نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۳۶۳-۳۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 2, Summer 2014, p. 353-363

ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی مصرف کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد کمّی و اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

جواد شباهنگ[۱]، سرور خرم‌دل[۲*]، آسیه سیاهمرگویی[۳]، رحمت‌اله قشم[۱] و لیلا جعفری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۲۰

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر سطوح کود دامی و تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا بر رشد، عملکرد کمّی و کیفی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. تلقیح با میکوریزا در دو سطح (با و بدون تلقیح) و پنج سطح کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) به عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش اندام‌های هوایی، نسبت برگ به ساقه، وزن خشک اندام هوایی، محتوی اسانس و عملکرد اسانس زوفا بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده و متقابل کود دامی و میکوریزا بر ارتفاع و قطر بوته، نسبت برگ به ساقه، وزن خشک اندام هوایی و محتوی و عملکرد اسانس زوفا معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش مقدار کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس به ترتیب ۱۲۷ و ۴۳ درصد بهبود یافت؛ در حالیکه افزایش کود دامی تا ۴۰ تن در هکتار، مقدار این صفات را به ترتیب ۱۱۲ و ۲۹ درصد بهبود بخشید. تلقیح میکوریزایی بهبود وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس زوفا را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به‌دنبال داشت. همچنین، رشد و عملکرد این گیاه در سال دوم به دلیل استقرار مناسب و همچنین دسترسی بیشتر به عناصر و مواد غذایی نسبت به سال اول بالاتر بود. افزایش مصرف کود دامی با افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود خصوصیات خاک، رشد و عملکرد را افزایش داد. تلقیح با میکوریزا نیز از طریق بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه فسفر موجب افزایش رشد و عملکرد شد.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، سیستم ریشه‌ای، فسفر، کود آلی، مدیریت اکولوژیکی

مقدمه

تقاضای روزافزون برای محصولات طبیعی و به‌ویژه گیاهان دارویی موجب افزایش تمایل به تولید این فرآورده‌های گیاهی شده است (Carruba et al., 2002). از جمله دلایل مهم اهمیت گیاهان دارویی می‌توان به عدم امکان تولید بسیاری از مواد مؤثره گیاهی با استفاده از روش‌های مصنوعی و همچنین عدم وجود تأثیرات جانبی منفی در داروهای گیاهی اشاره نمود. میزان تولید این متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر عوامل محیطی، محتوی رطوبت و حاصلخیزی خاک متغیر می‌باشد (Omidbaygi, 1995). زوفا با نام علمی *Hyssopus officinalis* L. یکی از گیاهان مهم دارویی خانواده نعناعیان است. این گیاه چندساله مصارف فراوانی در صنایع داروسازی (Jankovasky & Landa, 2002) و غذایی (Kazazi et al., 2007) دارد. اسانس این گیاه دارای خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی بوده و در طب سنتی و مدرن نیز به عنوان خلط‌آور و اشتهاآور کاربرد داشته و برای درمان ناراحتی‌های گوارشی، التهاب حنجره، آسم، برونشیت، تبخال و تسریع در بهبود زخم توصیه شده است (Jankovasky & Landa, 2002).

مدیریت حاصلخیزی خاک یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی محسوب می‌شود (Omidbaygi, 1995). در همین راستا، امیدبیگی (Omidbaygi, 1995) دریافت، اگرچه رشد رویشی گیاهان دارویی تحت تأثیر مصرف نهاده‌های شیمیایی به طور نسبی افزایش می‌یابد، ولی این مواد

۱- دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- مربی گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: E-mail: khorramdel@um.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

معمولاً عملکرد کیفی این گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و آن را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، ماندال و همکاران (Mandal et al., 2007) اظهار نمودند که مصرف کودهای شیمیایی به دلیل کاهش کیفیت بیولوژیکی خاک، کارکردهای آن را کاهش داده و از طریق افت پویایی خاک، آن را به بستری غیر زنده تبدیل می‌کند. از طرف دیگر، نتایج تحقیقات سینگ و رامش (Singh & Ramesh, 2000) تأییدکننده تأثیر مثبت کاربرد نهاده‌های آلی به ویژه کود دامی بر خصوصیات خاک، رشد و عملکرد گیاهان دارویی می‌باشد. بدین ترتیب، استفاده از نهاده‌های آلی می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای اکولوژیکی مؤثر بر بهبود خصوصیات کمّی و کیفی گیاهان دارویی مدنظر قرار گیرد.

فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری برای بهبود رشد کیفی و کمّی گیاهان می‌باشد که کمبود آن کاهش ۴۰-۳۰ درصدی عملکرد (Vance et al., 2003) و افت گلدهی (Sardans et al., 2005) را موجب می‌شود. از جمله راهکارهای مؤثر در زمینه بهبود فراهمی و افزایش دسترسی به این عنصر پرمصرف، تلقیح با قارچ میکوریزا می‌باشد (Kapoor et al., 2007; Kapoor et al., 2004). افزایش سطح فعال سیستم ریشه‌ای برای جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک بویژه در شرایط پایین بودن محتوی فسفر محلول خاک (Kapoor et al., 2007; Kapoor et al., 2004)، بهبود فتوسنتز و عمکرد اسانس (Gupta et al., 2002; Cardoso et al., 2006 ; Morone-Fortunato & Avato, 2008)، افزایش کارایی مصرف آب (Estrada-Luna & Davies, 2003)، افزایش مقاومت نسبت به تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری (Kothamasi, et al., 2001) و بهبود تحمل نسبت به حمله آفات و بیماری‌های گیاهی (El-Mougy & Abdel-Kader, 2007)، بهبود تولید مواد تحریک-کننده رشد و هورمون‌های گیاهی (Cardoso & Kuyper, 2006) در گیاه میزبان و بهبود ساختمان خاک (Celik et al., 2004) نمونه-هایی از کارکردهای مثبت این قارچ بر گیاهان همزیست می‌باشد. کوپتا و همکاران (Copetta et al., 2006) گزارش کردند که تلقیح گونه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با سه گونه قارچ همزیست میکوریزا (*Gigaspora rosea* BEG_9, *Glomus mosseae* BEG_{12}, *Gigaspora margarita* BEG_{34}) باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، زیست توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و میزان اسانس در مقایسه با شاهد شد.

خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2010) نیز گزارش نمودند که تلقیح با انواع کودهای زیستی و قارچ میکوریزا خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را به طور معنی‌داری بهبود بخشید. این محققین (Khorramdel et al., 2008) در مطالعه‌ای دیگر، بیان داشتند که تلقیح با این قارچ همزیست، منجر به بهبود شاخص‌های رشدی سیاهدانه شد. نتایج مطالعه گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) روی اثر تلقیح با میکوریزا آرباسکولار- وزیکولار (VAM)[1] گونه *Glomus intraradices* نشان داد که بهبود کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر تلقیح با این قارچ موجب افزایش خصوصیات رشدی، عملکرد ماده خشک و محتوی اسانس ارقام مختلف نعناع (*Mentha arvensis* L.) شد. این محققین دلیل عمده این امر را به افزایش دسترسی به عناصر غذایی بویژه فسفر تحت تأثیر توسعه سیستم ریشه‌ای در خاک نسبت دادند.

کود دامی یکی دیگر از منابع آلی است که استفاده از آن به منظور بهبود باروری خاک و دستیابی به سطح مطلوب عملکرد در نظام‌های کشاورزی پایدار توسط تعداد زیادی از محققین (Araji et al., 2001; Hutchison et al., 2005) توصیه شده است. نتایج برخی بررسی‌ها (Hutchison et al., 2005) نشان داده است که مصرف این نهاده کم‌هزینه، به دلیل دارا بودن مقدار بالای عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف، یکی از منابع مهم برای ارتقاء باروری خاک محسوب می-شود. استفاده از کود دامی به دلیل افزایش محتوی ماده آلی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، کاهش فرسایش، افزایش قابلیت نگهداری آب و کاهش آبشویی، افزایش عملکرد محصولات را به دنبال دارد (Leithy et al., 2006; Araji et al., 2001). سینگ و رامش (Singh & Ramesh, 2000) گزارش نمودند که کاربرد کود دامی منجر به حفظ رطوبت در خاک، افزایش میزان جذب عناصر غذایی و به تبع آن بهبود شرایط رشدی می‌شود. در همین راستا، نتایج برخی تحقیقات نیز تأییدکننده بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گونه‌های مختلف دارویی از جمله اسفرزه (*Plantago ovata* L.)، پسیلیوم (*Plantago psyllium* L.) (Tabrizi, 2004)، آویشن (*Thymus transcaspicus* Klokov.) (Tabrizi, 2007)، پونه‌سای بینالودی (*Nepeta binaludensis* Jamzad.) (Nadjafi, 2006) و مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) (Said-Al Ahl et al., 2009) تحت تأثیر کاربرد این ماده نسبتاً

1- Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza

Archive of SID

www.SID.ir

کم‌هزینه آلی می‌باشد.

بر این اساس، با توجه به نقش مثبت نهاده‌های آلی و قارچ میکوریزا بر بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و همچنین کاربرد این نهاده‌ها بر افزایش رشد و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی، این مطالعه با هدف بررسی اثر تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا و مقادیر کود دامی بر خصوصیات رشدی، عملکرد اندام هوایی و اسانس گیاه دارویی زوفا در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کاربرد مقادیر کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی زوفا در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب '۲۸°۵۹ شرقی و '۱۵°۳۶ شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۹۸۵ متر) در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تلقیح با میکوریزا در دو سطح (با تلقیح و بدون تلقیح) و پنج سطح کود دامی (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) به عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده در اسفندماه سال ۱۳۸۸ همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین، پخش و به طور یکنواخت با لایه سطحی خاک مخلوط شد.

قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (نظیر میزان عناصر معدنی قابل دسترس (شامل نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم)، اسیدیته، هدایت الکتریکی و بافت) نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر محل اجرای آزمایش انجام شد (جدول ۱). ویژگی‌های شیمیایی کود دامی مورد استفاده نیز قبل از کاشت اندازه-گیری و تعیین شد (جدول ۱).

ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲×۳ متر در نظر گرفته شد که در هر کرت چهار ردیف به فواصل ۵۰ ×۴۰ سانتی‌متر کشت گردید. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. همچنین به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها آبیاری کرت‌ها و بلوک‌ها به‌صورت جداگانه انجام گردید. عملیات کاشت دستی بذرها به صورت مستقیم در ۲۵ فروردین‌ماه سال ۱۳۸۹ انجام شد. در هنگام کاشت، ۲۰ گرم خاک حاوی قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) به‌ازای هر بوته، زیر بذرها قرار داده شد. به‌منظور حصول اطمینان از سبز شدن بذرها، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت، آبیاری دوم پنج روز بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله ۱۰ روز یکبار و به شیوه نشتی انجام شد.

عملیات برداشت اندام‌های هوایی در مرحله گلدهی از دو ردیف وسط هر کرت و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت. قبل از هر نوبت برداشت، متوسط ارتفاع بوته و قطر تاج‌پوشش اندام‌های هوایی اندازه‌گیری و سپس اندام‌های هوایی از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر قطع و جهت اندازه‌گیری وزن و تعیین درصد اسانس به آزمایشگاه منتقل شدند. برگ‌ها از ساقه جدا شده و به طور جداگانه توزین شدند و بر این اساس نسبت برگ به ساقه محاسبه شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک و کود دامی مورد استفاده قبل از شروع آزمایش

Table 1- Soil and used organic manure properties before starting experiment

نام Name	بافت خاک Soil texture	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (پی‌پی‌ام) (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (پی‌پی‌ام) (ppm)
خاک Soil	سیلتی لوم Silty loam	0.096	8.02	1.11	0.39	9	115
کود دامی Organic manure	-	41.14	8.3	6.75	0.42	567	3452

سپس به‌منظور حفظ کمیت و کیفیت اسانس، نمونه‌های مذکور در سایه و در درجه حرارت محیط خشک شدند. به‌منظور استخراج اسانس از اندام‌های هوایی خشک شده، از روش تقطیر با بخار آب توسط دستگاه کلونجر استفاده شد. لازم به ذکر است که در سال اول

