Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 2, Summer 2020 (307-317)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.272371.1570

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۳۱۷-۳۰۷)

ارزیابی عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیاه‌دانه تحت تأثیر کود و آبیاری

رقیه بامشاد[۱]، محمود رمرودی[۲*] و محمدرضا اصغری‌پور[۳]

۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۱)

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیاه‌دانه تحت تأثیر کاربرد انواع کود و قطع آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه زابل در سال ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. عامل اصلی قطع آبیاری در چهار سطح آبیاری متداول، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا شروع گلدهی، قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا شروع پرشدن دانه و قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پر شدن دانه و عامل فرعی انواع کود در چهار سطح شاهد (عدم مصرف کود)، ازتوبارور۱، فسفات‌بارور۲ و سوپر فسفات تریپل بودند. برهمکنش قطع آبیاری و کود بر عملکرد و اجزای عملکرد، کلروفیل برگ، کاروتنوئید، درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد اسانس از تیمار آبیاری متداول توام با کاربرد کود زیستی ازتوبارور۱ و بیشترین درصد اسانس از تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پر شدن دانه همراه با کود زیستی ازتوبارور۱ حاصل شد. عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه و عدم استفاده از کود، ٤٦/٧٦ درصد کمتر از عملکرد دانه در شرایط کاربرد کود زیستی ازتوبارور۱ توأم با آبیاری متداول بود. در مجموع می‌توان گفت برای بهبود ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش، به‌جز درصد اسانس، کاربرد کودهای زیستی توأم با آبیاری متداول می‌تواند مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، سوپر فسفات، کاروتنوئید، کلروفیل برگ، وزن هزاردانه.

Evaluation of yield and quality traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) affected by fertilizer and irrigation

Roghieh Bamshad[1], Mahmood Ramroudi[2*] and Mohammad Reza Asghripour[3]
1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Associated Professor and Professor, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
(Received:Oct. 30, 2018 - Accepted: May 11, 2019)

ABSTRACT

To investigate the effects of irrigation cutting and different fertilizer on yield and qualitative traits of black cumim an experiment was conducted as split plot layout based on a randomized complete block design with three replications at University of Zabol Research Farm during 2016. Main plot included four levels of irrigation cutting; conventional irrigation, irrigation cutting in between stem elongation to flowering, irrigation cutting in between flowering to beginning of seed filling period and irrigation cutting in between beginning to end of seed filling period. Subplot was different type of phosphorous fertilizer including control (no fertilizer application), Azoto-e-Barvar 1, Phosphate-e-Barvar 2 and triple super phosphate. Interaction effect of irrigation cutting and fertilizer on yield and yield components, leaf chlorophyll content, carotenoids content, essential oil percentage and yield was significant. The highest yield and yield components, photosynthetic pigments and essential oil yield were achieved in normal irrigation along with application of Azoto-e-Barvar1 and the greatest essential oil percentage were observed in irrigation cutting in between beginning to end of seed filling period along with application of Azoto -e-Barvar 1. Seed yield affected by irrigation cutting in seed filling period and without application fertilizer was 46.76 % less than seed yield in conventional irrigation along with application of Azoto-e-Barvar 1. In conclusion, to improve the characteristics of black seed, except for essential oil content, the application of bio-fertilizers along with conventional irrigation would be appropriate.

Keywords: Carotenoid, essential oil percentage, leaf chlorophyll, phosphate super, 1000-seed weight.

* Corresponding author E-mail: mramroudi42@uoz.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هدف اصلی در کم‌آبیاری، افزایش کارایی مصرف آب از طریق کاهش نیاز آبی گیاه و حذف آن بخش از آب آبیاری است که تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد ندارد (Ramroudi *et al.*, 2011). یکی از زیان بارترین اثرات تنش خشکی اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد می‌گردد. قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش خشکی، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد. بنابراین، مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود (El-Habbasha *et al.*, 2007). استفاده از کودهای زیستی در بوم نظام‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی انجام می‌شود. کودهای زیستی گاه به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند. کودهای زیستی متشکل از ریزجانداران مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این ریزجانداران معمولا در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند و باعث بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و بالا رفتن کمیت و کیفیت محصول و افزایش مقاومت طبیعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند (Mohammadkhani & Heidari, 2007).

گیاهان دارویی گیاهانی هستند که برخی از اندام‌های آن‌ها حاوی مواد مؤثره هستند که خواص دارویی دارند و هم از لحاظ درمان و هم پیشگیری بیماری و در تأمین بهداشت و سلامتی جوامع از اهمیت خاصی برخوردارند (Fayaz *et al.*, 2011). سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) از خانواده آلاله، گیاهی دولپه، علفی و یک‌ساله است (Davazadeh Emami & Majnoon Hosseini, 2008). این گیاه در درمان برخی بیماری‌های از جمله دیابت، آسم، کلیوی، ریه، پوست، کبد و پروستات و عوارض قلبی و عروقی مؤثر می‌باشد (Schneider-Stock & Fakhoury, 2014). از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند، واحدهای سازنده آنها نیاز مبرم به NADPH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) و ATP دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد. از این‌رو، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن همراه با باکتری تیوباسیلوس (*Thiobacillus versutus*) از طریق فراهم نمودن شرایط کاهش اسیدیته خاک، جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) موجب افزایش اسانس گیاهان دارویی می‌شوند (Hornok, 1992).

