Eco-phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University Gorgan Branch
Iranian Society of Medical Plants

Investigation of the effect of drought stress on yield and yield components of *Cuminum cyminum* L. ecotypes in climatic conditions of Kerman Province

Elham Moslemi[1], Mohammad Mehdi Akbarian[2], Seid Zabihllah Ravari[3*], Mohammad Reza Yavarzadeh[2], Nader Modafeh-Behzadi[2]

[1] Departement of Agriculture, Bam Branch, Islamic Azad University, Bam, Iran\
[2] Departement of Agriculture, Bam Branch, Islamic Azad University, Bam, Ira
[3] Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran, Email: z.ravari@areeo.ac.ir

Serial 40, 10th year, Number 4, Winter 2023 (107-119)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2022/5/10
Revised: 2022/6/17
Accepted: 2022/7/3

Keywords
Cumin
Drought stress
Ecotype
Essential oil
Kerman

Abstract

Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is one of the most important medicinal plants, with a short growth period and low water requirement, suitable for cultivation in arid and semi-arid regions of Iran. Drought is one of the most important factors limiting plant growth worldwide and the most common environmental stress. In the case of medicinal plants, drought may have a noticeable effect on the yield and amount of active ingredients. In order to investigate the drought tolerance of cumin crop ecotypes, a split-plot experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with three replications at the Agriculture and Natural Resources Research and Education Center in the crop year 2019-1400. In this study, the effect of drought stress at three levels (normal irrigation, interruption of irrigation after 50% flowering of the field, and interruption of irrigation after 100% flowering of the field) on five cumin ecotypes (Mahan, Kohbanan, Khosuf, Kashmer, Sabzevar) was investigated. The results of the analysis showed the effect of ecotype and stress separately and together on all investigated traits such as plant height, number of umbels per plant, umbrella number per umbrella, seeds number per plant, harvest index, number of secondary branches, seed yield, biological yield, straw weight and stubble and the percentage of seed essential oil were significant at the five percent level. The highest seed yield and percentage of essential oil in the Khosuf ecotype were obtained under stress-free conditions and irrigation interruption after 50% flowering of the field, respectively. The regression results in all three irrigation conditions showed that the number of umbels, umbrellas and the number of seeds per plant can lead to the highest yield and are the most important factors in determining seed yield.

Please cite this article as: Moslemi, E., Akbarian, M.M., Ravari, S.Z., Yavarzadeh, M.R., Modafeh-Behzadi, N. (2023). Investigation of the effect of drought stress on yield and yield components of *Cuminum cyminum* L. ecotypes in climatic conditions of Kerman Province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 10(4): 107-119.

© 2023. All Rights Reserved

DOI: 10.30495/ejmp.2022.1958000.1690
DOR: 20.1001.1.23223235.1401.10.4.7.7

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های گیاه دارویی *Cuminum cyminum* L. در شرایط آب و هوایی استان کرمان

الهام مسلمی[۱]، محمد مهدی اکبریان[۲]، سیدذبیح‌اله راوری[۳*]، محمدرضا یاورزاده[۲]، نادر مدافع بهزادی[۲]

[۱] گروه کشاورزی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
[۲] گروه کشاورزی، واحد بم، دانشگاه آزاداسلامی، بم، ایران،
[۳] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران (AREEO) رایانامه: z.ravari@areeo.ac.ir

سال دهم، شماره ۴۰، زمستان ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۱۹-۱۰۷

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۲/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۱۲

واژه‌های کلیدی:
اسانس
اکوتیپ
تنش خشکی
زیره سبز
کرمان

چکیده

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) از مهم‌ترین گیاهان دارویی، با داشتن دوره رشد کوتاه و نیاز آبی پایین، مناسب کشت در مناطق خشک و نیمه خشک ایران می‌باشد. خشکی یکی ازمهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است. در مورد گیاهان دارویی، خشکی ممکن است اثر محسوسی بر عملکرد و میزان مواد مؤثره برجای گذارد. به‌منظور بررسی تحمل به خشکی اکوتیپ‌های زراعی زیره سبز، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ اجرا شد. در این مطالعه اثر تنش خشکی در سه سطح (آبیاری نرمال، قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه، قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه) بر روی پنج اکوتیپ زیره سبز (ماهان، کوهبنان، خوسف، کاشمر، سبزوار) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد اثر اکوتیپ و تنش به‌صورت جداگانه و توأم بر کلیه صفات مورد بررسی از جمله ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن کاه و کلش و درصد اسانس دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه و درصد اسانس در اکوتیپ خوسف به‌ترتیب در شرایط بدون تنش و قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه حاصل شد. نتایج رگرسیون در هر سه شرایط آبیاری نشان داد که تعداد چتر، چترک و تعداد دانه در بوته می‌توانند منجر به حصول بیش‌ترین عملکرد گشته و مهم‌ترین عوامل در تعیین عملکرد دانه می‌باشند.

استناد: مسلمی، ا.، اکبریان، م.م.، راوری، س.ذ.، یاورزاده، م.ر.، مدافع بهزادی، ن. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های گیاه دارویی *Cuminum cyminum* L. در شرایط آب و هوایی استان کرمان. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰ (۴)، ۱۱۹-۱۰۷.

