Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۸
۸۱۷-۸۳۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1565.1352

مقاله پژوهشی

تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کودهای زیستی بر عملکرد دانه، میزان اسانس، برخی صفات فیزیولوژیک و جذب عناصر معدنی در زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

خلیل کریم‌زاده اصل[۱]، ابوالفضل باغبانی آرانی[۲]*

۱. استادیار (عضو هیئت‌علمی) مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۲. استادیار (عضو هیئت‌علمی) گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تنش کم‌آبی و کودهای زیستی بر عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس دانه و برخی صفات فیزیولوژیک و جذب عناصر معدنی در زیره سبز، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵ - ۱۳۹۴ در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی البرز اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل رژیم آبیاری با سه سطح (آبیاری در زمان ۶۰، ۱۱۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی با چهار سطح (شاهد، نیتروکسین، بیوفسفر و ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی کلروفیل کل (a+b)، کلروفیل a و b، محتوای آب نسبی، میزان پتاسیم، فسفر و نیتروژن دانه کاهش یافت درحالی‌که موجب افزایش پرولین و درصد اسانس گردید. کودهای زیستی موجب افزایش کلروفیل کل، a و b، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس، میزان پتاسیم، فسفر و نیتروژن دانه گردیدند. بیشترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد نیتروکسین با بیوفسفر با (۴۷۴/۲۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید. همچنین اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود زیستی بر میزان کلروفیل کل، a و b، پرولین، پتاسیم و فسفر دانه معنی‌دار گردید به‌گونه‌ای که بیشترین میزان کلروفیل کل، a و b و پتاسیم دانه در تیمار آبیاری در ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر با کاربرد کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به دست آمد. درمجموع نتایج نشان داد که استفاده از کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر نسبت به شاهد (عدم مصرف کود)، می‌تواند باعث بهبود درصد و عملکرد اسانس (۱۵/۹٪ و ۴۷٪)، عملکرد دانه (۳۶/۹٪) و جذب عناصر نیتروژن (۳/۸٪)، فسفر (۲۱/۹٪) و پتاسیم (۱۰/۴٪) دانه زیره سبز شود. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تنش کم‌آبی به همراه استفاده از کود زیستی، راهکار مناسبی جهت بهبود عملکرد دارویی (درصد و عملکرد اسانس) در زیره سبز و کاهش آلودگی محیط‌زیست است.

واژه‌های کلیدی: **بیوفسفر، تنش خشکی، درصد و عملکرد اسانس، نیتروکسین.**

مقدمه

زیره سبز گیاهی یک‌ساله از خانواده چتریان بوده که با داشتن دوره رشد کوتاه و مقدار مصرف کم‌آب، سازگاری زیادی جهت کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک را دارد و کاشت آن در ایران به‌صورت دیم رایج است. مهم‌ترین منطقه تولید زیره سبز کشور، استان خراسان بوده و در استان‌های یزد، اصفهان و سمنان نیز تولید می‌شود (Rezvani Moghaddam et al., 2007). مواد مؤثره این گیاه شامل اسانس، تانن و روغن است. میوه زیره سبز حاوی ۵-۲ درصد اسانس است که قسمت اعظم آن از پاراسیمول، آلفا و بتا- پینن، کومیک الکل، کومیک آلدهید، آلفا و بتا فلاندرن، اوژنول، پریلاآلدهید، آلفا-ترپینئول و میرسن تشکیل یافته است. بذر این گیاه دارویی ضد نفخ، تشنج و صرع و دیابت، مقوی معده، مدر و بادشکن، قاعده آور و معرق بوده و در درمان عفونت حاد و مزمن، رفع گازهای روده، رفع ترشحات زنانه و قطع حالت قاعدگی در زنان

* نگارنده پاسخگو: ابوالفضل باغبانی آرانی. پست الکترونیک: abolfazlbaghbani@pnu.ac.ir.

www.SID.ir

Archive of SID

جوان و همچنین در جمع شدن شیر در پستان اثر مفیدی دارد (Vazques et al., 2000; Omidbaigi, 2007).

اهمیت استفاده از گیاهان دارویی، وجود ماده مؤثره در آن‌ها است. بنابراین، کیفیت در گیاهان دارویی نسبت به گیاهان زراعی از اهمیت بیشتری برخوردار است. ازجمله عواملی که بر میزان جذب عناصر غذایی و مقدار اسانس تأثیر می‌گذارد، تنش خشکی است. تنش خشکی می‌تواند با تغییر اختلاف‌پتانسیل و تأثیر بر قدرت جذب آب و املاح توسط ریشه‌ها، باعث تغییر میزان جذب عناصر توسط گیاه گردد؛ بنابراین کنترل میزان آب موجود در سطح ریشه‌ها می‌تواند به افزایش کیفیت در گیاهان دارویی کمک کند (Ahmadian et al., 2011b).

کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیک و متابولیک در آن‌ها می‌گردد. یکی از اثرات تنش کم‌آبی ممانعت از فتوسنتز و تغییر در محتوی کلروفیل و خسارت به دستگاه فتوسنتزی است. یکی دیگر از تغییرات بیوشیمیایی که در گیاه تحت تنش خشکی ایجاد می‌شود تجمع گونه‌های فعال اکسیژن است که سمی و بسیار واکنش‌پذیرند و در غیاب مکانیسم‌های حفاظتی می‌توانند متابولیسم طبیعی سلول را به میزان زیادی مختل کنند. این رادیکال‌ها از طریق پراکسیداسیون لیپیدها و درنتیجه تخریب غشاء، از بین بردن رنگیزه‌ها و اختلال در عملکرد DNA تنش ثانویه اکسیداتیو ایجاد می‌کنند که منجر به خسارات جدی به ساختارهای سلولی و گیاه می‌گردد (Bhardwaj and Yadav, 2012).

شناسایی مکانیسم‌های سازگاری و تحمل به تنش‌ها از اهمیت زیادی در نحوه و چگونگی مقابله با آن‌ها برخوردار است. در شرایط بروز تنش خشکی، گیاهان به‌منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی ازجمله کربوهیدرات، پرولین و گلایسین بتائین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند. در فرآیند تنظیم اسمزی تورژسانس ادامه می‌یابد، ازاین‌رو تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در طی بروز تنش کمک می‌کند (Bhardwaj and Yadav, 2012; Masoumi et al., 2010). در میان واکنش‌های بیوشیمیایی به تنش کم‌آبی تجمع پرولین در شرایط تنش‌های محیطی، بیش از سایر اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد که می‌تواند در تنظیم اسمزی و احتمالاً حفظ فعالیت آنزیمی گیاه و همچنین به‌عنوان یک ترکیب در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد و ایجاد تعادل بین جذب نور و فتوسنتز تحت تنش‌های محیطی نقش داشته باشند (Lotfi et al., 2014; Manivannan et al., 2007).

کمبود یا فزونی عناصر مختلف در خاک نیز تأثیر بسزایی بر مقدار عناصر موجود در گیاه دارد. کنترل میزان عناصر خاک با افزودن کودهای شیمیایی یا آلی در صورت لزوم، نیز یکی از راه‌های بهبود کیفیت گیاهان دارویی است (Ahmadian et al., 2011b). چالش دیگری که امروزه بشر با آن روبه‌رو است گسترش چشمگیر استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک است. امروزه کودهای زیستی به‌عنوان یک جایگزین برای کودهای شیمیایی با هدف افزایش باروری خاک و تولید محصول در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند (Talaei and Amini Dehaghi, 2015; Vazques et al., 2000). علاوه بر این استفاده از تکنیک‌های زراعی ازجمله کاربرد کودهای زیستی یا تقویت شرایط بیولوژیک خاک ممکن است در کاهش اثرات تنش کم‌آبی مؤثر باشند.

