نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۴۱-۱۳۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 130-141

بررسی تأثیر تنش کم آبی و مراحل برداشت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تربت حیدریه

احمد احمدیان[1*] و سودابه نورزاد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم ابی و مراحل برداشت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربت حیدریه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمار اصلی شامل زمان های آبیاری در سه سطح ۹۰ (عدم تنش)، ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه و تیمار فرعی نیز شامل مراحل مختلف برداشت در سه سطح قبل از گلدهی، گلدهی و بعد از گلدهی بود. نتایج نشان داد که افزایش تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای آن گردید؛ در حالی‌که میزان پرولین و کربوهیدارت گیاه، بطور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین درصد اسانس و ترکیبات اصلی آن (لینالول، آلفا پینن، گاماترپینین، ژرانیول استات، کامفور) در تیمار تنش ملایم مشاهده شد. تأخیر در برداشت باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد تا مرحله دانه‌بندی گردید. کربوهیدرات گیاه در مراحل پایانی رشد افزایش یافت؛ در حالی‌که اختلاف معنی داری بین میزان پرولین در مراحل گلدهی و دانه‌بندی وجود نداشت. بیشترین درصد اسانس و مقادیر ترکیبات اصلی اسانس در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد. بطور کلی، بالاترین عملکرد گیاه در شرایط عدم تنش در مرحله دانه بندی بدست آمد، در حالی‌که بالاترین درصد اسانس و ترکیبات کیفی آن در تیمار تنش ملایم در مرحله دانه‌بندی مشاهده گردید. بنابراین، توصیه می‌گردد که برای کسب حداکثر کیفیت و درصد اسانس و حصول عملکرد قابل قبول، گیاه گشنیز تحت تنش ملایم خشکی قرار گرفته و برداشت گیاه در مرحله اتمام دانه‌بندی صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش کم آبی، غلظت عناصر، مراحل رشدی

مقدمه

اهمیت تولید و فرآوری گیاهان دارویی بدلیل عوارض جانبی کمتر، روز به روز در حال افزایش است و بیشتر کشورها سرمایه‌گذاری زیادی را در راستای تولید گیاهان دارویی انجام داده‌اند. یکی از مهمترین مسائل مورد توجه در بخش کشاورزی و علوم پزشکی و حتی تجارت جهانی توجه به تولید، فرآوری و استفاده از گیاهان دارویی می‌باشد (Pirzad et al., 2006).

پرورش گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در اغلب نواحی دنیا به منظور استفاده از آن در تهیه‌ی اغذیه و شیرینی معمول است. میوه‌ی گشنیز دارای ۰/۵ تا یک درصد اسانس و در حدود ۱۳ درصد روغن ثابت، تانن و اگسالات کلسیم می‌باشد. ترکیب اصلی لینالول، دارای اهمیت بسزایی در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی می‌باشد (Volatil, 2000). اسانس میوه که دارای ۵۰ درصد ترکیب لینالول می‌باشد، در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و روغن میوه در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (Sefidkon et al., 2007). از اسانس گشنیز در رفع مشکلات دستگاه گوارش، کاهش اشتها، تشنج، بیخوابی و اضطراب استفاده می‌شود (Volatil, 2000). بررسی‌های انجام شده در خصوص اثرات بیولوژیک این گیاه حاکی از آن است که اسانس گشنیز دارای خاصیت ضدباکتریایی (Burt, 2004; Contore et al., 2004; Kubo et al., 2004)، آنتی‌اکسیدان (Wangensteen et al., 2004)، ضد دیابت (Gallagher et al., 2003)، ضدسرطان و ضدجهش می‌باشد (Chithra & Leelamma, 2000). میوه گشنیز دارای خاصیت نیرودهنده، هضم کننده‌ی غذا، بادشکن، مدر، ضدتشنج و به طور ملایم قاعده‌آور، ضدصرع و ضدکرم است (Zargari,

۱ و ۲- به ترتیب استادیار گروه تولیدات گیاهی و کارشناس ارشد باغبانی، پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه
*- نویسنده مسئول: (Email: Aahmadian59@torbath.ac.ir)

2010). سابقه کشت این گیاه در ایران بسیار طولانی است و از سطح عمده زیرکشت، اندام‌های هوایی گیاه به صورت تازه برداشت و به بازار مصرف عرضه می‌گردد (Zargari, 2010).