DOI:10.30495/ejmp.2022.1958000.1690
DOR: 20.1001.1.23223235.1401.10.4.7.7

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، گیاهان دارویی و ترکیبات طبیعی را می‌توان به‌عنوان جایگزینی مناسب استفاده نمود. به‌همین دلیل گیاهان دارویی همه ساله توسط جمعیت زیادی از مردم به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ekor, 2014; Rasool et al., 2020). گیاهان دارویی به واسطه سنتز متابولیت‌های ثانویه متنوع، به‌طور گسترده در درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Tuttolomondo et al., 2014; Sureshkumar et al., 2017). زیره سبز گیاهی علفی و یک‌ساله متعلق به تیره چتریان، یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی اهلی در ایران بوده و در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کاربرد گسترده‌ای دارد (Ebrahimiyan et al., 2017). این گیاه به‌دلیل فصل رشد کوتاه، نیاز آبی کم و ارزش اقتصادی بالا به‌عنوان یکی از محصولات اصلی در مناطق خشک و نیمه خشک وارد الگوی کشت شده است (Karimi Afshar et al., 2014). سطح زیرکشت در استان خراسان رضوی ۸۱۰۰ هکتار زراعت آبی زیره با تولید ۵۵۰۰۰ تن زیره و ٤۰۰۰ هکتار دیم با تولید ۱۰۰۰ تن در سال ۹٤ بوده است (Razavi, 2015). زیره سبز بومی مناطق مرکزی و جنوبی آسیا بوده و در چند کشور از جمله هند، پاکستان، ترکیه، ایران و اسپانیا کشت می‌شود. کاشت این گیاه در ایران در استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی، سمنان، یزد، کرمان، مرکزی، آذربایجان شرقی و سیستان و بلوچستان به‌صورت دیم و آبی صورت می‌گیرد با توجه به دوره رشد کوتاه زیره سبز، در طول رشد به حرارت مناسب و نور کافی نیاز دارد. مقدار اسانس گیاهان که در مناطق گرم با نور فراوان می رویند بیش از مناطق دیگر است. این گیاه در مرحله گل‌دهی و تشکیل میوه به رطوبت کم‌تری نیاز دارد. خاک‌های با بافت متوسط و خاک‌های لوم شنی، خاک‌های مناسبی برای تولید زیره سبز هستند. کشت در خاک‌های سبک شنی و تهی از مواد و عناصر غذایی مناسب نیست چون این خاک‌ها شرایط را برای ابتلای گیاهان به بیماری‌های قارچی آماده می‌کنند. pH خاک برای کشت زیره سبز ٤/۵ تا ۸/۲ مناسب است (Qureshi and Eswar, 2010). میزان اسانس دانه میوه‌های زیره سبز در اکوتیپ‌های تونسی، هندی، ایرانی، چینی و بلغاری به ترتیب، ۱/۲۲، ۲/۳۳، ۱/٤۵، ۳/۸ و ۵/۳ درصد گزارش شده که بر حسب تنوع ژنتیکی، جغرافیایی و اقلیمی متفاوت است (Hajlaoui et al., 2010; Gohari and Saeidnia, 2011). مقدار اسانس در میوه زیره سبز حدود دو تا پنج درصد بوده، در زیره سبز ۷ و ۰/۷ درصد روغن، ۱۳/۵ درصد رزین، ۸ درصد صمغ و موسیلاژ و ۱۵/۵درصد پروتئین وجود دارد (El-Ghorab et al., 2010; Allaq et al., 2020). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و یکی از مسائل عمده در کاهش عملکرد در کشاورزی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، می‌باشد (Blum, 2011). تنش خشکی از طریق ایجاد اختلال در تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و فعالیت‌های دفاعی آنتی اکسیدان گیاه موجب تنش اکسیداتیو می‌گردد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Soares et al., 2018). اسانس زیره سبز، دارای توانایی مهار رشد و تولید آفلاتوکسین و خواص ضد لیستریایی می‌باشد (Fazlara et al., 2012; Minooeian Haghighi and Khosravi, 2014). اسانس این گیاه در غلظت‌های کم در کنترل آفات انباری مانند شپشک آرد مؤثر واقع می‌شود (Khodadoost et al., 2012). تحقیقات بر روی گیاهان خانواده چتریان نشان می‌دهد که تعدادی از

اجزای عملکرد مانند تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه اهمیت به سزایی در تعیین عملکرد دارند (Ehsanipour et al., 2013). صفت تعداد چتر در بوته که مهم‌ترین جزء عملکرد دانه به‌شمار می‌رود به‌دلیل اثر مستقیم و همبستگی بالا بر عملکرد، معیاری مناسب برای بررسی توان تولید دانه زیره سبز می‌باشد (Afshar et al., 2016). نتایج بررسی Ahmadian و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد تنش خشکی تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانه، تعداد چتردر بوته و وزن هزار دانه در زیره سبز داشت.

علی‌رغم اهمیت اقتصادی، دارویی و کشاورزی زیره سبز، تاکنون رفتار گیاهان دارویی و معطر تحت شرایط کمبود آب به خوبی مطالعه نشده است. بنابراین برای شناسایی واکنش گیاهان دارویی در نواحی خشک و ارزیابی عملکرد آن‌ها تحت این شرایط بایستی آزمایش‌هایی صورت گیرد. استفاده بهینه از آب موجود در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند باعث افزایش سطح زیر کشت و افزایش تولید و درآمد کشاورزان منطقه شده و به‌دنبال آن مهاجرت افراد بومی به مناطق دیگر را کاهش دهد. در همین رابطه زیره سبز می‌تواند از موقعیت استراتژیک مهمی در منطقه برخوردار باشد. بنابراین آزمایش حاضر با هدف ارزیابی توأم اکوتیپ‌های زیره سبز رایج و مورد کشت در نقاط عمده زیره کاری کشور از نظرعملکرد دانه و تعیین اثر خشکی در مرحله گل‌دهی بر عملکرد آن‌ها، نوع واکنش اکوتیپ‌ها به تنش خشکی و انتخاب بهترین اکوتیپ تحت شرایط تنش در شرایط آب و هوایی استان کرمان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ به‌منظور بررسی پتانسیل عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان (ایستگاه تحقیقاتی شهید زنده روح) واقع در ۱۸ کیلومتری جنوب استان با مختصات جغرافیایی محل آزمایش به‌ترتیب برابر با ۳۰ درجه و یک دقیقه شرقی و ۵۷ درجه و شش دقیقه شمالی، با میانگین بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر و ۱۷۵۶ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. به‌طوری‌که کرت‌های اصلی به تیمارآبیاری در سه سطح (آبیاری نرمال، قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه، قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه) و کرت‌های فرعی به پنج اکوتیپ زیره سبز در پنج سطح (ماهان، کوهبنان، خوسف، کاشمر و سبزوار) اختصاص داده شدند. قبل از انجام آزمایش به‌منظور تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و در آزمایشگاه بخش تحقیقات آب و خاک تجزیه شد (جدول۱).

