نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2021.352963.2919
جلد ۳۸، شماره ۱، صفحه ۳۷-۲۲ (۱۴۰۱) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350905.1401.38.1.2.0

پاسخ عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) به قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

منصور جمالی دوست[۱]، امین صالحی[۲*]، حمیدرضا بلوچی[۳] و پروین رستم‌پور[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

پست‌الکترونیک: aminsalehi@yu.ac.ir

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۴- دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۴۰۰ | تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

چکیده

برای بررسی عملکرد کمّی و کیفی زنیان (*Carum copticum* L.) به قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی سروستان- استان فارس در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. عامل اصلی شامل آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و عامل فرعی شامل سطوح تغذیه‌ای در شش سطح (شاهد، میکوریزا، ۱۵ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا، ۳۰ تن کود دامی در هکتار و ۳۰ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا) بود. قطع آبیاری به‌طور میانگین به‌ترتیب سبب کاهش ۳۰/۶۵، ۳۷/۲۵، ۴۶/۱۲، ۴۳/۴۰، ۲۴/۴۰، ۴۱/۷۸، ۱۹/۶۸ و ۵۲/۸۶ درصدی ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد اسانس و عملکرد اسانس نسبت به آبیاری مطلوب شد. استفاده از کود دامی و قارچ میکوریزا نسبت به حالت عدم کاربردشان مثبت ارزیابی شد. به‌طوری که هم در تیمار آبیاری مطلوب و هم قطع آبیاری سبب افزایش همه صفات ذکر شده گردید. اما برهم‌کنش سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای تنها در صفات درصد اسانس و عملکرد اسانس معنی‌دار شدند. بیشترین میزان اسانس (۲٪/۸۰) در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی در هکتار+ میکوریزا و آبیاری مطلوب و کمترین میزان (۱٪/۶۰) در تیمار شاهد و آبیاری مطلوب مشاهده شد. بیشترین عملکرد اسانس (۱۵/۰۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار + میکوریزا و آبیاری مطلوب و کمترین این صفت (۴/۶۲ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار شاهد و قطع آبیاری بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، عملکرد اسانس، زنیان (*Carum copticum* L.)، میکوریزا.

مقدمه

گیاه زنیان با نام علمی *Carum copticum* از تیره چتریان (Apiaceae) است که اسانس این گیاه با نام oil Ajowan شناخته می‌شود. این اسانس ظاهری بی‌رنگ یا مایل به قهوه‌ای و بویی شبیه تیمول دارد. ترکیب‌های آن تیمول، ترپینن، کارواکرول، آلفا-پینن و بتا-پینن، پارا-سیمن و ... گزارش شده است (Karapikar & Aktuge, 1987). از مهمترین عوامل محدودکننده تولید در سامانه‌های

کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود منابع آبی است که محدوده تأمین سایر منابع و همچنین کارایی مصرف آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Uçan *et al*., 2007).

Bazazi و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله را ارزیابی کردند و کاهش تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه) را در اثر تنش خشکی گزارش کردند. Mokhtari و Bradaran (۲۰۱۱) نیز بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensi* شد. به‌طوری که بیشترین آنها مربوط به تیمار بدون تنش (آبیاری معمول منطقه هر ۵ روز یک‌بار) و کمترین میانگین صفات مربوط به تیمار دور آبیاری ۹ روز بود. باتوجه به اهمیت و ارزش کاربردی گیاهان دارویی و نیز به علت خشکسالی‌های اخیر کشور و قرار گرفتن ایران جزء چهارمین کشور در خطر خشکسالی، بدست آوردن روشی که بتواند شرایط رویشی و افزایش مواد مؤثره گیاهان دارویی را بهبود بخشد ضروریست. یکی از این روش‌ها، بررسی همزیستی و درصد کلونیزاسیون ریشه گیاهان با قارچ میکوریزاست. قارچ‌های میکوریزا به‌عنوان ادامه سیستم ریشه‌ای گیاه، آب و عناصر غذایی را از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهند و این موضوع باعث بهبود کارایی مصرف آب، بهبود تغذیه معدنی گیاه و نیز کاهش اثرهای تنش کمبود آب می‌شود و به دوام گیاه در برابر خشکی کمک می‌کند (Rahimi *et al*., 2016). میکوریزا می‌تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه شده و از طریق افزیش طول مؤثر ریشه سبب افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش رشد و در نهایت سبب مقاومت به خشکی یا تحمل در گیاه میزبان شود (Mohammadi *et al*., 2011). Gholinezhad (۲۰۱۷) در کنجد گزارش کرد که کاربرد قارچ میکوریزا (گلوموس موسهآ و گلوموس اینترارادیسز) نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی شد. علت این افزایش را در ارتباط با تأثیر قارچ میکوریزا بر تثبیت فسفر، نیتروژن، ماندگاری بیشتر برگ‌ها روی گیاه، حفظ و افزایش اندازه برگ و همچنین افزایش میزان فتوسنتز از طریق کلروفیل بیشتر دانستند. بررسی اثر تلقیح با میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، با دو فاکتور تلقیح با میکوریزا در دو سطح (با تلقیح و بدون تلقیح) و حجم‌های آبیاری در سه سطح (۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار) نشان داد که در شرایط تلقیح با میکوریزا عملکرد بیولوژیکی رازیانه و زنیان به‌ترتیب ۵/۰۳ و ۴/۳ گرم بر مترمربع بود. همزیستی با قارچ میکوریزا موجب بهبود عملکرد دانه رازیانه و زنیان به‌ترتیب به‌میزان ۴۶٪ و ۹۷٪ در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تلقیح با میکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به‌ترتیب ۴/۲٪ و ۳٪ بود. بیشترین میزان اسانس رازیانه و زنیان (به‌ترتیب با ۴/۰ و ۳/۴٪) در حجم آبیاری ۱۰۰۰ مترمکعب و کمترین میزان آن در حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به‌ترتیب با ۳/۲ و ۲/۹٪) مشاهده شد (Kouchaki *et al*., 2015). در تحقیقی با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزای *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر رشد گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی نشان داده شد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشت، به‌طوری که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ کاهش یافت. به‌علاوه اثر کاربرد قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا بر پارامترهای رشد معنی‌دار بود. گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، از رشد و عملکرد بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند (Aslani *et al*., 2011). همچنین استفاده از انواع نهاده‌های آلی می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای بوم‌شناختی مؤثر بر بهبود خصوصیات کمّی و کیفی گیاهان دارویی مورد توجه قرار گیرد. کودهای آلی به‌ویژه کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و