محققین در تحقیقی نشان دادند که برهمکنش کود دامی و دفعات آبیاری به‌طور معنی‌داری بر میزان عناصر، درصد اسانس و ترکیبات شیمیایی در گیاه زیره سبز مؤثر بودند به‌گونه‌ای که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد اسانس در تیمار (۲ بار آبیاری با کود دامی و ۴ بار آبیاری بدون کود دامی) به دست آمد و بیشترین مقدار عناصر سدیم، کلسیم و منیزیم و کمترین میزان پتاسیم، فسفر و عناصر کم‌مصرف در تیمار دو بار آبیاری بدون مصرف کود دامی حاصل شد. همچنین آن‌ها وجود یک رابطه‌ی مکملی بین ترکیبات اصلی اسانس زیره سبز تحت شرایط تنش رطوبت و عناصر غذایی خاک را گزارش کردند (Ahmadian et al., 2011b). در تحقیقی نشان داده شد که افزایش میزان تجمع پرولین، پروتئین، قندهای محلول برگ و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز)، سبب افزایش تحمل به تنش خشکی در زیره سبز گردید و محلول‌پاشی روی و آهن نیز از طریق افزایش ترکیبات نامبرده در کاهش اثرات مخرب تنش خشکی مؤثر واقع شد (Amirinejad et al., 2013). محققین در تحقیقی با بررسی اثر رژیم‌های آبیاری مختلف (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر A) بر رنگیزه‌های گیاهی، پرولین و قندهای محلول گیاه همیشه‌بهار اظهار داشتند که اثر تنش خشکی بر روی کلروفیل a، قندهای محلول و پرولین برگ معنی‌دار است (Azimi et al., 2012). در تحقیقی گزارش شد که کود

www.SID.ir

Archive of SID

زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها (سوپرنیتروپلاس، فسفات بارور ۲ و میکوریزا) توانست تنش خشکی را بیشتر تعدیل نماید و موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه ماریتیغال شود (Mohammadpour Vashvaei et al., 2017).

اگرچه مطالعات زیادی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی در گونه‌های دارویی مختلف انجام شده است، ولی تاکنون برای ارزیابی اثر برهمکنش خشکی و تأثیر انواع کودهای زیستی بر گیاه دارویی زیره سبز مطالعات اندکی صورت گرفته است. با توجه به اهمیت گیاه دارویی زیره سبز و نقش آن در اقتصاد و صادرات کشور، هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر خشکی و کاربرد انواع کود زیستی (نیتروکسین و بیوفسفر و ترکیبی از آن‌ها) بر خصوصیات فیزیولوژیک، درصد اسانس و جذب عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عملکرد دانه زیره سبز است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی البرز (در جنوب شهر کرج و در ۷ کیلومتری مرکز شهر) متعلق به موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور با مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۰۰ متر از سطح دریا در بهار سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. میانگین بارش سالانه آن ۲۳۰ میلی‌متر و میانگین دما ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است. همچنین میانگین دما و بارش ماهیانه در منطقه آزمایشی در جدول ۲ آمده است. ضریب خشکی هوا طبق فرمول دومارتن ۵/۹ است که جزء طبقه آب و هوایی نیمه‌خشک محسوب می‌شود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. فاکتورهای آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی شامل رژیم آبیاری با سه سطح (آبیاری در زمان ۶۰ میلی‌متر، ۱۱۰ میلی‌متر و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان عامل اصلی و کودی زیستی با چهار سطح (شاهد، نیتروکسین، بیوفسفر و ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر) به‌عنوان عامل فرعی بودند. بذرهای مورداستفاده زیره سبز از شرکت پاکان بذر اصفهان (توده محلی کاشان) تهیه شد. پس از اجرای آزمون جوانه‌زنی بذرها، اعمال تیمار کودهای زیستی به‌صورت تلقیح بذر قبل از کاشت انجام گرفت. کود زیستی نیتروکسین مجموعه‌ای از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس Azotobacter و Azospirillum بود و تراکم هر یک از جنس‌های باکتری 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر نیتروکسین بود. کود زیستی بیوفسفر مجموعه‌ای از باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر از جنس Pseudomonas و Bacillus بود و تراکم هر یک از جنس‌های باکتری 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر بیوفسفر بود. این کودهای زیستی از شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا تهیه و مقدار باکتری‌های هر دو نوع کود زیستی در آزمایشگاه بیولوژی گروه خاکشناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران بررسی و مورد تائید قرار گرفت. بدین منظور مقدار بذر موردنیاز برای کاشت تیمارهایی که نیاز به تلقیح داشتند جدا شدند و در داخل یک کیسه پلی‌اتیلنی ریخته شدند. سپس بر روی بذور مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر ماده چسباننده (صمغ عربی) به ازای ۱۰۰ گرم بذر ریخته شد و برای مدت ۵ دقیقه به‌خوبی تکان داده شدند تا سطح تمام بذرها به شکل یکنواختی به این ماده آغشته شود. در پایان بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز و در زیر سایه، پهن گردید تا خشک شوند (Talaei and Amini Dehaghi, 2015).

کشت در تاریخ ۶ فروردین در زمین اصلی با تراکم حدود ۱۲۰ بوته در مترمربع (فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۴/۲ سانتی‌متر) ابعاد هر کرت آزمایش ۲×۲ و در هر کرت ۴ ردیف کاشت و فاصله بین کرت‌ها ۱ متر انجام گردید. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گردید و به‌منظور محافظت از جمعیت باکتری‌های به‌کاربرده شده، تحریک شروع فعالیت‌های بیولوژیکی و تکثیر باکتری‌ها در خاک، آبیاری‌های بعدی تا مرحله شش برگی شدن (استقرار گیاه) انجام و پس از مرحله استقرار کامل، اعمال تیمارهای آبیاری بر اساس میزان تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس a و پس از رسیدن به سطح تبخیر هرکدام از مقادیر ذکرشده در تیمارها، در تشت تبخیر، نسبت به آبیاری و اعمال تیمار موردنظر اقدام گردید. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

تاریخ رسیدن (که تقریباً ۲ شهریورماه) بر اساس ظهور علائم رسیدگی گیاه که زرد شدن گیاه و پر و سنگین شدن بذرها بود (در زمان رسیدگی ۵۰ درصد بوته‌ها)، مشخص گردید. پس از حذف حاشیه، از هر کرت به مساحت دو مترمربع نمونه‌برداری شد و پس از خشک شدن عمل کوبیدن انجام شد و بذرها از کاه و کلش جدا شدند. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC) در ساعت ۱۰ صبح از آخرین برگ

www.SID.ir

Archive of SID

توسعه‌یافته به‌طور تصادفی نمونه‌برداری انجام شد. برگ‌های جداشده از هر بوته به‌طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد و برای جلوگیری از تلفات آب، نمونه‌ها روی تکه‌های یخ به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و نور کم برای محاسبه وزن اشباع غوطه‌ور شدند و پس‌ازاین مدت نمونه‌ها به‌سرعت و با دقت با دستمال‌کاغذی خشک و وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد. نهایتاً برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و RWC مطابق فرمول زیر محاسبه شد (Almeselmani et al., 2015):

RWC= [وزن خشک – وزن اشباع / وزن خشک– وزن تر] × ۱۰۰ [۱]

برای تعیین مقدار اسانس، مقدار ۵۰ گرم بذر از هر تیمار پس از آسیاب شدن، با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب به مدت ۲ ساعت اسانس‌گیری شد. سپس اسانس توسط سولفات سدیم رطوبت‌زدایی گردید و مقدار اسانس به دست آمد. همچنین عملکرد اسانس با استفاده از فرمول حاصل‌ضرب درصد اسانس در عملکرد دانه محاسبه گردید (Talaei and Amini Dehaghi, 2015).