جدول ۱: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه اجرای طرح

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	بافت خاک
pH	EC(dS/m^{-1})	OC%	P(mg/Kg)	K(mg/Kg)	Texture
٤/٧	٢/٤	٠/٤٣	٦	١٥٠	سیلتی لوم

جهت پیش‌گیری از بروز بیماری‌های خاک‌زی، بذرها ابتدا توسط قارچ‌کش مانکوزب ضدعفونی و سپس به‌مدت ٢٤ ساعت قبل از کاشت در آب مقطر استریل خیس گردیدند تا جوانه‌زنی و سبزشدن

به‌صورت یکنواخت صورت پذیرد. عملیات آماده سازی زمین شامل (شخم برگردان‌دار، دو مرحله دیسک عمود برهم، کولتیواتور و لولر) انجام شد. میزان کود مورد استفاده بر پایه نتایج آزمون خاک و توصیه کارشناسان خاک‌شناسی عبارت از ۸۰، ۳۰ و ٦۰ کیلوگرم فسفر، پتاس و ازت از منابع فسفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و اوره بود. کودهای فسفاته و پتاسه و یک سوم اوره هم‌زمان با تهیه کاشت و دو سوم باقی مانده اوره در مرحله گل‌دهی مصرف شد. هر تکرار آزمایش شامل سه کرت اصلی شامل (تیمارهای آبیاری) و پنج کرت فرعی (اکوتیپ‌های زیره سبز) بود. هر اکوتیپ زیره در شش خط شش متری به فاصله خطوط ٤۰ سانتی‌متر کشت شد. خطوط کشت با فاروئر آماده شدند و بذرها با دست در محل شیارهای ایجادشده در وسط پشته‌ها کشت شده و روی آن‌ها با خاک نرم پوشانده شد. پس از آن بلافاصله زمین آبیاری و دومین آبیاری هفت روز پس از کاشت به‌صورت سبک انجام شد تا خروج گیاه‌چه‌ها از خاک آسان‌تر صورت بگیرد. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه دور آبیاری هر ۱۵ روز یک‌بار تنظیم شد. بعد از آن آبیاری کرت‌هایی که باید در آن‌ها تنش اعمال می‌شد در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه و ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه قطع گردید. صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در بوته قبل از برداشت در مزرعه یادداشت‌برداری شدند. برداشت پانزده خردادماه صورت گرفت. جهت حذف اثرات حاشیه‌ای نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت و دو خط دو طرف حذف شده و سطح باقی مانده (معادل هشت متر مربع) برداشت گردید و پس از خشک کردن و بوجاری، وزن هزار دانه و وزن کاه و کلش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد اسانس دانه‌های زیره جمع آوری، طی چند روز در سایه و دمای محیط خشک شدند. در مرحله استخراج اسانس، نمونه‌های ۵۰ تا ۸۰ گرمی خشک شده از هر کرت آزمایشی پس از آسیاب شدن، به بالن منتقل شد و به آن آب مقطراضافه گردید. بالن روی هیتر قرار گرفت و بعد از وصل شدن به دستگاه کلونجر، به مدت ۲/۵ ساعت به روش تقطیر با آب عمل اسانس‌گیری انجام شد (Eikani et al., 2007). شاخص برداشت از طریق رابطه (۱) محاسبه شد.

(رابطه ۱):

شاخص برداشت= ۱۰۰ × (عملکرد بیولوژیکی/ عملکرد اقتصادی)