پاسخ گیاهان به تنش خشکی به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش بستگی دارد (Kafi *et al.*, 2009). کاهش وزن دانه گیاه دارویی سیاه‌دانه در اثر تنش خشکی به‌دلیل کاهش مواد فتوسنتزی می‌باشد. با ایجاد تنش خشکی در گیاه دارویی سیاه‌دانه میزان رشد آن کم شد و موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گردید. با کاهش عملکرد دانه، از میزان عملکرد اسانس در واحد سطح نیز کاسته شد (Zakerian *et al.*, 2020; Shabanzadeh *et al.*, 2012). تنش خشکی ناشی از افزایش فاصله آبیاری سبب کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش محتوای پرولین و درصد اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephlum moldavica* L.) گردید (Ramroudi *et al.*, 2017).

رویکرد جهانی به سمت کشاورزی مدرن در طی چند دهه گذشته همچون سایر فعالیت‌های بشر باعث صدمه به منابع طبیعی و آلوده‌سازی و تخریب محیط زیست شده است. مدیریت کودی به عنوان راهکاری پایدار و اکولوژیک برای حرکت به سمت حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. البته کود بایستی بتواند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را نیز ارتقا دهد و ضمن عدم آلودگی محیط زیست به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده در اندام‌های مصرفی گیاهان را به حداقل ممکن کاهش دهد و سلامتی انسان را نیز تامین نماید (Galavand *et al.*, 2006). استفاده از منابع بیولوژیک به جای مصرف کودهای شیمیایی، نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک خاک، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت اکوسیستم‌های زراعی دارد (Zaidi, 2003). بهبود

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل‌خیزی خاک تحت تأثیر کودهای بیولوژیک از جمله ازتوباکتر (*Azotobacter* sp.)، آزوسپیریلوم (*Azospirillum* sp.) و سودوموناس (*Pseudomonas* sp.) سبب افزایش و بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی سیاه‌دانه می‌شود (Shaalan, 2005). نتایج تحقیقی با بررسی تأثیر کودهای زیستی در گیاه دارویی سیاه‌دانه نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه از تیمار ترکیبی کودهای زیستی آزوسپیریلوم و میکوریزا حاصل شد (Khorramdel *et al*., 2011).

در تحقیقی کاربرد کود زیستی فسفاته سبب افزایش قابل‌ملاحظهٔ عملکرد شد (Jat Mirseyedi *et al*., 2020 & Shaktawat, 2003;). در گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) نیز کاربرد کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌داری در رشد گیاه گردید (Youssef *et al*., 2004). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Pseudomonas* sp., *Bacillus megaterium*) موجب بهبود ارتفاع بوته، تعداد گل و عملکرد دانه در گیاه دارویی گل گاوزبان باغی (*Borago officinalis*) گردید (Shaalan, 2005). کاربرد کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار کود شیمیایی، به مراتب شرایط مناسب‌تری برای بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و ضمن فراهم نمودن مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو برای رازیانه، باعث افزایش کیفیت این گیاه شد (Kapoor *et al*., 2004). کودهای زیستی با کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شده‌اند (Sangwan *et al*., 2001).

ازآنجایی‌که کم‌آبی یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید گیاهان زراعی و دارویی محسوب می‌شود و از طرفی کاربرد کودهای بیولوژیک در نظام‌های زراعی سبب پایداری عملکرد نیز می‌گردد (Kafi *et al*., 2009). با توجه به اهمیت گیاه دارویی سیاه‌دانه در صنایع مختلف دارویی، غذایی و بهداشتی و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز کمبود اطلاعات مناسب در خصوص واکنش‌های رشدی این گیاه به کودهای بیولوژیک این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد، رنگیزه‌های فتوسنتزی، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی سیاه‌دانه تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط قطع آبیاری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. محل اجرای آزمایش در منطقه گرم و خشک با میانگین بارندگی سالیانه ۶۳ میلی‌متر و درجه حرارت سالیانه ۲۳ درجه سلسیوس واقع شده است. در سال اجرای آزمایش میانگین دما و بارندگی سالیانه به‌ترتیب ۲۳ درجه سلسیوس و ۲۸ میلی‌متر بود. جهت آگاهی از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری زمین مورد نظر تهیه و خصوصیات خاک در جدول ۱ ارائه شده است. جهت انجام آزمایش اولیه خاک، طبق (جدول ۱)، مقدار کافی خاک از افق سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک) تهیه و برخی ویژگی‌های خاک از جمله بافت خاک به‌روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی (Rhoades, 1996)، pH در عصاره گل اشباع بوسیله دستگاه pH متر (Thomas, 1996)، مقدار ماده آلی خاک به طور غیر مستقیم از حاصلضرب مقدار کربن آلی در ضریب تبدیلی ۱/۷۲۴ محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری فسفر از روش Olsen & Sommers (1982) پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر، ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد، همچنین مقدار نیتروژن از حاصلضرب مقدار کربن آلی در ضریب تبدیلی ۰/۰۵ محاسبه گردید.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1. Physical and chemical properties of soil (depth of 0-30cm)

Texture	$P_{available}$	$K_{available}$	N_{total}	Organic matter	pH	EC
	(ppm)			(%)		$dS.m^{-1}$
Sandy loam	11	137	0.06	0.59	7.81	1.33

