



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

صفحه‌های ۷۷۵-۷۸۸

اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در سطوح مختلف آبیاری

اسماعیل رضائی چپانه^{۱*}، جلال جلیلیان^۲، ال‌ناز ابراهیمیان^۳، سید محمد سیدی^۳

۱. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۰۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۷/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه زنیان (*Carum copticum* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی - شهرستان نقده در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از ۵۰ (شاهد)، ۱۰۰ (تنش متوسط) و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید) و کودهای زیستی (قارچ مایکوریزا، ترکیب /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲، مایکوریزا + /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲ و شاهد) به‌ترتیب به‌عنوان کرت‌های اصلی و فرعی در آزمایش در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد و عملکرد اسانس زنیان به‌طور معناداری کاهش یافت. در بین کودهای زیستی تیمار تلفیقی قارچ مایکوریزا + /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲ نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مطالعه‌شده داشتند. در هر یک از سطوح آبیاری (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) بیشترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد تلفیقی مایکوریزا + /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲ (۷۸۳ کیلوگرم در هکتار)، و کمترین عملکرد دانه از تیمار شاهد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: /زوتوباکتر، اسانس، سودوموناس، عملکرد دانه، قارچ مایکوریزا.

۱. مقدمه

مثبت و مفیدی دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، عملکرد گیاهان زراعی و همچنین ویژگی های خاک را تحت تأثیر قرار می دهند.

کود زیستی فسفات^۲ بارور-۲، حاوی دو نوع باکتری حل کننده فسفات از گونه های *باسیلوس لتوس*^۵ و *سودوموناس پوتیدا*^۶ است که با ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز قادرند فسفر نامحلول خاک را به فرم محلول قابل جذب گیاه تبدیل کنند. این کود با افزایش دوام سطح برگ (LAD) نیز سبب استفاده بهینه از انرژی خورشیدی و افزایش فتوسنتز می شود که عملکرد بیشتر گیاه را در پی دارد و به دلیل توسعه سیستم ریشه ای و بهبود جذب آب همانند *ازتوباکتر* در مقابله با شرایط تنش کم آبی نیز مؤثر است [۴، ۳]. همچنین مصرف کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه ای گیاه دارویی گاوزبان در شرایط تنش کم آبیاری تأثیر مفیدی در جهت کاهش خسارت های شرایط تنش زا داشته است [۱۷].

مایکوریزا می تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی یا تحمل در گیاه میزبان شود [۳۰]. مایکوریزا هدایت هیدرولیکی آب را در ریشه افزایش می دهد و از طریق افزایش طول مؤثر ریشه سبب افزایش جذب عناصر غذایی می شود [۳]. بنابراین، رابطه همزیستی بین قارچ مایکوریزا و ریشه های گیاه میزبان، رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را در این شرایط تا حد زیادی افزایش می دهد [۴]. در این زمینه، تلقیح با مایکوریزا تأثیر زیادی در افزایش معنادار عملکرد دانه و درصد اسانس زنیان و رازیانه داشته است [۱۲]. کاهش اثرهای تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای با استفاده از ترکیب باکتری حل کننده های فسفات، قارچ مایکوریزا و فسفر شیمیایی نیز گزارش شده است [۱۳].

زنیان^۱، گیاهی یکساله از تیره چتریان^۲ به ارتفاع ۳۰ تا ۹۰ سانتی متر، با برگ های بریده و نخ شکل، گل هایی با گلبرگ های سفید و کوچک و پرچم های صورتی و از گیاهان دارویی با ارزش است که در برخی نواحی ایران نظیر آذربایجان، اصفهان، همدان، خوزستان، یزد، فارس و خراسان رشد می کند. بذر زنیان حاوی اسانس بوده و مهم ترین ترکیب آن آنتول^۳ است که تأثیرات آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد آسم، ضد درد و ضد تهوع دارد و به صورت موضعی در درمان دردهای روماتیسمی به کار می رود [۲۰].

تنش خشکی اساساً ناشی از عدم تعادل بین تبخیر و تعرق با مقدار رطوبت قابل دسترس خاک در محیط ریشه است [۱۷]. کاهش فراهمی آب از مهم ترین عواملی است که می تواند رشد، عملکرد و مقدار مواد مؤثره در گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار دهد [۲۶ و ۳۶]. در این زمینه، بر تأثیر منفی تنش خشکی در کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در رازیانه تأکید شده است [۹]. کاهش رشد و عملکرد در گیاهان دارویی رزماری و نعناع نیز تحت تأثیر تنش خشکی مشاهده شده است [۲۷]. بنابراین، مقابله با آثار مخرب تنش به شیوه های مختلف همچون کاربرد کودهای زیستی حائز اهمیت است [۱۴].

باکتری های تثبیت کننده نیتروژن مانند *ازتوباکتر*^۴، حل کننده های فسفات و نیز قارچ مایکوریزا از پرکاربردترین کودهای زیستی در زراعت گیاهان دارویی به شمار می روند [۴]. باکتری های تثبیت کننده نیتروژن مانند *ازتوباکتر* در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال را دارند که در توسعه سیستم ریشه ای تأثیر

1. *Carum copticum* L.
2. Apiaceae
3. Anethole
4. *Azotobacter*

5. *Bacillus lentus*
6. *Pseudomonas putida*

به زراعی کشاورزی

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی - شهرستان نقده با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط دما و میانگین بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده‌ساله در این منطقه به ترتیب ۱۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر است. پیش از اجرای آزمایش، از خاک زمین مورد نظر نمونه برداری تصادفی انجام گرفت (جدول ۱).