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل (a+b)، a و b از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد. به همین منظور ۰/۲ گرم نمونه‌ی برگی در استون ۸۰٪ عصاره‌گیری شد. سپس عصاره‌ی حاصل از کاغذ صافی عبور داده و تا رسیدن به حجم ۲۵ میلی‌لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه گشت. جذب نوری کلروفیل a و b به‌ترتیب در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه، غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به دست آمد.

کلروفیل a= $[12.7(D_{663})-2.69(D_{645})]\times\frac{V}{1000W}$ [۲]

کلروفیل b= $[22.9(D_{645})-4.68(D_{663})]\times\frac{V}{1000W}$ [۳]

کلروفیل کل= $[20.2(D465)-8.02(D663)]\times\frac{V}{1000W}$ [۴]

مقادیر کربوهیدرات محلول در برگ‌ها، با استفاده از روش رامانجولو (Ramanjulu, 2010) استفاده شد بدین منظور به ۰/۵ گرم بافت تازه گیاه ۵ میلی‌لیتر استون خالص اضافه و هموژن می‌گردد تا رنگ‌دانه‌ها حذف شوند. سپس در سانتریفیوژ ۲۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه قرارگرفته و محلول رویی فیلتر می‌گردد. به باقی‌مانده آن ۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ اضافه و مخلوط می‌گردد. بعد از ۱۵ دقیقه مخلوط حاصل در ۲۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردیده و محلول رویی برداشت می‌گردد. بر ۲۰۰ میکرولیتر از این محلول، مقدار ۵ میلی‌لیتر محلول آنترون (انحلال ۱۰۰ میلی‌گرم در اسیدسولفوریک ۷۰٪) اضافه می‌شود. این مخلوط به همراه محلول‌های استاندارد از قند که به آن‌ها هم محلول آنترون اضافه شده باشد، همگی در حمام آب داغ ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار می‌گیرند، سپس سرد شده و جذب آن‌ها در برابر بلانک (آب مقطر و محلول آنترون) در ۶۳۰ نانومتر ارزیابی می‌شوند و بر اساس منحنی استاندارد مقدار تام قند ارزیابی می‌شود.

برای سنجش پرولین به ۰/۵ گرم از هر نمونه گیاهی به ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک سه درصد اضافه، در هاون چینی خوب سائیده و هموژنیزه شد. سپس مخلوط حاصل در درون لوله‌آزمایش ریخته و ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. دو میلی‌لیتر از عصاره صاف‌شده برداشته و در یک لوله‌آزمایش ریخته شد. سپس به هر لوله‌آزمایش دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک اضافه گردید. لوله‌های آزمایش در حمام بن- ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شدند و پس‌ازآن جهت خاتمه واکنش به حمام یخ منتقل شدند. پس از سرد شدن لوله‌ها، به آن‌ها چهار میلی‌لیتر تولوئن افزوده شد و ۳۰ ثانیه به هم زده شدند و پس از تشکیل دو فاز مجزا قسمت رنگی برداشته شد و توسط اسپکتروفتومتر میزان جذب آن‌ها در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. آنگاه غلظت پرولین برحسب میکرومول بر گرم ماده تر با استفاده از معادله (۵) محاسبه گردید (Bates et al., 1973):

پرولین = [(تولوئن مصرفی × عدد اسپکتروفتومتر) / ۱۱۵/۶ / (وزن نمونه به گرم)] [۵]

همچنین به‌منظور تعیین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از نمونه‌های بذری پس از خشک شدن در آون و پودر شدن، عصاره (به روش هضم توسط اسیدسولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب‌اکسیژنه و سلنیم) تهیه شد و عصاره

www.SID.ir

Archive of SID

مزبور برای اندازه‌گیری میزان عناصر مورداستفاده قرار گرفت. بدین ترتیب درصد نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر توسط دستگاه کجل تکاتو آنالیزر، درصد فسفر به روش نورسنجی با معرف مولیبدات -وانادات و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پتاسیم به روش نشر شعله‌ای و توسط دستگاه فلیم فتومتر موردراندازه‌گیری قرار گرفتند (Emami, 1996).

تمامی تجزیه‌های آماری صورت گرفته با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS انجام پذیرفت. مقایسه‌ی میانگین تیمارهای آزمایشی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گرفت.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک محل آزمایش.

Table 1. Chemical and physical characteristics of the soil of the experimental.

بافت	سیلت	رس	شن	شوری		کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
Soil Texture	**Silt**	**Clay**	**Sand**	**EC**	**pH**	**O.C**	**Total N**	**P**	**K**
شنی لومی	---------- % ----------			dS/m		---------- % ----------		------- mg/kg -------	
Sandy Loam	31	28.3	40.7	0.4113	7.46	8.5	0.095	8.95	238

جدول ۲. داده‌های اقلیمی ماهیانه در طول فصل رشد منطقه آزمایشی در سال ۹۵-۱۳۹۴.

Table 2. Historical monthly in 2016 growing season climatic data of the experimental area.

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
	21Mar -20Apr	**21Apr-16May**	**17May-16Jun**	**17Jun-18Jul**	**19Jul-18Aug**	**20Agu–19Sep**
میانگین درجه حرارت Tmean (◦C)	12.9	20.9	24.3	28.9	28.7	26.4
بارندگی Rainfall (mm)	19.9	12.6	27.6	8.0	0.0	0.0

نتایج

محتوای نسبی آب (RWC)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که RWC فقط تحت تأثیر اثر اصلی رژیم آبیاری در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی، از میزان RWC کاسته شده به‌گونه‌ای که تیمار آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک A، سبب کاهش ۴۱/۱۳ درصدی RWC نسبت به شاهد (آبیاری در زمان ۶۰ میلی‌متر تبخیر) گردید (جدول ۵). RWC برگ شاخص بسیار مهم وضعیت آبی برگ نسبت به سایر پارامترهای پتانسیل آبی تحت شرایط استرس خشکی است. در طول رشد و نمو گیاهی، استرس خشکی به‌طور معنی‌داری مقدار RWC را کاهش می‌دهد. برگ‌ها هنگامی‌که در معرض خشکی قرار می‌گیرند تمایل به کاهش قابل‌توجهی در RWC و پتانسیل آبی برگ دارند (Almeselmani et al., 2015). در تحقیقی گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب برگ (RWC) در بادرنجبویه گردید و با افزایش شدت خشکی مقدار آن کاهش یافت (Abbaszadeh et al., 2008). به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آن‌ها شود که این امر موجب کاهش میزان نسبی آب در شرایط تنش خشکی می‌گردد؛ درنتیجه، قابلیت دسترسی به آب برای فرایندهای توسعه سلول را محدود می‌کند. همچنین، محققین در مطالعات خود کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی را نیز از عوامل مؤثر در کاهش محتوای نسبی آب در مواجهه با تنش خشکی معرفی نموده‌اند (Venkateswarlu and Ramesh, 1993).