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. قطع آبیاری در چهار سطح آبیاری متداول، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا شروع گلدهی (تنش رویشی)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا شروع پرشدن دانه‌ها (تنش گلدهی) و قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پرشدن دانه (تنش پر شدن دانه) به‌عنوان عامل کرت اصلی و انواع کود در چهار سطح شاهد (عدم مصرف کود)، ازتو بارور ۱، فسفات بارور۲ و سوپر فسفات تریپل به عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری در شرایط طبیعی به‌صورت هفته‌ای و به شکل نشتی انجام شد. کود زیستی فسفات بارور۲ (حاوی *سودوموناس* (*Pseudomonas aeruginosa*) و *باسیلوس* (*Bacillus anthracis*) و ازتوبارور۱ (حاوی ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) به میزان ۱۰۰گرم در هکتار به‌صورت بذرمال و سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت مخلوط با خاک قبل از کشت استفاده شدند. کودهای زیستی مورد استفاده (ساخت شرکت زیست‌فناور سبز) دارای غلظت 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر بودند. کشت در ۲۵ آبان ماه به‌روش خشکه‌کاری و به‌صورت دستی و براساس مقدار بذر مصرفی ۱۲ کیلوگرم در هکتار انجام گرفت. بذر مورد استفاده از شرکت پاکان‌بذر اصفهان تهیه گردید. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به طول چهار متر با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود، که تراکم ۱۶/۶۷ گیاه در هر متر مربع را ایجاد نمود. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در طول دوره رشد انجام شد.

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی (۲۰ اردیبهشت‌ماه)، برای تعیین تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه از هر کرت آزمایشی، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و ویژگی‌های مذکور اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، دو مترمربع از دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت و اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی از روش Arnon (1967) استفاده شد. به‌منظور تعیین مقدار اسانس دانه، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه گردید که بعد از آسیاب نمودن (بهتر است نیمه کوب شود)، اسانس‌گیری به‌مدت سه ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر (Clevenger) به عمل آمد. بازده اسانس (درصد) نیز پس از رطوبت زدایی توسط سولفات سدیم خشک محاسبه گردید (Kapoor *et al*, 2004; Sefidkon, 2001). بعد از تعیین بازده اسانس، عملکرد آن نیز به‌کمک حاصل ضرب عملکرد دانه و بازده اسانس به‌دست آمد (Sefidkon, 2001; Akbarinina *et al.*, 2003). محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی

تأثیر برهمکنش قطع آبیاری و کود بر غلظت کلروفیل کل برگ و میزان کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش قطع آبیاری و کود نشان داد که بیشترین مقدار کاروتنوئید و کلروفیل کل برگ از تیمار آبیاری کامل توام با کاربرد کود زیستی ازتوبارور۱ به‌دست آمد (جدول ۳). کاهش میزان کلروفیل برگ در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگدانه می‌گردند (Schutz & Fangmier, 2001). با افزایش شدت تنش خشکی، میزان کاروتنوئید که به عنوان حمایت کننده‌ای برای کلروفیل برگ در برابر اکسیداسیون نوری به شمار می‌روند افزوده می‌شود، تا مانع تخریب بیشتر کلروفیل برگ گردد. این نتایج با گزارش Mohammadkhani & Heidari (2007) مطابقت دارد که آن‌ها نیز گزارش دادند با افزایش تنش خشکی از مقدار کلروفیل کاسته و در مقابل بر میزان کاروتنوئیدها افزوده می‌شود. تنش خشکی باعث پیری زودرس گیاهان و شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل برگ می‌گردد. با افزایش تبدیل گلوتامات (Glutamate) به پرولین در زمان وقوع تنش خشکی، در واقع گلوتامات که پیش‌ساز کلروفیل نیز می‌باشد، از دسترس خارج و سنتز کلروفیل دچار نقصان می‌شود. تشدید فعالیت

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیلات در هنگام وقوع تنش‌های اسمزی از جمله خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل سلول‌های گیاهی می‌شود (Balaguer *et al.*, 2002). کاهش محتوای کلروفیل در گیاه نعناع (*Mentha spicata* L.) تحت تنش خشکی نیز گزارش شده است (Zand *et al.*, 2017).

کاربرد کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش میزان کلروفیل برگ گیاه دارویی تاج‌خروس تاجی (*Celosia argentea*) گردید (Rawia *et al.*, 2006). عنصر نیتروژن علاوه بر شرکت در ساختار اسیدهای آمینه و آنزیم‌ها، یکی از عناصر اصلی تشکیل دهنده حلقه تتراپیرول کلروفیل می‌باشد. علاوه بر این افزایش این عنصر در گیاه از یک سو سبب افزایش میزان آمونیوم و از سوی دیگر سبب افزایش آنزیم‌های گلوتامات سنتتاز و گلوتامین سنتتاز دخیل در تولید کلروفیل شده و باعث افزایش میزان کلرفیل در گیاه می‌گردد (Harbone & Dey, 1997). با توجه به نتایج حاصل چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد به‌ویژه ازتو بارور توانسته است با تثبیت نیتروژن هوا، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد.

تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل می‌شود، اما کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی اثرات تنش را تعدیل می‌کنند. نتایج آزمایشی نشان داد در شرایط کم‌آبی، با افزایش مصرف کود شـیمیایی فسفر توام با کود زیستی فسفاته بارور۲، میزان کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Heshmati *et al.*, 2016). افزایش کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی، تحت تأثیر کاربرد کود شیمیایی فسفره همراه با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات بارور۲ نمایان‌گر افزایش توانایی گیاه جهت تحمل به شرایط تنش خشکی می‌باشد (Heshmati *et al.*, 2016; Hun & Lee, 2005).