از جمله عوامل مهمی که بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر است، می‌توان به تنش خشکی اشاره نمود. کیفیت و کمیت گیاهان دارویی به‌طور خاصی تحت تأثیر ژنتیک، عوامل محیطی و اثر متقابل این دو عامل است (Abdalla & El-Khoshiban, 2007). از طرفی، با توجه به کمبود شدید منابع آب در آینده‌ی نزدیک، مدیریت منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا بتوان بهره‌وری و راندمان مصرف آب را افزایش داد.

برای حصول حداکثر درصد اسانس، زمان مناسب برداشت گیاهان دارویی باید به دقت انتخاب شود. از آنجا که عملکرد پیکر رویشی و مقدار اسانس در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه متفاوت می‌باشد، تعیین بهترین مرحله برداشت از بین مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه دارویی، اهمیت ویژه‌ای دارد (Omidbeigi et al 2003). از طرفی، گیاه در اثر مواجه شدن با تنش‌های محیطی بویژه خشکی، تغییرات متفاوتی در مراحل فنولوژیکی خود ایجاد می نماید تا سازگاری بیشتری به شرایط تنش داشته باشد (Ahmadian et al., 2011). تعیین بهترین زمان برداشت در شرایط متفاوت رطوبتی در هر گیاه دارویی بسیار مهم و ضروری بوده و می‌بایست در هر منطقه مورد بررسی و پژوهش قرار گیرد. لذا هدف این آزمایش تعیین تأثیر زمان-های برداشت و سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقات کشاورزی و گیاهان دارویی دانشگاه تربت‌حیدریه با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن و آمبرژه به ترتیب خشک و خشک سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود ۲۷۵ میلی‌متر بوده که در مدت اجرای طرح (شش ماه اول سال) ۱۳/۶ میلی‌متر گزارش شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که تیمارها شامل سه سطح تنش خشکی به عنوان فاکتور اصلی شامل آبیاری در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد از ظرفیت زراعی و برداشت محصول در سه مرحله رشدی گیاه شامل مرحله‌ی رویشی (قبل از گلدهی)، گلدهی و بعد از گلدهی (اتمام دانه-بندی) به‌عنوان تیمار فرعی بود.

فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود که در کرت هایی به ابعاد ۳×۲ متر در اسفند ماه ۱۳۸۹ کشت شدند. کاشت بذر به عمق دو سانتی‌متر بود که به روش دستی انجام گرفت. بذر گشنیز از مرکز تهیه بذر و نهال کرج تهیه شد. پیش تیمار بذر بصورت خیساندن در آب سرد جهت تسریع در جوانه‌زنی به مدت ۲۴ ساعت قبل از کاشت انجام شد. قبل از خیساندن، بذرها با دست به منظور جدا کردن مزوکارپ‌ها مالش داده شدند. پس از تعیین ظرفیت زراعی و درصد تخلیه رطوبت خاک با کمک دستگاه صفحات فشاری و کالیبره نمودن دستگاه رطوبت‌سنج با داده‌های حاصل از تعیین بافت و ساختمان خاک در آزمایشگاه، میزان رطوبت خاک در تیمارهای مختلف با استفاده از دستگاه رطوبت سنج Wet HH_2 به-طور مرتب اندازه‌گیری شد. با انجام محاسبات مربوطه درصد رطوبت خاک در هر مرحله اندازه‌گیری تعیین گردید. آبیاری بصورت کرتی و غرقابی در طول دوره رویش گیاه بر اساس ظرفیت زراعی هر کرت جهت اعمال تنش، به طور منظم و دقیق و با استفاده از کنتور انجام شد. اِعمال رژیم‌های آبیاری بعد از مرحله تنک کردن آغاز شد.

برداشت گیاه در روزهای ۲۵ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۹ تیر ماه با توجه به تیمار موردنظر، با حذف اثرات حاشیه به روش تصادفی انجام شد. برداشت مرحله قبل از گلدهی یا اتمام رویشی به محض دیدن اولین گلها در مزرعه صورت پذیرفت. برداشت مرحله گلدهی در زمانی که گل‌ها به طور کامل باز شده بودند و گل‌های سفید رنگ کوچک روی چترها قرار گرفته بودند و برداشت مرحله سوم در زمان اتمام دانه‌بندی قبل از آغاز ریزش بذرها صورت گرفت. بدین منظور از هر کرت ۱۰ بوته به عنوان نمونه‌ی جامعه و به طور تصادفی انتخاب شدند. صفات مورد نظر شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه اصلی، قطر ساقه، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و عملکرد بود. در هر مرحله‌ی رشدی، سطح یک متر مربع با رعایت اثر حاشیه ای برداشت گردید که پس از توزین به‌عنوان وزن تر زیست‌توده یادداشت‌برداری شد. با قرار دادن زیست‌توده تر در دمای ۶۵ درجه در آون به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک زیست‌توده برای هر پلات حاصل شد.