پرولین و کربوهیدرات

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه واریانس نشان داد که میزان کربوهیدرات محلول در برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ولی میزان پرولین تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم آبیاری، کود زیستی و اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود زیستی در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۳. آنالیز واریانس اثرات رژیم‌های آبیاری، کود زیستی بر عملکرد دانه، میزان اسانس، برخی صفات فیزیولوژیک و جذب عناصر معدنی در زیره سبز

Table 3. Analysis of variance of irrigation regimes (I) and bio- fertilizers (F) and on seed yield, essential oil content, some physiological traits and mineral elements uptake in cumin

Source of varition	منابع تغییرات	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ (RWC)	کلروفیل b Chl b	کلروفیل a Chl a	کلروفیل کل Total Chl	کربوهیدرات محلول Solution carbohydrate	پرولین Proline
Replication	تکرار	2	33.08^{ns}	0.051^{**}	1.38^{ns}	1.96^{ns}	1771.57^{ns}	$4\times10^{-7**}$
Irrigation (I)	آبیاری	2	1890.25^{**}	3.55^{**}	16.65^{**}	34.79^{**}	1890.75^{ns}	10^{-5**}
Ea	خطای اصلی	4	7.71	0.001	0.32	0.32	1768.21	2×10^{-8}
Fertilizer (F)	کود	3	4.00^{ns}	1.8^{**}	9.34^{**}	15.68^{**}	1772.76^{ns}	10^{-6**}
I*F	آبیاری* کود	6	2.14^{ns}	0.15^{**}	1.6^{**}	1.34^{**}	1776.32^{ns}	10^{-7**}
Eb	خطای فرعی	18	7.87	0.009	0.31	0.33	1770.91	10^{-8}
C.V %	ضریب تغییرات (٪)	-	5.72	4.49	7.53	5.96	27.17	1.97

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

Source of varition	منابع تغییرات	نیتروژن دانه N	فسفر دانه P	پتاسیم دانه K	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Essential oil percentage
Replication	تکرار	0.0002^{ns}	0.013^{**}	0.013^{**}	785.5^{ns}	0.24^{ns}	0.008^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	0.096**	0.014^{**}	0.048^{**}	1938.6^{ns}	4.83^{ns}	0.49^{**}
Ea	خطای اصلی	0.0009	0.0003	0.0004	2143.8	1.65	0.01^{ns}
Fertilizer (F)	کود	0.038^{**}	0.014^{**}	0.038^{**}	53135.8^{**}	45.70^{**}	0.22^{**}
I*F	آبیاری* کود	0.0005^{ns}	0.001^{**}	0.008^{**}	198.6^{ns}	0.17^{ns}	0.003^{ns}
Eb	خطای فرعی	0.0009	0.0002	0.001	764.04	0.33	0.001
C.V %	ضریب تغییرات (٪)	2.23	6.17	1.84	6.83	6.44	1.79

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

ns, not significant at the 0.05 probability level, * Significant at the 0.05 probability levels, ** Significant at the 0.01 probability levels.

مقایسه میانگین اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود زیستی نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی و با کاربرد کود زیستی (نیتروکسین و بیوفسفر) میزان پرولین افزایش یافت به‌گونه‌ای که به ترتیب کمترین و بیشترین میزان پرولین در تیمارهای تنش شدید کم‌آبی با کاربرد ترکیب دو نوع کود زیستی (I3F4) و شاهد (I1F1) به دست آمد. همچنین نتایج حاکی از آن است در هر سه رژیم آبیاری، استفاده از کود زیستی (نیتروکسین و بیوفسفر) بالاترین میزان پرولین را در برگ تجمع داده است (جدول ۴).

پرولین یکی از آمینواسیدهایی است که به‌طورمعمول در پاسخ به تنش‌ها ظاهر می‌شود (Emami, 1996). سطح بالای پرولین گیاه را قادر می‌سازد که پتانسیل آبی پایین را حفظ کند. عمده نتایج تحقیقات حکایت از افزایش پرولین در

www.SID.ir

Archive of SID

اثر تنش خشکی در گیاهان مختلف است (Lotfi et al., 2014; Manivannan et al., 2007).

مطالعات نشان داده است که با افزایش شدت تنش خشکی، میزان پرولین در زیره سبز افزایش یافت و محلول‌پاشی روی و آهن نیز سبب افزایش پرولین گردید (Abbaszadeh et al., 2010). محققین بیان داشتند که تجمع پرولین در بافت گیاهان تنش دیده، به علت افزایش سنتز آن به‌وسیلهٔ پیرولین- ۵- کربوکسیلاز سنتتاز و کاهش تجزیهٔ آنزیم پرولین اکسیداز است و آهن و روی به‌عنوان کوفاکتور تأثیر مهمی در فعالیت آنزیم‌های برگ به‌ویژه در شرایط تنش دارند به‌طوری‌که بر فعالیت آنزیم‌های یادشده به‌شدت اثر می‌گذارند (Abbaszadeh et al., 2010; Gholami Ganjeh and Salehi, 2015). به نظر می‌رسد کودهای زیستی با افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک، قابلیت جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک را افزایش می‌دهند و بر فعالیت آنزیم‌های یادشده اثرگذار می‌باشند. علاوه بر این پرولین دارای پایه نیتروژنی است، لذا استفاده از کودهای زیستی (با تأمین نیتروژن)، سبب افزایش میزان پرولین در برگ زیره سبز گردیده است (Arazmjo et al., 2010).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش رژیم آبیاری (I) و کود زیستی (F) بر پتاسیم و فسفر دانه، پرولین و کلروفیل برگ در زیره سبز

Table 4. Mean comparison of irrigation regimes (I) ×bio- fertilizers (F) interaction on proline and Chl in cummin

I*F§	پرولین Proline	کلروفیل کل Total Chl	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b
I_1F_1	0.0039^{g}	9.41^{e}	6.79^{c}	2.62^{b}
I_1F_2	0.0041^{g}	10.99^{cd}	8.34^{b}	2.65^{b}
I_1F_3	0.0043^{f}	12.06^{ab}	9.78^{a}	2.27^{c}
I_1F_4	0.0044^{f}	12.93^{a}	9.92^{a}	3.00^{a}
I_2F_1	0.0054^{e}	8.35^{fg}	6.27^{cd}	2.08^{d}
I_2F_2	0.0061^{c}	8.30^{fg}	6.23^{cd}	2.07^{d}
I_2F_3	0.0059^{d}	10.50^{d}	6.37^{b}	2.13^{cd}
I_2F_4	0.0066^{b}	11.59^{bc}	8.58^{b}	3.02^{a}
I_3F_1	0.0055^{e}	6.66^{h}	5.49^{d}	1.17^{f}
I_3F_2	0.0063^{c}	8.24^{fg}	6.88^{c}	1.36^{e}
I_3F_3	0.0065^{b}	7.64^{gh}	6.37^{cd}	1.27^{ef}
I_3F_4	0.0069^{a}	9.22^{ef}	6.71^{c}	2.52^{b}

§ I_1= بدون تنش آبی (آبیاری در زمان ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، I_2 = تنش خفیف (آبیاری در زمان ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، I_3 = تنش شدید (آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)؛ F_1= بدون کود زیستی؛ F_2= نیتروکسین؛ F_3= بیوفسفر؛ F_4= ترکیب کود نیتروکسین با بیوفسفر.

حروف مشابه در هر ستون به‌منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد است.

§ I1: unstressed, I2: mild stress, I3: severe stress; F1, F2, F3, F4: untreated plots, Nitroxin, biophosphorus, nitroxin+ biophosphorus, respectively.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 1%.

