

تغییرات مورفولوژیکی، زراعی و محتوی روغن گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تحت تأثیر خشکی و کود زیستی / شیمیایی نیتروژن

محمد اینانلو^۱، حشمت امیدی^{۲*}، علیرضا پاژکی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تهران، ایران

*آدرس مکاتبه: تهران، دانشگاه شاهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، صندوق پستی: ۱۵۹ - ۱۸۱۵۵

تلفن: ۳ - ۵۱۲۱۳۱۱۲ (۰۲۱)، نمابر: ۵۱۲۱۳۱۱۴ (۰۲۱)

پست الکترونیک: omidi@shahed.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۲

تاریخ تصویب: ۹۲/۶/۲۴

چکیده

مقدمه: خرفه گیاه دارویی ارزشمندی است و بررسی تغییرات عملکرد کمی و فیتوشیمیایی آن در شرایط خشکی ضروری می‌باشد. هدف: بررسی تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد کمی و محتوی روغن بذر گیاه خرفه تحت خشکی و بررسی امکان جایگزینی کود زیستی با کود شیمیایی.

روش بررسی: این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۱ به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در سطوح ۵۰ ± ۳ ، ۱۰۰ ± ۳ و ۱۵۰ ± ۳ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و همچنین کاربرد کود به عنوان عامل فرعی در سطوح شاهد (بدون مصرف کود)، مصرف ۲۵۰ کیلوگرم اوره، مصرف تلفیق ۱۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی اوره + ۲/۵ لیتر کود زیستی نیتروژن و ۵ لیتر در هکتار کود زیستی نیتروژن بودند.

نتایج: تیمارهای خشکی و کودی بر ارتفاع بوته، وزن تر برگ، ساقه، وزن تر کل، وزن خشک برگ، ساقه، وزن خشک کل، عملکرد دانه، محتوی نسبی آب (RWC)، محتوی روغن دانه و عملکرد روغن دانه تأثیر معنی‌داری داشته است ($p \leq 0/01$). بیشترین عملکرد کمی و کیفی خرفه از تیمار تلفیقی کودی و آبیاری مطلوب (۵۰ ± ۳) میلی‌متر تبخیر و کمترین عملکرد کمی و کیفی خرفه نیز از تیمار شاهد و تنش شدید (۱۵۰ ± ۳) میلی‌متر تبخیر حاصل شد. به کارگیری تیمار تلفیق کودی تحت آبیاری مطلوب سبب افزایش محتوی روغن (۲۳ درصد) نسبت به شاهد شد.

نتیجه‌گیری: خشکی سبب کاهش عملکرد کمی و محتوی روغن بذر خرفه شد. با کاربرد تلفیق تیمار کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) و اوره، میزان عملکرد کمی و کیفی گیاه خرفه بیشتر شد. همچنین می‌توان با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و امکان جایگزینی کودهای زیستی در راستای کاهش آلودگی زیست محیطی گام برداشت.

کل واژگان: *Portulaca oleracea* L. درصد روغن، عملکرد روغن، کم‌آبی، کود زیستی نیتروژن



مقدمه

آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی بخصوص در گیاهان دارویی نیازمند به کارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است [۲۲، ۱۴]. از جمله این تکنیک‌ها، استفاده از کودهای زیستی می‌باشد.

یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار، استفاده هرچه بیشتر از نهاده‌های درون مزرعه‌ای از جمله کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است [۴۴، ۲۳، ۳]. کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانسیم مفید خاکزی و یا بصورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند. تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیات، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک، آب، منابع انرژی غیرقابل تجدید) از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شود [۴۴]. همچنین، از آنجا که مسیر بعضی از متابولیت‌های ثانویه گیاهان توسط میکروارگانیسم‌های مشخصی تحریک می‌شود [۲۵] لذا مطالعه اثر تحریک‌کنندگی سریع و قوی مواد ترشح شده میکروبی بر متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، جایگاه ویژه‌ای در تحقیقات دارد [۵۸].

درزی و همکاران [۱۰] در آزمایشی گزارش کردند که کود زیستی بیوفسففات روی ارتفاع و عملکرد بیولوژیکی رازیانه اثر معنی‌داری داشت، همچنین اثرات متقابل بین میکوریزا و بیوفسففات بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود. از سوی دیگر محققان با تحقیق روی شبدر متوجه شدند که تلقیح شبدر با باکتری ریزوبیوم مقاومت گیاه را در برابر پاتوژن‌ها زیاد می‌کند [۲۱].

در ادامه کاربردها و نقش‌های محرک‌های زیستی در گیاهان، اسد (Asad) و همکاران (۲۰۰۲) [۴]، پرسیوال (Percival) و فراسر (Fraser) (۲۰۰۳) [۱۵]، مندل (Mandal) و همکاران (۲۰۰۷) [۳۰]، ییلدریم (Yildirim) (۲۰۰۷) [۵۷]، گارونسکا (Gawronska) (۲۰۰۸) [۱۶]، توماس (Thomas) و همکاران (۲۰۰۹) [۵۰] و امید (Omidi) و همکاران (۲۰۰۹) [۳۳] گزارش‌های ارزشمندی را در این خصوص اعلام کردند.

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea L.* و با نام انگلیسی *Common purslane* گیاه دارویی ارزشمند از تیره *(Portulacaceae)* می‌باشد. خرفه گیاهی یک‌ساله با ساقه‌ای گوشت‌دار و برگ‌های متقابل و گل‌های کوچک زردرنگ می‌باشد [۳۲]. امروزه این گیاه هم به صورت خودرو و هم به صورت اهلی و کشت شده در نقاط مختلف جهان وجود دارد. مواد لعابی، پکتین، پروتئین، کربوهیدرات، اسیدهای چرب و به‌ویژه اسیدهای چرب غیراشباع $\omega 3$ ، مواد آنتی‌اکسیدان و عناصر معدنی متعدد شامل: آهن، مس، منگنز، پتاسیم، کلسیم و فسفر در اندام‌های مختلف این گیاه وجود دارد. خرفه غنی از اسیدهای چرب $\omega 3$ ، ویتامین A، C، E و مواد معدنی پتاسیم و سلنیوم است و منبع خوبی برای کوآنزیم Q10 می‌باشد [۳۲، ۱۳].