به‌عنوان منابع غنی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌شمار می‌روند که این عناصر را به مرور در اختیار گیاهان قرار می‌دهند. Leithy و همکاران (۲۰۰۶) در جریان پژوهش خود گزارش کردند که کاربرد کودهای دامی علاوه بر بهبود عملکرد محصول از طریق افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، افزایش میزان فتوسنتز و افزایش تولید ماده خشک، باعث بهبود کیفیت خاک (ویژگی‌های فیزیکی) نیز شد. پژوهشی برای بررسی کشت مخلوط جو و زنیان تحت تأثیر کودهای دامی و شیمیایی در مزرعه پژوهشی دانشگاه زابل اجرا شد. عامل اصلی کود دامی پوسیده و کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عامل فرعی شامل پنج آرایش مختلف کشت بود. نتایج نشان داد که کشت مخلوط زنیان-جو با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر همراه با کاربرد کود دامی می‌تواند برای بهبود عملکرد در منطقه گرم و خشک زابل توصیه شود (Mahdavimarj *et al.*, 2015). همچنین Eblagh و همکاران (۲۰۱۳) اثر کاربرد سطوح مختلف کود فسفر، کود دامی (گاوی) و باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد، میزان و ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه زنیان، را بررسی کردند. نتایج نشان داد که عملکرد اسانس با افزایش سطوح کود دامی و حضور باکتری حل‌کننده فسفات افزایش یافت. Akbarinia و Sefidkon (۲۰۰۶) تأثیر کودهای شیمیایی، آلی و تلفیق آنها بر عملکرد و میزان اسانس دانه گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum*) بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر نیتروژن و فسفر به‌ترتیب تا ۹۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه زنیان افزایش یافت. کودهای شیمیایی تأثیری بر میزان اسانس دانه نداشت. در روش تغذیه ارگانیک با افزایش مقدار کود دامی عملکرد دانه و میزان اسانس افزایش یافت که بیشترین آن مربوط به تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار بود. تیمارهای تلفیق کودهای شیمیایی و کود دامی در مقایسه با بکارگیری جداگانه هر یک از آنها عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس بیشتری داشت.

با وجود وقوع خشکسالی و مواجه شدن با کمبود آب در کشور در سال‌های اخیر که پهنه وسیعی از کشور را تحت تأثیر قرار داده است و همچنین استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و به‌دنبال آن آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی، آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش کمّیت و کیفیت محصولات کشاورزی، اجرای برنامه‌های عملی برای افزایش بازدهی آب در گیاه و کاهش اثرهای زیانبار کودهای شیمیایی از اولویت‌های مهم پژوهشی است. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریزا و کود دامی در بالا بردن مقاومت گیاه زنیان به تنش‌های خشکی بوده تا بتوان ضمن افزایش عملکرد کمّی و کیفی این محصول، پیامدهای تنش خشکی را نیز تعدیل کرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش برای ارزیابی اثر سطوح مختلف آبیاری و تغذیه‌ای بر خصوصیات عملکردی، اجرای عملکرد و میزان اسانس دانه زنیان در مزرعه تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی سروستان- استان فارس در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب (آبیاری معمول، برابر ۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر)) و قطع آبیاری در مرحله گلدهی (۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر- برابر نصف نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی شامل سطوح تغذیه‌ای در شش سطح (شاهد، میکوریزا، ۱۵ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی در هکتار + میکوریزا، ۳۰ تن کود دامی در هکتار و ۳۰ تن کود دامی در هکتار + میکوریزا) بود.

برای تعیین میزان حاصلخیزی خاک و نیاز کودی قبل از انجام عملیات زراعی از ۱۰ نقطه مزرعه و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه خاکی مرکب تهیه و در آزمایشگاه آب و خاک و گیاه شرکت دشت‌ناز گلشن یاسوج تجزیه شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. مشخصات اقلیمی مکان آزمایش نیز در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of experimental site soil

Texture	pH	EC ($ds.m^{-1}$)	Organic matter (%)	Total N (%)	Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)	Absorbable K ($mg.kg^{-1}$)	Absorbable Zn ($mg.kg^{-1}$)
Loamy clay	7.50	0.5	1.7	0.21	8	250	0.46

جدول ۲- مشخصات اقلیمی مکان مورد آزمایش

Table 2. Climatic characteristics of experimental site

Date	Temperature (°C)			Relative humidity (%)		Precipitation (mm)
	Minimum	Maximum	Medium	Minimum	Maximum	
March (2018)	8.3	14.3	11.3	22	79	2.0
April (2018)	13.6	30.3	21.9	20	78	1.0
May (2018)	13.6	40.6	29.5	8	46	0
June (2018)	13.3	41.3	43.3	7	41	0
July (2018)	20.3	41.9	32.6	12	55	0
August (2018)	9.6	38.5	29.0	11	55	0
September (2018)	14.0	34.0	24.0	10	55	0
October (2018)	9.2	26.7	20.0	12	48	4.0
November (2018)	7.9	17.9	12.9	46	93	9.8
December (2018)	2.8	18.0	10.4	25	81	4.0
January (2018)	3.9	20.6	12.3	20	80	1.5
February (2018)	7.12	14.3	12.2	20	65	2.5

جدول ۳- مشخصات کود دامی

Table 3. Manure specifications

Characteristics	Total N (%)	Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)	Absorbable K ($mg.kg^{-1}$)	Organic matter ($mg.kg^{-1}$)
Manure	2.81	0.9	4.64	57.24

عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح)، طبق نقشه اجرایی طرح، هر کرت اصلی آزمایش از ۴ کرت فرعی و هر کرت فرعی از ۳ پشته به طول ۳ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر با ۲ ردیف کاشت (فاصله خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متری) و فاصله بذر روی ردیف ۴ سانتی‌متر تنظیم شد. برای جلوگیری از اثرهای احتمالی نشت آبیاری‌ها، بین

دو کرت اصلی سه پشته نکاشت (۱/۵ متر) و بین دو کرت فرعی، یک پشته نکاشت (۰/۵ متر) و فاصله بین دو بلوک ۳ متر لحاظ شد. قارچ میکوریزا آربوسکولار حاوی هیف‌ها، وزیکول‌ها و آربوسکول‌های گلوموس موسه‌آ (*Glomus mosseae*) تهیه شده از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک، شهرستان اسدآباد- همدان (به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار) و هر گرم نمونه کود قارچ میکوریزا حاوی حدود ۱۲۰ اسپور زنده بود. کوددهی طبق آزمون خاک و در نظر گرفتن نیاز گیاه انجام شد (با توجه به حدود بحرانی عناصر در خاک) (Malakouti, 2008). قارچ میکوریزا به‌میزان ۲۰ گرم به‌ازای هر بوته در هنگام کاشت و داخل کپه‌های حفر شده برای کشت بذر به‌صورت نواری استفاده گردید، سپس عملیات کاشت انجام شد. بذر زنیان از توده بومی نهاوند بوده که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و در تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۰۱ بذرهای زنیان در عمق ۳ سانتی‌متری زیر خاک کاشته شدند. تیمارهای قطع آبیاری در زمان گلدهی زنیان اعمال شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد بنا به ضرورت از طریق وجین دستی کنترل گردید.