علاوه بر تأمین عناصر غذایی، مدیریت صحیح آب و نیز بررسی واکنش گیاه به سطوح مختلف فراهمی آب، از جمله عوامل مؤثر برای افزایش عملکرد گیاهان دارویی، حفظ و افزایش عملکرد کیفی این گیاهان و نیز کاهش هزینه آب مصرفی است.

هدف پژوهش حاضر، تعیین سطح آبیاری مطلوب گیاه زنیان و همچنین بررسی تأثیر تیمارهای متفاوت آبیاری و کودهای زیستی بر خصوصیات زراعی و تغییرات کمی اسانس در دانه زنیان بود.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مطالعه شده

بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS/m)	نیترژن کل (%)	درصد مواد آلی	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)
رس سیلتی	۱۷	۴۱	۴۲	۷/۹	۰/۸۳	۰/۱۴	۱/۴۸	۱۰/۵	۴۰۷

۱/۵ و فاصله بین دو بلوک، ۳ متر در نظر گرفته شد. بذر استفاده شده زنیان از توده بومی نهانند بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۳۹۲، بذور زنیان در عمق ۳ سانتی‌متری زیر سطح خاک کشت شدند. خاک حاوی مایکوریزا گلوموس / *ایتراراد/ایسنز*^۱ به مقدار ۲۰ گرم به ازای هر بوته در هنگام کاشت زیر بذر قرار داده شد (هر گرم نمونه قارچ حاوی حدود ۳۰۰ اسپور زنده بود). بذر گیاه زنیان یک ساعت قبل از کاشت با کود زیستی فسفات بارور-۲ (ساخت شرکت زیست‌فناور سبز، شامل ۱۰^۸ عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده

در آزمایش حاضر، تیمار آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از ۵۰ (شاهد)، ۱۰۰ (تنش متوسط) و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید)) در کرت‌های اصلی و کودهای زیستی در چهار سطح (قارچ مایکوریزا، ترکیب / *زوتوباکتر* + فسفر بارور-۲، ترکیب قارچ مایکوریزا + / *زوتوباکتر* + فسفر بارور-۲ و عدم مصرف کود زیستی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح)، کرت‌های آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت به طول ۴ متر، با فاصله بین ردیف ۴۰ و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر ایجاد شد. همچنین به منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، فاصله کرت‌های اصلی از یکدیگر

1. *Glmus intraradices* L.

مقطر 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 حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد [۲۵].

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) انجام گرفت. میانگین‌های به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه آماری شدند.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی شاخص‌های مطالعه‌شده در زنیان (ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد اسانس و عملکرد اسانس) به‌طور معنادار تحت تأثیر سطوح آبیاری و کاربرد کودهای زیستی قرار گرفتند. با وجود این، به‌جز عملکرد دانه و عملکرد زیستی، اثر متقابل سطوح آبیاری و کودهای زیستی بر سایر شاخص‌های مطالعه‌شده در زنیان معنادار نبود.

طبق نتایج آزمایش، تأخیر در زمان آبیاری (براساس افزایش مقدار تبخیر از تشتک تبخیر) به کاهش معنادار ارتفاع بوته زنیان منجر شد. با افزایش فاصله دور آبیاری و رسیدن به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، ارتفاع بوته زنیان در مقایسه با آبیاری بعد از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تا ۲۴/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۲). فراهمی آب از مهم‌ترین عوامل تولید ماده خشک و در نتیجه 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 [۲۲، ۹]. از اولین نشانه‌های تنش خشکی، کاهش فشار آساز و در نتیجه کاهش رشد و

فسفات از گونه‌های *باسیلوس لتتوس* و *سودوموناس پوتیدا*، و *ازتوباکتر* (ساخت شرکت فناوری زیستی مهرآسیا با جمعیت 10^8 عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) حاوی یک نوع باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن، هر دو به‌صورت پودر با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و براساس دستورالعمل توصیه‌شده تلقیح شدند. محتوای بسته با آب مخلوط و روی بذرها افشانه شد تا پوشش یکنواختی روی سطح آنها تشکیل شود. سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت. به‌منظور تأمین مواد آلی مورد نیاز باکتری‌های *ازتوباکتر* و فسفر بارور-۲ و افزایش فعالیت آنها، ۲۰ تن کود دامی پوسیده قبل از کاشت به تمامی کرت‌های آزمایش اضافه شد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن در مرحله انتهای ساقه‌دهی برای تقویت رشد گیاه به زمین داده شد. تیمارهای آبیاری نیز بعد از استقرار کامل بوته‌ها اعمال شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد بنا به ضرورت از طریق وجین دستی کنترل شدند.

برداشت محصول نهایی در ۱۵ مرداد ۱۳۹۱ زمانی که رنگ بذرها قهوه‌ای شده بود، صورت گرفت. اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد، پس از حذف حاشیه‌ها در هر واحد آزمایشی (نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و نیز ردیف‌های جانبی) انجام گرفت. برای تعیین خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و براساس آن، ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر شمارش شدند. وزن هزاردانه نیز با توزین هشت نمونه ۱۰۰‌تایی از هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد زیستی، تمامی اندام‌های هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و سپس همراه بذور وزن شدند. به‌منظور استخراج اسانس، ۳۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن و پس از آسیاب شدن، به آن ۳۰۰ میلی‌لیتر آب

اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در سطوح مختلف آبیاری

تأثیر معناداری در افزایش ارتفاع زنیان داشت (جدول ۲). طبق نتایج، ارتفاع بوته زنیان در نتیجه کاربرد تلفیقی مایکوریزا + ازتوباکتر + فسفر بارور-۲ (۹۳/۱ سانتی متر) در مقایسه با شاهد (۷۷ سانتی متر) تا ۲۱ درصد افزایش یافت (جدول ۲). تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی در افزایش ارتفاع بوته زنیان را می توان ناشی از فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن دانست که از طریق تحریک رشد رویشی و افزایش طول میانگره ها سبب افزایش ارتفاع زنیان شد.