در پایان داده‌های حاصله با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اکوتیپ و تنش خشکی (سطوح متفاوت آبیاری) به‌صورت مستقل و توأم بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به معنی‌داربودن اثر اکوتیپ و تنش بر صفات اندازه‌گیری شده، نتایج مقایسه میانگین صفات در هر سطح آبیاری نشان داد، بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در اکوتیپ ماهان در شرایط بدون تنش و کم‌ترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در اکوتیپ سبزوار در شرایط قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه بود (جداول ۳ و٤). بیشترین تعداد چتر، چترک، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در اکوتیپ خوسف و در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) و کم‌ترین تعداد چتر، چترک، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و بیولوژیک در اکوتیپ سبزوار در شرایط قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه بود (جداول ۳ و٤).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد اندازه‌گیری اکوتیپ‌های زیره سبز در سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در بوته	وزن کاه و کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد اسانس
تکرار	۲	۲/۹۲	۱/۱۵	۰/٦۲	۱۰/٦۸	٦٤/۰۸	۵۵۹۵/۲۸	۸۵۵	٦۰۱۵/۸۰۰	۱/۳۵	۱/۰۲
تنش	۲	۲۸/۰۳*	۸/۰۲*	٦٤/۰۵*	٦٤۵/۳۰*	۹۵۳۷٦/۰۲*	۱۸۸۲۲۲/۲*	٤۵۰۰٦/۲۲*	۱۳۵٦٦٦/٤٦*	۸۳/۸٤*	۰/۳۳*
خطا	٤	۰/٤۷	۱/۲۸	۱/۳۸	۲/۳۸	٦۸۳/۹۲	۵۲٤/۳۸	۱۲٦٦/٦٦	۱۱۸۰۵/۹٦	۱/۸۹	۰/۱۲
اکوتیپ	٤	۱۲/۰۹*	۲/۲۵*	۷۲/۸۵*	۳٤۰/٦۸*	۳۳٦۲۷/٦۳*	۱۰٦۳۸/۸۸*	۲۲۷۵۷/۵۰*	۳۸۷۲۱/٦۸*	۱۹/۷۹*	۱/۰٦*
تنش× اکوتیپ	۸	۳/۳۸*	۰/٤۳*	۱۰/٤۲*	۳۵/٤۸*	٤۳۹۷/۰۰*	۲۷۰۱/۲۹*	۱۸۵٦/٦٦*	۸۸۷۲/۸۵*	۸۱۱/۹۹*	۰/۲٦*
خطا	۲٤	۰/۹٤	۰/٤۱	۲/۸۷	۷/۵۸	۷۳٦/۹۳	۲٦۵/۰۹	۸۵۲/۳٦	۲۹۷۳/۹٦	۱/۵۷	۰/۱۰
ضریب تغییرات	۱٤/٦	٤/۳	۷/٦	۱۵/۹	۵/۷	۹/۳	٤/٦	٦/۳	۷/۸	۱۵/٦	۱٤/٤

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

حداکثر میزان کاه و کلش و درصد اسانس در اکوتیپ خوسف در شرایط بدون تنش (آبیاری نرمال) و حداقل میزان کاه و کلش بوته و درصد اسانس در اکوتیپ کاشمر در شرایط قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه حاصل گردید (جداول ۳ و ٤). شدت تنش موجب تغییر در میزان شاخص برداشت گردید. حداکثر میزان شاخص برداشت در اکوتیپ خوسف در شرایط قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه و در اکوتیپ ماهان در شرایط آبیاری نرمال بدست آمد و کم‌ترین میزان شاخص برداشت در اکوتیپ سبزوار بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی بدست آمد (جداول ۳، ٤ و ۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین تیمار آبیاری نرمال بر برخی صفات مورفولوژیکی اکوتیپ‌های زیره سبز

اکوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک	تعداد دانه در بوته	وزن کاه و کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد اسانس
ماهان	۲٦/۵a	۱۰/۳a	۳۳b	۱۰۳/۳b	۸٦۰/۳b	٤۷۵bc	۷۱۵a	۱۰۳٦b	٦۹/۱a	۰/۷۲a
کوهبنان	۲۲/۹bc	۹cdef	۳٤/۷a	۱۰۲b	۹۱۵/۷a	۵۰۰b	٦۰۳/۳b	۱۱۷٦a	٦۱/۵c	۰/۵۹c
خوسف	۲۳/٦bc	۹/۳bcde	۳۵a	۱۱۷a	۹۲۲a	۵۵۰a	۷۲۵a	۱۱۸۹a	٦۱c	۰/٦۲b
کاشمر	۲۳/۷b	۱۰/۳ab	۲۸/۳c	۹٦/۷c	۸۳۳/۳b	٤۷۵bc	٦۵۳/۳b	۹۸۳/۳b	٦٦/٤b	۰/۵۸c
سبزوار	۲۲c	۱۰abc	۲۷/۸c	۱۰٤/۷b	۸۵۷/۳b	٤۵۰c	٦۵۳b	۹۵۳/۳b	۵۵/۵d	۰/٦۳b

در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیست (دانکن۵٪).

جدول ٤: مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در شرایط قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه

اکوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک	تعداد دانه در بوته	وزن کاه و کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد اسانس
ماهان	۲۲/۷a	۸/۳ef	۲٦c	۹٦/۷a	۷۱۵c	۲۵۰c	۵٦۵ab	۸٦۰bc	۵۲b	۰/۷۳b
کوهبنان	۲۱ab	۷/۷fg	۳۰a	۹۵/۷a	۸٤۰a	۳۰۰ab	۵۳۰bc	۹۵٦ab	۵۳b	۰/٦۸۵b
خوسف	۲۲a	۹cdef	۲۸/۳b	۹۸/۳a	۸۲۰a	۳۲۵a	۵۹۵a	۹٦۸b	۵۷a	۰/۸۷٦a
کاشمر	۲۱ab	۸/۳ef	۲۷/۸b	۸۳/۲b	۷۷۳/۳b	۲۰۰d	۵٤۰bc	۸۷٦ab	۵۱bc	۰/۷۱b
سبزوار	۱۹/۱b	۷/۳g	۲۳/۳c	۸۲/۳c	٦۲٦/۷d	۲۷۵bc	۵۰۰c	۷۷۳c	٤۹/۳c	۰/۷۱۵b

در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیست (دانکن۵٪).

جدول ۵: مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در شرایط قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه

اکوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک	تعداد دانه در بوته	وزن کاه و کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد اسانس
ماهان	۲۳/۲a	۹/۳ab	۳۰b	۹۷/۷b	۷۲۸b	۳۷۵c	٦٤٦ab	۹۲٦ab	٦۹/۸a	۰/٦٥۱ab
کوهبنان	۲۱/۳b	۸c	۳۲/۳a	۱۰۱/۳b	۸٦۰ab	۳۸۳c	٦۱٦b	۹۰٦b	٦۱/۲c	۰/٦۱b
خوسف	۱۹/۷c	۹/۷a	۳۳/۷a	۱۰۷/۷a	۸۸۰a	٤۷٥a	٦۹۰ab	۹٦۰a	۷۱/۲a	۰/٦۹a
کاشمر	۲۲/۸ab	۸/۳bc	۲۸/۷d	۹۹c	۷٥۳/۳c	٤۲٥b	٥۹٦bc	۹۳٦ab	٦۳/۸b	۰/٦۷a
سبزوار	۲۱/۷ab	۸c	۲٦/۸c	۹۳c	۷٤۰c	٤۲٥b	٥٥٦/۷c	۹۰۳b	٥٤d	۰/٦۸a

در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیست (دانکن۵٪).

