسانس در شرایط تنش شدید، STIm: شاخص تحمل به تنش در شرایط تنش ملایم، STIs: شاخص تحمل به تنش در شرایط تنش شدید.

Abbrivations: YP: essential oil yield in non-stress condition, YM: essential oil yield in moderate stress condition, YS: essential oil yield in severe stress condition, STIm: stress tolerance index in moderate stress condition, STIs: stress tolerance index in severe stress condition.

جدول ۵. مقادیر شاخص تحمل به تنش و عملکرد میوه ژنوتیپ‌های گشنیز در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 5. Stress tolerance index and fruit yield values of coriander genotypes in non-stress and drought stress conditions

Genotype	ژنوتیپ	YP (g)	YM (g)	YS (g)	STIm	STIs
Alborz	**البرز**	4.55	1.96	1.38	0.20	0.14
Alborz × Markazi	**البرز × مرکزی**	3.75	1.70	0.66	0.14	0.05
Alborz × Isfahan	**البرز × اصفهان**	6.97	2.09	1.14	0.32	0.18
Alborz × Mazandaran	**البرز × مازندران**	8.27	8.08	2.81	1.47	0.51
Alborz × Hamadan	**البرز ×همدان**	5.85	1.42	0.48	0.18	0.06
Alborz × Bushehr	**البرز × بوشهر**	6.22	5.03	4.28	0.69	0.59
Markazi	**مرکزی**	9.71	1.14	0.58	0.24	0.12
Markazi × Isfahan	**مرکزی × اصفهان**	7.21	2.39	2.08	0.38	0.33
Markazi × Mazandaran	**مرکزی × مازندران**	10.71	6.61	3.26	1.56	0.77
Markazi × Hamadan	**مرکزی × همدان**	6.82	1.08	0.22	0.16	0.03
Markazi × Bushehr	**مرکزی × بوشهر**	7.07	5.10	3.08	0.80	0.48
Isfahan	**اصفهان**	5.42	2.45	1.25	0.29	0.15
Isfahan × Mazandaran	**اصفهان × مازندران**	7.50	6.68	3.41	1.10	0.56
Isfahan × Hamadan	**اصفهان × همدان**	6.46	2.21	1.41	0.32	0.20
Isfahan × Bushehr	**اصفهان × بوشهر**	6.43	5.19	3.49	0.74	0.49
Mazandaran	**مازندران**	6.80	5.27	1.78	0.79	0.27
Mazandaran × Hamadan	**مازندران × همدان**	8.67	6.58	3.48	1.26	0.66
Mazandaran × Bushehr	**مازندران × بوشهر**	6.67	9.29	4.07	1.37	0.60
Hamadan	**همدان**	6.90	1.54	0.59	0.23	0.09
Hamadan × Bushehr	**همدان × بوشهر**	7.09	4.34	4.17	0.68	0.65
Bushehr	**بوشهر**	2.40	2.49	2.24	0.13	0.12

علائم اختصاری: YP: عملکرد میوه در شرایط بدون تنش، YM: عملکرد میوه در شرایط تنش ملایم، YS: عملکرد میوه در شرایط تنش شدید، STIm: شاخص تحمل به تنش در شرایط تنش ملایم، STIs: شاخص تحمل به تنش در شرایط تنش شدید.

Abbrivations: YP: essential oil yield in non-stress condition, YM: essential oil yield in moderate stress condition, YS: essential oil yield in severe stress condition, STIm: stress tolerance index in moderate stress condition, STIs: stress tolerance index in severe stress condition.

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی

طبق نظر اکثر پژوهشگران بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل، شاخص تحمل به تنش (STI) است، زیرا قادر است ژنوتیپ‌هایی را که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد زیادی دارند از ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط تنش یا فقط در شرایط عدم تنش عملکرد زیادی دارند، تفکیک کند (Fernandez, 1992; Sadeghzadeh-Ahari, 2006; Sio-se Marde et al., 2006; Geravandi et al., 2011). بر اساس مقادیر بالای ۱ شاخص STI که مقادیر زیاد آن نشان‌دهنده تحمل ژنوتیپ‌ها است، ژنوتیپ مازندران و جمعیت‌های F_2 حاصل از تلاقی‌های این ژنوتیپ (البرز × مازندران، مرکزی × مازندران، اصفهان × مازندران، مازندران ×همدان و مازندران × بوشهر) به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند، زیرا بالاترین مقدار شاخص STI را دارا بودند (جدول‌های ۴ و ۵). این ژنوتیپ‌ها ضمن داشتن عملکرد اسانس و میوه بالا در شرایط بدون تنش، دارای عملکرد به نسبت خوب و قابل قبولی در شرایط تنش بودند. ازاین‌رو به نظر می‌رسد این ژنوتیپ‌ها برای اصلاح و ایجاد ارقام متحمل و با توانایی تولید عملکرد اسانس و میوه بالا در شرایط تنش خشکی مناسب هستند.