کلروفیل کل، a و b

مطابق جدول (۳)، میزان کلروفیل (کلروفیل کل، a و b) تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم آبیاری، کود زیستی و اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود زیستی در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت.

نتایج جدول (۴) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی میزان کلروفیل‌ها کاهش یافت به‌گونه‌ای که در هر سه صفت، تیمار تنش شدید کم‌آبی بدون مصرف کود زیستی، کمترین میزان کلروفیل را به خود اختصاص داد. همچنین در تمامی ترکیبات رژیم آبیاری، استفاده از کود زیستی سبب افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها گردید.

محتوای کلروفیل یکی از عوامل کلیدی در تعیین شدت فتوسنتز و تولید ماده خشک است. دوام فتوسنتز و حفظ

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیل برگ در شرایط تنش ازجمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است (Hazrati et al., 2016). در گیاهان تحت شرایط تنش، کاهش معنی‌داری در محتوای کل کلروفیل، کلروفیل a و b مشاهده می‌شود (Ranjbar Fordoei and Dehghani Bidgholi, 2016). یکی از دلایل کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی، تخریب آن‌ها به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) است. کم‌آبی باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی کاهش‌دهنده فعالیت اکسیژن فعال، افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و درنتیجه خسارت به غشای سلولی و تخریب رنگ‌دانه‌ها می‌گردد (Jaleel et al., 2009). همچنین تحت شرایط کم‌آبی، بازیابی مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن از کلروپلاست‌ها که برای ساختن کلروفیل موردنیاز هستند کاهش می‌یابد و سرعت تولید کلروفیل کند و کندتر می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین در خصوص اثر تنش خشکی در زیتون (Khaleghi et al., 2012) و شنبلیله و تأثیر آن بر میزان کلروفیل گیاهان مطابقت کامل دارد (Baghbani- Arani et al., 2017).

در تحقیقی گزارش شد که کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها (سوپرنیتروپلاس، فسفات بارور ۲ و میکوریزا) به دلیل کمک در جذب نیتروژن و فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های موردنیاز گیاه در شرایط تنش دارند، توانست تنش خشکی را بیشتر تعدیل نماید و موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه ماریتیغال شود (Mohammadpour Vashvaei et al., 2017).

میزان فسفر و پتاسیم دانه

تجزیه واریانس نشان داد که میزان فسفر و پتاسیم دانه در زیره سبز، تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم آبیاری، کود زیستی و اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود زیستی در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین برهمکنش رژیم آبیاری و کود زیستی نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، درصد فسفر و پتاسیم دانه در زیره سبز کاهش یافت به‌گونه‌ای که در هر دو صفت، تیمار تنش شدید کم‌آبی بدون مصرف کود زیستی، کمترین میزان آن‌ها را به خود اختصاص داد و نسبت به تیمار شاهد، کاهش ۷/۳ و ۳۲ درصدی در میزان جذب پتاسیم و فسفر در دانه را نشان داد. همچنین در تمامی ترکیبات رژیم آبیاری، استفاده از کود زیستی سبب افزایش درصد فسفر و پتاسیم دانه گردید (شکل‌های ۱ و ۲).

در موافقت با نتایج این تحقیق نشان داده شد که تنش خشکی اثر منفی در جذب فسفر و پتاسیم در گیاه و دانه گیاه دارویی رازیانه داشت و استفاده از کودهای آلی و قارچ شبه میکوریزا سبب افزایش میزان فسفر و پتاسیم در گیاه و دانه رازیانه گردید (Jamshidi, 2013). کاهش غلظت فسفر و پتاسیم دانه زیره سبز در اثر تنش خشکی را می‌توان به کاهش تعرق گیاه، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان فتوسنتز و کاهش قدرت جذب عناصر غذایی توسط ریشه نسبت داد (Jamshidi, 2013). در تحقیقی دیگر کاهش میزان جذب فسفر و پتاسیم در دانه زیره سبز را به کاهش تحرک فسفر و پتاسیم و درنتیجه کاهش دسترسی عناصر برای گیاه در اثر تنش خشکی نسبت دادند (Ahmadian et al., 2011a).

مطالعات نشان داده است که افزودن ورمی‌کمپوست و قارچ‌های میکوریزا از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر روی میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه زیره سبز شد (Gholami Ganjeh and Salehi, 2015). به نظر می‌رسد در این تحقیق نیز، استفاده از کودهای زیستی با افزایش میزان آب و عناصر قابل‌دسترس ریشه از طرق افزایش حجم ریشه، نفوذ به منافذ ریز خاک، جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی و افزایش هوادیدگی کانی‌های معدنی خاک، باعث افزایش جذب و انتقال فسفر و پتاسیم به دانه گردیده است (Jamshidi, 2013).

نیتروژن دانه

تجزیه واریانس نشان داد که میزان نیتروژن دانه در زیره سبز، تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم آبیاری و کود زیستی در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). مطابق نتایج جدول (۵)، به ترتیب تنش شدید کم‌آبی (آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، باعث کاهش ۱۲/۳ و ۱۰/۴ درصدی میزان نیتروژن دانه نسبت به تیمار آبیاری در زمان ۶۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر گردید. همچنین استفاده از کود زیستی نیتروکسین نسبت به شاهد، سبب افزایش ۹/۹ درصدی میزان نیتروژن دانه در زیره سبز گردید (جدول ۵).

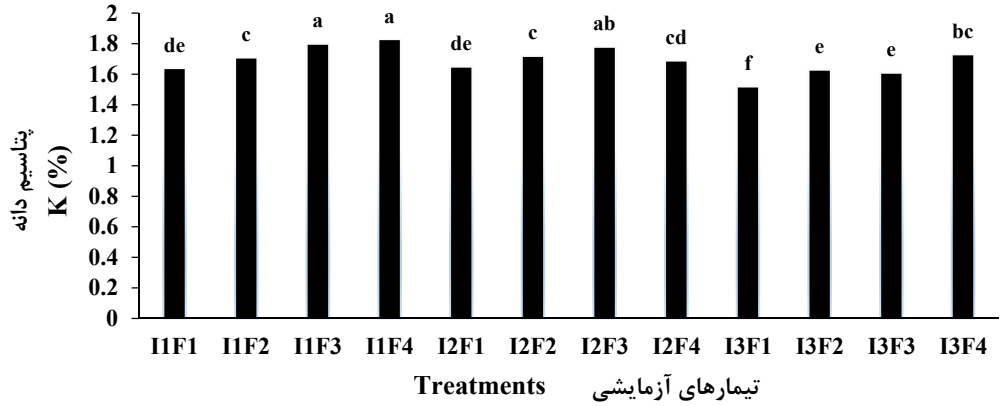
در تحقیقی بر گیاه دارویی ریحان نشان داده شد که میزان نیتروژن اندام هوایی در ریحان تحت تأثیر تنش خشکی قرار

www.SID.ir

Archive of SID

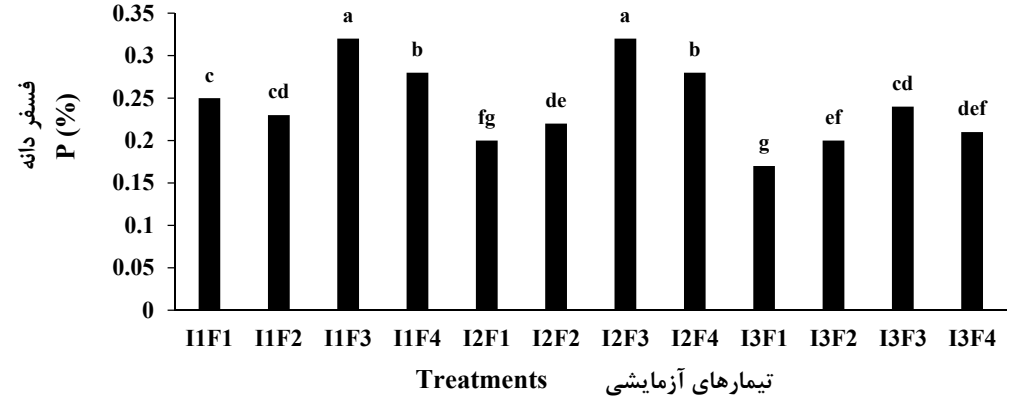
گرفت به‌گونه‌ای که به ترتیب بیشترین و کمترین درصد نیتروژن اندام هوایی گیاه در تیمار بدون تنش آبی و تنش شدید کم‌آبی حاصل شد (Sirousmehr and Roshanzamir, 2013).