کاشت در طرفین هر پشته به‌صورت کپه‌ای انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گردید. مزرعه هر سه روز یک‌بار تا زمان خروج گیاهچه‌ها آبیاری شد. ۷ روز پس از کاشت، سبز شدن کامل شد و در ادامه مزرعه تا ۳۰ تیر هر ۱۲ روز یک‌بار آبیاری شد. برای تعیین میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، از چند تانسیومتر در نقاط مختلف کرت‌های آزمایشی استفاده گردید. آبیاری در تیمارهای مختلف، با توجه به عدد قرائت شده از روی دستگاه (بین ۳۰ و ۳۵ که برابر ۰/۳- تا ۰/۳۵- اتمسفر می‌باشد) انجام شد. زمان اعمال تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و در تاریخ ۱ مرداد ۹۷ بود که تا ۱۵ شهریور به طول انجامید و در این مدت در کرت‌های تیمار آبیاری مطلوب تا ۳۰ شهریور، هر ۱۵ روز یک‌بار (۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر- برابر نصف نیاز آبی گیاه) آبیاری انجام شد. آبیاری مطلوب ۴ دوره بیشتر از تیمار قطع آبیاری، آبیاری شد. یعنی برابر ۴ بار آبیاری تیمار آبیاری کامل. در کرت‌های آزمایشی تیمار مذکور آبیاری انجام نشد. درنهایت تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله گلدهی برابر با ۱۸ و ۱۴ نوبت آبیاری بود.

در پایان فصل رشد با زرد شدن برگ‌ها و قهوه‌ای شدن بذرها، برداشت برای تیمار قطع آبیاری در تاریخ ۱۵ شهریورماه و آبیاری مطلوب ۳۰ شهریورماه انجام شد. برداشت از سطح ۴ خط کاشت پس از حذف دو خط کاشت حاشیه هر کرت و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت، از سطحی برابر ۱ مترمربع انجام شد. در سطوح مذکور تمامی بوته‌ها از سطح ۱ سانتی‌متری خاک برداشت شدند. در این تحقیق صفاتی از قبیل تعداد ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی (در زمان زرد شدن برگ‌ها و چترها)، درصد اسانس و عملکرد اسانس مورد سنجش قرار گرفتند. به این منظور تعیین تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزاردانه و عملکرد کاه در مرحله رسیدگی کامل (زمانی که رنگ بذرها قهوه‌ای شده بود)، ۱۰ بوته از هر کرت فرعی از ۱ سانتی‌متری سطح خاک برداشت شد. سپس تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر شمارش و اندازه‌گیری گردید و میانگین آنها برای هر کرت لحاظ شد. همچنین بعد از شمارش تعداد ۱۰۰۰ دانه از هر کرت فرعی آزمایشی، به‌وسیله ترازوی دیجیتال وزن و به‌عنوان وزن هزاردانه هر کرت آزمایشی در نظر گرفته شد. برای تعیین عملکرد زیستی و عملکرد دانه، ۱ مترمربع از وسط هر کرت انتخاب گردید و بعد از برداشت از سطح ۱ سانتی‌متری خاک، همه چترها از بوته‌ها جدا و تمامی دانه‌ها از چترها به روش دستی جدا شد. سپس بذرهای جدا شده از هر کرت پس از دست دادن رطوبتشان وزن شدند و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح برای هر تیمار محاسبه گردید. عملکرد زیستی کل نیز از طریق جمع عملکرد کاه و عملکرد دانه بدست آمد. برای استخراج اسانس، ۱۰۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن و پس از آسیاب شدن، به آن ۱۰۰۰ لیتر آب‌مقطر اضافه شد. سپس هر یک از نمونه‌ها به مدت سه ساعت در دستگاه کلونجر جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود. پس از جمع‌آوری و تعیین درصد اسانس،

عملکرد اسانس براساس حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ انجام شد. برای صفاتی که برهم‌کنش دو عامل معنی‌دار گردید برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین با رویه L.S.Means انجام شد. نمودارها نیز با کمک نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

اثر قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد اما برهم‌کنش این دو فاکتور بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۴). براساس جدول مقایسه میانگین اثرهای اصلی (جدول ۵)، بیشترین میزان ارتفاع بوته (۸۰/۳۸ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری مطلوب بدست آمد که با تیمار قطع آبیاری (۶۱/۵۹ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در بین سطوح تغذیه‌ای، کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا باعث افزایش میزان این صفت نسبت به شاهد و کاربرد جداگانه منابع تغذیه‌ای شد و در بین تیمارهای تلفیقی کود دامی و میکوریزا، با افزایش سطوح کود دامی میزان این صفت افزایش یافت؛ به‌طوری که بیشترین میزان ارتفاع بوته (۸۲/۳۰ سانتی‌متر) در تیمار تلفیقی ۳۰ تن کود دامی در هکتار+میکوریزا بدست آمد که با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفت و اختلافش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود.

کمترین مقدار ارتفاع بوته (۵۵/۷۵ سانتی‌متر) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد که با هیچ‌یک از تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت. براساس مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و منابع تغذیه‌ای، بیشترین ارتفاع بوته از تیمار آبیاری مطلوب توأم با ۳۰ تن کود دامی در هکتار+میکوریزا و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری و شاهد حاصل شد (جدول ۶).

اثر قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای بر اجزای عملکرد (تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزاردانه) زنیان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که آبیاری و منابع تغذیه‌ای تأثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد زنیان داشته است اما برهم‌کنش این دو فاکتور تأثیر معنی‌داری را نشان نداد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مشابه ارتفاع بوته اعمال قطع آبیاری تأثیر معنی‌داری در کاهش تعداد چتر در بوته زنیان داشت، به‌طوری که نسبت به آبیاری مطلوب سبب کاهش ۳۷/۲۵ درصدی این صفت شد (جدول ۵). در بین سطوح تغذیه‌ای بیشترین تعداد چتر در بوته (۳۳/۷۳) در تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+میکوریزا مشاهده شد که اختلافش با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا معنی‌دار نبود، در بین سایر تیمارها، تیمارهای کاربرد جداگانه منابع تغذیه‌ای (میکوریزا، ۱۵ تن کود دامی و ۳۰ تن کود دامی در هکتار) اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند اما اختلافشان با تیمار شاهد (۱۷/۸۹) معنی‌دار شد. تأخیر در زمان آبیاری سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در چتر زنیان شد، به‌طوری که مقایسه میانگین سطوح آبیاری نشان داد که بیشترین میزان تعداد دانه در چتر (۱۲۵/۳۰) در تیمار آبیاری مطلوب بدست آمد که با تیمار قطع آبیاری (۸۵/۷۵) اختلاف معنی‌داری را نشان داد و باعث افزایش ۴۶/۱۲ درصدی نسبت به قطع آبیاری در مرحله گلدهی شد. طبق نتایج جدول ۵، کود دامی و میکوریزا توانستند تأثیر معنی‌داری را بر این صفت نسبت به عدم کاربرد منابع کودی داشته باشند. در بین سطوح تغذیه‌ای، کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا باعث افزایش میزان این صفت نسبت به کاربرد جداگانه منابع تغذیه‌ای و تیمار شاهد شد و در بین تیمارهای تلفیقی کود دامی و میکوریزا با افزایش سطوح کود دامی میزان این صفت افزایش یافت؛ به گونه‌ای که بیشترین تعداد دانه در چتر (۱۲۴/۲۵) در تیمار تلفیقی ۳۰ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا بدست آمد که با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفت و اختلافش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد زنیان (***Carum copticum*** **L.**) در سطوح مختلف آبیاری و کاربرد منابع تغذیه‌ای