نتیجه‌گیری کلی

عملکرد در گیاه گشنیز درمجموع حاصل برهمکنش اجزایی است که هر یک از آن‌ها در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی شکل می‌گیرد. در این آزمایش مشاهده شد که با اعمال تنش خشکی صفات رویشی و اجزای عملکرد به‌طور

معنی‌داری کاهش یافتند و درنتیجه عملکرد میوه نیز با افزایش سطح تنش خشکی کاهش پیدا کرد. همچنین با توجه به نتایج آزمایش، باوجود افزایش معنی‌دار محتوای اسانس میوه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش، به دلیل افت زیاد عملکرد میوه، عملکرد اسانس نیز به‌تبع آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ بنابراین توصیه می‌گردد برای حصول به عملکرد میوه و اسانس مناسب در زراعت این گیاه از کشت آن در مناطقی که تحت شرایط آخر فصل با محدودیت آبی مواجه‌اند، پرهیز شود. ازآنجاکه در کشت و پرورش گیاهان دارویی، عملکرد دانه و اسانس حائز اهمیت است، در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی، ژنوتیپ مازندران و جمعیت‌های F_2 حاصل از تلاقی‌های این ژنوتیپ (البرز ×مازندران، مرکزی × مازندران، اصفهان × مازندران، مازندران × همدان و مازندران × بوشهر) به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، به نظر می‌رسد که بتوان از این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان منابع حاوی ژن‌های تحمل خشکی برای اصلاح ژنوتیپ‌هایی با ظرفیت عملکرد اسانس و میوه بالا در مناطق خشک استفاده کرد.

منابع

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Haydari, M., Ramroodi, M., Mousavinik, S.M., 2011. Study of chamomiles yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usage and their residue. Journal of Microbiology and Antimicrobials. 3, 23-28.

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.

Alinian, S., Razmjoo, J., Zeinali, H., 2016. Flavonoids, anthocynins, phenolics and essential oil produced in cumin (*Cuminum cyminum* L.) accessions under different irrigation regimes. Industrial Crops and Products. 81, 49-55.

Ashraf, M., Foolad, M., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59, 206-216.

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.

Basra, S.M.A., Ullah, E., Warriach, E.A., Cheema, M.A., Afzal, I., 2003. Effect of storage on growth and yield of primed canola seeds (*Brassica napus*). International Journal of Agriculture and Biology. 5, 117-120.

Bray, E.A., 1993. Molecular responses to water deficit. Plant Physiology. 103, 1035-1040.

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, F., 2004. Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. vulgare (Miller) essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52, 7862-7866.

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

Coley, P.D., 1986. Costs and benefits of defense by tannins in a Neotropical tree. Oecologia. 70, 238-241.

Ekren, S., Sönmez, Ç., Özçakal, E., Kurttaş, Y.S.K., Bayram, E., Gürgülü, H., 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management. 109, 155-161.

Emam, Y., Seghateleslami, M.J., 2005. Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University of Shiraz Publication. 593p. [In Persian].

Fakerbaher, Z., Rezaei, M.B., Mehdi, M., Abaszadeh, B., 2002. Study of quantitative and qualitative changes of essential oil (*Satureja hortensis* L.) during drought on the field. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 11, 37-51. [In Persian with English summary].

Farhadi, H., Azizi, M., Nemati, S.H., 2016. Investigation of the effects of salt stress on some physiological and biochemical characteristics of different landraces of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Iranian Journal of Horticultural Science. 47, 531-541. [In Persian with English Summary].

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress", Taiwan, 13-16 August 1992, 257-270.

Gallagher, A., Flatt, P., Duffy, G., Abdel-Wahab, Y., 2003. The effects of traditional antidiabetic plants on in vitro glucose diffusion. Nutrition 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 of Plant Physiology. 58, 69-75.

Hassani, A., Omidbaigi, R., 2002. Effect of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of basil. Agricultural Science. 12(3), 47-99. [In Persian with English summary].

Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakoli, A., Saba, J., 2012. Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28, 121-130. [In Persian with English summary].

Izadi, Z., Asnaashari, M., Ahmadvand, G., 2009. Influence of drought tension on yield, proline contents, soluble sugars, chlorophyll, relative water contents and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L). Iranian Journal of Horticultural Science. 10(3), 223-234. [In Persian with English summary].