محققین در تحقیقی بر روی زیره سبز نشان دادند که استفاده از ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریزا بر درصد نیتروژن دانه به‌تنهایی و برهمکنش آن‌ها نیز تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشت به‌گونه‌ای که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با در تلفیق با انواع میکوریزا در حدود ۱۵-۱۸



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود بر پتاسیم دانه زیره سبز. I1= بدون تنش آبی (آبیاری در زمان ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، I2 = تنش خفیف (آبیاری در زمان ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، I3 = تنش شدید (آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)؛ F1= بدون کود زیستی؛ F2= نیتروکسین؛ F3= بیوفسفر؛ F4=. ترکیب کود نیتروکسین با بیوفسفر.

Fig 1. Mean comparison of irrigation regimes (I) × fertilizers (F) interaction on K in seed in cumin. I1: unstressed, I2: mild stress, I3: severe stress; F1, F2, F3, F4: untreated plots, nitroxin, biophosphorus, nitroxin+ biophosphorus, respectively.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود بر فسفر دانه زیره سبز. I1= بدون تنش آبی (آبیاری در زمان ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، I2 = تنش خفیف (آبیاری در زمان ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، I3 = تنش شدید (آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)؛ F1= بدون کود زیستی؛ F2= نیتروکسین؛ F3= بیوفسفر؛ F4=. ترکیب کود نیتروکسین با بیوفسفر.

Fig 2. Mean comparison of irrigation regimes (I) × fertilizers (F) interaction on P in seed in cumin. I1: unstressed, I2: mild stress, I3: severe stress; F1, F2, F3, F4: untreated plots, Nitroxin, biophosphorus, nitroxin+ biophosphorus, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری (I) و کود زیستی (F) بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی در زیره سبز
Table 5. Mean comparison of irrigation regimes (I) × fertilizers (F) interaction on some physiological traits and quantity and quality in cumin.

تیمار§ Treatment§	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	درصد اسانس Essential oil percentage (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg/ha)	نیتروژن دانه N (%)	محتوای نسبی آب RWC (%)
I_1	-	1.99[c]	-	1.38[a]	60.17[a]
I_2	-	2.22[b]	-	1.35[b]	51.42[b]
I_3	-	2.39[a]	-	1.21[c]	35.42[c]
F_1	299.03[d]	2.01[d]	5.99[d]	1.27[c]	-
F_2	403.73[c]	2.17[c]	8.73[c]	1.41[a]	-
F_3	441.83[b]	2.25[b]	9.92[b]	1.26[c]	-
F_4	474.22[a]	2.39[a]	11.30[a]	1.32[b]	-

§ I_1= بدون تنش آبی؛ I_2 = تنش خفیف؛ I_3 تنش شدید؛ F_1 = بدون کود زیستی؛ F_2= نیتروکسین؛ F_3= بیوفسفر؛ F_4=. ترکیب کود نیتروکسین با بیوفسفر. حروف مشابه در هر ستون به‌منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد است.

§ I_1: unstressed, I_2: mild stress, I_3: severe stress; F_1, F_2, F_3, F_4: untreated plots, Nitroxin, biophosphorus, nitroxin+ biophosphorus;
Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 1%.

درصد سبب افزایش نیتروژن دانه در زیره سبز گردید (Gholami Ganjeh and Salehi, 2015). همچنین گزارش کردند که کودهای زیستی (ازجمله ورمی‌کمپوست) با تأثیر بر بهبود کیفیت خاک و فراهمی بیشتر عناصر غذایی در خاک و میکوریزا نیز با استفاده از گسترش ریشه گیاه به قسمت‌های پایین‌تر خاک و تماس بیشتر آن با خاک و بهبود جذب عناصر غذایی نیتروژن و فسفر باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس در گیاه دارویی زیره سبز می‌شود (Gholami Ganjeh and Salehi, 2015).

عملکرد دانه

جدول آنالیز واریانس نشان داد که عملکرد دانه فقط تحت تأثیر اثر اصلی کود زیستی در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی کود زیستی نشان داد که استفاده از کود زیستی سبب افزایش عملکرد دانه گردید به‌گونه‌ای که به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه زیره سبز در تیمار کاربرد ترکیبی نیتروکسین و بیوفسفر با (۴۷۴/۲۲ کیلوگرم در هکتار) و عدم مصرف کود با (۲۹۹/۰۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۴). همچنین جدول مقایسه میانگین نشان داد که بین انواع کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌گونه‌ای که کود زیستی بیوفسفر عملکرد دانه بیشتری را تولید نمود.

در تحقیقی نشان داده شد که مصرف کودهای زیستی برای افزایش رشد و عملکرد در گیاه زیره سبز ضروری است (Gad, 2001). مطالعات نشان داد که استفاده تلفیقی از کود بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه در زیره سبز گردید. آن‌ها بیان نمودند که به دلیل اثرات مختلف این ریزموجودات در تثبیت نیتروژن و قابلیت دسترسی بهتر فسفر برای گیاه، روندی افزایشی در بهبود رشد گیاه ملاحظه شد. فراهم بودن آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب گیاه را به دنبال داشته و شرط اساسی برای تولید ماده خشک بیشتر به‌تبع آن عملکرد دانه بیشتر در واحد سطح است (Talaei and Amini Dehaghi, 2015). با توجه به اینکه در این تحقیق عملکرد دانه فقط تحت تأثیر کود زیستی قرار داشت و اثر رژیم آبیاری معنی‌دار نشد می‌توان نتیجه گرفت که زیره سبز گیاهی است که مقاومت بالایی به خشکی دارد. در این راستا، محققین نشان دادند که کل مصرف آب زیره که بیشترین عملکرد را داشته باشد برابر ۱۶۵ میلی‌متر است (Jangir and Singh, 1996). محققین مختلفی گزارش کردند که زیره، گیاهی کم‌توقع به آب بوده و در مقابل تنش آبی مقاوم است، در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک و در سال‌هایی که بارندگی در حد نرمال باشد نیازی به آبیاری نیست و انجام آبیاری حتی باعث کاهش محصول نیز می‌شود (Sadeghi, 1998; Alizadeh et al., 2004).

www.SID.ir

Archive of SID

درصد و عملکرد اسانس

جدول آنالیز واریانس نشان داد که درصد و عملکرد اسانس دانه زیره سبز تحت تأثیر اثر اصلی کود زیستی در سطح ($P\leq0.01$) قرار گرفت و علاوه بر این درصد اسانس تحت تأثیر اثر اصلی رژیم آبیاری نیز قرار داشت (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین اثر اصلی رژیم آبیاری بر درصد اسانس نشان داد که با افزایش شدت خشکی، درصد اسانس زیره سبز افزایش یافت به‌گونه‌ای که بالاترین درصد اسانس در تیمار خشکی شدید (آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) حاصل شد که به ترتیب نسبت به تیمار تنش خفیف (آبیاری در زمان ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و شاهد (آبیاری در زمان ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) افزایش ۷/۱۱ و ۱۶/۷۴ درصدی نشان داد (جدول ۴). همچنین جدول مقایسه میانگین اثر اصلی کود زیستی بر درصد و عملکرد اسانس حاکی از آن بود که کاربرد کود زیستی سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس گردید به‌گونه‌ای که به ترتیب بیشترین و کمترین درصد و عملکرد اسانس مربوط به تیمار کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و تیمار شاهد (بدون کود) بود و همچنین بین انواع کود زیستی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و کود زیستی بیوفسفر نسبت به کود زیستی نیتروکسین درصد و عملکرد اسانس بیشتری را تولید نمود (جدول ۴).

