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

محمد اینانلوفر[1]، حشمت امیدی[2]*، علیرضا پازکی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد 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، صندوق‌پستی: ۱۵۹ - ۱۸۱۵۵
تلفن: ۳ - ۵۱۲۱۳۱۱۲ (۰۲۱)، نمابر: ۵۱۲۱۳۱۱٤ (۰۲۱)
پست الکترونیک: omidi@shahed.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/٦/۱۲ **تاریخ تصویب:** ۹۲/٦/۲٤

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 اجراشد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در سطوح ۳±۵۰، ۳±۱۰۰ و ۳±۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و همچنین کاربرد کود به عنوانعامل فرعی در سطوح شاهد (بدون مصرف کود)، مصرف۲۵۰ 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$۰/۰۱). بیشترین عملکرد کمی و کیفی خرفه از تیمار تلفیقی کودی و آبیاری مطلوب (۳±۵۰) میلی‌متر تبخیر و کمترین عملکرد کمی و کیفی خرفه نیز از تیمار شاهد و تنش شدید (۳±۱۵۰) 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.

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

www.SID.ir

مقدمه

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 ω3، 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 ω3، ویتامین A، C، E و مواد معدنی پتاسیم و سلنیوم است و منبع خوبی برای کوآنزیم Q_{10} می‌باشد [۳۲، ۱۳].

مقدار پروتئین خرفه ٤٤/۲۵ گرم در ۱۰۰ گرم برگ خشک گزارش شده است [۳۲]. ترکیبات آنتی‌اکسیدان آن نیز فراوان و شامل آلفاتوکوفرول، اسید آسکوربیک و گلوتاتیون می‌باشد [٤٦، ۲۷]. 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 [۳۷، ۳۵]. خرفه نیز دارای اثرات ضددرد و ضدالتهاب نیز می‌باشد [۳۷، ۹]. مطالعات نشان داده افزایش مصرف اسیدهای چرب ω3 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 [٥٤، 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 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، ١٤]. 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 [٤٤، ۲۳، ۳]. کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم 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 [٤٤]. همچنین، از آنجا که مسیر بعضی از متابولیت‌های ثانویه گیاهان توسط میکروارگانیزم‌های 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 بیوفسفات روی ارتفاع و عملکرد بیولوژیکی رازیانه اثر معنی‌داری داشت، همچنین اثرات متقابل بین میکوریزا و بیوفسفات 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) [٤]، پرسیوال (Percival) و فراسر (Fraser) (۲۰۰۳) [۱۵]، مندل (Mandal) و همکاران (۲۰۰۷) [۳۰]، ییلدریم (Yildrim) (۲۰۰۷) [۵۷]، گارونسکا (Gawronska) (۲۰۰۸) [۱٦]، توماس (Thomas) و همکاران (۲۰۰۹) [۵۰] و امیدی (Omidi) و همکاران (۲۰۰۹) [۳۳] گزارش‌های ارزشمندی را در این خصوص اعلام کردند.

Archive of SID
www.SID.ir

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 ± ۱۵۰میلی‌متر از سطح تشتک تبخیر) بوده و همچنین کاربرد کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) و کود شیمیایی اوره به عنوان عامل فرعی در ٤ سطح شامل: شاهد یا بدون اعمال کود، کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره، کاربرد 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 سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری 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 گاوآهن 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 ٤ متر و عرض ۲ متر صورت پذیرفت. بذور روی خطوطی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر و همچنین عمق ۲ - ۱ سانتی‌متر 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.

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	۲۱٦	′۸ و °۵۱	′۳٤ و °۳۵	۱۱۳۰	۱۷/۱

جدول شماره ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

خاک بافت	Texture (%)			K (mg/kg)	P (mg/kg)	Total (%) N	OC (%)
	Sand	Silt	Clay				
لومی	٤٤	۳٦	۲۰	۲۷۰	۷/٦	۰/۰۵۱	۰/۵۷

Archive of SID
www.SID.ir

کود زیستی نیتروژن (نیتروکسین) حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت کننده از جنس *Azospirillum / Azotobacter* می‌باشد. تعداد سلول زنده (CFU) حداقل ۱۰۸ 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 ۱۰ گرم بذر خرفه با استفاده از دستگاه سوکسله به مدت ٦ 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 [٥٦]:

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

W = وزن تازه

TW = وزن اشباع

DW = وزن خشک

جهت محاسبه وزن خشک نمونه‌ها را در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ 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 ٤ 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 ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج

ویژگی‌های مرفولوژیکی

ارتفاع بوته

تیمار کودی و خشکی ($p\leq$۰/۰۱) و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq$۰/۰۵) بر ارتفاع بوته گیاه خرفه داشت (جدول شماره ۳). بیشترین میزان ارتفاع بوته در آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ٦٦/٦٦٧ سانتی‌متر و کمترین میزان ارتفاع بوته از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۵۵/۳۳۳ سانتی‌متر حاصل شد (جدول شماره ٦).

وزن تر برگ، ساقه و کل اندام هوایی

تیمار کودی، تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq$۰/۰۱) بر وزن تر برگ، ساقه و وزن تر کل گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین وزن تر برگ از آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۷۳۷٤/۸۷ کیلوگرم و کمترین میزان وزن تر برگ از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ٥٤٠٤ کیلوگرم حاصل شد. بیشترین میزان وزن تر ساقه از آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۳٦٤۲۵/۵۹ کیلوگرم و کمترین میزان وزن تر ساقه از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۲۵۳۸۸/٦۰ کیلوگرم حاصل شد، بیشترین میزان وزن تر کل از آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ٤۳۷۹٤/٥٤ کیلوگرم و کمترین میزان وزن تر کل از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۳۰۷۸۸/٦۲ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ٦).

Archive of SID
www.SID.ir

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**	۲۴۷۸۸۲۲۴۷۷**
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 ** و **ns** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

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

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**	۹۸۸۲۲۲۶**
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 ** و **ns** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

وزن خشک برگ، ساقه و کل اندام هوایی

تیمار کودی، تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) 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 میلی‌متر) 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 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۸۶۴/۶۴ کیلوگرم حاصل شد. بیشترین میزان وزن خشک ساقه از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود 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 میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۲۲۸۴/۹۸ کیلوگرم حاصل شد. بیشترین میزان وزن خشک کل از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۴۴۵۵/۷۶ کیلوگرم و کمترین میزان وزن خشک کل از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۳۱۴۴/۹۲ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ۶). البته مصرف تلفیقی تیمار کود

Archive of SID
www.SID.ir

زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ٤١/٦ 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($p \leq$ ۰/۰۱) بر روی محتوی روغن گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان محتوی روغن از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ١٤/٢٣٣٣ درصد و کمترین میزان محتوی روغن از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر)و تیمار کودی اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۹/۲ درصد حاصل شد (جدول شماره ٦). 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 ٥٤/٧ درصد روغن شد ولی افزایش محتوی روغن تحت همین شرایط با استفاده از تیمار کود زیستی نیتروکسین ٤٣/٤ درصد و در استفاده از کود شیمیایی اوره ٢٦/٤ درصد بود.

عملکرد دانه

تیمار کودی و تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری($p \leq$ ۰/۰۱) بر روی عملکرد دانه گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان عملکرد دانه از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ١٦٦٦/٦٧ کیلوگرم و کمترین میزان عملکرد دانه از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ٢٥٦/٦٧ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ٦).

محتوی نسبی آب برگ (RWC)

تیمار کودی و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری($p \leq$ ۰/۰۱) 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 (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) با میانگین ٧٦/٥٩٨ درصد و کمترین میزان محتوی نسبی آب برگ از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) با میانگین ٧٠/٨١٣ درصد حاصل شد (جدول شماره ٤). بیشترین محتوی نسبی آب برگ از تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ٧٥/٦٦٣ درصد و کمترین میزان محتوی نسبی آب برگ از تیمار شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ٧٢/٠٩٦ درصد حاصل شد (جدول شماره ٥).

تیمارهای کودی و تنش خشکی و همچنین اثر برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری($p \leq$ ۰/۰۱) بر روی عملکرد روغن گیاه خرفه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین میزان عملکرد روغن از برهمکنش آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰ میلی‌متر) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) با میانگین ٢٣٧/٢١ کیلوگرم و کمترین میزان عملکرد روغن از تنش شدید (۳ ± ۱۵۰ میلی‌متر) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ٣١/٠٨ کیلوگرم حاصل شد (جدول شماره ٦).