Khalid, K.A., da Silva, J.A.T., Cai, W., 2010. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum* (L.). Scientia Horticulturae. 125, 159-166.

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.

Kochaki, A., Nassiri Mahallati, M., Azizi, G., 2006.The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foenicolum vulgare*) landraces. Iranian Journal of Field Crops Research. 4, 131-139. [In Persian with English summary].

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

Larcher, W., 1995. Carbon utilization and dry matter production. Physiological Plant Ecology. Springer, Berlin: 57-166.

Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Industrial Crops and Products. 30, 372-379.

Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E., Navari Izzo, F., 1999. Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiology. 119, 1091-1100.

Lorio, P.L., 1986. Growth-differentiation balance a basis for understanding southern pine beetle-tree interactions. Forest Ecology and Management. 14, 259-273.

Maatallah, S., Nasri, N., Hajlaoui, H., Albouchi, A., Elaissi, A., 2016. Evaluation changing of essential oil of laurel (*Laurus nobilis* L.) under water deficit stress conditions. Industrial Crops and Products. 91, 170-178.

Mandal, K., Saravanan, R., Maiti, S., 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of isabgol (*Plantago ovata*). Crop Protection. 27, 988-995.

Mirfattah, M., Rabyii, V., Dashti, F., Mosaddeghi, M., Darabi, M., 2009. Effect of drought tension on yield and some of the physiological indexes in two accumulations of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.). Iranian Journal of Horticultural Science. 10(4), 337-344. [In Persian with English summary].

Misra, A., Sricastatva, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7, 51-58.

Moghaddam, M., Alirezaei, N.M., Selahvarzi, Y., Goldani, M., 2015. The effect of drought stress on some morphological and physicochemical characteristics of three cultivars of basil (*Ocimum basilicum* L.).

Journal of Field Crop Science. 21, 43-62. [In Persian with English summary].

Nadjafi, F., Damghani, A.M., Ebrahimi, S.N., 2009. Effect of irrigation regimes on yield, yield components, content and composition of the essential oil of four Iranian land races of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants. 12, 300-309.

Noroozi-Shahri, F., Pouryousef, M., Tavakoli, A., Saba, J., Yazdinejad, A., 2015. Evaluation the performance of some of Iran's native fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions under drought stress condition. Iranian Journal of Field Crop Science. 46, 49-56. [In Persian with English summary].

Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M., Barkhordari, K., 2012. Effects of drought stress and harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). In: National Congress on Medicinal Plants. 16- 17 May, Kish Island, pp. 315. [In Persian].

Quarrie, S.A., Jones, H.G., 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abscise acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. Annuals of Botany. 44, 323-332.

Razmjoo, K., Heydarizadeh, P., Sabzalian, M.R., 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile*. International Journal of Agriculture and Biology. 10, 451-454.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanadan, M.V., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161, 1189-1202.

Sadeghzadeh-Ahari, D., 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotype. Iranian Journal of Crop Sciences. 8, 30-45. [In Persian with English summary].

Safikhani, F., 2006. Investigation of physiological aspects of drought resistance in dragonhead (*Dracocephaalum moldavica* L.). Ph.D. thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. [In Persian with English Summary].

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.

Sarmadnia, GH.H, 1993. The importance of environmental stress in agronomy. The 1th Iranian crop science congress, University of Tehran, 6-9 September 1993, p. 157-169.

SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT user's guide. (2nd edition). SAS institute Inc., Cary, Nc.

Schutz, M., Fangmeir, E., 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution. 114, 187-194.

Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z., Ahmadi, S., 2007. The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of Satureja rechingeri Jamzad. Food Chemistry. 100, 1054-1058.

Sio-se Marde, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammady, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research. 98, 222-229.

SPSS, I., 2010. SPSS 19. Users Guied. Chicago, IL., USA

Stephenson, A.G., Johannsson, M.H., Delph, L.F., 1997. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives. Ecology. 78(6), 1632-1639.

Tawfik, K., 2008. Effect of water stress in addition to potassiomag application on mungbean. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2, 42-52.

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

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

Zehtab-Salmasi, S., Ghasemi-Golezani, K., Moghbeli, S., 2006. Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30, 1-6.

Zhang, K., John, P.C.L., 2005. Raised level of cyclin dependent kinase A after prolonged suspension culture of *Nicotiana plumbaginifolia* is associated with more rapid growth and division, diminished cytoskeleton and lost capacity for regeneration: implications for instability of cultured plant cells. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 82, 295-308.