در مراحل مختلف برداشت، کربوهیدرات با استفاده از اتانول ۹۵ درصد و بر اساس روش اسید سولفوریک استخراج شد (Schlegel, 1956). جهت اندازه گیری پرولین از روش (Bates et al., 1973) و برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش SPAD استفاده شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و به کمک دستگاه اسانس‌گیری کلونجر صورت گرفت. به منظور تجزیه اسانس به ترکیبات تشکیل‌دهنده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل شده با طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال داده‌ها، محاسبات

آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند ($p\leq$۰/۰۵).

نتایج و بحث

عملکرد و اجزاء عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، زمان برداشت و اثر متقابل آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد گشنیز معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود؛ به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه اصلی، وزن تر و خشک و همچنین عملکرد گیاه دارویی گشنیز به‌طور معنی‌داری کاهش داشت (جدول ۱).

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 & Foolad, 2007). به عقیده بسیاری از محققین، نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب، کاهش در آماس سلول و در نتیجه کاهش رشد می‌باشد (Mandal et al., 2008; Larcher, 1995). به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد و رشد گیاه گشنیز تحت تنش شدید در نتیجه محدودیت آبی ناشی از اعمال تیمار تنش باشد که رشد و توسعه سلول‌ها را کاهش داده و در نهایت، رشد گیاه را محدود می‌کند (Sreevalli et al., 2001). کاهش وزن تک بوته در طی افزایش سطح تنش خشکی بر اساس نظر (Sreevalli, et al., 2001) می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش 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 گزارش کرده‌اند (Ahmadian, et al., 2011; Tawfik, 2008).

تأخیر در برداشت نیز باعث افزایش معنی دار ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه اصلی، وزن تر و خشک و عملکرد گیاه گشنیز گردید (جدول ۱). این افزایش عملکرد و اجزاء آن که ناشی از تأخیر در برداشت می باشد در تمام سطوح تنش خشکی قابل مشاهده است (جدول ۲). طبق نتایج (Ozguven & Tansi, 1998) مراحل مختلف برداشت بر عملکرد وزن خشک آویشن باغی بسیار معنی‌دار بود و بیشترین وزن خشک در مرحله بذردهی حاصل گردید.

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد اندام رویشی و اجزاء عملکرد گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش کم آبی و مراحل برداشت

Table 1- Means comparison of yield and its components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	عملکرد (کیلوگرم درهکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant(g)	وزن تر بوته (گرم) Fresh weight of plant (g)	قطرساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	تعداد ساقه اصلی (تعداد درگیاه) Number of branch per plant	تعداد برگ در بوته (تعداد در بوته) Number of leaf per plant
خشکی Drought							
تنش شدید High stress	17.71c *	1315.2c	1.593c	1.99c	2.9a	4.2c	20.3c
تنش ملایم Low stress	31.31b	1400.8b	1.728b	2.13b	2.5b	5.3b	23.2b
بدون تنش No stress	38.16a	1458.8a	1.972a	2.37a	2.2c	6.2a	24.9a
مراحل برداشت Harvesting stages							
قبل از گلدهی Before flowering	29.99c	1259.8b	1.578c	1.98c	2.4c	4.2c	21.0c
گلدهی Flowering	32.44b	1456.0a	1.700b	2.10b	2.5b	5.2b	23.3b
بعداز گلدهی After flowering	34.75a	1459.0a	2.015a	2.42a	2.7a	6.2a	24.0a

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و مراحل برداشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گشنیز

Table 2- Means comparison of interaction affect of yield and its components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد برگ در بوته (تعداد در بوته) Number of leaf per plant	تعداد ساقه اصلی (تعداد درگیاه) Number of branch per plant	قطرساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	وزن تر بوته (گرم) Fresh weight of plant (g)	وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant (g)	عملکرد (کیلوگرم درهکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)
خشکی Drought	مراحل برداشت Harvest stages							
تنش شدید High stress	قبل از گلدهی Before flowering	25.2e *	18.3f	2.12f	2.67c	1.85e	1.45e	1161.7e
	گلدهی Flowering	27.6c	20.9e	4.16e	2.94b	1.93e	1.53e	1399.0c
	بعداز گلدهی After flowering	30.3b	21.7d	5.17c	3.15a	2.19cd	1.79cd	1385.0c
تنش ملایم Low stress	قبل از گلدهی Before flowering	29.5d	21.2de	4.32d	2.38e	1.94e	1.54e	1235.3d
	گلدهی Flowering	31.6b	23.6c	5.16c	2.49d	2.09d	1.69d	1463.7b
	بعد از گلدهی After flowering	32.8a	24.8b	5.31b	2.63c	2.35b	1.95b	1503.3a
بدون تنش No stress	قبل از گلدهی Before flowering	35.3cd	23.6c	5.12c	1.99g	2.14cd	1.74cd	1382.3c
	گلدهی Flowering	38.1b	25.4ab	6.26b	2.17f	2.27bc	1.87bc	1505.3a
	بعد از گلدهی After flowering	41.1a	25.5a	7.17a	2.31e	2.71a	2.31a	1488.7ab