در شرایط نرمال تعداد چتر به‌تنهایی ۹۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود (جدول ٦). همان‌طورکه مشاهده می‌گردد تعداد چتر در رابطه رگرسیون ساده خطی (که y عملکرد دانه و X_3 تعداد چتر می‌باشد) مدل معنی‌داری ایجاد نموده است. در نتیجه این صفت از جمله خصوصیاتی است که می‌تواند مورد توجه اصلاح‌گران قرار گیرد. دو صفت تعداد چترک و تعداد دانه در بوته بیش‌ترین توجیه تغییرات عملکرد را بر عهده داشتند و مجموعاً ۸۹ درصداز تغییرات عملکرد دانه توسط این دو صفت توجیه شد. براساس مدل رگرسیونی دوم y عملکرد دانه، X_4 تعداد چترک و X_5 تعداد دانه در بوته می‌باشد. معنی‌دار بودن مدل مذکور حاکی از اهمیت آبیاری در مزرعه می‌باشد. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون می‌توان عنوان کرد که حصول حداکثر تعداد چترک و تعداد دانه در بوته می‌تواند منجر به حصول عملکرد مطلوب گردد. همان‌طورکه مشاهده می‌گردد برای صفت عملکرد به‌عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل مشخص گردید عملکرد نهایی تحت تأثیر صفت تعداد دانه در بوته ناشی از تعداد چتر و چترک می‌باشد که ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود (جدول ٦). مدل رگرسیون سوم برای تیمار قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی می‌باشد که در جدول (٦) آمده است.

جدول ٦: نتایج تجزیه رگرسیون صفات در سطوح مختلف آبیاری

شرایط آبیاری	R^2	فرمول
آبیاری نرمال	٪۹۱	$Y= -0.229 + 0.077\ X_3$
قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی	٪۹۸	$Y= -0.18 + 0.014\ X_4 + 0.001X_5$
قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی	٪۹۸	$Y= -0.233 + 0.022X_4$

به ترتیب تعداد چتر، چترک و تعداد دانه در بوته = X_3, X_4, X_5 ؛عملکرد دانه =Y

نتایج نشان داد که تعداد چترک ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. تفاوت صفات وارد شده در تیمارهای مختلف بیانگر توجه کافی به مدیریت زراعی در مراحل رشدی گیاه طی شرایط تنش می‌باشد. بنابراین بر اساس صفات وارد شده در مدل رگرسیونی می‌توان از صفات مذکور در جهت بهبود عملکرد زیره سبز بهره برد.

بحث

همان‌گونه که نتایج نشان داد با قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی‌که در شرایط نرمال به دلیل فراهم بودن میزان دسترسی کافی به آب و عناصرغذایی کافی اکوتیپ ماهان بیش‌ترین ارتفاع و تعداد شاخه فرعی بوته را دارا بود. در اثر تنش خشکی به دلیل این‌که تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه کاهش می‌یابد به نظر می‌رسد همین امر به کاهش ارتفاع بوته می‌انجامد و هم‌چنین تنش خشکی بعد از استقرار کامل گیاه اعمال شده، بنابراین در این مرحله گیاه تقریباً رشد طولی خود را انجام داده و دیگر مریستم انتهایی رشدی ندارد و اگر رشد طولی هم داشته باشد مربوط به میان‌گره می‌باشد و با قطع آبیاری در این مرحله از رشد گیاه، احتمالاً رشد میان‌گره کاسته شده و باعث کاهش ارتفاع بوته شده است (Bettaieb et al., 2009). نتایج مطالعه Sadeghipour و Aghaei (۲۰۱۲) نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی جریان آب در اطراف سلول‌های در حال رشد کاهش می‌یابد، که در نتیجه طویل شدن این سلول‌ها متوقف می‌گردد، هم‌چنین در شرایط کمبود آب ترشح هورمون سیتوکینین از ریشه کاهش یافته و از طریق کاهش تقسیم سلول‌ها، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Lalinia et al., 2012). با قطع آبیاری تعداد شاخه‌های فرعی بوته در برخی اکوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال (بدون تنش) کاهش یافت. در شرایط قطع آبیاری به‌دلیل جذب کم‌تر نیتروژن باروری شاخه‌های فرعی در برخی اکوتیپ‌ها کاهش پیدا می‌کند. نتایج مشابهی توسط Tabatabaei و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر تنش خشکی بر ارتفاع و تعداد شاخه‌های اکوتیپ‌های زیره سبز حاصل شده است.