تعداد کپسول در بوته

تأثیر برهمکنش قطع آبیاری و کود بر تعداد کپسول در بوته سیاه‌دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش آن‌ها نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در بوته از تیمار آبیاری کامل توام با ازتوبارور۱ و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا شروع گلدهی و عدم مصرف کود به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش تعداد کپسول در بوته در تیمارهای آبیاری کامل توام با کودهای زیستی ازتوبارور۱ و فسفات بارور ۲ نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم کاربرد کود به ترتیب ۹/۰۱ و۶/۹۷ درصد بود. در این رابطه می‌توان گفت که بروز تنش کم‌آبی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرایند می‌گردد. همچنین طی مرحله زایشی کمبود آب باعث کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در افت تعداد گلچه‌های بارور و عملکرد مؤثر می‌باشد. نتایج تحقیقی نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش شدید تعداد کپسول در بوته می‌شود (Shokoofar & Yaghoubinejad, 2012; Aien, 2013).

نتایج تحقیقی نشان داد که تلقیح بذر سیاه‌دانه با کودهای زیستی از جمله آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس سبب بهبود تعداد کپسول در بوته می‌گردد (Shaalan, 2005). میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی با تولید هورمون‌های محرک رشد و مواد زیستی فعال باعث افزایش رشد رویشی و به تبع آن افزایش تعداد شاخه جانبی و تعداد کپسول در بوته می‌شوند (Khorramdel *et al.*, 2011). کاربرد آزوسپیریلوم و ازتوباکتر سبب افزایش تعداد چتر در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) می‌شود (Darzi *et al.*, 2009). در پژوهش دیگری روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مشخص گردید که کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار تعداد چتر در بوته گردید (Abdou *et al.*, 2004).

تعداد دانه در کپسول

برهمکنش قطع آبیاری و کود به‌طور معنی‌دار تعداد دانه در کپسول را تحت تأثیر قرار داد و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش آن‌ها نشان داد که تیمارهای آبیاری کامل توام با کود بیولوژیک ازتوبارور۱ و قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پرشدن دانه و عدم کاربرد کود به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در کپسول را به

www.SID.ir

Archive of SID

خود اختصاص دادند (جدول ۳). تعداد دانه در کپسول، در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند (Shabanzadeh *et al.*, 2012) و هرچه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد خواهد شد (Rostami, 2004). عدم تشکیل مناسب دانه تحت شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گرده‌افشانی و پرشدن دانه باشد. کمبود آب در این مراحل می‌تواند ضمن تأثیر غیرمستقیم بر فتوسنتز، در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها، رشد سلول‌های جنینی را نیز تحت تأثیر قرار دهد، ضمن آن که تنش خشکی می‌تواند سبب اختلال در گرده‌افشانی و در نتیجه کاهش گل‌های بارور شود (Daneshian *et al.*, 2009). نتایج بررسی اثرات کاربرد انواع کودهای زیستی در گیاه دارویی سیاه‌دانه نشان داد که بیشترین تعداد دانه در نتیجه کاربرد کودهای بیولوژیک (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) به‌دست آمد (Khorramdel *et al.*, 2011).

وزن هزاردانه

تأثیر برهمکنش قطع آبیاری و کود بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه (۵/۲۷ گرم) به تیمار آبیاری کامل توأم با کاربرد کود بیولوژیک ازتوبارور۱ و کمترین آن به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا شروع گلدهی و عدم مصرف کود تعلق داشت (جدول ۳). کود زیستی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی، باعث بهبود وزن هزاردانه می‌گردد. در بسیاری از گیاهان زراعی، تنش آب در مرحله پر شدن دانه، وزن دانه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و سبب کوچک شدن دانه‌ها می‌گردد، که علت این امر را می‌توان ناشی از بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش سطح برگ و کاهش فعالیت فتوسنتزی و کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه‌ها در واکنش به کمبود آب بوده باشد (Rostami, 2004).

در شرایط تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک راندمان انتقال مواد غذایی به دانه افزایش یافته و به تبع آن پر شدن مخازن زایشی گیاه منجر به افزایش وزن هزاردانه شده است (Shaalan, 2005). ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمار شده با میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفر به واسطه تغذیه بیشتر افزایش یافته و به‌دلیل انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، وزن هزاردانه افزایش می‌یابد (Koide, 1993). نتایج بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر سیاه‌دانه نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه از تیمار ترکیبی آزوسپیریلوم و میکوریزا به‌دست آمد (Khorramdel *et al.*, 2011).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری و نوع بر کود اجزای عملکرد، عملکرد، رنگیزه‌های فتوسنتزی، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی سیاه‌دانه

Table 2. Results of variance analysis effect of irrigation cutting and fertilizer type on yield components, yield, photosynthesis pigments, oil percentage and oil yield of black cumin

Source of variation	df	Means of Square									
		Number of follicule per plant	Number of seed per follicule	1000 seed weight	Seed yield	Biological yield	HI	Leaf chlorophyll	Carotenoid	Essential oil percentage	Essential oil yield
Replication	2	0.25	13.35	5.55	341.1	1307.9	8.50	0.001	0.0002	0.018	0.139
Irrigation cutting	3	5.67**	344.33**	4.08**	33476.7**	102528.4**	356.00**	0.16**	0.01**	0.420**	0.059*
Ea	6	0.07	1.68	0.04	33.1	137. 7	3.94	0.001	0.0002	0.0014	0.025
Fertiliazer	3	0.12*	79.83**	0.25**	254.8**	1061.5**	61.62**	0.007**	0.002**	1.038**	10.63**
Irrigation cutting × Fertiliazer	9	2.08**	83.55*	0.78**	4580.7**	16701.7**	327.30**	0.050**	0.004**	0.020**	0.800**
Eb	24	0.04	1.62	0.01	31.90	135.4	3.87	0.005	0.0001	0.0025	0.020
C.V (%)	-	3.66	1.67	3.67	1.80	2.33	2.29	1.06	2.21	4.92	4.55