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

مطالعه نحوه‌ی تغییرات وزن تر و خشک زیست‌توده (جدول ۲) نشان داد که سیر صعودی وزن تر و خشک از مرحله رویشی تا مرحله بذردهی افزایش چشمگیری داشت. علت آن علاوه بر طول دوره رشد گیاه، می‌تواند روزهای آفتابی با دمای هوای گرم به خصوص در ماه‌های تیر و مرداد باشد، زیرا در این زمان، طول روز بلندتر بوده و در نتیجه میزان تابش افزایش یافته است (Letchamo & Vomel, 1992).

محتوای کلروفیل و تنظیم‌کننده‌های اسمزی

تأثیر تیمارهای تنش و مراحل برداشت بر تنظیم‌کننده‌های اسمزی و کلروفیل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود؛ به‌طوری‌که افزایش شدت تنش باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل برگ‌ها (شاخص SPAD) و افزایش معنی‌دار غلظت پرولین و میزان کربوهیدارت در اندام‌های هوایی گیاه گشنیز گردید (جدول ۱). به نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی، به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد. رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون رنگیزه (Wise & Naylor, 1989) و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌گردند (Schutz & Fangmeir, 2001). اساس نتایج تحقیقات (Heuer, 1994) در طی بروز تنش خشکی بر میزان تجمع ترکیبات آلی همانند پرولین در اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت کلروفیل، پرولین و کربوهیدرات گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی و مراحل برداشت

Table 3- Means comparison of chlorophyll, proline and carbohydrate contents of coriander under water stress and harvesting times

تیمارها Treatments	قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading	پرولین (میکرومول برگرم وزن تر) Proline ($\mu mol.g^{-1}$ fresh W)	میزان کربوهیدرات (میکروگرم برگرم وزن تر) Carbohydrate ($\mu g.g^{-1}$ fresh W)
تنش خشکی Drought stress			
تنش شدید High stress	24.1c*	4.45a	13.0a
تنش ملایم Low stress	26.9b	4.03b	12.6b
بدون تنش No stress	29.5a	3.03c	12.3c
مراحل برداشت Harvest stages			
قبل از گلدهی Before flowering	28.5b	4.52a	12.5c
گلدهی Flowering	29.2a	3.49b	12.6b
بعد از گلدهی After flowering	22.9c	3.50b	12.8a

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و مانع غیرطبیعی شدن آلبومین گردد (Slama, et al., 2006). این خصوصیت پرولین بدان جهت است که رابطه متقابل بین پرولین و سطح پروتئین‌های آبگریز برقرار شده و به علت افزایش سطح کل مولکول‌های پروتئین آبدوست، پایداری آن‌ها افزایش یافته و از تغییر ماهیت آن‌ها جلوگیری می‌کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار قرار گرفته و محافظت می‌شوند (Kuzentsov & Shevykova, 1999) که احتمالاً به دلایل فوق پرولین خود را افزایش می‌دهند.

بر اساس نظر (Good & Zaplachiniski, 1994) تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاه کلزا تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد، اما اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد جبران می‌کند. افزایش پرولین و کربوهیدرات تحت شرایط خشکی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Ghoulam et al., 2002; Slama et al., 2006; Ashraf & Foolad 2007).

در شرایط تنش، گیاه برای حفظ تعادل اسمزی و توانایی جذب بیشتر آب از محیط ریشه، ترکیباتی مثل کربوهیدرات‌ها را در خود افزایش می‌دهد تا تنظیم اسمزی بهتر صورت گیرد (Abdalla & El-Khoshiban, 2007).

بالاترین میزان کلروفیل در مرحله گلدهی، پرولین در مرحله رویشی و کربوهیدارت در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد (جدول ۳). نیاز بالای فتوسنتزی در مرحله گلدهی، نیاز به رشد بیشتر در مرحله رویشی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه ها در مرحله دانه بندی می توانند از دلایل مشاهدات مذکور باشند.