Table 4. Analysis of variance of yield and yield components of ajwain (*Carum copticum* L.) at different levels of irrigation and application of nutritional sources

Source of variation	d.f.	Plant height	Number of umbels per plant	Number of seeds per umbel	1000-seed weight	Seed yield	Biological yield	Percentage of essential oils	Essential oil yield
Repetition (R)	3	$6.6770n^{s}$	22.122^{ns}	326.288^{*}	0.008^{ns}	4561.547^{ns}	60453.40^{ns}	0.006^{ns}	4.945^{*}
Irrigation (I)	1	4269.15^{**}	825.518^{**}	18768.453^{**}	2.471^{**}	99710.81^{**}	19323189.92^{**}	1.647^{**}	163.652^{**}
Error a	3	24.5537	36.780	176.215	0.162	8724.58	178816.57	0.125	7.065
Nutrition (N)	5	713.966^{**}	252.749^{**}	1609.558^{**}	0.156^{**}	55857.29^{**}	1884029.41^{**}	0.428^{**}	52.751^{**}
I × N	5	19.8544^{ns}	10.121^{ns}	53.683^{ns}	0.006^{ns}	10.121^{ns}	100686.11^{ns}	0.284^{**}	6.270^{*}
Error b	30	23.2800	16.723	84.029	0.023	16.723	141761.03	0.045	1.438
C.V. (%)	-	6.80	15.47	8.69	11.85	15.47	10.25	10.27	13.56

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح آبیاری و کاربرد منابع تغذیه‌ای بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد بذر زنیان (***Carum copticum*** **L.**)

Table 5. Means comparison of the main effect of irrigation levels and application of nutritional sources on morphological traits, yield, and yield components of ajwain (***Carum copticum*** **L.) seed**

Treatment	Plant height (cm)	Number of umbels per plant	Number of seeds per umbel	1000-seed weight (gr)	Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
Irrigation						
Optimal irrigation	80.38^{a*}	30.58^{a}	125.30^{a}	1.52^{a}	464.78^{a}	4306.2^{a}
Irrigation cut-off	61.52^{b}	22.28^{b}	85.75^{b}	1.06^{b}	373.63^{b}	3037.3^{b}
Nutritional sources						
Control	55.75^{e}	17.89^{d}	82.80^{d}	1.10^{d}	295.23^{d}	2912.0^{d}
Mycorrhiza	74.18^{bc}	26.95^{bc}	106.70^{b}	1.30^{bc}	450.41^{b}	3758.9^{b}
15 $ton.ha^{-1}$ manure	69.78^{cd}	26.31^{c}	94.91^{cd}	$1.19c^{d}$	396.10^{c}	3306.1^{c}
15 $ton.ha^{-1}$ manure + mycorrhiza	77.90^{ab}	30.80^{ab}	117.70^{a}	1.38^{ab}	$490.08a^{b}$	3931.3^{ab}
30 $ton.ha^{-1}$ manure	65.85^{d}	22.91^{c}	103.77^{bc}	$1.26b^{cd}$	397.56^{c}	3850.6^{b}
30 $ton.ha^{-1}$ manure + mycorrhiza	82.30^{a}	33.73a	124.28^{a}	1.50^{a}	518.84^{a}	4271.5^{a}

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (LSD test) at 5% probability level.

کمترین تعداد دانه در چتر (۸۲/۸۰) در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). اعمال قطع آبیاری در مرحله گلدهی باعث کاهش ۴۳/۴۰ درصدی وزن هزاردانه نسبت به آبیاری مطلوب شد. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین سطوح تغذیه‌ای، بیشترین میزان وزن هزاردانه (۱/۵۰ گرم) در تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا حاصل شد که جز با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا، با بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت و کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمارهای کاربرد ۱۵ تن کود دامی و ۳۰ تن کود دامی در هکتار اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. تأثیر برهم‌کنش قطع آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر و وزن هزاردانه نشان داد که بیشترین میزان این صفات از تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی و میکوریزا و قطع آبیاری و کمترین میزان هم در تیمار عدم مصرف کود (شاهد) و قطع آبیاری مشاهده شد (جدول ۶).

اثر قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی زنیان

اطلاعات حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، نشانگر آن بود که اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی معنی‌دار شد اما برهم‌کنش این دو فاکتور بر این صفات معنی‌دار نشد. براساس جدول مقایسه میانگین اثرهای اصلی (جدول ۵)، بیشترین میزان عملکرد دانه (۴۶۴/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب بدست آمد که با تیمار قطع آبیاری (۳۷۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری را نشان داد و باعث افزایش ۲۴/۴۰ درصدی نسبت به قطع آبیاری در مرحله گلدهی شد. در بین سطوح تغذیه‌ای، کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا باعث افزایش میزان این صفت نسبت به کاربرد جداگانه منابع تغذیه‌ای و تیمار شاهد شد و در بین تیمارهای تلفیقی کود دامی و میکوریزا با افزایش سطوح کود دامی میزان این صفت افزایش یافت؛ به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (۵۱۸/۸۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تلفیقی ۳۰ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا بدست آمد که جز با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی + میکوریزا، با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کمترین عملکرد دانه (۲۹۵/۲۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلافش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود و تیمارهای ۱۵ تن در هکتار کود دامی و ۳۰ تن در هکتار کود دامی در یک گروه آماری قرار داشتند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که آبیاری مطلوب سبب افزایش ۴۱/۷۸ درصدی عملکرد زیستی نسبت به قطع آبیاری در مرحله گلدهی شد که اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند (جدول ۵). در بین سطوح تغذیه‌ای، بیشترین عملکرد زیستی از تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا بدست آمد که سبب افزایش ۴۶/۶۹، ۱۳/۶۳، ۲۹/۲۰، ۸/۶۵ و ۱۰/۹۳ درصدی به‌ترتیب نسبت به شاهد، میکوریزا، ۱۵ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی در هکتار+میکوریزا و ۳۰ تن کود دامی در هکتار شد. مقایسه میانگین سطوح تغذیه‌ای نشان داد که با کاربرد کود دامی و میکوریزا عملکرد زیستی افزایش پیدا کرد و این افزایش هم معنی‌دار بود. با توجه به اینکه اجزای عملکرد گیاه تحت تأثیر کود دامی و میکوریزا قرار گرفته بود (جدول ۵)، می‌توان اظهار داشت که کاربرد کود، تأثیر مثبتی بر عملکرد زیستی زنیان داشته است. براساس مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و منابع تغذیه‌ای، بیشترین عملکرد زیستی از تیمار آبیاری مطلوب توأم با ۳۰ تن کود دامی در هکتار+میکوریزا و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری و شاهد حاصل شد (جدول ۶).