توسعه سلول است که ممکن است در نهایت سبب محدودتر شدن رشد در آن اندام شود [۳۴].

در تحقیق حاضر، کاهش ارتفاع بوته زنیان با افزایش فاصله دور آبیاری نیز می تواند نشان دهنده حساسیت نسبی رشد رویشی گیاه زنیان به شرایط کم آبیاری باشد. مشابه این نتایج، بر کاهش ارتفاع گیاه دارویی گاوزبان [۱۷] و مریم گلی [۲۴] نیز در نتیجه افزایش تنش رطوبتی تأکید شده است.

به جز کاربرد مایکوریزا به تنهایی، کاربرد باکتری های ازتوباکتر + فسفر بارور-۲ به تنهایی یا همراه با مایکوریزا

جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص های مربوط به اجزای عملکرد زنیان تحت تأثیر تیمارهای مطالعه شده

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	وزن هزاردانه (g)
آبیاری (میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر)				
۵۰	۹۸/۴۲ ^a	۳۰/۱۷ ^a	۱۵۴/۱۷ ^a	۱/۵۱ ^a
۱۰۰	۸۳/۴۲ ^b	۲۵/۸۳ ^b	۱۴۷/۲۵ ^a	۱/۵۵ ^a
۱۵۰	۷۴/۳۳ ^c	۲۲/۶۶ ^c	۱۱۸/۲۵ ^b	۱/۱۹ ^b
کود زیستی				
عدم مصرف کود	۷۷ ^b	۲۱/۵۶ ^c	۱۲۳/۵۶ ^c	۱/۲۹ ^b
مایکوریزا	۸۰/۴۴ ^b	۲۵/۸۹ ^b	۱۳۹/۱۱ ^b	۱/۴۱ ^a
ازتوباکتر + فسفر بارور-۲	۹۱ ^a	۲۷/۴۴ ^b	۱۴۲/۱۱ ^b	۱/۴۵ ^a
مایکوریزا + ازتوباکتر + فسفر بارور-۲	۹۳/۱۱ ^a	۳۰ ^a	۱۵۴/۷۸ ^a	۱/۵۲ ^a

میانگین های با حروف متفاوت در هر ستون، براساس آزمون دانکن اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

نیتروکسین (حاوی باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و مایکوریزا در افزایش ارتفاع و نیز وزن خشک بوته در گیاه دارویی زوفا نیز گزارش شده است [۱۸]. در تحقیقی دیگر مشخص شد که کاربرد تلفیقی کود زیستی با کود شیمیایی

محققان افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای زیستی را نیز ناشی از افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون های رشد از جمله جیبرلین و اکسین ها می دانند [۴]. آثار مثبت کودهای بیولوژیک مانند

یک از اجزای تشکیل دهنده عملکرد می‌تواند در نهایت به تغییر عملکرد تولیدی در گیاهان از جمله زنیان منجر شود. تعداد چتر در بوته در انیسون [۶]، رازیانه [۹] و زیره سیاه [۲۹] با افزایش فاصله دور آبیاری به‌طور معناداری کاهش می‌یابد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد. نتایج حاصل نشان‌دهنده اثر معنادار کاربرد جداگانه و نیز تیمار تلفیقی مایکوریزا با/زوتوباکتر + فسفر بارور-۲ بر تعداد چتر در بوته زنیان بود (جدول ۲). در بین سطوح مربوط به کودهای زیستی، بیشترین افزایش معنادار در شاخص ذکرشده، در نتیجه کاربرد تلفیقی مایکوریزا + /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲ به‌دست آمد (جدول ۲).

تحت تنش کمبود آب توانست در تنش مرحله رشد رویشی ۱۴ درصد و در تنش مرحله رشد زایشی ۱۹ درصد ارتفاع گیاه گاوزبان را بهبود دهد [۱۷]. مشابه ارتفاع بوته، تأخیر در زمان آبیاری تأثیر معناداری در کاهش تعداد چتر در بوته زنیان داشت، به‌طوری که در نتیجه آبیاری براساس ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با ۵۰ میلی‌متر تبخیر، تعداد چتر در بوته تا ۲۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). تنش آب با تأثیر بر منبع (فتوستنتز) و مخزن (اجزای عملکرد) سبب افت معنادار عملکرد دانه می‌شود. برای جلوگیری از کاهش عملکرد، گیاه به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی نیاز دارد. تأثیر خشکی بر هر

جدول ۳. مقایسه میانگین درصد و عملکرد اسانس زنیان تحت تأثیر تیمارهای مطالعه‌شده

تیمار	درصد اسانس	عملکرد اسانس (kg/ha)
آبیاری (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)		
۵۰	۲/۷۲ ^b	۱۹/۸۵ ^b
۱۰۰	۳/۸۳ ^a	۲۵/۳۱ ^a
۱۵۰	۲/۱۰ ^c	۱۱/۸۲ ^c
کود زیستی		
عدم مصرف کود	۲/۲۳ ^c	۱۲/۵۷ ^c
مایکوریزا	۲/۸۲ ^b	۱۷/۸۹ ^b
زوتوباکتر + فسفر بارور-۲	۳/۰۷ ^b	۲۰/۴۱ ^b
مایکوریزا + /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲	۳/۴۲ ^a	۲۵/۱ ^a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، براساس آزمون دانکن اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به تولید چتر در بوته شد. اثرهای هم‌افزایی متقابل باکتری‌ها بر یکدیگر نیز عامل دیگری برای افزایش تولید چتر در بوته است. مشابه

در این تحقیق، وجود ریزجانداران ناشی از کاربرد کودهای زیستی در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن و فسفر برای گیاه زنیان را افزایش داد و موجب بهبود رشد

نتایج موجود، در تحقیقی تلفیح مایکوریزا در مقایسه با تیمار شاهد، به افزایش معنادار تعداد چتر در بوته زنیان منجر شد [۱۲]. همچنین همزیستی مایکوریزایی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی فسفر، ضمن افزایش زیست توده گیاه، به بهبود تعداد چتر در بوته رازیانه منجر شد [۷].