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly differences and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین برهم‌کنش قطع آبیاری و کود بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک، رنگیزه‌های فتوسنتزی، درصد و عملکرد اسانس سیاه‌دانه

Table 3. Mean comparison interaction effect of irrigation cutting and fertilizer for yield components, yield, photosynthesis pigments, oil percentage and oil yield of black cumin

Irrigation cutting	Fertilizer	Number of follicules per plant	Number of seeds per follicule	1000 - seed weight (g)	Seed yield (kg.ha^{-1})	Biological yield (kg. ha^{-1})	HI (%)	Leaf Chlrophyll (mgr.g^{-1}FW)	Carotenoid (mgr.g-1FW)	Essential oil percentage	Essential oil yelid (kg.ha^{-1})
Control	Control	6.60cd	79.66cd	3.43cd	339.78d	514.52e	64.00fg	2.15d	0.42ef	0.53j	1.87l
	Phosphate-e-Barvar 1	7.20a	88.80a	5.27a	395.07a	685.60a	64.19fg	2.46a	0.56a	1.11ef	4.87a
	Phosphate-e-Barvar 2	7.06ab	84.66b	4.07b	394.41a	564.56c	66.61ef	2.23c	0.48bc	0.88g	4.27b
	Triple phosphate	6.73bc	8086c	4.25b	384.87b	610.00b	67.00ef	2.24c	0.48bc	0.70i	3.00h
Vegetative stress	Control	4.26i	71.20h	2.71h	289.39fg	391.96i	59.60h	1.92g	0.37h	0.70i	2.48i
	Phosphate-e-Barvar 1	5.80e	81.22c	3.28de	317.98e	538.30d	75.07b	1.98g	0.43e	1.21cd	3.86c
	Phosphate-e-Barvar 2	6.86abc	72.20h	3.12ef	351.48c	424.06h	72.83bc	2.05ef	0.41fg	1.13de	3.27fg
	Triple phosphate	4.73h	79.00cd	3.55c	360.95c	453.99g	75.44b	2.02f	0.42ef	0.89g	3.20gh
Flawering stress	Control	5.12g	66.73i	2.81gh	254.22h	508.17ef	60.92gh	2.06ef	0.40g	0.75i	2.19jk
	Phosphate-e-Barvar 1	5.66ef	76.13f	3.18ef	284.82fg	605.63b	62.60gh	2.08e	0.43e	1.42b	3.78cd
	Phosphate-e-Barvar 2	5.13g	68.20i	2.99fg	281.43g	547.66cd	63.88fg	2.24c	0.49b	1.26c	21.39ef
	Triple phosphate	6.26d	78.40de	3.30de	298.17fg	550.13cd	89.42a	2.08e	0.42ef	0.79hi	24.45c
Filling stress	Control	5.06gh	63.26j	2.78gh	214.31g	309.23k	47.98i	1.94gh	0.45d	0.87gh	19.07g
	Phosphate-e-Barvar 1	5.33fg	76.60ef	2.85gh	228.03i	413.97h	63.81fg	2.38b	0.48bc	1.65a	21.21ef
	Phosphate-e-Barvar 2	6.52cd	74.74fg	3.55gh	286.35fg	490.70f	68.48de	2.14d	0.48bc	1.49b	26.34b
	Triple phosphate	5.67ef	73.06gh	3.01fg	292.71f	351.83k	70.87cd	2.22c	0.46cd	1.02f	27.81a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند.

* In each column means followed by at least a common letter are not significantly different at 5 % probability level.

در پژوهش دیگری تلقیح بذر با آزوسپیریلوم سبب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه گیاه دارویی گشنیز شد (Darzi *et al.*, 2009). کود زیستی در مقایسه با عدم مصرف کود، به مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا می‌کند و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزاردانه می‌گردد (Shahraki *et al.*, 2016).

عملکرد دانه و بیولوژیک

با توجه به نتایج (جدول ۲) برهمکنش قطع آبیاری و کود بر عملکرد دانه و بیولوژیک تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک از تیمار آبیاری کامل توام با کاربرد کود زیستی ازتوبارور۱ و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پر شدن دانه و عدم کاربرد کود به‌دست آمد، به‌طوری که عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه و عدم استفاده از کود، ۴۶/۷۶ درصد کمتر از عملکرد دانه در شرایط کاربرد کود زیستی ازتوبارور۱ توام با آبیاری متداول بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری کامل، میزان فتوسنتز افزایش و در نتیجه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت. در مراحل زایشی بروز تنش رطوبتی می‌تواند باعث کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش دهد (Ramroudi *et al.*, 2011). افزایش شدت تنش خشکی منجر به کاهش تعداد کپسول از طریق ریزش آن‌ها و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sierts *et al.*, 1987). اگرچه افت معنی‌دار عملکرد دانه در اثر برخورد گیاه با کمبود و یا عدم دسترسی به آب طی مرحله زایشی بدیهی و اجتناب ناپذیر است، با این حال زمان بروز تنش طی این مرحله از آغاز گلدهی تا مراحل پایانی پر شدن دانه می‌تواند به لحاظ نوع و میزان این خسارت متفاوت باشد. گیاه در موقع تنش خشکی، سطح برگ را کاهش داده و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد، دلیل کاهش وزن خشک کل گیاه به علت کاهش فتوسنتز

www.SID.ir

Archive of SID

حقیقی، کاهش شاخص سطح برگ گیاه بر اثر تنش خشکی می‌باشد (Diallo *et al.*, 2001).

تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد کود می‌شود، زیرا همیاری باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز و وجود سیستم گسترده ریشه‌ای، سبب افزایش طول ریشه، اندام هوایی و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود (Cao *et al.*, 2010). تأمین میزان کافی عناصر غذایی می‌تواند باعث افزایش کارایی ریزجانداران محرک رشد شود، اگر چه در شرایط نامطلوب تغذیه‌ای این باکتری‌ها قادر به افزایش رشد و عملکرد گیاه هستند. تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی بر عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه را این‌گونه می‌توان توجیه نمود که باکتری‌های افزاینده رشد موجود در ازتوبارور۱ با تسهیل اختصاص ماده خشک بیشتر به بوته، سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم‌سازی امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیشتر و در نهایت افزایش رشد و نمو می‌شوند. باکتری‌های افزاینده رشد گیاه موجود در کود زیستی ازتوبارور۱، علاوه بر تثبیت نیتروژن باعث آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله اسید جیبرلیک و اکسین می‌شوند (Vikram *et al.*, 2007). در این شرایط رشد ریشه و دسترسی و جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر (Sharma, 2002) افزایش می‌یابد که در نهایت سبب افزایش ارتفاع بوته و زیست توده گیاه می‌گردد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007; Abdelaziz *et al.*, 2007).

شاخص برداشت

برهمکنش قطع آبیاری و کود به‌طور معنی‌داری شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش آن‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت از تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی تا شروع پرشدن دانه و کاربرد کود سوپرفسفات تریپل و کمترین آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پرشدن دانه و عدم کاربرد کود به‌دست آمد (جدول ۳). کاهش شاخص برداشت احتمالاً به این دلیل بود که در پایان دوره رشد به‌دلیل کمبود آب قابل دسترس، قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه گردیده است. به‌دلیل تأثیر گذاری بیشتر تنش خشکی به‌ویژه در مرحله زایشی، بر عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت کاهش می‌یابد (Gebeyehu, 2006). همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در تولید عملکرد دانه دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش کم‌آبی محسوب می‌شود. در کاربرد کود می‌توان این گونه بیان داشت که گیاه با جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند از تابش خورشیدی بهتر استفاده نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه منتقل و نسبت دانه به ماده خشک کل را افزایش دهد و در نتیجه شاخص برداشت افزایش می‌یابد (Maghsoudi *et al.*, 2013). نتایج تحقیقات متعدد حاکی از افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر کودهای شیمیایی می‌باشد (Shakeri *et al.*, 2012; El-Habbasha *et al.*, 2007).

عملکرد و درصد اسانس

تأثیر برهمکنش قطع آبیاری و کود بر درصد و عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش نشان داد که بیشترین عملکرد و درصد اسانس به ترتیب از تیمارهای آبیاری کامل توام با بذر مال کود زیستی ازتوبارور۱ و قطع آبیاری از مرحله شروع پر شدن تا انتهای پر شدن دانه و بذرمال کود زیستی ازتوبارور۱ به‌دست آمد (جدول ۲). اختلاف درصد اسانس را می‌توان به تأثیر مثبت کود زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ایی گیاهان تحت شرایط تنش خشکی نسبت داد. نتایج حاکی از آن است که با تشدید تنش آبی عملکرد اسانس کاهش یافت. کاهش عملکرد اسانس در نتیجهٔ کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیان آور تنش آبی بر رشد و زیست توده گیاه باشد (Ramroudi *et al.*, 2017). اثرات نامناسب تنش کم‌آبی در کاهش عملکرد اسانس در گیاه دارویی ریحان (Hassani & Omid Beigi, 2002; Refaat & Saleh, 1997) و در گیاه دارویی اکلیل کوهی (Letchamo & Deiana, 1996)

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش شده است. در شرایط وقوع تنش خشکی، میزان تولید مواد مؤثره به منظور جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد (Herms & Mattson, 1992). کود زیستی از طریق کمک به جذب عناصری از جمله نیتروژن، فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، سبب افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و نهایتاً افزایش اسانس می‌گردند (Darzi, 2007). وجود عناصری از جمله نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های ترپنوئیدی (اسانس‌ها) ضروری می‌باشد (Hornok, 1992). از این‌رو، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن همراه با باکتری تیوباسیلوس از طریق کاهش اسیدیته خاک، جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شدند.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج، برهمکنش قطع آبیاری و کود بر عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد اسانس و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی سیاه‌دانه تأثیرگذار بود و تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری سبب کاهش آن‌ها شد، ولی درصد اسانس افزایش یافت. بروز تنش کم‌آبی طی دوره رشد زایشی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد دانه شد. با کاربرد کود زیستی به‌صورت بذرمال و کود شیمیایی تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد بیولوژیک و دانه، مقدار کلروفیل و کاروتنوئید برگ و نیز درصد و عملکرد اسانس افزایش یافت. بنابراین کاربرد کود زیستی می‌تواند سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و به‌عنوان راه‌کاری برای افزایش عملکرد و جایگزینی برای کود شیمیایی و توسعه کشاورزی پایدار باشد. به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که با توجه به برهمکنش معنی‌دار کاربرد کود زیستی و قطع آبیاری در گیاه دارویی سیاه‌دانه تحت شرایط محدودیت آبی می‌توان با کاربرد کودهای زیستی اثرات منفی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و درصد و عملکرد اسانس را تخفیف داد.