اثر قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای بر درصد و عملکرد اسانس

اثر سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای و برهم‌کنش این دو

فاکتور بر درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی زنیان در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). براساس داده‌های حاصل از مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای بر درصد اسانس (جدول ۶)، در سطوح قطع آبیاری بیشترین درصد اسانس (۲/۰۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+میکریزا بدست آمد که جز با تیمار میکوریزا با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و کمترین میزان نیز در تیمار میکوریزا (۱٪/۷۰) مشاهد شد. در سطوح آبیاری مطلوب نیز کاربرد کود دامی و میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس نسبت به شاهد شد، به‌طوری که بیشترین میزان این صفت (۲٪/۸۰) از تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا بدست آمد که با هیچ‌یک از تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت و کمترین میزان (۱٪/۶۰) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). هم در سطوح آبیاری مطلوب و هم در سطوح تنش خشکی، کاربرد کود دامی و میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد (جدول ۶)، به‌طوری که در سطوح آبیاری مطلوب بیشترین میزان عملکرد اسانس (۱۵/۰۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا بدست آمد که با هیچ‌یک از تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت و اختلافش با سایر تیمارها معنی‌دار شد. کمترین میزان (۵/۲۳ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). در مرحله قطع آبیاری نیز ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا بیشترین عملکرد اسانس (۹/۷۸ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد و کمترین میزان (۴/۶۲ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار شاهد بدست آمد که تنها با تیمار ۱۵ تن کود دامی در هکتار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و با سایر تیمارها اختلافش معنی‌دار بود. هم در تیمار آبیاری کامل و هم قطع آبیاری در مرحله گلدهی، کاربرد تلفیقی منابع تغذیه‌ای نسبت به کاربرد جداگانه آنها تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت و در بین تیمارهای تلفیقی با افزایش کود دامی میزان این صفت افزایش یافت. در مرحله قطع آبیاری در بین سطوح کاربرد جداگانه منابع تغذیه‌ای، تأثیر میکوریزا بر افزایش عملکرد اسانس بیشتر از تأثیر کاربرد کود دامی بود ولی در زمان آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح آبیاری و کاربرد منابع تغذیه‌ای بر صفات درصد اسانس و عملکرد اسانس بذر زنیان (*Carum copticum* L.)

Table 6. Means comparison of irrigation × nutritional sources interaction on percentage and essential oil yield of ajwain (*Carum copticum* L.) seed

Treatment		Essential oil (%)	Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)
Optimal irrigation	Control	1.60^{d*}	5.23^{e}
	Mycorrhiza	2.31^{bc}	11.42^{bc}
	15 $ton.ha^{-1}$ manure	2.4^{b}	10.47^{cd}
	15 $ton.ha^{-1}$ manure + mycorrhiza	2.37^{b}	12.81^{b}
	30 $ton.ha^{-1}$ manure	2.00^{c}	9.19^{d}
	30 $ton.ha^{-1}$ manure + mycorrhiza	2.80^{a}	15.02^{a}
Irrigation cut-off	Control	1.81^{ab}	4.62^{c}
	Mycorrhiza	1.70^{b}	6.81^{b}
	15 $ton.ha^{-1}$ manure	1.94^{ab}	5.72^{bc}
	15 $ton.ha^{-1}$ manure + mycorrhiza	2.05^{a}	8.99^{a}
	30 $ton.ha^{-1}$ manure	1.85^{ab}	6.37^{b}
	30 $ton.ha^{-1}$ manure + mycorrhiza	1.91^{ab}	9.78^{a}

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (LSD test) at 5% probability level.

بحث

پاسخ ارتفاع بوته زنیان به قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

همانطور که در قسمت نتایج مشاهده شد قطع آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید. فراهمی آب از مهمترین عوامل تولید ماده خشک و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاهان دارویی است، به‌طوری که کاهش فراهمی آب می‌تواند ضمن تأثیر مستقیم بر رشد گیاه، با برهم زدن تعادل در جذب عناصر غذایی از خاک، رشد گیاه را به‌طور غیرمستقیم کاهش دهد (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2012). در این تحقیق، کاهش ارتفاع بوته زنیان با قطع آبیاری در مرحله گلدهی می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت نسبی رشد رویشی گیاه زنیان به شرایط کم‌آبیاری باشد. این نتایج، بر کاهش ارتفاع گیاه دارویی گاوزبان (Karami *et al*., 2011) و مریم‌گلی (Bettaieb *et al*., 2009) نیز در نتیجه افزایش تنش رطوبتی تأیید شده است. کاربرد کود دامی و میکوریزا نسبت به عدم کاربردشان بر ارتفاع بوته زنیان مؤثر گزارش شد. تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی در افزایش ارتفاع بوته زنیان را می‌توان ناشی از فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن دانست که از طریق تحریک رشد رویشی و افزایش طول میانگره‌ها سبب افزیش ارتفاع زنیان شد. بهبود صفات رشدی مشاهده شده در نتیجه کاربرد میکوریزا در این تحقیق با نتایج تحقیقات (Rapparini *et al*., 2008) در گیاه درمنه (*Artemisia annua*) و (Sensoy *et al*., 2007) در فلفل (*Capsicum annuum*) مطابقت دارد. البته، تأثیر مثبت کودهای آلی مانند کود دامی در افزایش ارتفاع گیاه دارویی زنیان نیز گزارش شده است. مصرف کودهای دامی به علت داشتن اثر تغذیه‌ای، بهبود بخشیدن ساختمان فیزیکی خاک، افزایش توسعه ریشه، کاهش فرسایش و جلوگیری از رواناب و نگهداری آب در خاک، یکی از روش‌هایی است که منجر به حفظ رطوبت در خاک می‌شود (Leamaster *et al*., 1998) و می‌تواند روی افزایش صفاتی مانند ارتفاع مؤثر باشد. Yadav و همکاران (۲۰۰۳) افزایش ارتفاع گیاه اسفرزه را بر اثر مصرف کودهای دامی گزارش کردند.

پاسخ اجزای عملکرد زنیان به قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

در مورد تأثیر سطوح آبیاری بر تعداد چتر در بوته به‌عنوان اجزای عملکرد، بررسی‌های متعددی انجام شده است. تعداد چتر در بوته در انیسون (Heidari *et al*., 2012) و رازیانه (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2012) با افزایش فاصله دور آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در واقع، وجود ریزجانداران ناشی از کاربرد کودهای زیستی در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن و فسفر برای گیاه زنیان را افزیش داد و موجب بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به تولید چتر در بوته شد. مشابه نتایج موجود، در تحقیقی تلقیح مایکوریزا در مقایسه با تیمار شاهد، منجر به افزایش معنی‌دار تعداد چتر در بوته زنیان شد (Shabahang *et al*., 2013). به‌طور کلی تعداد چتر در بوته از اجزای مهم عملکرد به‌شمار می‌آید و افزایش آن تا حدی موجب افزایش عملکرد خواهد شد. یکی از اثرهای افزایش تعداد چتر در بوته، ازدیاد تعداد دانه در بوته است که این افزایش تولید در عملکرد دانه تأثیر زیادی خواهد داشت. Bastami و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش تعداد چتر در بوته در گیاه دارویی گشنیز شد. طبق جدول ۵ اثر سطوح تغذیه‌ای بر تعداد دانه در چتر معنی‌دار شد و کاربرد کود دامی و میکوریزا توانستند تأثیر معنی‌داری را بر این صفت نسبت به عدم کاربرد منابع کودی داشته باشند. بنابراین به نظر می‌رسد تأخیر در زمان آبیاری، از طریق نقصان در فراهم شدن نهاده‌های فتوسنتزی سبب کاهش اجزای عملکرد گیاه ازجمله تعداد دانه در چتر می‌شود. تعداد دانه در چتر در حقیقت ظرفیت مخزن را تعیین می‌کند. البته هرچه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخازن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی تولید شده خواهد بود و افزایش این صفت، منجر به افزایش عملکرد خواهد شد. در این راستا، کاهش معنی‌دار تعداد دانه در چتر رازیانه (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2012) در نتایج افزایش