جدول شماره ٤- 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 (۳ ± ۵۰)	٦٤/٩١٧a	١٣٢٥/٠٠٠a	٤٠٧٦١/٠١a	٦٦٨٢/١٢a	٣٤٠٨٥/٨٨a
تنش ملایم (۳ ± ۱۰۰)	٦٠/٤١٧b	٧١٤/١٦٧b	٣٥١٧٠/٣٦b	٥٧٤٨/٨١b	٢٩٤٢٦/٥٢b
تنش شدید (۳ ± ۱۵۰)	٥٩/٣٣٣c	٣٨٢/٥٠٠c	٣٢٠٧٦/٧٢c	٥٥١٨/٠٦c	٢٦٥٦٢/٦٤c

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

Archive of SID
www.SID.ir

ادامه جدول شماره ٤-

تنش خشکی تشطک تبخیر (میلی‌متر)	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)
آبیاری مطلوب (۳ ± ۵۰)	٤١٣٠/٥٧a	١٠٦٩/١٤a	٣٠٦٧/٧٣a	٧٦/٥٩٨a	١٢/٦٥٨٣a	١٦٩/٨٢a
تنش ملایم (۳ ± ۱۰۰)	٣٥٦٤/٥٠b	٩١٩/٨١b	٢٦٨٤/٣٩b	٧٤/٧٦٦a	١١/٠٤١٦c	٧٩/٤١b
تنش شدید (۳ ± ۱۵۰)	٣٢٦٨/١٢c	٨٨٢/٨٩c	٢٣٩٠/٦٤c	٧٠/٨١٣b	١١/٤٤١٦b	٤٤/١٠c

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 (سانتی‌متر)	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)	٥٨/٦٦٧b	٦٢٨/٨٩d	٣٤٢٣٥/٤٧d	٥٧٥٤/٠٠c	٢٨٤٨٧/٤٧d
اوره (۲۵۰ (کیلوگرم در هکتار)	٦٠/٠٠٠b	٧٦٥/٥٦c	٣٤٥٩٢/٤٣c	٥٧٨٣/٨٧c	٢٨٨١٤/٥٩c
نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	٦٣/٧٧٨a	١٠٢٦/٦٧a	٣٨٧٦٥/٩١a	٦٣٨٥/٢٥a	٣٢٣٨٨/٦٤a
نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	٦٢/٥٥٣a	٨٠٧/٧٨b	٣٦٤٠٩/٥٤b	٦٠٠٨/٧٩b	٣٠٤٠٩/٥٧b

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)	عملکردروغن (کیلوگرم در هکتار)
شاهد (بدون مصرف کود)	٣٤٧٨/٥١d	٩٢٠/٦٤c	٢٥٦٣/٨٧d	٧٢/٠٩٦c	١١/٢١١١c	٧٠/٣٤d
اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	٣٥١١/٧٣c	٩٢٥/٤٢c	٢٥٩٣/٣١c	٧٥/٤١٢ab	١٠/٩٤٤٤d	٨٦/٨٢c
نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) +اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	٣٩٣٢/١٢a	١٠٢١/٦٤a	٢٩١٤/٩٨a	٧٥/٦٦٣a	١٣/١٦٦٦a	١٣٦/٨٥a
نیتروکسین (لیتر در هکتار ۵)	٣٦٩٣/١٤b	٩٦١/٤٢b	٢٧٣٦/٨٧b	٧٣/٠٦٥bc	١١/٥٣٣٣b	٩٧/١٠b