مقدار پروتئین خرفه $44/25$ گرم در 100 گرم برگ خشک گزارش شده است [۳۲]. ترکیبات آنتی‌اکسیدان آن نیز فراوان و شامل آلفاتوکوفرول، اسید آسکوربیک و گلوکاتیون می‌باشد [۲۷، ۴۶]. در منابع مختلفی خواص متعدد برای خرفه نظیر مدر، ضداسکوربوت، معالج سرفه‌های مقاوم، تصفیه‌کننده خون، تب‌بر، مفید در ترمیم سوختگی‌ها ذکر شده است، همچنین اثرات متعدد فارماکولوژیکی شامل اثر شل‌کنندگی عضلات اسکلتی و عضلات صاف و اثرات ضدتشنج برای خرفه بیان شده است [۳۵، ۳۷]. خرفه نیز دارای اثرات ضد درد و ضدالتهاب نیز می‌باشد [۳۷، ۹]. مطالعات نشان داده افزایش مصرف اسیدهای چرب $\omega 3$ اغلب با کاهش خطر بیماری‌های قلبی عروقی همراه می‌باشد [۱۹، ۲] و نقش مؤثری در کاهش مرگ و میر ناشی از این بیماری‌ها ایفا می‌کند [۵۴، ۱۷].

به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی نظیر مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد. نتیجه این فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر بحران آلودگی محیط زیست و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است [۲۲]. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها



تلفیقی ۲/۵ لیتر در هکتار کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) + ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره و کاربرد ۵ لیتر در هکتار کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین)، مورد بررسی قرار گرفت.

قبل از شروع آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۳۰ - ۰ سانتی متری خاک نمونه برداری انجام گرفت و نمونه‌ها برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک در جدول شماره ۲ آمده است.

به منظور آماده‌سازی زمین جهت کشت، خاک‌ورزی اولیه‌ای در اواخر فروردین ماه، دو بار توسط گاواهن برگردان‌دار صورت پذیرفت. عملیات ثانویه شامل دیسک نیز بعد از عملیات اولیه صورت پذیرفت. قبل از ایجاد کرت‌ها جهت عملیات کاشت، تسطیح زمین و خارج کردن سنگ‌های درشت توسط نیروی انسانی انجام شد.

عملیات کاشت در کرت‌هایی به طول ۴ متر و عرض ۲ متر صورت پذیرفت. بذور روی خطوطی به فاصله ۵۰ سانتی متر و فاصله روی خطوط ۲۵ سانتی متر و همچنین عمق ۲ - ۱ سانتی متر کشت شدند. اولین آبیاری در اواسط اردیبهشت ماه انجام شد. کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) نیز ابتدا به صورت بذرمال و در مرحله کشت (کشت هنگام غروب آفتاب انجام شد) و بعد در مرحله قبل از گلدهی همراه با آب آبیاری مصرف شد. سایر عملیات زراعی بر حسب نیاز انجام شد.

با توجه به اینکه تاکنون اثر کودهای زیستی بر خصوصیات کمی و محتوی روغن دانه گیاه خرفه بررسی نشده است، در این تحقیق در نظر است اثرات کودهای زیستی و شیمیایی بر گیاه دارویی خرفه در شرایط خشکی بررسی شود. همچنین در راستای حفظ محیط زیست و کشاورزی پایدار امکان استفاده از کودهای زیستی در جایگزینی با نهاده‌های شیمیایی همگام با افزایش عملکرد دارویی و کاهش هزینه‌های مصرفی، ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه خرفه تحت تأثیر تنش خشکی، آزمایشی به صورت مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد (جدول شماره ۱) در سال ۱۳۹۱ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. مقدار آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح (۳ ± ۵۰، ۳ ± ۱۰۰، ۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر از سطح تشتک تبخیر) بوده و همچنین کاربرد کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) و کود شیمیایی اوره به عنوان عامل فرعی در ۴ سطح شامل: شاهد یا بدون اعمال کود، کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره، کاربرد

جدول شماره ۱- مشخصات مزرعه تحقیقاتی

شوری (ds/m ²)	اسیدیته (PH)	میانگین سالیانه بارندگی (میلی‌متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین سالیانه دما (سانتی‌گراد)
۱/۲	۷/۷۱	۲۱۶	۵۱° و ۸'	۳۴' و ۳۵°	۱۱۳۰	۱۷/۱

جدول شماره ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

OC (%)	Total (%) N	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Texture (%)			خاک بافت لومی
				Clay	Silt	Sand	
۰/۵۷	۰/۰۵۱	۷/۶	۲۷۰	۲۰	۳۶	۴۴	



نتایج

ویژگی‌های مورفولوژیکی ارتفاع بوته

تیمار کودی و خشکی ($p \leq 0.01$) و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر ارتفاع بوته گیاه خرفه داشت (جدول شماره ۳). بیشترین میزان ارتفاع بوته در آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین ($2/5$ لیتر در هکتار) + اوره (125 کیلوگرم در هکتار) با میانگین $66/667$ سانتی‌متر و کمترین میزان ارتفاع بوته از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین $55/333$ سانتی‌متر حاصل شد (جدول شماره ۶).

وزن تر برگ، ساقه و کل اندام هوایی

تیمار کودی، تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر وزن تر برگ، ساقه و وزن تر کل گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین وزن تر برگ از آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین ($2/5$ لیتر در هکتار) + اوره (125 کیلوگرم در هکتار) با میانگین $7374/87$ کیلوگرم و کمترین میزان وزن تر برگ از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین 5404 کیلوگرم حاصل شد. بیشترین میزان وزن تر ساقه از آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین ($2/5$ لیتر در هکتار) + اوره (125 کیلوگرم در هکتار) با میانگین $36425/59$ کیلوگرم و کمترین میزان وزن تر ساقه از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین $25388/60$ کیلوگرم حاصل شد، بیشترین میزان وزن تر کل از آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین ($2/5$ لیتر در هکتار) + اوره (125 کیلوگرم در هکتار) با میانگین $43794/54$ کیلوگرم و کمترین میزان وزن تر کل از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین $30788/62$ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ۶).

کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت کننده از جنس *Azospirillum / Azotobacter* می‌باشد. تعداد سلول زنده (CFU) حداقل 10^8 سلول زنده از هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر نیتروکسین می‌باشد [۵۵].

جهت نمونه‌برداری پس از حذف اثر حاشیه‌ای از طرفین واحدهای آزمایشی اقدام به نمونه‌برداری از گیاه شد. از نمونه‌های جدا شده صفاتی همچون ارتفاع بوته، عملکرد دانه، وزن تر کل، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک کل، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، محتوی نسبی آب برگ (RWC)، محتوی روغن دانه و عملکرد روغن دانه اندازه‌گیری شدند.

پس از آسیاب نمودن بذرها، روغن‌گیری از نمونه‌ها از 10 گرم بذر خرفه با استفاده از دستگاه سوکسله به مدت 6 ساعت انجام شد و از هگزان به عنوان حلال استفاده شد. پس از سپری شدن مدت زمان لازم و استخراج روغن موجود در دانه‌ها، به منظور جداسازی حلال از روغن، نمونه به دست آمده در دستگاه تبخیرکننده دوار قرار داده شد. پس از انجام عملیات جداسازی، وزن روغن به دست آمده اندازه‌گیری شد [۵۲].