غلظت عناصر معدنی

نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم و افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) سدیم در اندام هوایی گیاه گشنیز گردید (جدول ۵). تأخیر در برداشت نسبت به سایر مراحل برداشت در این آزمایش نیز باعث کاهش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد؛ در حالی‌که اختلاف مراحل برداشت از لحاظ غلظت سدیم معنی‌دار نبود.

محدودیت آبی ممکن است تجمع عناصر معدنی در بافت‌های گیاهی را از طریق تأثیر بر رشد ریشه، تحرک عناصر غذایی در خاک و جذب آن‌ها تحت تأثیر قرار دهد. غلظت نهایی عناصر در بافت‌های گیاهان، بستگی زیادی به کاهش نسبی جذب عناصر، تجمع ماده‌ی خشک کل و چگونگی تغییر آن‌ها نسبت به هم دارد (Sanchez-Blanco et al., 2006).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش کم آبی و مراحل برداشت بر میزان کلروفیل، پرولین و کربوهیدرات موجود در گیاه گشنیز
Table 4 - Means comparison of interactions effect of chlorophyll, proline and carbohydrate contents of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment		قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading	پرولین (میکرومول برگرم وزن تر) Proline (µmol.g^{-1} fresh W)	میزان کربوهیدرات (میکروگرم برگرم وزن تر) Carbohydrate (µg.g^{-1} fresh W)
خشکی Drought	مراحل برداشت Harvest stages			
تنش شدید High stress	قبل از گلدهی Before flowering	25.3d*	5.05a	12.8c
	گلدهی Flowering	26.3c	4.11b	13.0b
	بعد از گلدهی After flowering	20.7d	4.20b	13.2a
تنش ملایم Low stress	قبل از گلدهی Before flowering	28.6b	4.83a	12.5e
	گلدهی Flowering	29.3b	3.67c	12.6d
	بعد از گلدهی After flowering	23.0e	3.57c	12.7c
بدون تنش No stress	قبل از گلدهی Before flowering	31.5a	3.67c	12.1g
	گلدهی Flowering	32.0a	2.70d	12.3f
	بعد از گلدهی After flowering	25.1d	2.72d	12.4e

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).
* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

هر چند احتمال می‌رود که توسعه ریشه‌ها باعث جذب بیشتر نیتروژن شده و غلظت آن را در گیاه افزایش دهد (Otoo et al., 1989; Ram et al., 1995)، اما در موقعیت تنش شدید که ریشه-های گیاه با کمبود آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن مواجه می-شوند، باعث کاهش غلظت و جذب نیتروژن از خاک می‌گردد (Prasertsak & Fukai, 1997; Saneoka et al., 2004). افزایش سدیم متعاقب تنش خشکی، توسط (Ahmadian et al., 2011; Hammoda, 2001; Al-Karaki et al., 1996; Wang, 2000; El-Tayeb, 2006) نیز گزارش شده است و آن را به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی می‌دانند که گیاهان تحت تنش می‌توانند به منظور تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و بافت‌های تحت تنش، آن را افزایش داده تا قابلیت جذب آب خود را از خاک افزایش دهند.

محتوی و ترکیبات اسانس

با افزایش سطح تنش خشکی از شاهد به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بر درصد و عملکرد اسانس گشنیز افزوده شد؛ بطوری‌که بالاترین درصد و عملکرد اسانس تولیدی در سطح تنش ملایم (۶۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) مشاهده گردید. میزان افزایش درصد اسانس در تیمار تنش ملایم نسبت به شاهد (عدم تنش) معادل ۵/۲ درصد بود (جدول ۷). نتایج مشابهی در گیاه ریحان *Mentha piperitta* L.)، (Letchamo et al., 1994) و (Omidbeigi et al., 2003). در بابونه (*Matricaria chamomile* L.) به دست آمده است. (Ahmadian et al., 2011). رفات و صالح (Refaat & Saleh, 1997) ، در ریحان (*Mentha piperitta* L.) گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس افزایش یافت. در آزمایش (Letchamo et al., 1994) بر آویشن نیز بیشترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌دست آمد.

نتایج نشان داد که مقدار اسانس در طول مراحل بلوغ گیاه افزایش یافت (جدول‌های ۷ و ۸). بررسی سیر تغییرات درصد اسانس نشان می‌دهد که این گیاه در مرحله رویشی از اسانس کمتری برخوردار بود، ولی پس از عبور از دوره رویشی به گلدهی، افزایش چشمگیری در مقدار اسانس تولیدی دیده می‌شود.