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

تنش خشکی (میلی‌متر)	تیمار کودی	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)
	شاهد (بدون مصرف کود)	۶۳/۳۳۳ab	۱۰۹۳/۳۳c	۳۸۸۵۹/۱۱cd	۶۳۳۹/۴۳c	۳۲۵۲۵/۵۸cd
آبیاری معلوب	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۶۴/۰۰۰ab	۱۲۵۳/۳۳b	۳۹۳۴۱/۴۱c	۶۳۸۹/۳۸c	۳۲۹۵۹/۰۰c
(۵۰±۳)	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۶۶/۶۶۷a	۱۶۶۶/۶۷a	۴۳۷۹۴/۵۴a	۷۳۷۴/۸۷a	۳۶۴۲۵/۵۹a
	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۶۵/۳۳۳a	۱۲۸۶/۶۷b	۴۱۰۵۱/۹۸b	۶۶۲۴/۸۳b	۳۴۴۳۳/۱۷b
	شاهد (بدون مصرف کود)	۵۶/۳۳۳cd	۵۳۶/۶۷g	۳۳۰۶۲/۵۱g	۵۵۱۸/۶۲fg	۲۷۵۴۷/۸۱g
تنش ملایم	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۵۸/۳۳۳bcd	۶۶۶/۶۷f	۳۳۳۲۰/۳۸g	۵۵۴۱/۵۴fg	۲۷۷۸۴/۷۳g
(۱۰۰±۳)	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۶۵/۳۳۳a	۹۲۳/۳۳d	۳۸۴۸۵/۸۲d	۶۰۸۷/۳۷d	۳۲۴۰۳/۳۶d
	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۶۴/۰۰۰ab	۷۳۰/۰۰e	۳۵۸۱۱/۸۶e	۵۸۴۷/۷۵e	۲۹۹۷۰/۱۲e
	شاهد (بدون مصرف کود)	۵۵/۳۳۳d	۲۵۶/۶۷j	۳۰۷۸۸/۶۲i	۵۴۰۴/۰۰g	۲۵۳۸۸/۶۰i
تنش شدید	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۵۷/۶۶۷cd	۳۷۶/۶۷i	۳۰۸۱۲/۴۶i	۵۴۲۰/۶۸g	۲۵۶۹۹/۷۳i
(۱۵۰±۳)	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلومتر در هکتار)	۶۴/۳۳۳ab	۴۹۰/۰۰h	۳۴۰۲۶/۴۳f	۵۶۹۳/۶۲ef	۲۸۳۳۶/۷۵f
	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۶۴/۰۰۰ab	۴۰۶/۶۷i	۳۲۳۷۳/۶۴h	۵۵۵۴/۰۰fg	۲۶۸۲۵/۶۹h

www.SID.ir

www.SID.ir

ادامه جدول شماره ۶-

تیمار کودی	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)	تیمار کودی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
	شاهد (بدون مصرف کود)	۳۹۳۷/۸۶cd	۱۰۱۴/۳۱c	۲۹۲۷/۳۱cd	۷۶/۳۲abc	۱۱/۵۶۶۶e	۱۲۶/۴۶d
آبیاری مطلوب	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۳۹۸۳/۴۵c	۱۰۲۲/۳۱c	۲۹۶۶/۴۵c	۷۵/۶۹abc	۱۱/۶۳۳۳e	۱۴۵/۸۰c
(۵۰±۳)	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۴۴۵۵/۷۶a	۱۱۷۹/۹۸a	۳۲۷۸/۱۸a	۷۸/۸۹a	۱۴/۲۳۳۳a	۲۳۷/۲۱a
	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۴۱۵۳/۶۵b	۱۰۵۹/۹۸b	۳۰۹۸/۹۸b	۷۵/۴۸abc	۱۳/۲۰۰۰c	۱۶۹/۸۳b
	شاهد (بدون مصرف کود)	۳۳۵۸/۹۲g	۸۸۲/۹۸fg	۲۴۷۹/۳۲g	۷۱/۶۶cde	۹/۹۶۶۶i	۵۳/۴۸h
تنش ملایم	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۳۳۸۲/۵۴g	۸۸۶/۶۴fg	۲۵۰۰/۶۴g	۷۷/۹۵ab	۱۲/۰۰۰۰d	۸۰/۰۰f
(۱۰۰±۳)	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۳۸۸۷/۶۱d	۹۷۳/۹۸d	۲۹۱۶/۸۷d	۷۵/۵۸abc	۱۱/۴۳۳۳f	۱۰۵/۵۶e
	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۳۶۲۸/۱۹e	۹۳۵/۶۴e	۲۶۹۷/۵۳e	۷۳/۸۶bcd	۱۰/۷۶۶۶g	۷۸/۶۰f
	شاهد (بدون مصرف کود)	۳۱۴۴/۹۲i	۸۶۴/۶۴g	۲۲۸۴/۹۸i	۶۸/۳۰e	۱۲/۱۰۰۰d	۳۱/۰۸j
تنش شدید	اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۳۱۷۷/۴۳i	۸۶۷/۳۱g	۲۳۱۲/۸۹i	۷۲/۵۸cde	۹/۲۰۰۰j	۳۴/۶۶j
(۱۵۰±۳)	نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره (۱۲۵ کیلومتر در هکتار)	۳۴۵۸/۳۷f	۹۱۰/۹۸ef	۲۵۵۰/۲۳f	۷۲/۵۱cde	۱۳/۸۳۳۳b	۶۷/۷۸g
	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	۳۲۹۸/۷۳h	۸۸۸/۶۴fg	۲۴۱۴/۳۴h	۶۹/۸۵de	۱۰/۶۳۳۳h	۴۲/۸۹i