در خصوص عملکرد بیوشیمیایی گیاهان تحت تنش خشکی گزارش‌های متفاوتی موجود است. آنچه در بیشتر گزارش‌ها به آن اشاره شده است، افزایش میزان مواد آلی ازجمله قندهای محلول، پرولین و اسانس در گیاهان در معرض تنش خشکی ملایم است (Ahmadian et al., 2011b; Aliabadi Farahani et al., 2009). هرچند ممکن است در این حالت عملکرد برخی از اجزاء اسانس‌ها کاهش یابد (Leicacha et al., 2010).

در موافقت کامل با نتایج این تحقیق، محققین گزارش کردند که افزایش تعداد دفعات آبیاری در زیره سبز باعث کاهش معنی‌دار درصد اسانس در زیره سبز گردید (Ahmadian et al., 2011b). همچنین در تحقیقی نشان داده شد که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد اسانس در دانه گیاه دارویی رازیانه در تیمارهای تنش خشکی شدید (آبیاری پس از مصرف ۸۰٪ رطوبت قابل‌استفاده خاک) و آبیاری مطلوب (آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل‌استفاده خاک) به دست آمد (Jamshidi, 2013).

همچنین گزارش شده است که استفاده از کودهای آلی به‌ویژه استفاده از کمپوست قارچ، از طریق روابط مثبت و تشدیدکننده بین میکروارگانیسم‌های خاکزی و تأثیر آن بر فراهمی جذب فسفر و نیتروژن که در اجزا متشکله اسانس رازیانه حضور دارند، موجب بهبود عملکرد دانه و افزایش میزان درصد و عملکرد اسانس دانه رازیانه در هر دو سال گردید و همچنین تلقیح گیاه رازیانه با کود زیستی (قارچ *پیریفورموسپورا ایندکا*) سبب افزایش ۸/۹۲ و ۱۰/۹۵ درصد اسانس دانه رازیانه و ۲۰ و ۲۵ درصدی عملکرد اسانس در سال اول و دوم آزمایش گردید (Jamshidi, 2013). در مطالعه‌ای گزارش کردند که تلقیح زیره سبز با کود زیستی فسفات زیستی (بارور-۲) و نیتروکسین بیشترین میزان اسانس را به همراه داشت، هرچند که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (Talaei and Amini Dehaghi, 2015). در این راستا محققین در آزمایشی گزارش کردند که استفاده از کود دامی سبب افزایش درصد اسانس در زیره سبز گردید (Ahmadian et al., 2011b). به‌هرحال، در مطالعه تأثیر سه نوع کود بیولوژیک روی عملکرد دانه و اسانس رازیانه در مصر، افزایشی هرچند محدود در درصد اسانس (۰/۹۶ درصد) و افزایش قابل‌توجه در عملکرد اسانس (۶-۱۱/۵ لیتر در هکتار) در اثر تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک گزارش شده است؛ اما در این بررسی افزایش عملکرد اسانس بیشتر به دلیل افزایش عملکرد دانه در اثر تیمارهای آزمایش بوده است (El-Ghadban et al., 2006).

در تحقیقی گزارش شد که مصرف کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار درصد اسانس دانه‌ای زیره سبز گشته و هر چه گیاه زیره سبز، بیشتر در شرایط استرس رطوبتی و کمبود آب قرار گیرد، میزان اسانس آن نیز افزایش خواهد یافت (Omidbaigi, R. (2007). اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها نیاز ضروری به عناصری نظیر نیتروژن و فسفر دارد. ازاین‌رو کودهای زیستی با تأثیر بر جذب نیتروژن و فسفر باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس می‌گردد (Arancon et al., 2004).

نتیجه‌گیری

از نتایج حاصله در این آزمایش می‌توان بیان کرد که خشکی تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات موردمطالعه گیاه دارویی زیره سبز به‌غیراز عملکرد دانه و اسانس در این آزمایش داشته است و این تأثیر از جنبه‌های مختلفی قابل‌بررسی است. در طی

www.SID.ir

Archive of SID

بروز تنش خشکی از میزان کلروفیل‌ها کاسته شد که این امر می‌تواند بر کاهش تولید مواد فتوسنتزی در این گیاه تأثیر سوء داشته باشد. در این آزمایش بالا رفتن میزان ترکیب پرولین در بافت سبز برگ‌ها، بیانگر فعال شدن سیستم غیر آنزیمی آنتی‌اکسیدان در گیاه زیره سبز جهت مقابله با تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و افزایش تحمل به تنش کم‌آبی است. همچنین این فرآیند در جهت تنظیم اسمزی و ایجاد شرایط مناسب برای جذب آب از محیط خاک مؤثر است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در خصوص عدم اثر معنی‌دار رژیم آبیاری بر عملکرد دانه، می‌توان بیان کرد که زیره سبز گیاهی است که مقاومت بالایی به خشکی دارد درحالی‌که با کاهش آب مصرفی بر درصد اسانس آن افزوده شد. همچنین به‌کارگیری کود زیستی از طریق افزایش میزان پرولین برگ‌ها و افزایش میزان نسبی آب برگ تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر میزان کلروفیل و جذب عناصر غذایی (فسفر و پتاسیم) و به‌تبع آن بر عملکرد دانه این گیاه کاست. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تنش کم‌آبی راهکاری برای افزایش درصد اسانس و استفاده از کود زیستی، راهکار مناسبی جهت بهبود عملکرد دارویی (درصد و عملکرد اسانس) در زیره سبز و کاهش آلودگی محیط‌زیست است.

منابع

Abbaszadeh, B., Sharifi ashourabadi, E., Lebaschi, M.H, Naderi hajibagher Kandy, M., Ahmadian, A., Ghanbari, A., Gholavi, M., Siahsar, B., 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 Ecophysiology of Crops and Weeds. 4(16), 83-94. [In Persian with English Summary].

Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Naderi hajibagher Kandy, Moghadami, F., 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(4), 504-513. [In Persian with English Summary].

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Gholavi, M., Siahsar, B., Arazmjo, E., 2011a. The Effect of different irrigation regimes and animal manure for on nutrient, essential oil and chemicals in cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Crop Ecophysiology (Agricultural Science). 4(16), 83-94. [In Persian with English Summary].

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Haydari, M., Ramroodi, M., Mousavinik, S.M., 2011b. Study of chamomile's yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usage and their residue. Journal of Microbiology and Antimicrobials. 3(2), 23-28.

Aliabadi Farahani, H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., Khalvati, M.A., 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions, Journal of Medicinal Plants Research. 3(5), 329-333. [In Persian with English Summary].