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت عناصر معدنی اندام هوایی گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی و مراحل برداشت

Table 5- Means comparison of mineral elements concentration of coriander under water stress and harvesting times

سدیم (میکروگرم برگرم) Sodium ($\mu g.g^{-1}$)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	تیمار Treatment
		تنش خشکی Drought stress		
2.528a	2.239c	0.458c	2.062c	تنش شدید High stress
2.282b	3.082b	0.569b	2.301b	تنش ملایم Low stress
1.167c	3.622a	0.772a	2.660a	بدون تنش No stress
		مراحل برداشت Harvest stages		
1.960a	3.249a	0.671a	2.483a	قبل از گلدهی Before flowering
1.937a	2.911b	0.578b	2.314b	گلدهی Flowering
1.844a	2.783c	0.550c	2.226c	بعد از گلدهی After flowering

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است (p≤۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test (p≤0.05).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی و مراحل برداشت بر غلظت عناصر معدنی در گشنیز

Table 6- Means comparison of interactions effect of mineral elements concentration in coriander under water stress and harvesting times

سدیم (میکروگرم برگرم) Sodium ($\mu g.g^{-1}$)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	تیمار Treatment	
2.31a	2.57f	0.54e	2.21d*	قبل از گلدهی Before flowering	تنش شدید High stress
2.38a	2.15g	0.43f	2.04e	گلدهی Flowering	
2.26ab	2.00h	0.41f	1.94f	بعد از گلدهی After flowering	
2.41b	3.24d	0.64d	2.43c	قبل از گلدهی Before flowering	تنش ملایم Low stress
2.26b	3.06e	0.54e	2.28d	گلدهی Flowering	
2.18b	2.95e	0.52e	2.19d	بعد از گلدهی After flowering	
1.24bc	3.94a	0.83a	2.81a	قبل از گلدهی Before flowering	بدون تنش No stress
1.17c	3.53b	0.76b	2.62b	گلدهی Flowering	
1.09d	3.40c	0.72c	2.55b	بعد از گلدهی After flowering	

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است (p≤۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test (p≤0.05).

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی و مراحل برداشت

Table 7- Means comparison of oil yield and its chemical components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment	محتوی اسانس (درصد) Oil content (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم درهکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)		لینالول (٪) Linalol (%)	آلفا- پینن (٪) α-pinene (%)	گاما- ترپینن (٪) γ-terpinene (%)	ژرانیول استات (٪) Geranial acetate (%)	کامفور (٪) Camphor (%)	ژرانیول (٪) Geranial (%)	۲-دکنال (٪) 2-deknal (%)	۲- دکنول (٪) 2-deknol (%)
تنش خشکی Drought stress											
تنش شدید High stress	0.50c*	663c	32.2c	2.99c	1.93c	2.84c	2.17a	0.95c	11.4b	8.40c
تنش ملایم Low stress	0.57a	801a	35.9a	3.26a	2.25a	3.00a	2.33a	1.14a	12.4b	9.61b
بدون تنش No stress	0.54b	785b	33.9b	3.14b	2.17b	2.92b	2.52a	1.04b	16.0a	11.9a
مراحل برداشت Harvest stages											
قبل از گلدهی Before flowering	0.44c	561c	16.5c	0.64b	0.67b	1.87b	0.88b	0.78b	24.8a	17.8a
گلدهی Flowering	0.54b	790b	34.8b	1.02b	0.98b	1.98b	0.98b	0.88b	13.7b	11.4b
بعد از گلدهی After flowering	0.62a	897a	50.6a	7.72a	4.71a	4.91a	4.90a	1.47a	1.3c	0.7c

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن است ($P\leq0.05$).

* Similar letters in each column are not significantly different at $p\leq0.05$ based on Duncan Multiple Range test.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش کم آبی و مراحل برداشت بر عملکرد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در گشنیز