محتوی نسبی آب برگ از فرمول زیر محاسبه شد [۵۶]:

$$RWC (\%) = [(W-DW) / (TW-DW)] \times 100$$

W = وزن تازه

TW = وزن اشباع

DW = وزن خشک

جهت محاسبه وزن خشک نمونه‌ها را در آون با دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت قرار داده تا خشک شوند در این مرحله مجدداً برگ‌ها را وزن نموده تا وزن خشک آنها به دست آید. جهت محاسبه وزن اشباع نمونه‌ها را به مدت 4 ساعت در آب مقطر قرار داده تا به مرحله اشباع برسند و مجدداً برگ‌ها را وزن کرده تا وزن اشباع آنها به دست آید.

جهت محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش، از نرم‌افزار SAS جهت تجزیه واریانس استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد صورت پذیرفت.



جدول شماره ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه گیاه دارویی خرفه در سطوح مختلف خشکی و تیمار کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	وزن تر کل	وزن تر برگ	وزن تر ساقه
تکرار	۲	۱/۳۶ ^{ns}	۱۳۰۲/۷۷ ^{ns}	۱۶۰۴۰۱۹۴۴ ^{**}	۷۵۶۰۷۷۵*	۱۰۷۶۷۵۹۰۳ ^{**}
خشکی	۲	۷۴/۱۹ ^{**}	۲۷۴۲۸۵۲/۷ ^{**}	۲۰۸۵۹۲۵۱۹۴۴ ^{**}	۴۴۰۳۲۵۱۰۸/۳ ^{**}	۱۴۹۳۷۹۷۲۱۵۳ ^{**}
تکرار × خشکی	۴	۷/۹۴	۴۰۲/۷۷	۲۰۸۰۳۱۹۴	۱۷۲۲۱۷۰/۸	۱۴۴۴۲۹۸۶
تیمار کودی	۳	۶۱/۹۲ ^{**}	۲۴۵۰۸۵/۱۸ ^{**}	۳۴۲۹۸۴۳۲۴۱ ^{**}	۷۳۹۶۴۶۴۰/۷ ^{**}	۲۴۷۸۸۱۲۲۴۷۷ ^{**}
خشکی × تیمار کودی	۶	۲۵/۱۲*	۱۸۸۴۹/۰۷ ^{**}	۸۹۱۰۹۳۵۲ ^{**}	۹۴۸۷۴۰۴/۶ ^{**}	۵۷۳۴۷۸۹۴ ^{**}
خطا	۱۸	۷/۸۶	۴۸۰/۵۵	۸۸۰۵۳۷۰	۹۹۵۲۶۱/۱	۷۸۸۵۲۵۵
ضریب تغییرات (درصد) C.V		۱۴/۵	۱۳/۲	۱۲/۹	۱۸/۲	۱۲/۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰.۵ درصد و عدم معنی داری ns

ادامه جدول شماره ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه گیاه دارویی خرفه در سطوح مختلف خشکی و تیمار کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک کل	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	محتوای نسبی آب	محتوی روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۱۸۸۰۸۵۸/۳ ^{**}	۱۹۸۹۱۹/۴۴ ^{**}	۱۰۱۳۳۸۶/۱ ^{**}	۷/۹۹ ^{ns}	۰/۰۰۱۹ ^{ns}	۲۱۲۶۰۲ ^{ns}
خشکی	۲	۲۳۳۲۶۴۵۵۸/۳ ^{**}	۱۱۶۷۰۴۶۹/۴۴ ^{**}	۱۴۰۱۴۳۴۶۹/۴ ^{**}	۱۰۴/۹۱ ^{**}	۸/۵۰۷۷ ^{**}	۵۰۴۵۷۴۳۹۰ ^{**}
تکرار × خشکی	۴	۲۴۵۳۲۹/۲	۴۵۵۶۱/۱۱	۱۳۴۵۱۹/۴	۱۵/۰۸	۰/۰۰۷۷	۵۰۶۳۹
تیمار کودی	۳	۳۸۷۴۳۱۷۴/۱ ^{**}	۱۹۵۵۱۰۶/۴۸ ^{**}	۲۳۲۴۰۷۱۴/۸ ^{**}	۲۷/۷۳ ^{**}	۸/۹۶۳۹ ^{**}	۷۲۰۰۶۱۵۷ ^{**}
خشکی × تیمار کودی	۶	۱۰۲۶۲۷۶/۹ ^{**}	۲۵۲۸۰۶/۴۸ ^{**}	۵۳۷۹۷۳/۱ ^{**}	۷/۰۸ ^{ns}	۵/۰۹۳۷ ^{**}	۹۸۱۲۲۲۶ ^{**}
خطا	۱۸	۱۱۰۹۰۹/۳	۲۶۴۶۲/۰۴	۷۳۷۷۸/۷	۶/۱۶	۰/۰۰۵۴	۶۵۵۱۴
ضریب تغییرات (درصد) C.V		۱۳/۶	۱۹/۲	۱۳/۲	۷/۶	۰/۶۳	۱۴/۷

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰.۵ درصد و عدم معنی داری ns

وزن خشک برگ، ساقه و کل اندام هوایی

تیمار کودی، تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی داری ($p \leq 0.01$) بر روی وزن خشک برگ، ساقه و کل اندام هوایی گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان وزن خشک برگ از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی متر) و کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۱۱۷۹/۹۸ کیلوگرم و کمترین میزان وزن خشک برگ از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی متر) و تیمار کودی (بدون مصرف کود) با میانگین ۸۶۴/۶۴ کیلوگرم حاصل شد. بیشترین میزان وزن خشک ساقه از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی متر) و

تیمار کودی زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۳۲۷۸/۱۸ کیلوگرم و کمترین میزان وزن خشک ساقه از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی متر) و تیمار کودی (بدون مصرف کود) با میانگین ۳۱۴۴/۹۲ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ۶). البته مصرف تلفیقی تیمار کود



در هکتار) با میانگین ۱۶۶۶/۶۷ کیلوگرم و کمترین میزان عملکرد دانه از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۲۵۶/۶۷ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ۶).