Alizadeh, A., Tavvosi, M., Inanlou, M., Nassiri, M., 2004. Effect of different irrigation regimes on the yield and yield components of cumin, Journal of Agricultural Research. 1, 1-8. [In Persian with English Summary].

Almeselmani, M., Al-Rzak Saud, A., Al-Zubi, K., Al-Ghzali, S., Hareri, F., Al-Nassan, M., Ammar, M.A., Kanbar, O.Z., Al-Naseef, H., Al-Nator, A., Al-Gazawi, A., Teixeira da Silva, J.A., 2015. Evaluation of physiological traits, yield and yield components at two growth stages in 10 durum wheat lines grown under rain fed conditions in southern Syria, Cercetări Agronomice în Moldova. 2(162), 29-49.

Amirinejad, M., Akbari, G., Baghizadeh, A., Allahdadi, I., Shahbazi, M., Naimi, M., 2013. Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of Cumin, Journal Agriculture. 17(4), 855-866.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J.D., 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology. 93, 145-153.

Arazmjo, A., Heidari, M., Ghanbari, A., Siahsar, B., Ahmadian, A., 2010. Effects of three types of fertilizers on essential oil, photosynthetic pigments, and osmoregulators in chamomile under drought stress, Environmental Stresses in

www.SID.ir

Archive of SID

Crop Sciences. 3(1), 23-33. [In Persian with English Summary].

Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24(1), 1-150.

Azimi, G., Pirzad, A., Hadi, H., 2012. The effect of drought stress on pigments, proline and soluble carbohydrates of *Calendula officinalis* L, 12th Iranian Crop Science Congress, Eslamic Azad University of Karaj, 10-12 September. [In Persian with English Summary].

Azizi, E., Beheshti, F., Sepehri Moghadam, H., 2013. The investigation of vermicompost organic fertilizer on some of physiological and qualitative traits of different varieties of *Calendula officinalis* L. under different levels of drought stress. Journal of Crop Production. 8(2), 171-194. [In Persian with English Summary].

Baghbani- Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi Akbar Boojar, M., Mokhtassi Bidgoli, A., 2017. Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. Industrial Crops and Products. 109, 346–357.

Bagci, S.A., Ekiz, H., Yilmaz, A., Cakmak, I., 2007. Effects of zinc deficiency and water stress on grain yield of field-grown Wheat cultivars in central Anatolia. Agronomy and Crop Science. 193, 198-206.

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

Bhardwaj, J., Yadav, S.K., 2012. Comparative study on biochemical parameters and antioxidant enzymes in drought tolerant and a sensitive variety of Horsegram (*Macrotyloma uniflorum*) under drought stress. American Journal of Plant Physiology. 7(1), 17-29.

El-Ghadban, E.A.E., Shalan, M.N., Abdel-Latif, T.A.T., 2006. Influence of biofertilizers on growth volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Egyptian Journal of Agricultural Research. 84(3), 977-992.

Emami, A., 1996. Methods of Plant Analysis (Volume I). Publication No. 982. Soil and Water Research Institute. 128p.

Gad, W.M., 2001. Physiological studies on Foeniculum vulgare and Anethum graveolense. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Kafr ELSheikh, Tanta University, Egypt.

Gholam Hoseini, M., Galavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E., Khodaei-Joghan, A., 2009. Integrated fertilizer management to attain Sunflower sustainable production under different irrigation regimes, Archive of Agronomy and Soil Science. 195(3), 431-441.

Gholami Ganjeh, S., Salehi, A., 2015. Effects of different levels of vermicompost and biofertilizers on essential oil content and uptake of some elements in cumin (*Cuminum cyminum* L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 31(5), 822-830. [In Persian with English Summary].

Hazrati, S., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Nicola, S., 2016. Effects of water stress and light intensity on chlorophyll fluorescence parameters and pigments of *Aloe vera* L. Plant Physiology and Biochemistry. 106, 141-148.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Jasim, H., Somasundaram, R., Pannerselvam, R., 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology. 11, 100-105.

Jamshidi, E., 2013. The effect of organic manure and like mychorizal fungi (*Piriformospora indica*) on quantity and quality traits of medicinal plant Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) under different irrigation regimes. Ph.D thesis. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, 180 pp. [In Persian with English Summary].

Jangir, R.P., Singh, R., 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cymimum*). Indian of Journal Agronomy. 41, 140-143.

Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N., Barzegar, M., 2012. Evaluation of chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters and relationships between chlorophyll a, b and chlorophyll content index under water stress in *Olea europaea* cv. Dezful, World Academy of Science, Engineering and Technology. 68, 1154-1157.

Leicacha, S.R., Garaub, A.M., Guarnaschellib, A.B., Yaber Grassa, M.A., Sztarkera, N D., Analia Dato, A., 2010. Changes in Eucalyptus

www.SID.ir

Archive of SID

camaldulensis essential oil composition as response to drought preconditioning. Journal of Plant Interactions. 5(3), 205-210.

Lotfi, M., Abbaszadeh, B., Mirza, M., 2014. The effect of drought stress on morphology, proline content and soluble carbohydrates of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 30(1), 19-29. [In Persian with English Summary].

Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankar, B., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A., Panneerselvam, R., 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 59, 141–149.

Masoumi, H., Masoumi, M., Darvish, F., Daneshian, J., Nourmohammadi, G.H., Habibi, D. 2010. Change in several antioxidant enzymes activity and seed yield by water deficit stress in soybean (*Glycine max* L.) Cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38, 50-59.

Moghadami, F., 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(4), 504-513. [In Persian with English Summary].

Mohammadpour Vashvaei, R., Ramroudi, M., Fakheri, B.A., 2017. Effects of drought stress and Bio-fertilizer inoculation on quantitative and qualitative characteristics of Marian Thistle (*Silybum marianum* L.). Journal of Agroecology. 9(1), 31-49. [In Persian with English Summary].

Omidbaigi, R., 2007. Production and processing of medicinal plants, 340 pp. Behnashr Pub. [In Persian].

Ramanjulu, S., 2010. Plant Stress Tolerance. Methods and Protocols. Springer. Chapter 22, 341-370.

Ranjbar Fordoei, A., Dehghani Bidgholi, R., 2016. Impact of salinity stress on photochemical efficiency of photosystem II, Chlorophyll content and nutrient elements of Nitere Bush (*Nitraria schoberi* L.) plants. Journal Range Science. 6(1), 3-9.

Rezvani Moghaddam, P., Huda, A.K.S., Parvez, Q., Koocheki, A., 2007. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to medicinal crop production in Khorasan, Iran, World Association for Sustainable Development (WASD) Conference. Fifth International Conference Griffith University, Brisbane, Australia: 105-115.

Sadeghi, B., 1998. Effect of nitrogen and irrigation on cumin seed production. Iran scientific and industrial research organization, Khorasan center. [In Persian with English Summary].

Sirousmehr, A., Roshanzamir, F., 2013. Effect of water deficit stress and phosphorus fertilizer on physiological traits and oil percentage of Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.), Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 104, 134-140. [In Persian with English Summary].

Talaei, Gh.H., Amini Dehaghi, M., 2015. Effects of bio and chemical fertilizers on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 30(6), 931-942. [In Persian with English Summary].

Vazques, P., Holguin, G., Puente, P., Lopez-Cortes, A., Bashan, Y., 2000. Phosphate solubilizing microorganism associated with the rhizosphere of mangroves in semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils. 30(5-6), 460-468.

Venkateswarlu, B., Ramesh, K., 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundnut under polyethylene glycol-induced water stress. Plant Science. 90, 179-185.

www.SID.ir