Table 8- Means comparison of interactions effect of oil yield and its chemical components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment		محتوی اسانس (درصد) Oil content (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	لینالول (٪) Linalol (%)	آلفا- پینن (٪) α-pinene (%)	گاما- ترپینن (٪) γ-terpinene (%)	ژرانیول استات (٪) Geranial acetate (%)	کامفور (٪) Camphor (%)	ژرانیول (٪) Geranial (%)	۲-دکنال (٪) 2-deknal (%)	۲- دکنول (٪) 2-deknol (%)
خشکی Drought	مراحل برداشت Harvest stages										
تنش شدید High stress	قبل از گلدهی Before flowering	0.41g*	476h	15.5h	0.60e	0.63h	1.80g	0.80b	0.70f	21.6c	15.6c
	گلدهی Flowering	0.51e	709e	32.5f	0.96d	0.93f	1.93ef	0.93b	0.83de	11.2e	9.1d
	بعداز گلدهی After flowering	0.58c	803d	48.4c	7.41c	4.25c	4.79c	4.79a	1.32c	1.2f	0.6e
تنش ملایم Low stress	قبل از گلدهی Before flowering	0.47f	581g	17.6g	0.69e	0.71g	1.95e	0.95b	0.85de	23.4b	17.7b
	گلدهی Flowering	0.58c	845c	37.3d	1.07d	1.03d	2.03d	1.03b	0.93d	12.5e	10.5d
	بعداز گلدهی After flowering	0.65a	977a	52.8a	8.01a	5.02a	5.02a	5.01a	1.64a	1.3f	0.7e
بدون تنش No stress	قبل از گلدهی Before flowering	0.45f	626f	16.5gh	0.64e	0.67gh	1.87f	0.87b	0.77ef	29.4a	20.2a
	گلدهی Flowering	0.54d	817d	34.6e	1.03d	0.98e	1.98de	0.98b	0.88de	17.3d	14.8c
	بعداز گلدهی After flowering	0.62b	911b	50.5b	7.75b	4.86b	4.90b	4.90a	1.48b	1.4f	0.6e

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن است ($P\leq0.05$).

* Similar letters in each column are not significantly different at $p\leq0.05$ based on Duncan Multiple Range test.

بـا ادامـه رشـد و پایـان دوره‌ی گلـدهی میـزان اسـانس رشـد چشمگیری داشت که این افزایش می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلـف محیطی و درونی باشد. بدلیل افزایش دما در اثر تـأخیر در برداشـت و افزایش مقدار نور و مدت آن با توجه به افـزایش طـول روز ، احتمـالاً افزایش اسانس در گیاه ایجاد شده است.

این پدیده علاوه بر این‌که از نظر مقدار تولید اسانس حائز اهمیت است، از جنبه‌های مختلف دیگر نظیر تغییراتی که در مقـدار برخـی از اجزای آن به وجود می‌آید نیز مهـم اسـت. احتمـالاً عوامـل محیطـی منطقه مانند افزایش دما (Ghanbari et al., 2010)، افزایش شدت و مدت نور، ایجـاد تـنش رطـوبتی (Ahmadian et al., 2011) باعـث تغییر در اسانس گیاه شده است. ذکـر ایـن نکتـه ضـروری اسـت کـه مشخص شده تأثیر عوامل محیطی از نقش عوامل ژنتیکی که خود نیز ممکن است تحت تأثیر محیط قرار گیرند، کم نمی‌کنـد (Letchamo et al., 1994). افزایش شدت تـنش باعـث افـزایش ترکیبـات اصـلی اسانس شامل لینالول، آلفا–پینن، گاما–ترپینن، ژرانول استات، کـامفور، ژرانیول و کاهش معنی‌دار دو ترکیب ۲- دکنال و ۲- دکنـول گردیـد (جدول ۷). این افزایش در سطح ۶۰ درصد تنش خشکی و مرحله دانه بندی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بود که با سایر تیمارها اخـتلاف معنـی-داری داشت (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی می‌توان از نتایج حاصل از این پژوهش نتیجه گرفت که با افزایش شدت تنش، عملکرد گیاه کاهش یافته و با تأخیر در برداشت این عملکرد افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که بالاترین عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه در شرایط عدم تنش در مرحله دانه‌بندی حاصل گردید. از طرفی، با افزایش تنش، درصد و عملکرد اسانس ابتدا افزایش و با بالاتر رفتن شدت تنش، بطور معنی‌دار کاهش یافت. همچنین تأخیر در برداشت باعث افزایش درصد اسانس و تعدادی از اجزاء شیمیایی تشکیل‌دهنده اسانس گردید؛ بطوریکه بالاترین درصد اسانس و ترکیبات کیفی آن در تیمار تنش ملایم در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد. بنابراین، می‌توان توصیه نمود به منظور تولید و پرورش گیاه دارویی گشنیز و کسب حداکثر کیفیت و درصد اسانس و همچنین حصول عملکرد قابل قبول و اقتصادی، اعمال تنش ملایم خشکی و برداشت در مرحله اتمام دانه‌بندی (نسبت به مراحل برداشت زودتر) مناسب می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با اعتبارات پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه انجام شده است که بدینوسیله از معاونت و مدیریت محترم پژوهشی، کارشناسان مزرعه، آزمایشگاه‌های دانشگاه تربت‌حیدریه و پژوهشکده زعفران صمیمانه تشکر می‌گردد.