با توجه به نتایج آزمایش در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) اکوتیپ خوسف در مقایسه با سایر اکوتیپ‌ها تعداد بیش‌تری چتر و چترک در بوته داشت. درتحقیق حاضر در برخی اکوتیپ‌ها به‌علت افزایش شدت تنش از تعداد چتر و چترک در بوته کاسته شد. از آن‌جا که گیاه زیره سبز گیاهی رشد نامحدود است، ممکن است اکثر شاخه‌های فرعی خیلی دیر رشد کرده باشند و فرصت تولید چتر را نداشته باشند. نتایج مطالعات Kafi و Keshmiri (۲۰۱۱) روی گیاه زیره سبز نشان داد که در شرایط تنش خشکی تعداد چتر در بوته کاهش می‌یابد. این کاهش به دلیل ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده است که باعث کاهش تعداد چتر، تعداد چترک و تعداد دانه در بوته می‌شود. نتایج آزمایش دیگری که بر روی گیاه دارویی زیره سبز صورت گرفت همین نتایج بدست آمد (Motamedi-Mirhosseini et al., 2011). با قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه تعداد دانه در بوته در اکوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما اکوتیپ خوسف در شرایط آبیاری نرمال (بدون تنش) تعداد دانه در بوته زیادی داشت. احتمالا کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده افشانی و کاهش طول دوره گرده افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گل‌ها و کاهش تعداد دانه در بوته شده است. کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف گزارش شده است (Tavakkoli Zeinali, 2002). نتایج بررسی‌های دیگری درباره تنش خشکی و اثر آن روی صفات ریخت‌شناسی گیاه زیره از جمله وزن کاه و کلش نشان داد که تشدید تنش خشکی سبب کاهش وزن کاه و کلش در برخی اکوتیپ‌های زیره می‌شود (Motamedi-Mirhosseini et al., 2011). نتایج این تحقیق نشان داد تنش خشکی در گیاه، سبب کاهش

توسعه رویشی گیاه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ به‌ویژه سطح برگ‌ها می‌شود. در نتیجه، توانایی فتوسنتزی گیاه و سرعت انباشت ماده خشک کاهش می‌یابد. کاهش وزن کاه و کلش در گیاه زراعی که به‌علت کاهش آب خاک ایجاد می‌شود، ناشی از کاهش جذب تشعشع تابیده شده و یا کاهش کارآیی فتوسنتز و یا ترکیبی از این دو است (Farrokhinia et al., 2011).

نتایج این آزمایش نشان داد که اکوتیپ خوسف در شرایط آبیاری نرمال (بدون تنش) دارای حداکثر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بوده و در شرایط قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه حداقل میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در مزرعه داشت. Oweis و همکاران (۲۰۰٤) بیان کردند که یکی از دلایل افزایش عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی افزایش جذب آب و تثبیت CO_2 است که در نتیجه موجب افزایش فتوسنتز می‌شود. در کلزا نیز آبیاری تکمیلی باعث افزایش عملکرد دانه و پر شدن بهتر دانه‌ها شد (Faraji et al., 2009). در شرایط تنش خشکی کاهش سرعت سوخت و ساز کربن، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و کاهش جذب آب در اثر کاهش رشد ریشه از عوامل دخیل در کاهش عملکرد دانه می‌باشد (Bettaieb Rebey et al., 2012). نتایج تحقیق Farrokhnia و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک‌سو و متأثرکردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه می‌شود که نتایج حاصل از این تحقیق را تایید می‌کند. در شرایط تنش خشکی، کاهش عملکرد بیولوژیک می‌تواند به‌دلیل کاهش فشار آماس سلول و یا ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد (Lawler and Cornic, 2002).

نتایج تحقیقات انجام شده مؤید این مطلب است که با قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه درصد اسانس در اکوتیپ خوسف افزایش یافت. در نتیجه همبستگی مثبتی بین تنش خشکی و میزان اسانس حاصل شد.از آن‌جایی که بین میزان مواد فتوسنتزی و تولید متابولیت‌های ثانویه یک رابطه معکوس وجود دارد بنابراین هر عاملی که سبب کاهش رشد و تولید مواد فتوسنتزی شود سبب افزایش درصد متابولیت‌های ثانویه و اسانس گیاهان دارویی خواهد شد (Omidi and Jafarzadeh, 2010). نتایج مشابهی توسط Ahmadian و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر افزایش درصد اسانس تحت تأثیر تنش خشکی روی گیاه زیره سبز حاصل شده است. در یک مطالعه تولید اسانس بابونه آلمانی در اثر تنش کمبود آب (افزایش فاصله آبیاری) کاهش معنی‌داری یافته است. پلیمر سوپرجاذب از کاهش زیاد عملکرد اسانس جلوگیری کرده و کاربرد آن با افزایش فاصله آبیاری (شدیدتر شدن تنش کمبود آب)، کاهش کم‌تری در عملکرد اسانس را نشان داده است (Pirzad et al., 2012). در تحقیق دیگر بر روی زیره سبز، همبستگی بین صفات مربوط به زمان از کاشت تا برداشت با وزن هزاردانه، ارتفاع ساقه در مرحله گل‌دهی با وزن هزاردانه، وزن هزار دانه با درصد اسانس دانه و عمکرد دانه با درصد اسانس دانه مثبت و معنی‌دار بود (Dalkani et al., 2012). بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش حداکثر شاخص برداشت در شرایط قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه در اکوتیپ خوسف بود. با اعمال تنش خشکی، به‌دلیل کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد و این کاهش نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیکی بیش‌تر است. از این‌رو، شاخص برداشت، کاهش می‌یابد و هر چه تنش خشکی شدیدتر گردد شاخص برداشت، کاهش

بیش‌تری نشان می‌دهد (Farnia et al., 2006). با انجام تحقیقاتی توسط Seghatol Eslami و همکاران (۲۰۰۷) در رابطه با کاهش شاخص برداشت تحت تأثیر تنش خشکی روی گیاه ارزن نتایج مشابهی ارائه شده است.