طبق نتایج به دست آمده، تأخیر در زمان آبیاری سبب کاهش معنادار تعداد دانه در چتر زنیان شد، به طوری که بیشترین (۱۵۴/۲ دانه در چتر) و کمترین (۱۱۸/۳ دانه در چتر) مقدار در شاخص ذکر شده به ترتیب در نتیجه آبیاری در سطوح ۵۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک به دست آمد (جدول ۲). به نظر می رسد تأخیر در زمان آبیاری، از طریق نقصان در فراهم شدن نهاده های فتوسنتزی سبب کاهش اجزای عملکرد گیاه می شود. تعداد دانه در چتر در حقیقت ظرفیت مخزن را تعیین می کند. هرچه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگ تری برای دریافت مواد فتوسنتزی تولید شده خواهد بود و افزایش این صفت، به افزایش عملکرد منجر خواهد شد. در این راستا، کاهش معنادار تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه [۲۳] و نیز تعداد دانه در چتر رازیانه [۹] در نتیجه افزایش تنش رطوبتی به اثبات رسیده است.

کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود زیستی) تأثیر زیادی در افزایش تعداد دانه در چتر زنیان داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در چتر (۱۵۴/۸ دانه) تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (مایکوریزا + /ازتوباکتر + فسفر بارور-۲) به دست آمد (جدول ۲). حضور مداوم عناصر غذایی (نظیر نیتروژن و فسفر) که در فرایندهای رویشی و زایشی گیاه تأثیر مهمی دارند، می تواند اجزای عملکرد گیاه زنیان را تا حد زیادی افزایش دهد، اما روند افزایش عملکرد در حضور کودهای زیستی مشهودتر بود.

قارچ مایکوریزا به دلیل افزایش سطح ریشه ها از طریق نفوذ میسلیم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک، سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شد و باکترهای حل کننده فسفات از طریق افزایش جذب فسفر و باکتری تثبیت کننده نیتروژن از طریق تثبیت نیتروژن و انتقال آن به سلول های گیاه، سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی شدند که این امر، بهبود اجزای عملکرد زنیان از جمله تعداد دانه در چتر را در پی داشت [۴، ۳۰].

کاربرد تلفیقی کودهای زیستی سبب افزایش تعداد دانه شد. در این راستا، افزایش معنادار تعداد دانه در چتر زنیان تحت تأثیر تلفیح مایکوریزا بود [۱۲]. تأثیر زیاد کاربرد کود زیستی نیتروکسین در افزایش معنادار تعداد دانه در چتر در گیاه دارویی انیسون نیز مشاهده شده است [۵]. همچنین با اعمال تنش خشکی در گیاه سورگوم کاربرد کود تلفیقی و کود بیولوژیک در مقایسه با سایر کودها بر تعداد دانه در خوشه مؤثرتر گزارش شد [۱].

تأخیر در زمان آبیاری سبب کاهش معنادار وزن هزاردانه زنیان شد، به طوری که آبیاری در سطح ۱۵۰ میلی متر در مقایسه با ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک، سبب کاهش وزن هزاردانه زنیان تا ۲۱/۲ درصد شد (جدول ۲). با محدود شدن آبیاری در مرحله زایشی به دلیل کاهش طول دوره پر شدن دانه، گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه ها منتقل می شود. بنابراین هر گونه تنش کم آبی در طی این مراحل می تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. از این رو، کاهش تأمین مواد پرورده در طول این دوره، سبب محدود شدن گنجایش ذخیره دانه و کاهش وزن دانه خواهد شد [۹]. در کدوی تخمه کاغذی [۲] و اسفرزه [۱۹] نیز گزارش شد که وزن هزاردانه تحت تنش کم خشکی به طور معناداری کاهش می یابد.

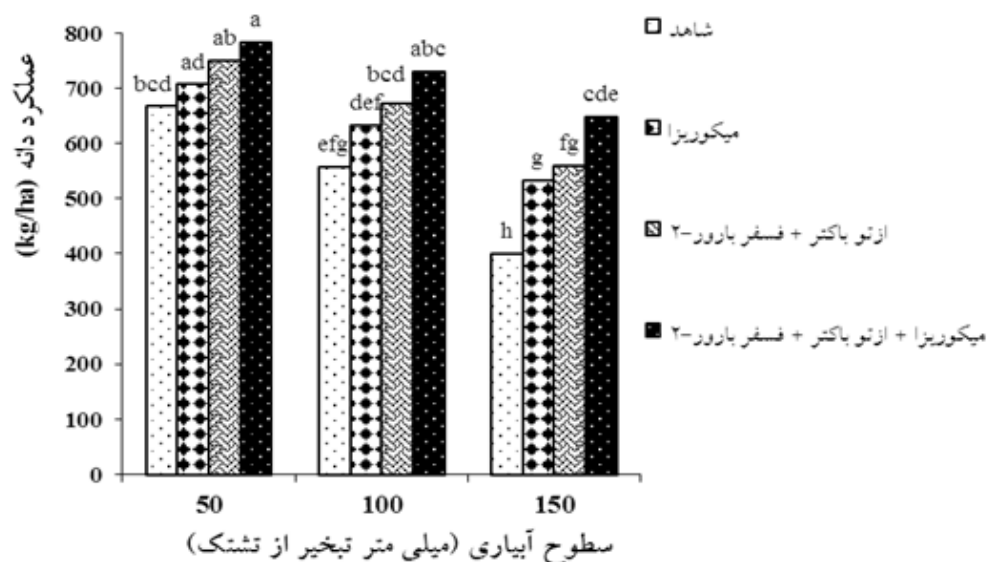
با وجود این، کاربرد کودهای زیستی مایکوریزا و