سپاسگزاری

از حمایت مالی در چاپ مقاله که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره ۱۰/۹۶/۲۳۷۱/پ تأمین شده است، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdelaziz, M., Pokluda, R. & Abdelwahab, M. (2007). Influence of compost, microorganism and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35, 86-90.
2. Abdou, M., El-Sayed, A. A., Badran, F. S. & El-Deen, R. M. S. (2004). Effect of planting density and chemical and biofertilization on vegetative growth, yield and chemical composition of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller): I- Effect of planting density and some chemical (Nofatrein) and biochemical (Biogen) fertilizers. *Annals of Agricultural Science*, 42(4), 1907-1922.
3. Aien, A. (2013). Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and some agronomic traits of two sesame genotypes. *Seed and Plant Production Journal*, 29, 67-79. (In Farsi)
4. Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidcon, F., Rezaee, M.B. & Sharifi, A. (2003). Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and mixure of them on seed yield and main, compositions of essential oil of ajowan (*Trachyspermum copticum*). Pajouhesh and Sazandegi, 61, 32-41. (in Farsi)
5. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
6. Balaguer, L., Pugnaire, F. I., Martinz-Ferri, E., Armas, C., Valladares, F. & Manrigue, E. (2002). Ecophysiological significance of chlorophyll loss and reduced photochemical efficiency under extreme avidity in stipa tenacissimal. *Plant and Soil*, 240, 343-352.
7. Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54, 464-465.
8. Cao, D. Z., Liang-Gang, J., Xiao, Z. & Qian, Z. Y. (2010). Effects of biofertilizer on organically cultured cucumber growth and soil biological characteristics. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 21(10), 2587-2592.

www.SID.ir

Archive of SID

9. Daneshian, J., Hadi, H. & Jonoubi, P. (2009). Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(4), 393-409. (In Farsi)
10. Darzi, M. (2007). *Evaluation the effects of bio-fertilizers on quantitative and qualitative triats of Fennel in order to get to sustainable agriculture*. Ph.D. Thesis, University of Tarbiat Modares. 115 pp. (in Farsi)
11. Darzi, M. T., Ghalavand, A. & Rejali, F. (2009). The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(1), 1-19. (in Farsi)
12. Davazadeh Emami, S. & Majnoon Hosseini, N. (2008). *The Cultivation and Production of Medicinal and Medicinal Plants*. UnivesityTehran Publication 324 pp. (in Farsi)
13. Diallo, A. T., Samb, P. I. & RoyMacauley, H. (2001). Water status and stomatal benavioxr of cowpea, *vigna*, *unguiclata* (L.) walp and plauts inoculated with two glomus species at low soil moisture levels. *European Journal of Soil Biology*, 37, 187-196.
14. El-Habbasha, S. F., Abd, E.l., Salam, M.S. & Kabesh, M.O. (2007). Response of two sesame varietie (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizers by bio- organic fertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 3, 563-571.
15. Fayaz, M., Zareh, S. & Ashouri, P. (2011). Identification and distribution of plants and industrial Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Publishing Research Institute of Forests and Rangelands*. (in Farsi)
16. Galavand, A., Hamidi, A., Deghan shahar, M., Malakoti, M. J., Ashgharzadeh, A. & Chogan, R. (2006). Application of biological fertilizers, ecological strategy for sustainable management of farmland. *The 9th Iranian Crop Science Congress*, Aug 27-29, 2006. Aboureyhan Campus-University of Tehran. (in Farsi)
17. Gebeyehu, S. (2006). *Physiological response to drought stress of common bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes differing in drought resistance*. Ph.D. Thesis. University of Giessen, Germany, Pp. 121.
18. Harbone, B. & Dey, P. M. (1997). *Plant Biochemistry*. Academic Press, New York
19. Hassani, A. & Omid Beigi, R. (2002). Effects of water stress on some morphological, physiological, and metabolic characteristics of basil. *Iranain Journal of Agriculture Science*, 3(12), 47-59. (in Farsi)
20. Herms, D. A. & Mattson, W. J. (1992). The dilemma of plants: To grow or defend. *The Quarterly Review of Biology*, 67, 283-325.
21. Heshmati, S., Amini Dehaghi, M., Rezazadeh, A. R. & Fathi Amirkhiz, K. (2016). Study the effect of different phosphorus fertilizers on physiological characteristic of photosynthetic pigments and soluble sugars of safflower under water deficit condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(2), 304-3017. (In Farsi).
22. Hornok, L. (1992). *Cultivation and Processing of Medicinal Plants*. Akademia Kiado, Budapest, Hungary.
23. Hun, H.S. & Lee, K. D. (2005). Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biology Science*, 1(3), 210-215.
24. Jat, B. L. & Shaktawat, M. S. (2003). Effect of residual phosphorus, sulphur and biofertilizers on productivity, economics and nutrient content of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Indian Journal of Agricultural*, 73(3), 134-137.
25. Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. & Nabati, J. (2009). *Physiology of Environmental Stresses in Plants*. Ferdowsi University of Mashhad Pub. Pp: 457. (in Farsi)
26. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculum vulgare Mill.on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93(3), 307-311.
27. Khorramdel, S., Koocheki, A. R., Nassiri Mahallati, M. & Ghorbani, R. (2011). Effect of biofertilizers on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 8(5), 766-758. (in Farsi)
28. Koide, R. (1993). Physiology of the mycorthiza plant. *Advance Plant Pathology*, 9, 33-54.
29. Letchamo, W. & Deiana, A. (1996). Transpiration, essential oil glands, epicuticularwax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. *Journal of Horticultural Science*, 71(1), 123-134.
30. Maghsoudi, I., Ghalavan, A. & Aqaali Khani, M. 2013. Effect of organic, chemical, biological and combined nutrition on grain yield and quality characteristics of corn. *Soil and Water Research (Soil and Water Science)*, 27(3), 275-284. (in Farsi)
31. Mahfouz, S. A. & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). *Agrophysics Journal*, 21, 361-366.
32. Mirseyedi, S. K., Nasiri, Y., Morshedloo, M. R. & Khalili, M. (2020). Evaluation of organic, chemical, biological and amino acids application on quantitative and qualitative characteristics of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different harvesting. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1), 755-767. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