محتوی نسبی آب برگ (RWC)

تیمار کودی و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر روی محتوی نسبی آب برگ گیاه خرفه داشتند، لیکن برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر روی محتوی نسبی آب برگ گیاه خرفه نداشت (جدول شماره ۳). بیشترین میزان محتوی نسبی آب برگ از آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) با میانگین ۷۶/۵۹۸ درصد و کمترین میزان محتوی نسبی آب برگ از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) با میانگین ۷۰/۸۱۳ درصد حاصل شد (جدول شماره ۴). بیشترین محتوی نسبی آب برگ از تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۷۵/۶۶۳ درصد و کمترین میزان محتوی نسبی آب برگ از تیمار شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۷۲/۰۹۶ درصد حاصل شد (جدول شماره ۵). تیمارهای کودی و تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر روی عملکرد روغن گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان عملکرد روغن از برهمکنش آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۲۳۷/۲۱ کیلوگرم و کمترین میزان عملکرد روغن از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۳۱/۰۸ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ۶).

زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ۴۱/۶ درصدی وزن خشک کل اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک) نسبت به تیمار شاهد شد.

محتوی روغن و عملکرد روغن

تیمار کودی و تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر روی محتوی روغن گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان محتوی روغن از برهمکنش آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۱۴/۲۳۳۳ درصد و کمترین میزان محتوی روغن از تنش شدید (3 ± 150 میلی‌متر) و تیمار کودی اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۹/۲ درصد حاصل شد (جدول شماره ۶). استفاده از تیمار کودی تلفیقی باعث افزایش ۲۰/۳ درصد روغن شد ولی افزایش محتوی روغن در استفاده از تیمار کود زیستی نیتروکسین ۵/۳ درصد بود. استفاده از تیمار کودی تلفیقی به همراه آبیاری مطلوب باعث افزایش ۵۴/۷ درصد روغن شد ولی افزایش محتوی روغن تحت همین شرایط با استفاده از تیمار کود زیستی نیتروکسین ۴۳/۴ درصد و در استفاده از کود شیمیایی اوره ۲۶/۴ درصد بود.

عملکرد دانه

تیمار کودی و تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر روی عملکرد دانه گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان عملکرد دانه از برهمکنش آبیاری مطلوب (3 ± 50 میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم

جدول شماره ۴- مقایسه میانگین اثرات تنش خشکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی خرفه

تنش خشکی تشطک تبخیر (میلی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر کل (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری مطلوب (3 ± 50)	۶۴/۹۱۷a	۱۳۲۵/۰۰۰a	۴۰۷۶۱/۰۱a	۶۶۸۲/۱۲a	۳۴۰۸۵/۸۸a
تنش ملایم (3 ± 100)	۶۰/۴۱۷b	۷۱۴/۱۶۷b	۳۵۱۷۰/۳۶b	۵۷۴۸/۸۱b	۲۹۴۲۶/۵۲b
تنش شدید (3 ± 150)	۵۹/۳۳۳c	۳۸۲/۵۰۰c	۳۲۰۷۶/۷۲c	۵۵۱۸/۰۶c	۲۶۵۶۲/۶۴c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



ادامه جدول شماره ۴-

عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	محتوی روغن (درصد)	محتوای نسبی آب (درصد)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	تنش خشکی تشطک تبخیر (میلی متر)
۱۶۹/۸۲a	۱۲/۶۵۸۳a	۷۶/۵۹۸a	۳۰۶۷/۷۳a	۱۰۶۹/۱۴a	۴۱۳۰/۵۷a	آبیاری مطلوب (۵۰ ± ۳)
۷۹/۴۱b	۱۱/۰۴۱۶c	۷۴/۷۶۶a	۲۶۸۴/۳۹b	۹۱۹/۸۱b	۳۵۶۴/۵۰b	تنش ملایم (۱۰۰ ± ۳)
۴۴/۱۰c	۱۱/۴۴۱۶b	۷۰/۸۱۳b	۲۳۹۰/۶۴c	۸۸۲/۸۹c	۳۲۶۷/۱۲c	تنش شدید (۱۵۰ ± ۳)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول شماره ۵- مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی خرفه

تیمار کودی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر کل (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)
شاهد (بدون مصرف کود)	۵۸/۶۶۷b	۶۲۸/۸۹d	۳۴۲۳۵/۴۷d	۵۷۵۴/۰۰c	۲۸۴۸۷/۴۷d
اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۶۰/۰۰۰b	۷۶۵/۵۶c	۳۴۵۹۲/۴۳c	۵۷۸۳/۸۷c	۲۸۸۱۴/۵۹c
نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۶۳/۷۷۸a	۱۰۲۶/۶۷a	۳۸۷۶۵/۹۱a	۶۳۸۵/۲۵a	۳۲۳۸۸/۶۴a
نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۶۲/۵۵۳a	۸۰۷/۷۸b	۳۶۴۰۹/۵۴b	۶۰۰۸/۷۹b	۳۰۴۰۹/۵۷b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول شماره ۵-

تیمار کودی	وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	محتوای نسبی آب (درصد)	محتوی روغن (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
شاهد (بدون مصرف کود)	۳۴۷۸/۵۱d	۹۲۰/۶۴c	۲۵۶۳/۸۷d	۷۲/۰۹۶c	۱۱/۲۱۱۱c	۷۰/۳۴d
اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۳۵۱۱/۷۳c	۹۲۵/۴۲c	۲۵۹۳/۳۱c	۷۵/۴۱۲ab	۱۰/۹۴۴۴d	۸۶/۸۲c
نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۳۹۳۲/۱۲a	۱۰۲۱/۶۴a	۲۹۱۴/۹۸a	۷۵/۶۶۳a	۱۳/۱۶۶۶a	۱۳۶/۸۵a
نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۳۶۹۳/۱۴b	۹۶۱/۴۲b	۲۷۳۶/۸۷b	۷۳/۰۶۵bc	۱۱/۵۳۳۳b	۹۷/۱۰b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



جدول شماره ۶- مقایسه میانگین برهمکنش کاربرد تیمار کودی و خشکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی خرفه

وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر کل (کیلوگرم در هکتار)	صلکود دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تیمار کودی	نش خشکی (میلی‌متر)
۳۲۵۵/۵۸cd	۶۳۹/۲۳c	۳۸۵۹/۸۱cd	۱۰۹۲/۳۳c	۶۲/۳۳۳ab	شاهد (بدون مصرف کود)	
۳۲۹۵/۰۰c	۶۳۸۹/۳۸c	۳۹۳۱/۴۱c	۱۲۵۲/۳۳b	۶۲/۰۰۰ab	اوزه (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	آبیاری مطلوب
۳۶۲۵/۵۹a	۷۳۷۲/۸۷a	۴۳۹۴/۵۴a	۱۶۶۶/۶۷a	۶۶/۶۶۷a	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوزه (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	(۵۰±۳)
۳۴۳۳/۱۷b	۶۶۲۲/۸۳b	۴۱۰۵/۹۸b	۱۲۸۶/۶۷b	۶۵/۳۳۳a	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	
۲۷۵۲/۸۱g	۵۵۱۸/۶۲fg	۳۳۰۶/۵۱g	۵۲۶/۶۷g	۵۶/۳۳۳cd	شاهد (بدون مصرف کود)	
۲۷۸۴/۸۳g	۵۵۲۱/۵۴fg	۳۳۲۰/۳۸g	۶۶۶/۶۷f	۵۸/۳۳۳bcd	اوزه (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	تنش ملایم
۳۲۴۰/۳۴d	۶۰۸۷/۳۷d	۳۸۴۵/۸۲d	۹۲۳/۳۳d	۶۵/۳۳۳a	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوزه (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	(۱۰۰±۳)
۲۹۹۷/۸۲c	۵۸۴۷/۷۵c	۳۵۸۱/۸۶c	۷۳۰/۰۰e	۶۲/۰۰۰ab	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	
۲۵۳۸/۶۰i	۵۴۰۴/۰۰g	۳۰۷۸۸/۶۲i	۲۵۶/۶۷j	۵۵/۳۳۳d	شاهد (بدون مصرف کود)	
۲۵۶۹/۸۳i	۵۲۲۰/۶۸g	۳۰۸۱۷/۴۶i	۳۲۶/۶۷i	۵۷/۶۶۷cd	اوزه (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	تنش شدید
۲۸۳۳/۸۵f	۵۶۹۳/۶۲ef	۳۴۰۲۶/۳۴f	۴۹۰/۰۰h	۶۲/۳۳۳ab	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوزه (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	(۱۵۰±۳)
۲۶۸۵/۶۹h	۵۵۵۴/۰۰fg	۳۲۳۳/۶۲h	۴۰۶/۶۷i	۶۲/۰۰۰ab	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	



ادامه جدول شماره ۴-

ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شمار کودی	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر کل (کیلوگرم در هکتار)	صلکرد ماده (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شمار کودی
۱۲۶/۲۶d	۱۱/۵۶۶۶e	۷۶/۲۳abc	۲۹۲۷/۳۱cd	۱۰۱۴/۳۱c	۲۹۲۷/۳۱cd	شاهد (بدون مصرف کود)	
۱۲۵/۸۰c	۱۱/۶۳۳۳e	۷۵/۶۹abc	۲۹۶۶/۲۵e	۱۰۲۲/۳۱c	۲۹۸۲/۲۵c	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	آبیاری مطلوب
۲۳۷/۲۱a	۱۲/۳۳۳۳a	۷۸/۸۹a	۳۲۷۸/۱۸a	۱۱۷۹/۹۸a	۲۴۵۵/۶a	نیتروکسین (۷۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	(۵۰۳۳)
۱۶۹/۸۳b	۱۳/۲۰۰۰c	۷۵/۳۷abc	۳۰۹۸/۹۸b	۱۰۵۹/۹۸b	۴۱۵۳/۶۵b	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	
۵۳/۶۸h	۹/۹۶۶۶i	۷۱/۶۶cde	۲۲۹۶/۳۲g	۸۷۲/۹۸fg	۳۳۵۸/۹۲g	شاهد (بدون مصرف کود)	
۸۰/۰۰f	۱۲/۰۰۰۰d	۷۷/۹۵ab	۲۵۰۰/۶۴g	۸۸۶/۶۴fg	۳۳۸۲/۵۴g	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	تنش ملاتیم
۱۰۵/۵۶e	۱۱/۴۳۳۳f	۷۵/۵۸abc	۲۹۱۶/۸۷d	۹۷۳/۹۸d	۲۷۸۷/۶۱d	نیتروکسین (۷۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	(۱۰۰۳۳)
۷۸/۶۰f	۱۰/۷۶۶۶g	۷۳/۸۶bcd	۲۶۹۷/۵۳e	۹۳۵/۶۴e	۳۶۲۸/۱۹e	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	
۳۱/۰۸j	۱۲/۱۰۰۰d	۶۸/۳۰e	۲۲۸۴/۹۸i	۸۶۴/۶۴g	۳۱۴۲/۹۲i	شاهد (بدون مصرف کود)	
۳۳/۶۶j	۹/۲۰۰۰j	۷۲/۵۸cde	۳۲۱۲/۸۸i	۸۶۷/۳۱g	۳۱۷۷/۳۱i	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	تنش شدید
۶۷/۸۷g	۱۲/۸۳۳۳b	۷۲/۵۱cde	۲۵۵۰/۲۳f	۹۱۰/۸۸ef	۳۴۵۸/۲۷f	نیتروکسین (۷۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	(۱۵۰۳۳)
۲۲/۸۸i	۱۰/۶۳۳۳h	۶۹/۸۵de	۲۴۱۴/۳۲h	۸۸۸/۶۴fg	۳۲۹۸/۷۳h	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	

میانگین مادی دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.



بحث

دانه داشتند (جدول شماره ۳). با توجه به اهمیت عملکرد دانه، بیشترین میزان عملکرد دانه از آبیاری مطلوب و کمترین میزان عملکرد دانه نیز از تنش شدید حاصل شد (جدول شماره ۴). در مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی، بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار کودی تلفیقی و کمترین میزان عملکرد دانه از تیمار شاهد حاصل شد (جدول شماره ۵). در مقایسه میانگین برهم‌کنش کاربرد تیمار کودی و خشکی، بیشترین میزان عملکرد دانه از سطح تنش آبیاری مطلوب با تیمار کودی تلفیقی و کمترین میزان عملکرد دانه از تنش شدید با تیمار شاهد حاصل شد (جدول شماره ۶). از آنجایی که مصرف کود نیتروژن بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، فتوسنتز، افزایش طول دوره رویش و تجمع ماده خشک بیشتر اندام‌های هوایی و اجزای عملکرد دانه مؤثر است به نظر می‌آید تأثیر آن بر عملکرد دانه بدیهی باشد [۲۸]. تولید دانه حاصل مجموعه‌ای رویدادهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه می‌باشد که پس از لقاح و گلدهی صورت می‌گیرد و منجر به تولید دانه می‌شود. در این رابطه، حاصلخیزی خاک تأثیر بسزایی در عملکرد دانه دارد [۳۱] که با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی در این تحقیق میسر شده است. مصرف کودهای زیستی نیز می‌تواند کمبود عناصر غذایی را جبران کند و از طریق تولید تنظیم‌کننده‌های رشد توسط میکروب‌های موجود در محیط ریشه، باعث بهبود نمو گیاه شود، زیرا این میکروب‌ها موجب تحریک توسعه ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک می‌شوند [۱۱]. ساینی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه سورگوم و نخود زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و دامی به همراه تلقیح با ریزموجودات مختلف حل‌کننده فسفات و ریزوبیوم مورد استفاده قرار گرفت [۴۱]. برتولینی و همکاران (۱۹۹۹) با اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای در سه منطقه و طی چند سال با ارقام مختلف ذرت گزارش کردند که تلقیح بذر با مایه تلقیح تجاری برخوردار از پیت و باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس و کشت بذرها تحت تیمارهای مقادیر مختلف مصرف نیتروژنه، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه

مواد مؤثره گیاهان اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی ساخت آنها به طور آشکاری تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی قرار می‌گیرد. عوامل مذکور سبب تغییراتی در رشد، نمو و همچنین کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌شوند. شناسایی و مطالعه عوامل تأثیرگذار محیطی و زراعی بر اعتلای کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه دارویی، ادویه‌ای و عطری بسیار حائز اهمیت است [۲۰، ۴۳]. بایستی به این نکته نیز توجه نمود که مدیریت تغذیه به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورها در کشت موفق یک گیاه دارویی است، چون عناصر غذایی می‌توانند هم بر شاخص‌های عملکرد کمی و هم بر شاخص‌های عملکرد کیفی گیاه تأثیر گذارند.

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار کودی و همچنین اعمال تنش خشکی و برهم‌کنش آنها تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). به کارگیری تیمارهای کودی بالاخص تیمار تلفیقی باعث افزایش ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) و تیمار کود شیمیایی همزمان با اعمال تنش خشکی در سطوح مختلف شد (جدول شماره‌های ۴، ۵، ۶). از آنجا که عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف نقش بسیار مهم در رشد و نمو گیاهان دارند، ممکن است کودهای بیولوژیک با بهینه نمودن دسترسی گیاه خرفه به مواد غذایی سبب افزایش رشد و عملکرد آن نسبت به تیمار شاهد و تیمار کود شیمیایی شده باشد. این امر را می‌توان ناشی از افزایش جذب نیتروژن دانست، زیرا این عنصر با تأثیر بر فرآیند فتوسنتز و تقسیم سلولی منجر به افزایش رشد رویشی و سطح سبز گیاه می‌شود [۴۰]. اثر مفید کود اوره و کود زیستی بر ارتفاع بوته توسط سوافی و همکاران (۲۰۰۷) [۴۷] روی گیاه نعنای فلفلی و بدران و سوافی (۲۰۰۴) [۶] روی گیاه رازیانه گزارش شده است.

نتایج این تحقیق بیانگر این موضوع بود که تیمار کودی، خشکی و اثر برهم‌کنش آنها تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد



روی گیاه توت‌فرنگی و اردوخانی و همکاران (۲۰۱۱) [۳۴] روی گیاه ریحان مطابقت دارد.

تیمار کودی و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی محتوای نسبی آب برگ گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳) و بیشترین محتوی نسبی آب از آبیاری مطلوب و کمترین میزان محتوای نسبی آب نیز از تنش شدید حاصل شد (جدول شماره ۴). بین آبیاری مطلوب و تنش نسبتاً شدید اختلاف معنی‌داری شده است، با توجه به اینکه خرفه گیاهی C4 است و دارای برگ‌های گوشتی و آبدار شبیه گیاهان CAM می‌باشد لذا تنش سطح ۱ و ۲ تأثیر چندانی بر روی گیاه نداشته است. در مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی، بیشترین میزان محتوای نسبی آب از تیمار کودی تلفیقی و کمترین میزان محتوای نسبی آب در تیمار شاهد (بدون مصرف کود) حاصل شد (جدول شماره ۵). رهبریان و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که با افزایش شدت تنش آبی، میزان محتوی آب نسبی برگ کاهش می‌یابد [۳۸]. تارومینکنگ و کوتو (۲۰۰۳) دلایل کاهش محتوی آب نسبی برگ را تأخیر در رشد ریشه و فعالیت آن و همچنین افزایش میزان تیخیر و تعرق بیان نمودند [۴۸]. بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود حاصله در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه کاربرد کودهای زیستی کمپوست و ورمی کمپوست باشد [۳۸]. گزارش‌های متعددی مبنی بر این‌که افزایش کاربرد نیتروژن و مصرف کربوهیدرات‌ها از طریق افزایش ساخت پروتئین‌ها و افزایش ضخامت دیواره سلولی باعث جذب بیشتر آب توسط پروتوپلاسم و بهبود محتوای نسبی آب برگ می‌شود وجود دارد [۲۹]. کاهش RWC در برنج توسط لاکشمی و همکاران (۲۰۰۵) [۲۶] و گیاه جو توسط رامپینو و همکاران (۲۰۰۵) [۳۹] در هنگام بروز تنش خشکی گزارش شده است.

بررسی محتوی روغن و عملکرد روغن گیاه خرفه به عنوان صفات کیفی نشان داد که تیمار کودی شامل شیمیایی، زیستی و تلفیقی و تنش خشکی و اثر برهم‌کنش آنها تأثیر معنی‌داری بر روی محتوی روغن و عملکرد روغن گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان محتوی روغن و عملکرد

می‌شود و در ارقام مختلف از لحاظ افزایش عملکرد بر اثر تلقیح باکتریایی بذر، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر پیدا کردند [۷]. شالان (۲۰۰۵) در بررسی اثر تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس فلورسنت بر روی عملکرد سیاهدانه، افزایش عملکرد دانه را در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد گزارش کرد [۴۲]. تهلان و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که تلقیح بذر رازیانه با ازتوباکتر باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد [۴۹].

اعمال تیمار کودی تلفیقی کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به اعمال تیمار ساده کود زیستی، کود شیمیایی و شاهد (بدون مصرف کود)، باعث افزایش قابل توجه و معنی‌داری بر روی وزن تر کل، برگ و ساقه و وزن خشک کل، برگ و ساقه شده است (جدول شماره‌های ۳، ۵ و ۶). با بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شده بر روی گیاه خرفه مشاهده می‌شود که با افزایش تنش میزان عملکرد صفات فوق‌الذکر کاهش می‌یابد، البته بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار کودی تلفیقی کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول شماره ۶). این تأثیر می‌تواند ناشی از کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن باشد که با تولید مقادیر مناسب مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه مانند اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و ویتامین‌های گروه B، ظرفیت ریشه‌زایی گیاه و جذب مواد غذایی از خاک را بهبود بخشیده و در نتیجه میزان نیتروژن و فسفر را در برگ‌ها افزایش داده است [۱۲]. کاپولینک و همکاران (۱۹۸۲) [۲۴]؛ هرماندز و همکاران (۱۹۹۵) [۱۸] نیز در بررسی‌های جداگانه افزایش وزن تر و خشک برگ‌های بوته ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گزارش کرده‌اند. افزایش وزن خشک برگ به دنبال تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم توسط باسیلیو و همکاران (۲۰۰۴) در گندم نیز گزارش شده است [۵]. استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در گیاه دارویی مریم‌گلی باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد [۵۳]. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات عمر و همکاران (۲۰۱۰) [۵۱]



که محتوی روغن افزایش می‌یابد، ممکن است به علت کاهش شدید عملکرد دانه ناشی از تنش کم‌آبی، عملکرد روغن با افت مواجه شود، که شوبهرا و همکاران (۲۰۰۴) نیز این مورد را گزارش کرده‌اند [۴۵].