تنش رطوبتی به اثبات رسیده است. قارچ‌های میکوریزا از طریق گسترش ریسه‌های خارج از ریشه موجب جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها می‌شوند، همچنین کود دامی به دلیل دارا بودن عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن موجب تأثیر مثبت در ساختار بیشتر کلروفیل شده و از طریق بهبود فرایند فتوسنتز، تعداد دانه را در چتر افزایش می‌دهد. این نتایج با نتایج Gholami Kalus و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر افزایش تعداد دانه در طبق در گلرنگ با مصرف کودهای زیستی مطابقت دارد. Raei و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر کودهای زیستی بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری گزارش کردند که افزایش حلالیت فسفر توسط میکوریزا و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی ریشه به فسفر در افزایش تعداد دانه در گیاه و نیز سایر اجزای عملکرد گلرنگ تأثیر مثبت داشت. کاربرد کودهای دامی نسبت به شاهد تعداد دانه در چتر را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، به نظر می‌رسد که کاربرد کود دامی در کنار تلفیق کود زیستی توانست از طریق توسعه بیومس و در نتیجه تعداد چتر در دانه، تعداد دانه در چتر را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. احتمالاً کودهای دامی با مهیا کردن زمینه رشد و نمو گیاه زمینه را برای افزایش رشد رویشی یا دیگر اجزای عملکرد (جدول ۵) مهیا کرده است که این موضوع باعث افزایش تعداد دانه در چتر شده است. تأخیر در زمان آبیاری سبب کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه زنیان شد، با محدود شدن آبیاری در مرحله زایشی به‌دلیل کاهش طول دوره پر شدن دانه، گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود. بنابراین هر گونه تنش کم‌آبی در طی این مراحل می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. ازاین‌رو، کاهش تأمین مواد پرورده در طول این دور، سبب محدود شدن گنجایش ذخیره دانه و کاهش وزن دانه خواهد شد (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2012). در اسفرزه (Koocheki *et al*., 2011) گزارش شد که وزن هزاردانه تحت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. باوجوداین، کاربرد کودهای زیستی مایکوریزا و کود دامی به‌صورت جداگانه یا تلفیقی تأثیر زیادی در افزایش وزن هزاردانه زنیان داشت (جدول ۳). کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه در شرایط کم‌آبی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می‌تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال دوباره این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزاردانه را بهبود ببخشد. مشابه نتایج موجود، گزارش شده است که کاربرد کود زیستی نیتروکسین تأثیر معنی‌داری در افزایش وزن هزاردانه انیسون دارد (Hamze & Najarei., 2013).

پاسخ عملکرد دانه و عملکرد زیستی زنیان به قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

چترهای در حال رشد با دانه‌های در حال توسعه، برای جذب مواد فتوسنتزی و آب به‌شدت رقابت می‌کنند که در زمان افزایش تنش‌های محیطی این رقابت بیشتر شده و منجر به کاهش تعداد چتر از طریق ریزش آنها و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. افت تعداد دانه در چتر در شرایط قطع آبیاری می‌تواند به‌دلیل سقط و از بین رفتن گل‌ها و دانه‌ها و همچنین کاهش تعداد دانه سالم و افزایش تعداد دانه‌های پوک در چترها باشد. با توجه به نقش مهم آب در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه، فتوسنتز و ساخته شدن مواد مورد نیاز و همچنین انتقال قندها، مواد محلول، مواد پرورده و انتقال دوباره مواد به سمت دانه‌ها، می‌توان بیان کرد که کاهش میزان آب و اعمال تنش رطوبتی بر ساخته شدن و انتقال دوباره مواد به سمت دانه‌ها تأثیرگذار بوده و از طریق کاهش پر شدن دانه و افزایش درصد پوکی دانه‌ها، سبب کاهش وزن هزاردانه می‌شود. بنابراین کاهش اجزای عملکرد (تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزاردانه) تحت شرایط قطع آبیاری موجب کاهش عملکرد دانه در زنیان شد.

Soltanian و Tadayyon (۲۰۱۵) گزارش کردند در گیاه دارویی بذرک بیشترین و کمترین عملکرد دانه در

شرایط بدون تنش (معدل نیاز آبی گیاه) و تنش شدید (۲۵٪ نیاز آبی گیاه) بدست آمد. نتایج Fanaei و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که در گلرنگ کاهش ۲۷ درصدی عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله رویشی به علت کاهش تعداد طبق در بوته بود. همچنین قطع آبیاری در مرحله زایشی به‌دلیل کاهش تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه ۴۵٪ کاهش یافت.

کاربرد کودهای زیستی در شراط کم‌آبیاری، می‌تواند در کاهش آثار سوء تنش خشکی بر عملکرد دانه زنیان مفید باشد. به‌دلیل تأثیر مثبت کودهای زیستی بر روابط آبی گیاه میزبان، چرخه مواد غذایی و در دسترس قرار دادن و افزیش جذب عناصر غذایی در تیمار تغذیه تلفیقی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گیاه شود (Jahan & Nasirimahallati, 2012). نتایج این تحقیق نشان داد که مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد زنیان نتیجه بهتری را طی تغذیه تلفیقی کودهای زیستی نسبت به زمانی که به‌تنهایی استفاد شده‌اند، ایجاد کردند. بنابراین تغذیه تلفیقی، تمامی مشخصه‌های مؤثر بر عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مورد تأثیر کود دامی بر روی عملکرد دانه زنیان، می‌توان بیان کرد که افزایش مقادیر کود دامی با بهبود مواد آلی خاک، از طریق تأثیر بر قدرت جذب، نگهداری و فراهمی مناسب رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر روی افزایش اجزاء عملکرد زنیان مانند تعداد چتر و عملکرد بیومس اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه شد. نتیجه مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی گشنیز نیز مبین همین مطلب است. در این مطالعه که با استفاده از مقادیر مختلف کود حیوانی و تحت شرایط مزرعه‌ای در یک خاک شنی انجام شد، نشان داده شد که مصرف حدود ۲۰ تن کود دامی همراه با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برتری محسوسی از نظر عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها داشت (Salem & Awad, 2005). با افزیش دفعات آبیاری، جذب آب و عناصر غذایی در گیاه بیشتر می‌شود که افزایش کلی وزن توده زنده را به‌همراه خواهد داشت، اما تنش خشکی، جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد گیاه و سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد و همه این عوامل در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2012). مقایسه میانگین سطوح تغذیه‌ای نشان داد که با کاربرد کود دامی و میکوریزا عملکرد زیستی افزایش پیدا کرد و این افزایش هم معنی‌دار بود. با توجه به اینکه اجزای عملکرد گیاه تحت تأثیر کود دامی و میکوریزا قرار گرفته بودند (جدول ۵)، می‌توان بیان کرد که کاربرد کود، تأثیر مثبتی بر عملکرد زیستی زنیان داشته است. همانطور که پیش‌تر اشاره شد، فراهمی عناصر غذایی و جذب بیشتر آب تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و زیستی می‌تواند با تحریک رشد رویشی و بهبود اجزای زایشی گیاهان دارویی، در نهایت سبب افزایش عملکرد نهایی در این گیاهان شود. در این راستا، تأثیر زیاد کاربرد کودهای زیستی در افزایش عملکرد رازیانه و زنیان (Shabahang *et al*., 2013) و بابونه آلمانی (Fallahi *et al*., 2009) نیز مشاهده شده است. همچنین در رابطه با برتری تیمارهای حاوی کودهای دامی و زیستی نسبت به شاهد، می‌توان بیان کرد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و زیستی، ضمن بهبود احتمالی فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک مانند معدنی کردن عناصر غذایی، موجب بهبود رشد و وزن خشک گیاه زنیان و افزایش بارز عملکرد بیومس آن در مقایسه با تیمار شاهد شود.