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

بحث

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 [۴۳، ۲۰]. 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 ٦،٥،٤). 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 [٤٠]. اثر مفید کود اوره و کود زیستی بر ارتفاع بوته توسط سوافی و همکاران (۲۰۰۷) [٤٧] روی گیاه نعناع فلفلی و بدران و سوافی (۲۰۰٤) [٦] 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 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 ٤). 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 ٥). 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 ٦). 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 مرفولوژیکی 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 می‌توانند 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 (۲۰۰٤) 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 حل کننده فسفات و ریزوبیوم مورد استفاده قرار گرفت [٤١]. 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

Archive of SID
www.SID.ir

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 [٤٢]. تهلان و همکاران (۲۰۰٤) نیز گزارش کردند که تلقیح بذور رازیانه با ازتوباکتر باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد [٤۹].

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 ٦). 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 ٦). این تأثیر می‌تواند ناشی از کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده 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) [۲٤]؛ هرناندز و همکارن (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 آزوسپریلوم توسط باسیلیو و همکاران (۲۰۰٤) 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] روی گیاه توت‌فرنگی و اردوخانی و همکاران (۲۰۱۱) [۳٤] 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 ٤). 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 تبخیر و تعرق بیان نمودند [٤۸]. 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) [۲٦] 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

Archive of SID
www.SID.ir

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 ٤). 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 ٥). 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 ٦). کاهش محتوی روغن در اثر تنش خشکی نیز می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد [٨]. 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 [١]. پیراسته انوشه و همکاران (٢٠١٠) گزارش کردند که کودهای زیستی علاوه بر بهبود عملکرد می‌توانند برای غلبه بر اثرات منفی تنش کم‌آبی مفید باشند [٣٦]. با توجه به اینکه عملکرد روغن دانه تابعی از محتوی روغن و عملکرد دانه می‌باشد، در شرایط تنش با این که محتوی روغن افزایش می‌یابد، ممکن است به علت کاهش شدید عملکرد دانه ناشی از تنش کم‌آبی، عملکرد روغن با اُفت مواجه شود، که شوبهرا و همکاران (٢٠٠٤) نیز این مورد را گزارش کرده‌اند [٤٥].

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که افزایش تنش خشکی باعث اُفت 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.

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

Archive of SID
www.SID.ir

sunflower plants grown in nutrient solution. *PlantSoil*. 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 vulgar* 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 foruse 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 (*Maricaria chamomilla* L.) on it's chemical composition. *Pajouhesh & Sazandegi* 1999; 61: 87 - 95.

23. Kapoor R Giri B and Mukerji KG. Improved

Archive of SID

www.SID.ir

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 Azospirilluminoculation 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. *Colloidsand 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 AgronomyScience. (Cambridge)* 1997; 128: 263 - 71.

29. Malakoti MJ and Homaei M. Prodouctivity 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. Ordookhani 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 ramin F. Comparison of biological fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield and oil of (*Helianthus annuss* 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 oleraceae* 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. Expresion 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

Archive of SID
www.SID.ir

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, Gillaspy 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, Banday 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.asiabiotechnology.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.

Archive of SID

www.SID.ir