منابع

Abdalla, M.M., and El-Khoshiban, N.H. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Applied Science Research 3(12): 2062-2074.

Ahmadian, A., Ghanbari, A. Galavi, M. Siahsar, B., and Arazmjo, E. 2010. The effect different irrigation regimes and animal manure on nutrient, essential oil and chemical composition on Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Crop and Weed Ecophysiology 4(16): 83-94. (In Persian with English Summary)

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Heydari, M., Ramroodi M., and Moosavinik, M. 2011. Study of Chamomile's yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. Journal of Microbiology and Antimicrobials 3(2): 23-28.

Al-Karaki, G.N., Clark, R.B., and Sullivan, C.Y. 1996. Phosphorus nutrition and water stress effects on proline accumulation in Sorghum and Bean. Journal of Plant Physiology 148: 745-751.

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

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, E.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

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., and 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.

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

El-Tayeb, M.A. 2006. Differential response of two *Vicia faba* cultivars to drought: growth, pigments, lipid peroxidation, organic solutes, catalase and peroxidase activity. Acta Agronomica Hungarica 54: 25-37.

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

Ghanbari, A., Ahmadian, A., Mir, B., and Arazmjo, E. 2010. The effect of harvesting time on quantitative and qualitative characteristics of forage of corn. Journal of Crop and Weed Ecophysiology 4(15):41-54. (In Persian with English Summary)

Ghoulam, C., Foursy, A., and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beets cultivars. Environmental Experiment of Botany 47: 39-50.

Good, A., and Zaplachiniski, S. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum 90: 9-14

Hammoda, S.S. 2001. Effect of some agricultural treatments on growth and productivity of Moghat plant under Siani conditions. M.Sc. Thesis, Fac. Agriculture Cario University of Egypt.

Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. pp 363-481. In: M. Pessarkli (Ed), Handbook of Plant and Crop stress. Marcel Dekker pub. New York

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

Kuzentsov, V.I., and Shevykova, N.I. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology 46: 274-287.

Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology. Third edition. Berlin springer– Verlag. Letchamo, W., and Vomel, A. 1992. A comparative investigation of Chamomile genotypes under extremely varying ecological conditions. Acta Horticulturae 306: 105-114.

Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J., and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* L. selections. Angewandte Botanik 68: 83-88.

Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew *(Peronospora plantaginis* L.) and seed yield of *Plantago ovata*. Crop protection 27(6): 988-995.

Omidbeigi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants 6: 104-108.

Otoo, E., Ishi, R., and Kumura, A. 1989. Interaction of nitrogen supply and soil water stress on photosynthesis and transpiration in rice. Japanese Journal of Crop Science 58(3): 424-429.

Ozguven, M., and Tansi, S. 1998. Drug yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L. as in influenced by ecological and ontogenetical variation Cukurova University. Journal of Agriculture and Forestry 22: 537-542.

Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of german Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy 5(3): 451-455.

Prasertsak, A., and Fukai, S. 1997. Nitrogen availability and water stress interaction on Rice growth and yield. Field Crops Research 52: 249-256.

Refaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet Basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.

Repcak, M., Imrich, J., and Franekova, M. 2001. Umbelliferone, a stress metabolite of *Chamomilla recutita* L. Rauschert. Journal of Plant Physiology 158: 1085-1087.

Sanchez-Blanco, J., Fernandez, T., Morales, A., Morte, A., and Alarcon, J.J. 2006. Variation in water stress, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* L. plants infected with *Glamus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology 161: 675-682.

Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, S., and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental Experiment of Botany 52: 131-138.

Schlegel, H.G. 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Plata 47: 510-515.

Schutz, H., and Fangmier, 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., and 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.

Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A., and Abdelly, C. 2006. Effect of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum* L. Environmental Experiment of Botany 56: 231-238.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., kuikkarni, R., SuShil Hasan, S., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S., and Rakesh, T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science

22: 356-358.
Tawfik, K.M. 2008. Effect of water stress in addition to potassiomag application on Mungbean. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2(1): 42-52.
Volatil, O. 2000. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Plant Foods for Human Nutrition 51: 167-172.
Wang, S.Y. 2000. Effect of methyl jasmonate on water stress in Strawberry. Acta Horticulture 516: 89-93.
Wangensteen, H., Samuelsen, A.B., and Malterud, K.E. 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. Food Chemistry 88: 293-297.
Wise, R.R., and Naylor, A.W., 1989. Chilling enhanced photo-oxidation, the peoxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrasracture. Plant physiology 83: 278-282.
Zargari, A. 2010. Medicinal plants. Tehran University Press, Tehran, Iran. 270 pp. (In Persian)