عملکرد دانه زنیان از تیمار کاربرد تلفیقی مایکوریزا + /ازتوباکتر + فسفر بارور-۲ به دست آمد (شکل ۱). با وجود تأثیر منفی تأخیر در آبیاری بر عملکرد دانه، کاربرد کودهای زیستی به ویژه به صورت تلفیقی تأثیر زیادی در کاهش تأثیرات کم آبیاری داشت.

در شرایط عدم کاربرد کود زیستی، عملکرد دانه در نتیجه آبیاری در سطح ۱۵۰ میلی متر (۶۶۷ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با ۵۰ میلی متر تبخیر (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) تا ۴۰ درصد کاهش یافت، حال آنکه در شرایط کاربرد تلفیقی مایکوریزا + /ازتوباکتر + فسفر بارور-۲، آبیاری در سطح ۱۵۰ میلی متر (۶۴۹ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با ۵۰ میلی متر تبخیر (۷۸۳ کیلوگرم در هکتار) به کاهش ۱۷ درصدی عملکرد دانه منجر شد (شکل ۱). به طور کلی، این نتایج می تواند بر وجود رابطه هم افزایی مثبت در نتیجه کاربرد سه گانه قارچ مایکوریزا، باکتری حل کننده فسفات های نامحلول و ازتوباکتر تأکید کند.

/ازتوباکتر + فسفر بارور-۲ به صورت جداگانه یا تلفیقی تأثیر زیادی در افزایش وزن هزاردانه زنیان داشت (جدول ۲). کاربرد کودهای زیستی به خصوص در شرایط کم آبی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلایون مواد فتوسنتزی به علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزاردانه را بهبود ببخشد. مشابه نتایج موجود، گزارش شده است که کاربرد کود زیستی نیتروکسین تأثیر معناداری در افزایش وزن هزاردانه انیسون دارد [۵]. بر تأثیر تلقیح مایکوریزا در افزایش وزن هزاردانه در گیاه رازیانه نیز تأکید شده است [۷]. با قرار دادن سورگوم در شرایط تنش خشکی کود تلفیقی و کود توانستند تا حدودی اثر تنش خشکی بر این صفت را تعدیل کنند [۱].

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، در هر یک سطوح آبیاری (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر) کمترین مقدار عملکرد دانه از تیمار شاهد و بیشترین تأثیر معنادار در افزایش



شکل ۱. اثر متقابل سطوح آبیاری و کودهای زیستی بر عملکرد دانه زنیان

میانگین های دارای حروف مشترک در شکل، اختلاف معناداری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

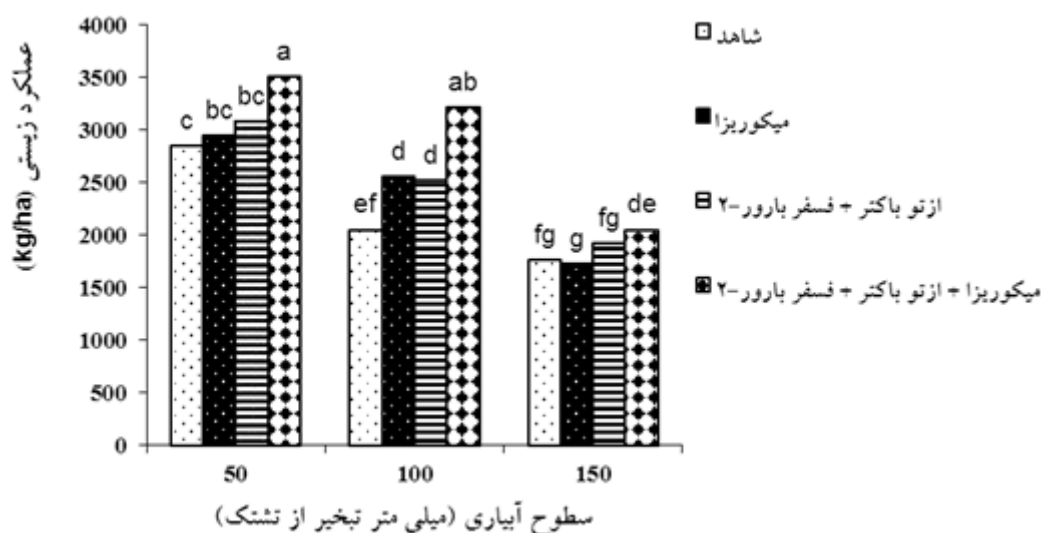
محققان در بررسی اثر مصرف کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه سورگوم دانه‌ای در شرایط کم آبیاری نشان دادند که با اعمال تنش خشکی در گیاه سورگوم، کاربرد کود بیولوژیک (باکتری سودوموناس و قارچ همزیست مایکوریزا) و کود تلفیقی (باکتری سودوموناس + قارچ همزیست مایکوریزا + کود شیمیایی فسفر) بر عملکرد دانه تأثیر مثبتی ایجاد می‌کند [۱].