نتایج حاصل از این بررسی به طور کلی نشان داد که اکوتیپ‌ها در شرایط تنش از نظر اغلب صفات متفاوت عمل کردند. به‌منظور ارزیابی چگونگی اثرگذاری میزان آبیاری بر عملکرد دانه زیره سبز، مدل‌سازی رگرسیون ساده خطی برای تیمارهای مختلف آبیاری انجام شد. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون می‌توان عنوان کرد که در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی حصول حداکثر تعداد چترک و تعداد دانه در بوته می‌تواند منجر به حصول عملکرد مطلوب گردد. به‌طوری‌که اکوتیپ‌های در معرض آبیاری نرمال دارای صفات ریخت‌شناسی برتر نسبت به اکوتیپ‌های تحت شرایط قطع آبیاری بودند. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون در شرایط نرمال تعداد چتر در بوته به‌تنهایی ۹۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در شرایط قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه، عملکرد نهایی تحت تأثیر صفت تعداد دانه در بوته ناشی از تعداد چتر و چترک بود که ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود. نتایج مدل رگرسیون ساده خطی برای تیمار قطع آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد گل‌دهی مزرعه نشان داد که تعداد چترک ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. براساس ضرایب همبستگی، اجزای مهم عملکرد دانه در زیره سبز به‌ترتیب اهمیت شامل صفات تعداد دانه در بوته، تعداد چتر در بوته و تعداد چترک می‌باشند. بنابراین با بهبود این صفات، امکان افزایش عملکرد وجود دارد که با نتایج مطالعات Motamedi-Mirhosseini و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد. بنابراین بر اساس صفات وارد شده در مدل رگرسیونی می‌توان از صفات مذکور در جهت بهبود عملکرد زیره سبز بهره برد. در سایر تحقیقات مشابه بر روی زیره سبز صفات وزن هزار دانه، تعداد چتر،تعداد دانه در چتر و تعداد انشعابات ساقه از جمله صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند و در مقابل صفت وابسته به عملکرد دانه قرار گرفتند (Afshar et al., 2016).

نتیجه گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج تحقیق حاضر، حاکی از آن است که، اثر اکوتیپ و تنش بر کلیه صفات ریخت‌شناسی در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و این اختلاف احتمالا ناشی از تفاوت ساختار ژنتیکی اکوتیپ‌ها می‌باشد. بیش‌ترین عملکرد دانه و درصد اسانس در اکوتیپ خوسف به‌ترتیب در شرایط بدون تنش و قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه حاصل شد. نتایج رگرسیون در هر سه شرایط آبیاری نشان داد که تعداد چتر، چترک و تعداد دانه در بوته می‌توانند منجر به حصول بیش‌ترین عملکرد گشته و مهم‌ترین عوامل در تعیین عملکرد دانه می‌باشند. با دست‌یابی به نتایج فوق و تعیین صفاتی که بیش‌ترین تأثیرگذاری را بر عملکرد اقتصادی دارند امکان انتخاب و بهره‌برداری از اکوتیپ‌های برتر فراهم می‌آید تا در برنامه‌های اصلاح نباتات مد نظر قرار گیرند.

References

Afshar, A.K., Baghizadeh, A. and Mohammadi-Nejad, G. (2016). Evaluation of relationships between morphological traits and grain yield in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under normal and drought conditions. Journal of Crop Breeding, 18: 160-165.

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Galavi, M., Siasar, B. and Arazmjou, A. (2010).

Effect of irrigation regimes and manure on the nutrient content, chemical composition and essential oil of cumin. Journal of Crop and Weeds Ecophysiology, 16: 83-94. (In Persian).

Ahmadian, A., Tavassoli, A. and Amiri, E. (2011). The interaction effect of water stress and manure on yield components, essential oil and chemical compositions of cumin (*Cuminum cyminum*). African Journal of Agricultural Research. 6 (10): 2309-2315.

Allaq, A.A., Sidik, N.J., Abdul-Aziz, A. and Ahmed, I.A. (2020). Cumin (*Cuminum cyminum* L.), a review of its ethnopharmacology, phytochemistry. Biomedical Research and Therapy, *7*(9): 4016-4021.

Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B. (2009). Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae. 120: 271-275.

Bettaieb Rebey, I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. and Marzouk, B. (2012). Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products. 36: 238–245.

Blum, A. (2011). Drought Blum, A. (2011). Drought resistance– is it really a complex trait? Functional Plant Biology. 38: 753–757.

Dalkani, M., Hassani, A. and Darvishzadeh, R. (2012). Determination of the genetic variation in Ajowan (*Carum Copticum* L.) populations using multivariate statistical techniques. Revista Ciência Agronômica, 43: 698-705.

Ebrahimiyan, M., Ebrahimi, M., Mortazavian, S.M.M. and Ramshini, H. (2017). The structure and genetic diversity of Iranian cumin populations (*Cuminum cyminum* L.) using SCoT molecular markers. New Genetic, 2 (12): 285-292.

Ehsanipour, A., Razmjoo, K. and Zeinali, H. (2011). Effect of nitrogen rates on yield, yield components and essential oil content of several fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populatios. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28: 579-593. (In Persian).

Eikani, M.H., Golmohammad, F., Mirza, M. and Rowshanzamir, S. (2007). Extraction of volatile oil from cumin (*Cuminum cyminum* L.) with superheated water. Journal of Food Process Engineering, 30: 255-266.

Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. Frontiers in Pharmacology, 10; 4:177.

El-Ghorab A.H., Nauman, M., Anjum, F.M., Hussain, S. and Nadeem, M.A. (2010). Comparative study on chemical composition and antioxidant activity of Ginger (*Zingiber officinale*) and cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(14): 8231-8237.

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A. and Rad, A.H.S. (2009). Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management, 96(1): 132-140.

Farnia, A., Nourmohammadi, Gh., Naderi, A., Darvish, F. and MajidiHarvan, A. (2006). Effects of drought stress and strain of the bacterium Brady rhizobium japonicum on yield and its related traits in soybean in Boroojerd. Iranian Journal of Crop Sciences, 8 (3): 201-214. (In Persian).