پاسخ درصد و عملکرد اسانس زنیان به قطع آبیاری در رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

همان‌طور که در قسمت نتایج مشاهده شد بیشترین درصد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا بدست آمد. نتایج برخی از تحقیقات نشان داد که کاربرد کودهای زیستی و دامی و فراهمی عناصر غذایی، موجب افزایش تولید اسانس شد. از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند، واحدهای سازنده آنها مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی‌متیل آلیل پیروفسفات، به ATP و NADPH نیاز مبرمی دارند

(Rezvani Moghaddam *et al.*, 2013) و با توجه به این موضوع که عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری‌اند، قارچ میکوریزا و کودهای آلی از طریق فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) سبب بهبود رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن افزایش مقدار اسانس این گیاه دارویی شدند. البته، مطالعات برخی از محققان با نتایج این تحقیق همسو نبود. برای نمونه، در مطالعه‌ای Petropoulos و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه جعفری، گزارش کردند که تنش خشکی سبب افزایش اسانس گیاه جعفری شد، در حالی که عملکرد ماده خشک گیاه را کاهش داد. آنان افزایش تشکیل و تجمع اسانس در شرایط کم‌آبی تحت شرایط تنش خشکی را به نوعی سازوکار دفاعی و سازگاری بیوشیمیایی به شرایط محیطی نسبت دادند. Estrada و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه گیاه فلفل مشاهده کردند که تنش خشکی موجب تشدید ساخت متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌شود. به‌طوری که میزان تشکیل مواد مؤثره گیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد.

محققان در بررسی تأثیر کودهای زیستی فسفر و نیتروژن بر صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان تحت تنش کمبود آب، دریافتند که بیشترین درصد و عملکرد اسانس گاوزبان از تیمار تلفیقی ۵۰٪ کودهای شیمیایی و زیستی بدست می‌آید. Ahmadian و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و مصرف کود دامی بر خصوصیات کمّی و کیفی زیره‌سبز اعلام کردند که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی می‌تواند ضمن کاهش اثر تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده مؤثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره‌سبز گردیده و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پر شدن دانه شود. براساس داده‌های مربوط به جدول‌های ۵ و ۶، به‌ترتیب بیشترین عملکرد دانه و اسانس در زمان آبیاری مطلوب بدست آمد. از آنجایی که عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه است، بنابراین با افزایش عملکرد دانه و اسانس در مرحله آبیاری مطلوب، عملکرد اسانس هم افزایش یافت. البته، افزودن مواد آلی به خاک، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد اسانس را نیز مهیا کرده است. در تحقیقات دیگری درباره برهم‌کنش کودهای دامی و شیمیایی و تنش خشکی بر اسانس، عملکرد و ترکیب‌های شیمیایی گیاهان زیره‌سبز و موسیلاژ اسفرزه، مصرف کودهای دامی در وضعیت تنش موجب افزایش عملکرد کمّی و بهبود عملکرد کیفی گیاهان مذکور شد (Puryosef, 2007).

نتایج کلی این آزمایش حکایت از تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه در شرایط کاربرد تلفیقی آنها، بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس در زنیان داشت. به‌طوری که کاربرد توأم میکوریزا آربوسکولار و کود دامی با بهبود شرایط رشدی برای گیاه زنیان از طریق افزایش اجزای عملکرد (تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه)، افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس را در شرایط قطع آبیاری باعث شد.

References

- Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Heidari, M., Ramroodi, M. and Moosavi-Nik, S.M., 2010. Residual effect of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yieldcomponents, physiological characteristics and essential oil content of *Matricaria chamomilla* L. under drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(4): 668-676.
- Akbarinia, A. and Sefidkon, F., 2006. Effect of different nutritional systems on grain yield and quality of essential oil of Ajwain medicinal plant (*Carum copticum* L.). Proceedings of the 3rd Iranian Congress of Horticultural Sciences, Tehran, University of Tehran, 9-10 July: 138.
- Aslani, Z., Hassani, A., Rasouli Sadaghiani, M.H., Sefidkan, F. and Brin, M., 2011. The effects of two species of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on the growth, chlorophyll content and phosphorus uptake of basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 27(3): 486-471.
- Bastami, A., Majidian, M., Mohsenabadi, G. and Bakhshi, D., 2015. Effects of fertilizer treatments on yield quantity and quality of coriander. Journal of