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که افزایش تنش خشکی باعث افت عملکرد در صفات مورد اندازه‌گیری شد، ولی در استفاده از تیمارهای کودی، مصرف توأم کود زیستی و کود شیمیایی نسبت به مصرف هر یک از آنها به طور جداگانه تأثیر بیشتری در صفات مورد بررسی داشت و باعث کاهش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی شد. بنابراین با جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی و همچنین مصرف توأم آنها (با میزان کود شیمیایی کمتر) جهت حصول عملکرد بیشتر، علاوه بر افزایش عملکرد کمی و کیفی و همچنین تقلیل دادن خسارت‌های حاصل از تنش خشکی، می‌توان در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز گام برداشت.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرری و دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد انجام شده است.

روغن از آبیاری مطلوب و کمترین میزان محتوی روغن از تنش نسبتاً شدید و در مورد عملکرد روغن از تنش شدید حاصل شد (جدول شماره ۴). در مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی، بیشترین میزان محتوی روغن و عملکرد روغن از تیمار کودی تلفیقی و کمترین میزان محتوی روغن از تیمار کودی اوره و درخصوص عملکرد روغن از تیمار شاهد (بدون مصرف کود) حاصل شد (جدول شماره ۵). در مقایسه میانگین برهم‌کنش کاربرد تیمار کودی و خشکی بیشترین میزان محتوی روغن و عملکرد روغن از سطح تنش آبیاری مطلوب با تیمار کودی تلفیقی و کمترین میزان محتوی روغن از تنش شدید با تیمار کودی اوره و درخصوص عملکرد روغن از تنش شدید با تیمار شاهد (بدون مصرف کود) حاصل شد (جدول شماره ۶). کاهش محتوی روغن در اثر تنش خشکی نیز می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد [۸]. در واقع تنش خشکی به ویژه در هنگام رسیدگی، محتوی روغن را کاهش داده ولی درصد پروتئین را افزایش می‌دهد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد. در این حالت فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود نداشته و بنابراین محتوی روغن کاهش می‌یابد [۱]. پیراسته انوشه و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کودهای زیستی علاوه بر بهبود عملکرد می‌توانند برای غلبه بر اثرات منفی تنش کم‌آبی مفید باشند [۳۶]. با توجه به اینکه عملکرد روغن دانه تابعی از محتوی روغن و عملکرد دانه می‌باشد، در شرایط تنش با این

منابع

1. Alyari H, Shekari F and Shekari F. Oilseeds. Amidi Press, Tabriz, Iran. 2000, 182 pp. (In Persian).
2. Angerer P, Von Schacky C. N-3 polyunsaturated fatty acids and the cardiovascular system. *Curr. Opin Clin Nutr. Metab. Care*. 2000 Nov; 3 (6): 439 - 45.
3. Arancon N, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1.Effects on growth and yields. *Bioresource Technol*. 2004; 93: 145 - 53.
4. Asad A, Blamey FPC and Edwards DG. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and



- sunflower plants grown in nutrient solution. *Plant Soil*. 2002; 243: 243 - 52.
5. Bacilio M, Rodriguez H, Moreno M, Hernandez JP and Y. Bashan. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. *Biol. Fertil. Soils*. 2004; 40: 188 - 93.
 6. Badran FS and Safwat MS. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. *Egypt. J. Agric. Res*. 2004; 82 (2): 247 - 56.
 7. Bertolini M, Bressaan M, Snidaro M, Fogher C and Morocco A. Inoculation with *Azospirillum* and nitrogen fertilizer application in maize. *Informatore Agrario* 1999; 46: 51 - 3.
 8. Bouchereau A, Clossais BN, Bensaoud A, Beport L and Renard M. Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy* 1996; 5: 19 - 30.
 9. Chan K, Islam MW, Kamil M, Radhakrishnan R, Zakaria MN, Habibullah M and et al. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. subsp. *Sativa* (Haw.) Celak. *J. Ethnopharmacol*. 2000 Dec; 73 (3): 445 - 51.
 10. Darzi MT Ghalavand A and Sefidkon F. Evaluation of biofertilizer apply on yield and yield component of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian J. Medicinal and Aromatic Plants* 2006; 22 (4): 267 - 92.
 11. Dilfuza E. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Applied Soil Ecology* 2007; 36: 184 - 9.
 12. Eid RA, Abo-Sedera SA and Attia M. Influence of Nitrogen Fixing Bacteria Incorporation with Organic and/or Inorganic Nitrogen Fertilizers on Growth, Flower Yield and Chemical Composition of *Celosia argenta*. *World J. Agriculture Sci*. 2006; 2 (4): 450 - 8.
 13. Ezekwe MO, Omara-Alwala TR and Membrahtu T. Nutritive characterization of purslane accessions as influenced by planting date. *Plant Foods Hum Nutr*. 1999; 54 (3): 183 - 91.
 14. Fallahi J, Koocheki A and Rezvani Moghaddam P. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita* L.) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops* 2008; 7 (1): 127 - 35.
 15. Fraser GA and Percival GC. The influence of biostimulants on growth and vitality of three urban tree species following transplanting. *Aboricult. J*. 2003; 27: 43 - 57.
 16. Gawronaka H. Biostimulators in modern agriculture (general aspects). Arysta Life Science. Published by the editorial House Wies Jutra, Limited. Warsaw 2008, 7, 25. pp: 89.
 17. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza Nell Infarto Miocardico: Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet*. 1999 Aug; 354 (9177): 447 - 55.
 18. Hernandez AN, Hernandez A and Heydrich M. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Cultivos Tropicales* 1995; 6: 5 - 8.
 19. Holub BJ. Fish oils and cardiovascular disease. *CMAJ*. 1989 Nov; 141 (10): 1063.
 20. Hornok L. Cultivation and processing of medicinal plants: academia kiado. Budapest. Hungary 1992, pp: 200 - 5.
 21. Iniguez A Yuemei D Eduardo A Robleto A and Triplett W. Strategies for the development of inoculants for increased yield of legumes and grasses as well as plant disease control. *Biological. and Inoculants* 2003.
 22. Jahan M and Koocheki A. Effect of organic production of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) on its chemical composition. *Pajouhesh & Sazandegi* 1999; 61: 87 - 95.
 23. Kapoor R Giri B and Mukerji KG. Improved



- growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplement with P-fertilizer. *Bioresource Technol.* 2004; 93: 307 - 11.
24. Kapulnik Y, Sarig S, Nur A, Okon Y and Y. Henis. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. *Isr J. Bot.* 1982; 31: 247 - 55.
25. Karthikeyan B, Jalaal CA, Alagu Laakshmanan GM and Deiveekasundram M. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plant. *Colloids and Surfaces* 2007; 62: 143 - 5.
26. Lakshmi PM, Chandra RB, Cairns JE and Lafitte HR. Comparative physiology of rice and wheat under drought, Inter Drought – II: Coping with drought, September 24 to 28, 2005 University of Rome “LA sapienza”, Rome, Italy.
27. Liu L, Howe P, Zhou YF, Xu ZQ, Hocart C and Zhan R. Fatty acids and beta-carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *J. Chromatogr A.* 2000 Sep; 893 (1): 207 - 13.
28. Lloyd A, Webb J, Archer JR and Bradly RS. Urea as a nitrogen fertilizer for cereals. *Journal of Agronomy Science. (Cambridge)* 1997; 128: 263 - 71.
29. Malakoti MJ and Homaei M. Productivity of soils in Dry and semidry Area, problems and Solutions. Modares University of Tarbiat Press, 2003, 494 p.
30. Mandal AKA, Kumar RR and Thomas J. An overview of PGR trials in UPASI TRF. *Planters Chron.* 2007; 103: 12 - 6.
31. Mohamad beigi F. Evaluation of plant density and nitrogen fertilizer on yield and some of trial of *Coriandrum sativum* L. M.Sc Thesis, Islamic Azad University of Takistan, Iran. 2006, p: 89.
32. Mohamed AI, Hussein AS. Chemical composition of purslane (*Portulaca oleracea*). *Plant Foods Hum Nutr.* 1994 Jan; 45 (1): 1 - 9.
33. Omidi H, Naghdi Badi H, Golzad A, Torabi H, and Footoukian MH. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). *J. Medicinal Plants* 2009; 8 (30): 98 - 109.
34. Ordoorkhani K, Sharafzadeh Sh and Zare M. Influence of PGPR on Growth, Essential Oil and Nutrients Uptake of Sweet Basil. *Advances in Environmental Biol.* 2011; 5 (4): 672 - 7.
35. Parry O, Okwuasaba FK and Ejike C. Skeletal muscle relaxant action of an aqueous extract of *Portulaca oleracea* in the rat. *J. Ethnopharmacol.* 1987 May; 19 (3): 247 - 53.
36. Pirasteh anushe H, Emam Y and Jamali ramini F. Comparison of biological fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield and oil of (*Helianthus annuus* L.) under various levels of drought stress. *Journal of Agroecol.* 2010; 2 (3): 492 - 501. (In Farsi).
37. Radhakrishnan R, Zakaria MN, Islam MW, Chen HB, Kamil M, Chan K and et al. Neuropharmacological actions of *Portulaca oleracea* L v. sativa (Hawk). *J. Ethnopharmacol.* 2001 Jul; 76 (2): 171 -6.
38. Rahbarian P, Afsharmaneshb G and Shirzadic MH. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.), *Plant Ecophysiol.* 2010; 2: 13 - 9.
39. Rampino P, Pataleo S, Mita G and Perrotta C. Expression of drought – related genes in triticum and aegilops, Inter, Drought – II: Coping with drought, September 24 to 28, 2005. University of Rome “LA sapienza”, Rome, Italy.
40. Saikia SP, Dutta SP, Goswami A, Bhau BS and Kanjilal PB. Role of Azospirillum in the Improvement of Legumes. *Microbes for Legume Improvement*, 2010; 389 - 408.
41. Saini VK, Bhandari SC and Tarafdar JC. Comparison of crop yield, soil microbial C.N. and



- P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and Chickpea crops. *Field Crops Res.* 2004; 89: 39 - 47.
42. Shaalan MN. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seed quality of *Nigella sativa* plants. *Egyptian Journal of Agricultural Res* 2005; 83: 811 - 28.
43. Shams H, Naghdi Badi H, Omidi H, Rezazadeh Sh, Soroshzadeh A and Sahandi M. Qualitative and quantitative changes in the aerial parts of borage under foliar application of Calcium Nitrate. *Journal of Medicinal Plants* 2009; 30: 138 - 44.
44. Sharma AK. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. *Agrobios India.* 2002.
45. Shubhra K, Dayal J, Goswami CL and Munjal R. Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. *Biologia Plantarum.* 2004; 48 (3); 445 - 8.
46. Simopoulos AP, Norman HA, Gillaspay JE and Duke JA. Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. *J. Am. Coll. Nutr.* 1992 Aug; 11 (4): 374 - 82.
47. Swaefy Hend MF, Sake Weaam RA, Sabh AZ and Ragab AA. Effect of some chemical and biofertilizers on peppermint plants grown in sandy soil. *Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo.* 2007; 52 (2): 451 - 63.
48. Tarumingkeng RC and Coto Z. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosopy Agricultural University. 2003, pp: 702.
49. Tehlan SK, Thakral KK and Nandal JK. Effect of *Azotobacter* on plant growth and seed yield of Fennel (*Foeniculum vulgare*). *Haryana Journal of Horticultural Science* 2004; 33: 287 - 8.
50. Thomas J, Mandal AKA, Raj Kumar R and Chordia A. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia* sp.). *Int. J. Agric. Res.* 2009; 4: 228 - 36.
51. Umar I, Wali VK, Rehman MU, Mir MM, Bandy SA and Bisati IA. Effect of Subabul (*Leucaena Leucocephala*), Urea and Biofertilizer Application on Growth, Yield and Quality of Strawberry cv. Chandler. *Applied Biological Res.* 2010; 12 (2): 121 - 91.
52. Uquiche E, Jeréz M and Ortíz J, Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts. *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2008; 9: 495 - 500.
53. Vande Broek A. Auxins upregulate expression of the indol-3-pyruvate decarboxylase gene in *Azospirillum brasilense*. *Journal of Bacteriology* 1999; 181: 1338 - 42.
54. Von Schacky C. N-3 fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000 Jan; 71 (1 Suppl): 224S - 7S.
55. www.asiabiototechnology.org.
56. www.plantstress.com/methods/RWC.htm.
57. Yildirim E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci.* 2007; 57: 182 - 6.
58. Zhao J Davis LC and Verpoorte R. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances* 2005; 23: 283 - 333.