مشابه عملکرد دانه، حداکثر عملکرد زیستی به‌طور معنادار در نتیجه کاربرد تلفیقی مایکوریزا + زتوباکتر + فسفر بارور-۲ مشاهده شد (شکل ۲). بیشترین عملکرد زیستی زنیان در تیمار آبیاری ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در نتیجه کاربرد تلفیقی مایکوریزا + زتوباکتر + فسفر بارور-۲ به‌دست آمد و کمترین عملکرد زیستی از تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک حاصل شد (شکل ۲). در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، کاربرد تلفیقی مایکوریزا + زتوباکتر + فسفر بارور-۲ به بهبود ۱۶ درصدی عملکرد زیستی در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) منجر شد.

با افزایش 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 به کاهش تولید ماده خشک منجر می‌شود [۲۳، ۹]. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، فراهمی عناصر غذایی و جذب بیشتر آب تحت تأثیر کاربرد کودهای 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 [۱۲] و بابونه آلمانی [۱۶] نیز مشاهده شده است.

کاربرد کودهای زیستی در شرایط کم آبیاری، می‌تواند در کاهش آثار سوء تنش خشکی بر عملکرد دانه زنیان مفید باشد. کمبود آب سبب کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و رسیدگی زودتر این گیاهان، کاهش فتوسنتز برگ‌ها، کاهش تولید مواد پرورده و در نتیجه کاهش اندام‌های رویشی و اندام‌های زایشی می‌شود که در نهایت می‌تواند به کاهش عملکرد گیاه بینجامد [۷]. به‌دلیل تأثیر مثبت کودهای زیستی بر روابط آبی گیاه میزبان، چرخه مواد غذایی و دسترس قرار دادن و افزایش جذب عناصر غذایی تیمار تغذیه تلفیقی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گیاه شود [۴]. نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد زنیان نتیجه بهتری طی تغذیه تلفیقی کودهای زیستی نسبت به زمانی که به‌تنهایی استفاده شده‌اند، ایجاد کردند. بنابراین تغذیه تلفیقی، تمامی مشخصه‌های مؤثر بر عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در راستای این نتایج، تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات در افزایش رشد، جذب فسفر و نیز افزایش تحمل گیاه نسبت به شرایط کم‌آبی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است [۱۳].

در گیاهان دارویی سیاهدانه [۸]، بابونه [۱۱] و ریحان [۱۵] نیز مشاهده شد که تنش خشکی سبب کاهش معنادار عملکرد گیاهان مذکور شد. در بررسی اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ گزارش شده است که بیشترین مقدار عملکرد دانه و مقدار زیست‌توده از تیمار تلفیقی (اوره + هیومیکس + نیتروکسین) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به‌دست آمد [۲۱]. کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات در شرایط تنش کم‌آبی با فراهمی عناصر غذایی برای گیاه گاوزبان و تولید ترکیبات محرک رشد به بهبود تحمل گیاه در شرایط تنش کمک کرد و توانست عملکرد سرشاخه گلدار گاوزبان را تا ۲۳ درصد در تنش طی مرحله رویشی بهبود ببخشد [۱۷].



شکل ۲. اثر متقابل سطوح آبیاری و کودهای زیستی بر عملکرد زیستی زنیان

میانگین‌های دارای حروف مشترک در شکل، اختلاف معناداری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

ترکیبات تنظیم‌کننده‌های اسمزی از جمله پرولین، گلیسین - بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می‌کند تا بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه‌بر است و گیاه این هزینه را با کاهش عملکرد کل یا دانه جبران می‌کند [۳۱]. در مطالعه اثر تنش خشکی (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) بر زیره سبز مشخص شد که گیاهان تحت تنش متوسط نسبت به دو تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش شدید از درصد اسانس بیشتری برخوردار بودند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد [۳۳].

عملکرد اسانس روند مشابهی با درصد اسانس داشت، به طوری که بیشترین عملکرد اسانس (۲۵/۳۱ کیلوگرم در هکتار) از سطح آبیاری پس از ۱۰۰ و کمترین مقدار آن (۱۱/۸۲ کیلوگرم در هکتار) از سطح آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک حاصل شد (جدول ۳). با وجود این، اعمال تنش‌های ملایم رطوبتی علاوه بر اینکه تأثیر چشمگیری بر عملکرد دانه گیاه نداشت، توانست درصد

درصد اسانس دانه زنیان به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و کودهای زیستی قرار گرفت ($P \leq 0/01$). کمترین درصد اسانس (۲/۱۰ درصد) در دانه‌های حاصل از آبیاری در سطح ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک و بیشترین مقدار آن (۳/۸۳ درصد) در سطح آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک به دست آمد. با افزایش فاصله آبیاری از ۵۰ میلی متر به ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک ابتدا درصد اسانس افزایش و سپس در فواصل زیادتر آبیاری (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک) به طور معناداری کاهش یافت (جدول ۳).

به طور کلی، تشکیل و تجمع اسانس در شرایط کم آبی افزایش می‌یابد و این افزایش اسانس را تحت شرایط تنش خشکی، به نوعی سازوکار دفاعی و سازگاری بیوشیمیایی به شرایط محیطی نسبت دادند [۳۲]. اما نکته‌ای که باید ذکر شود این است که همیشه همراه با افزایش تنش، درصد اسانس نمی‌تواند افزایش یابد؛ چراکه در تنش‌های بسیار شدید، گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید

عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، سبب افزایش عملکرد کمی و نیز درصد اسانس در گیاهان رازیانه و زنیان شد [۱۲]. دیگر محققان نیز بر تأثیر کودهای زیستی در افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاهان دارویی بابونه آلمانی [۱۶] و رازیانه [۳۵] تأکید کرده‌اند. در تحقیقی درباره مرزه، تیمار ترکیبی نیتراژین، حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست درصد اسانس را به‌طور چشمگیری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد [۱۰]. محققان در بررسی تأثیر کودهای زیستی فسفر و نیتروژن بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان تحت تنش کمبود آب دریافتند که بیشترین درصد و عملکرد اسانس گاوزبان از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی به‌دست آمد [۱۷].