33. Mohammadkhani, N. & Heidari, R. (2007). Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan. *Journal of Biological Science*, 10(22), 4022-4028.
34. Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982). Phsphorus. In: Page AL, Miller, RH, Keeney, D.R. (eds.). Methods of soil analysis, part 2. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. Pp: 403-430.
35. Ramroudi, M., Chezgim, M. & Galavi, M. (2017). Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmatic adjustments in Moldavian (*Dracocephlum moldavica* L.) under low irrigation conditions. *Iranain Journal of Field Crop Science*, 48(1), 149-158. (in Farsi)
36. Ramroudi, M., Keykha Jaleh, M., Galavi, M., Seghatolesalmi, S. M. J., & Baradaran, R. (2011). The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yield of isabgol (*Plantago aovata* Forsk). *Journal of Agroecology*, 3(2), 219-226. (iIn Farsi)
37. Rawia, A., Eid, S., Abo-sedera, A. & Attia, M. (2006). Influence of nitrogen fixing bacteria in corporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of *Celosia argentea*. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(4), 450-458.
38. Refaat, A. M. & 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.
39. Rhoades, J.D. (1996). Salinity: Electrical Conductivity and total dissolved solids. P. 417- 436. In D.L. Sparks et al., (eds) *Methods of soil analysis*. Part 3. American Society of Agronomy, Madison. WI.
40. Rostami, M. (2004). *Effect of late season drought stress on yield and physiological characteristics of wheat cultivars and determination of the best drought index*. M.Sc. thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Farsi)
41. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F. & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
42. Schneider-Stock, R. & Fakhoury, I.H. (2014). Thymoquinone: Fifty years of success in the battle against cancer models. *Drug Discovery Today*, 19(1), 18-30.
43. Schutz, H. & 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.
44. Sefidkon, F. (2001). Essentiaal oil content and chemicaal composition of *Foeniculum vulgare* Mill. at different stage of plant growth. *Iranain Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 10, 85-104. (in Farsi)
45. Shaalan, M. N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83, 811-828.
46. Shabanzadeh, Sh., Ramroudi, M. & Galavi, M. (2012). Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black cumin in different irrigation regime. *Journal of Crop Production and Processing*, 1(2), 79-89. (in Farsi)
47. Shahraki, M., Dahmardeh, M., Khamari, E. & Asgharzadeh, A. (2016). Effect of Azotobacter and Azospirillum and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, 8(1), 59-69. (in Farsi)
48. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A. & Modares Sanavi, S. A. M. (2012). Effect of chemical fertilizer and biofertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in sesame varietes. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 71-85. (in Farsi)
49. Sharma, A.K. 2002. *Bifertilizers for Sustainable Agriculture*. Agrobios Indian Publication.
50. Shokoofar, A. R. & Yaghoubinejad, S. (2012). Effect of drought stress on yield components of sesame varieties. *Journal of Agriculture and Plant Breeding*, 8(4), 19-29. (in Farsi)
51. Sierts, H.P., Geisler, G., Leonard, J. & Diepenbrock, W. (1987). Stability of yield components from winter oilseed. rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*s, 158, 107-113.
52. Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity. p. 475- 490. In D.L. Sparks, (ed) Methods of soil analysis. patt 3. American Society of Agronomy, Madison. WI.
53. Vikram. A., Hamzehzarghani, H., Al-Mughhrabi, K. I., Krishnaraj, P. U. & Japadeesh, K. S. (2007). Interaction between *Pseudomonas fluorescens* FPD-15 and *Bradyrhizobium* spp. In peanut. *Biotechnology*, 6, 292-298.
54. Youssef, A. A., Edris, A. E. & Gomaa, A. M. (2004). A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. *Plant Annals of Agriculture Science*, 49, 299-311.
55. Zaidi, S. F. A. (2003). Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *fluorescent Pseudomonas* to control *Rhizoctonia solani* in soybean [*Glycine max* (L) Merr]. *Annals of Agricultural Research*, 24, 151-153.
56. Zakerian, F., Sefidkon, F., Abbaszadeh, B. & Kalate-Jari, S. (2020). Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on physiological traits and essential oil percentage of *Satureja sahandica* Bornm. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1),189-201. (in Farsi)
57. Zand, A., Aroiee, H., Chaichi, M. R. & Nemati, S. H. (2017). Effects of bio-fertilizers on some physiological characteristics, essential oil percentage and yield of spearmint (*Mentha spicata* L.) under deficit irrigation. *Iranain Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(1), 112-125. (in Farsi)

www.SID.ir