Farrokhinia, M., Roshdi, M., PasebanEslam, B. and Sasandoust, R. (2011). Evaluation of some physiological characteristics on yield of spring safflower under water stress. Iranian Journal of Crop Sciences, 42(3): 545-553. (In Persian).

Fazlara, A., Sadeghi, E. and Rostami, P. (2012). Study on the antibacterial effects of *Cuminum cyminum* essential oil on Listeria monocytogenes in Iranian white cheese. Iranian Journal of Food Science and Technology, 9: 35-44. (In Persian).

Gohari, A.R. and Saeidnia, S. (2011). A review on phytochemistry of *Cuminum cyminum* seeds and its standards from field to market. Pharmacognosy Journal, 3: 1-5.

Hajlaoui, H., Mighri, H., Noumi, E., Snoussi, M., Trabelsi, N. and Ksouri, R. (2010). Chemical composition and biological activities of Tunisian *Cuminum cyminum* L. essential oil: A high effectiveness against Vibrio spp. strains. Food and Chemical Toxicology, 48: 2186-2192.

Kafi, M. and Keshmiri, A. (2011). Study of yield in landraces and cultivars of Hindi cumin (*Cuminum cyminum* L.) in dry and saline conditions. Journal of Horticultural Science, 25 (3):

Karimi Afshar, A., Baghizadeh, A., Mohammadinejad, G. and Abedi, J. (2014). Evaluation of cumin (*Cuminum cyminum* L.) genotypes under drought stress based on tolerance indices. 1st International and 13th Iranian Genetics Congress. Tehran, Iran. [In Persian with English Summary].

Khodadoost, M., Moharramipour, S. and Imani, S. (2012). Antifeedant activities of essential oils of *Cuminum cyminum* and *Carum copticum* against confused flour beetle Tribolium confusum. Journal of Entomological Research, 3(4): 317-326. (In Persian).

Lalinia, A. A., Majnon Hoseini, N., Galostian, N., Esmaeilzadeh Bahabadi, M. and Marefatzadeh Khameneh, M. (2012)." Echophysiological impact of water stress on growth and development of Mungbean". International Journal of Agronomy and Plant Production, 3: 599-607.

Lawler, D.W. and Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. Journal Plant Cell and Environment, 25: 275-294.

Minooeian Haghighi, M.H. and Khosravi, A. (2014). Effects of anti-aflatoxin of essential oils of *Cuminum cyminum,* Ziziphora clinopodioiedes and Nigella sativa. Koomesh, 15(3): 396-404. (In Persian).

Motamedi-Mirhosseini, L., Mohammadi-Nejad, G., Bahraminejad, A., Golkar, P. and Mohammadinejad, Z. (2011). Evaluation of cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces under drought stress based on some agronomic traits. African Journal of Plant Science 5: 749-752.

Oweis, T., Hachum, A. and Pala, M. (2004). Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management, 68: 251-265.

Omidi, H. and Jafarzadeh, L. (2010). Study of quantity yield and essence percentage of cumin under influence of bio and urea chemical fertilizer. 11th Iranian Crop Science Congress p. 119-123. (In Persian).

Pirzad, A., Fayyaz Moghaddam, A., Razban, M. and Raei, Y. (2012). The evaluation of dried flower and essential oil yield and harvest index of *Matricaria chamomilla* L. under varying irrigation regimes and amounts of super absorbent polymer (A200). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 22 (3): 85-99. (In Persian).

Qureshi, A.A. and Eswar, K.K. (2010). Phytochemical constituents and pharmacological activities of Trachyspermum ammi. Plant Archives, 10: 955-959.

Rasool, A., Bhat, K.M., Sheikh, A. A., Jan, A. and Hassan, S. (2020). Medicinal plants: Role, distribution and future. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9 (2): 2111-2114.

Razavi, J.A.O.o.K. (2015). Statistical Pocketbook of Agricultural Region of Khorasan Razavi Province. Agriculture Organization of Khorasan 113 Razavi, Mashhad. p. 159.

Sadeghipour, O. and Aghaei, P. (2012)." Response of common bean to exogenous application of salicylic asid under water stress conditions". Environmental Biology, 6: 1160-1168.

SeghatolEslami, M., Kafi, M., MajidiHarvan, A., Nourmohammadi, G.H. and Darvishi, F. (2007). Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet in Southern Khorasan. Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resources, 1: 215-225. (In Persian).

Soares, C., Carvalho, M.E., Azevedo, R.A. and Fidalgo, F. (2018). Plants facing

oxidative challenges—A little help from the antioxidant networks. Environmental and Experimental Botany, 161, 4-25.

Sureshkumar, J., Silambarasan, R. and Ayyanar, M. (2017). An ethnopharmacological analysis of medicinal plants used by the Adiyan community in Wayanad district of Kerala, India. European Journal of Integrative Medicine, 12: 60-73.

Tabatabaei, S.M., Mohammadi-Nejad, G. and Yousefi, K. (2014). Yield assessment and drought tolerance indices in cumin ecotypes. Journal of Water Research in Agriculture, 28 (1), 163-170. (In Persian).

Tavakkoli Zeinali, A. (2002). The effect of irrigation cessation at different growth stages on yield and its components in safflower seed. M.Sc. Thesis, Tehran University, 120 p. (In Persian).

Tuttolomondo, T., Licata, M., Leto, C., Savo, V., Bonsangue, G., Gargano, M.L. and La Bella, S. (2014). Ethnobotanical investigation on wild medicinal plants in the Monti Sicani Regional Park (Sicily, Italy). Journal ofethnopharmacology, 153: 568-586.