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج آزمایش حاکی از تأثیر زیاد کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه در شرایط کاربرد تلفیقی آنها، بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس در زنیان بود. بررسی سطوح مختلف تیمارهای آبیاری، بیانگر تأثیر منفی کمبود رطوبت خاک بر صفات مطالعه‌شده در تحقیق حاضر است. اما اختلافات به‌وجودآمده بین سطوح مختلف تنش کم‌آبی نشان‌دهنده قدرت سازگاری این گیاه با شرایط خشکی است؛ چراکه در شرایط تنش ملایم رطوبتی عملکرد و اجزای عملکرد زنیان کاهش چشمگیری نیافتند، به‌طوری که در تنش ملایم به دلیل عدم کاهش چشمگیر عملکرد دانه گیاه علاوه بر افزایش درصد اسانس، عملکرد اسانس نیز تا حد زیادی افزایش یافت.

از سوی دیگر، با تأخیر در زمان آبیاری، به‌ویژه در شرایط اجرای آبیاری براساس ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، عملکرد و اجزای عملکرد زنیان رو به کاهش گذاشت. با وجود این، در شرایط کم‌آبیاری، استفاده تلفیقی از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده فسفات همراه

اسانس را افزایش دهد و با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه است، با اعمال تنش خشکی با شدت مناسب می‌توان عملکرد اسانس را به‌طور معناداری افزایش داد، اما در سطح آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک عملکرد اسانس به میزان ۴۰ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زنیانبار تنش آبی بر رشد و اندام رویشی و زایشی گیاه باشد. تنش کم‌آبی عملکرد اسانس را در گیاهان رازیانه [۲۲]، شمعدانی معطر [۲۷] و ریحان [۲۸] کاهش داد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

کاربرد جداگانه یا تلفیقی مایکوریزا و /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲، تأثیر زیادی در افزایش درصد و عملکرد اسانس زنیان داشت (جدول ۳). در بین کودهای زیستی نیز کاربرد تلفیقی مایکوریزا + /زوتوباکتر + فسفر بارور-۲، بیشترین تأثیر را در افزایش درصد و عملکرد اسانس زنیان داشت (جدول ۳). میزان تشکیل مواد مؤثره گیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که کاربرد کودهای زیستی و فراهمی عناصر غذایی، موجب افزایش تولید اسانس شد. از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند، واحدهای سازنده آنها مانند ایزوپنتیل پیرو فسفات و دی‌متیل آلایل پیروفسفات، به ATP و NADPH نیاز مبرمی دارند [۱۰] و با توجه به این موضوع که عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری‌اند، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در کنار قارچ مایکوریزا از طریق فراهمی عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) سبب بهبود رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن افزایش مقدار اسانس این گیاه دارویی شدند.

تلقیح با مایکوریزا، با توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی

- با قارچ‌های مایکوریزا توانست سبب کاهش اثرهای منفی تنش خشکی بر رشد و عملکرد دانه زنیان شود. بنابراین، از نتایج این آزمایش استنباط می‌شود از آنجا که تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نسبت به سطح آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از نظر تولید دانه اختلاف چشمگیری نداشت، می‌توان سطح آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک را به‌همراه کاربرد تلفیقی قارچ مایکوریزا، باکتری حل‌کننده فسفات‌های نامحلول و ازتوباکتر برای مناطقی که با محدودیت آب مواجه‌اند برای دستیابی به عملکرد پذیرفتنی توصیه کرد.
- منابع**
- انصاری جوینی م، چائی چی م ر، کشاورز افشار ک و احتشامی س م ر (۱۳۹۰) اثر مصرف کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه دو رقم سورگوم دانه‌ای. به‌زراعی نهال و بذر. ۴(۲): ۴۹۰-۴۷۱.
 - آقایی اح و احسان‌زاده پ (۱۳۹۰) اثر رژیم آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه دارویی کدو تخم کاغذی. علوم باغبانی. ۴۲(۳): ۲۹۹-۲۹۱.
 - توحیدی‌نژاد ع، مدنی ح و جنایی م (۱۳۹۰) کودهای آلی و تولید ورمی‌کمپوست. انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۱۵۲ ص.
 - جهان م و نصیری محلاتی م (۱۳۹۱) حاصل‌خیزی خاک و کودهای زیستی (رهیافتی آگرواکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۵۰ ص.
 - حمزه‌ئی ج و نجاری س (۱۳۹۲) بررسی امکان کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژنه با استفاده از کود زیستی نیتروکسین در تولید گیاه دارویی انیسون. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳(۴): ۷۰-۵۷.
 - حیدری ن، پوریوسف م، توکلی ا و صبا ج (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد دانه و تولید اسانس آنیسون. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۱): ۱۳۰-۱۲۱.
 - درزی م ت، فلاوند ا، رجالی ف و سفیدکن ف (۱۳۸۵) بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۴(۲۲): ۲۹۲-۲۷۶.
 - رضاپور ع، حیدری م، گلوی م و رمودی م (۱۳۹۰) تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی سیاه دانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۳): ۳۸۴-۳۹۶.
 - رضائی چیانه ا، زهتاب سلماسی س، قاسمی گل‌عذانی ک و دل‌آذر ع (۱۳۹۱) اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده بومی رازیانه. دانش کشاورزی پایدار. ۲۲(۴): ۷۰-۵۵.
 - رضوانی مقدم پ، امین غفوری ا، بخشائی س و جعفری ل (۱۳۹۲) بررسی اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر برخی صفات کمی و مقدار اسانس گیاه دارویی مرزه. بوم‌شناسی کشاورزی. ۵(۲): ۱۱۲-۱۰۵.
 - سلطانی گرد فرامرزی م ک، امید ح، حبیبی ح، لباسچی م ح و زارع‌زاده ع (۱۳۹۰) بررسی اثر مقادیر مختلف گلیسین بتائین بر صفات مورفولوژیک و عملکرد ارقام بابونه آلمانی تحت تنش خشکی در منطقه یزد. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۲): ۲۸۹-۲۷۹.
 - شبهانگ ج، خرم‌دل س و قشم ر ا (۱۳۹۲) ارزیابی تأثیر همزیستی با مایکوریزا بر عملکرد، اجزای