- Karami, A., Sphere, A., Hamzehi, J. and Salimi, G., 2011. Effects of biological nitrogen and phosphorus fertilizers on quality and quantitative in borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit. Journal of Plant Products Technology, 1(11): 37-50.
- Karapikar, M. and Aktuge, S.E., 1987. Inhibition of food borne pathogens by thymol, eugenol, menthol and ethanol. International Journal of Food Microbiology, 4: 161-166.
- Koocheki, A., Mokhtari, V., Taherabadi, S.H. and Kalantari, S., 2011. The effect of water stress on yield, yield components and quality characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyillium*. Journal of Water and Soil, 25(3): 656-664.
- Kouchaki, A., Shabahang, J., Khorram Del, S. and Najafi, F., 2015. Effect of mycorrhiza inoculation and irrigation volumes on yield, yield components and essential oil of two medicinal species of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Agroecology, 7(1): 37-20.
- Leamaster, B., Hollyer, J.R. and Sullivan, J.L., 1998. Composted animal manure: Precautions and Processing. Animal Waste Management, 6: 100-105.
- Leithy, S., El-Meseiry, T.A. and Abdallah, E.F., 2006. Effect of biofertilizer, Cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research, 2(10): 773-779.
- Mahdavimarj, T., Ghanbari, F.A. and Asgharipour, M.R., 2015. Intercropping of barley and ajwain under different levels of manure and chemical fertilizers. Journal of Applied Research Plant Ecophysiology, 1(4): 63-78.
- Malakouti, M.J., 2008. The Effect of Micronutrients in Ensuring Efficient Use of Macronutrients. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32: 215-220.
- Mohammadi, Kh., Khalesro, Sh., Sohrabi, Y. and Heidari, Gh., 2011. A review: beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 1(9): 310-319.
- Mokhtari, A. and Bradaran, R., 2011. The effect of drought stress on some growth indices of (*Satureja hortensis*). The First of Regional Conference on Crop Ecophysiology, Shushtar, 19 May, 5(15): 1-11.
- Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C., 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulturae, 115: 393-397.
- Puryosef, M., 2007. The effect of soil fertility systems (organic and chemical) on the content of elements, yield, yield components and effluent mucilage under different irrigation regimes. University of Tehran, Tehran. Ph.D. Thesis.
- Raei, Y., Shariati, J. and Weisany, W., 2015. Effect of biological fertilizers on seed oil, yield and yield components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at Crops Improvement (Journal of Agriculture), 17(1): 93-108.
- Bazazi, N., Khodabashi M. and Mohammadi, S.H., 2013. The effect of drought stress on morphological characteristics and yield components of fenugreek. Journal of Crop Production and Processing, 3(8): 11-23.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi-Wannes, N., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae. 120(2): 271-275.
- Eblagh, N., Fateh, E, Farzane, M. and Osfuri, M., 2013. Effect of cattle manure application, phosphate solubilizing bacteria and different phosphrous levels on yield and essence components of *Trachyspermum ammi* L. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4.1): 1-15.
- Estrada, B., Pomar, F.J., Merino, F. and Bernal, M.A., 1999. Pungency level in fruits of the Padron pepper with different water supply. Sciential Horticulture, 81(4): 385-396.
- Fallahi, J., Koocheki, A.R. and Rezvani Moghaddam, P., 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yields of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127-135.
- Fanaei, H., Azmal, A. and Piri, I., 2016. Effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some agronomic traits of safflower under different irrigation regimes. Journal of Agroecology, 8(4): 551-566.
- Gholami Kalus, Z., Salehi, A., Movahedidehnavi, M. and Moradi, A., 2015. Effect of mycorrhizal and phosphate barvar 2 on yield and yield components and oil content of safflower (*Carthamus tinctorius* L. cultivar soffeh) under drought stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(4): 125-139.
- Gholinezhad, E., 2017. Effect of two species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(1): 150-167.
- Hamze, J. and Najarei, S., 2013. Evaluation of the possibility of reducing nitrogen fertilizer application using nitroxin biofertilizer in the production of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4): 57-70.
- Heidari., N., Pouryousef, P., Tavakkoli, A. and Saba, J., 2012. Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 28(1): 121-130.
- Jahan, M. and Nasirimahallati, M., 2012. Fertilization of Soil and Biofertilizers (Agroacological Approach). Ferdowsi University of Mashhad Publications, 250p.

Agricultural Research, 83(2): 829-858.
- Sensoy, S., Demir, S., Turkmen, O., Erdinc, C. and Savur, O., 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. Scientia Horticulturae, 113: 92-95.
- Shabahang, J., Khorramdel, S. and Gheshm, R.A., 2013. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) and ajwon (*Carum Copticum* L.) under different nitrogen levels. Agroecology, 5(3): 289-298.
- Soltanian, M. and Tadayyon, A., 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on some agronomic characteristics on linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress. Journal of Plant Production Research, 22(2): 1-21.
- Uçan, K., Killi, F., Gencoglan, C. and Merdun, H., 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field Crops Research, 101: 249-254.
- Yadav, R.D., Keshwa, G.L. and Yadav, S.S., 2003. Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Science, 25: 668-671.

different irrigation levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(1): 65-84.
-Rahimi, A., Jahanbin, Sh., Salehi, A. and Faraji, H., 2016. Effect of Mycorrhiza on Morphological Characteristics, Phenolic Compounds and Chlorophyll Fluorescence of *Borago officinails* L. Plant Environmental Physiology (Iranian Plant Ecophysiology Research), 11(42): 46-55.
- Rapparini, F., Liusia, J. and Penuelas, J., 2008. Effect of arbuscular mycorrhiza colonization on terpen emission and content of *Artemisia annua* L. Plant Biology, 10(1): 108-122.
- Rezaei Chiyaneh, E., Salmasi, S., Ghassemigolezani, K. and delazar, A., 2012. Effect of irrigation treatments on yield and yield components of three fennel (*Foenicolum vulgare* L.) landraces. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 22(4): 55-70.
- Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S. and Jafari, L., 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology, 5(2): 105-112.
- Salem, A.G. and Awad, A.M., 2005. Response of coriander plants to organic and mineral fertilizers fertigated in sandy soils. Egyptian Journal of

Response of quantitative and qualitative yield of ajwain (*Carum copticum* L.) to irrigation cut-off in different nutritional regimes

M. Jamali Dost[1], A. Salehi[2*], H. Balouchi[3] and P. Rostampour[4]

1- M.Sc. student, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
E-mail: aminsalehi@yu.ac.ir
3- Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
4- Ph.D. student, Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

Received: December 2020 Revised: October 2021 Accepted: December 2021

Abstract

To investigate the response of quantitative and qualitative yield of ajwain (*Carum copticum* L.) to the irrigation cut-off in different nutritional regimes, an experiment was conducted as split-plot in a randomized complete block design with four replications at the research farm of Sarvestan Agricultural Jihad Organization, Fars province in 2019. The factors consisted of irrigation as the main factor at two levels (optimal irrigation and irrigation cut-off at flowering stage) and nutritional regime as the sub-factor at six levels (control, mycorrhiza, 15 ton.ha^{-1} manure, 15 ton.ha^{-1} manure + mycorrhiza, 30 ton.ha^{-1} manure, and 30 ton.ha^{-1} manure + mycorrhiza). The irrigation cut-off treatment reduced the plant height, number of umbrellas per plant, number of seeds per umbrella, 1000-seed weight, seed yield, biological yield, essential oil percentage, and essential oil yield by 30.65, 37.25, 46.12, 43.40, 24.40, 41.78, 19.68, and 52.86%, respectively compared to the optimal irrigation. The use of manure and mycorrhiza significantly increased all the mentioned traits. Moreover, the interaction of irrigation and nutritional sources treatments significantly affected only the percentage and essential oil yield. The highest percentage (2.80%) and essential oil yield (15.02 kg.ha^{-1}) was observed in the 30 ton.ha^{-1} manure + mycorrhiza and optimum irrigation treatment. The lowest essential oil percentage (1.60%) was obtained in the control and optimum irrigation treatment and the lowest essential oil yield (4.62 kg.ha^{-1}) resulted from the control and irrigation cut-off treatment.

Keywords: Seed yield, essential oil yield, Ajwan (*Carum copticum* L.), Mycorrhiza.