۱۹. کوچکی ع، مختاری و، طاهرآبادی ش ب و کلاتری س (۱۳۹۰) ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های کیفی اسفرزه و پسیلیوم در شرایط تنش رطوبتی. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۳): ۶۶۴-۶۵۶.
۲۰. مجنون حسینی ن و دوازده امامی س (۱۳۸۶) زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۰ ص.
۲۱. محسن نیا ا و جلیلیان ج (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۳): ۲۴۵-۲۳۵.
۲۲. میرشکاری ب و فرح‌وش ف (۱۳۹۰) مدیریت آبیاری و کوددهی نیتروژن در گیاه دارویی رازیانه در شرایط آب و هوایی نیمه خشک تبریز. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۴): ۵۵۰-۵۴۱.
۲۳. نوروزپور ق و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۴) اثر دوره‌های مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه. پژوهش‌های زراعی ایران. ۳(۲): ۳۱۵-۳۰۵.
24. 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: 271-275.
25. Clevenger JF (1928) Apparatus for determination of essential oil. *American Pharmacists Association*. 17: 346-349. *American Pharmacists Association*.
26. Delfine S, Loreto F, Pinelli P, Tognetti R and Alvino A (2005) Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106: 243-252.
- عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنبان تحت تأثیر مقادیر نیتروژن. بوم‌شناسی کشاورزی. ۵(۳): ۲۹۸-۲۸۹.
۱۳. ضربی م، اله‌دادی ا، اکبری غ ع، ایران‌نژاد ح و اکبری غ ع (۱۳۸۹) کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای با استفاده از ترکیب کودهای زیستی و فسفر. به‌زرایی کشاورزی. ۱۲(۲): ۵۰-۳۷.
۱۴. طاهرخانچی آ، اکبری غ ع، مدرس ثانوی س ع م و قربانی جاوید م (۱۳۹۲) ارزیابی تأثیرات کودهای زیستی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه سویا تحت تنش کم‌آبی. به‌زرایی کشاورزی. ۱۵(۳): ۱۵۳-۱۴۱.
۱۵. عابدی م ا، ثقه‌الاسلامی م ج و موسوی س غ (۱۳۹۲) تأثیر دور آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد رویشی و زایشی ریحان در منطقه بیرجند. بوم‌شناسی کشاورزی. ۵(۴): ۳۴۹-۳۴۲.
۱۶. فلاحی ج، کوچکی ع و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۸) بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۱): ۱۳۵-۱۲۷.
۱۷. کرمی ا، سپهری ع، حمزه‌ئی ج و سلیمی ق (۱۳۹۰) تأثیر کودهای زیستی فسفر و نیتروژن بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان تحت تنش کمبود آب. فناوری تولیدات گیاهی. ۱۱(۱): ۵۰-۳۷.
۱۸. کوچکی ع، تبریزی ل و قربانی ر (۱۳۸۷) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا. پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۱): ۱۳۷-۱۲۷.

27. Eiasu BK, Steyn JM and Soundy P (2012) Physiomorphological response of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) to irrigation frequency. South African Journal of Botany. 78: 96-103.
28. Ekrena S, Sonmez C, Ozcakal E, Kurttas YSK, Bayram E and Gurgulu H (2012) The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management. 109: 155-161.
29. Laribi B, Bettaieb I, Kouki K, Sahli A, Mougou A and Brahi M (2009) Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops and Products. 30: 372-379.
30. Mohammadi Kh, Khalesro Sh, Sohrabi Y and Heidari Gh (2011) A Review: Beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth. Applied Environmental and Biological Sciences. 1(9): 310-319.
31. Munns R (1993) Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass and hypotheses. Plant Cell and Environment. 16: 15-24.
32. Petropoulos SA, Daferera D, Polissiou MG, Passam HC (2008) The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulture. 115: 393-397.
33. Rebey BI, Jabri-Karoui I, Hamrouni-Sellami I, Bourgou S, Limam F and Marzouk B (2012) Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products. 36: 238-245.
34. Samarah NH, Alqudah AM, Amayreh JA and McAndrews GM (2009) The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. Agronomy and Crop Science. 195: 427-441.
35. Younesian A, Taheri S and Rezvani Moghaddam P (2013) The effect of organic and biological fertilizers on essential oil content of *Foeniculum vulgare* Mill. (Sweet Fennel). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5: 2141-2146.
36. Zhua Z, Lianga Z, Hana R and Wang X (2009) Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC.: Growth and saikosaponin production. Industrial Crops and Products. 29: 629-633.