Archive of SID

www.SID.ir

یک چین و در سال دوم دو چین از گیاه برداشت شد.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 بصورت آنالیز مرکب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. به‌منظور مقایسه اثرات تیمارها طی دو چین، آنالیز آماری بر اساس طرح اسپلیت‌پلات در زمان انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سطوح کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر خصوصیات رشدی و عملکرد

نتایج آنالیز واریانس اثر سطوح کود دامی و تلقیح با قارچ میکوریزا بر صفات اندازه‌گیری شده زوفا در جدول ۲ نشان داده شده است.

اثر ساده سطوح کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر ارتفاع و قطر بوته، نسبت برگ به ساقه، وزن خشک اندام هوایی و محتوی و عملکرد اسانس گیاه دارویی زوفا معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود دامی و تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا بر صفات اندازه‌گیری شده گیاه دارویی زوفا در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر مقادیر کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر خصوصیات رویشی، عملکرد کمّی و کیفی زوفا

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of organic manure amounts and mycorrhiza inoculation effects on vegetative properties, quantitative and qualitative yield of hyssop

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر بوته Plant diameter	نسبت برگ به ساقه Leaf to stem ratio	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	محتوی اسانس Essential oil content	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال (L) Year (L)	1	75.309	99.616	0.568	117.686	3.267	0.100
تکرار × سال Replication× Year	4	140.805	96.325	0.289	102.900	2.831	1.070
کود دامی (A) Organic manure (A)	4	164.267**	100.654**	0.577**	4.811**	1.271**	2.410**
LA	4	71.193	54.267	0.111	1.039	0.034	0.094
میکوریزا (B) Mycorrhiza (B)	1	105.656**	26.947**	1.498**	3.356**	1.329**	3.001**
LB	1	8.986	0.847	0.182	4.631	0.118	0.002
AB	4	21.134**	13.611**	0.081**	4.873**	4.082**	7.820**
LAB	4	15.162	15.989	0.033	2.264	0.057	0.002
خطا Error	36	2.276	0.547	0.137	0.211	0.0013	0.0002
کل Total	59	–	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات (٪) CV (٪)	–	15.28	16.46	12.75	5.58	2.51	4.87

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 1% probability level

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر خصوصیات رویشی و درصد اسانس زوفا

Table 3- Mean comparisons of interaction between organic manure levels and mycorrhiza inoculation on vegetative properties and essential oil of hyssop

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار کود دامی (تن در هکتار) Amount of organic manure (t.ha^{-1})	تلقیح با میکوریزا Mycorrhiza inoculation	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر تاج‌پوشش (سانتی‌متر) Canopy diameter (cm)	نسبت برگ به ساقه Leaf to stem ratio	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)
0	بدون تلقیح Without inoculation	22.18f *	19.45g	1.34f	0.98j
	با تلقیح With inoculation	28.45e	22.45f	1.89e	1.12i
10	بدون تلقیح Without inoculation	29.02e	24.62e	2.12e	1.19h
	با تلقیح With inoculation	30.14de	26.63d	2.64d	1.25g
20	بدون تلقیح Without inoculation	31.50cd	27.23d	2.71cd	1.34f
	با تلقیح With inoculation	33.18c	29.96c	2.87bcd	1.44e
30	بدون تلقیح Without inoculation	36.15b	30.36c	3.14abc	1.69c
	با تلقیح With inoculation	42.15a	34.45a	3.43a	1.90a
40	بدون تلقیح Without inoculation	35.48b	29.45c	2.99abc	1.58d
	با تلقیح With inoculation	40.45a	32.26b	3.26ab	1.76b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

اثر متقابل کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر ارتفاع بوته و قطر تاج‌پوشش اندام‌های هوایی زوفا معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته و قطر تاج‌پوشش برای تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار و تلقیح با میکوریزا به ترتیب برابر با ۴۱/۲ و ۳۴/۵ سانتی‌متر و کمترین میزان این صفات برای شاهد به ترتیب برابر با ۲۲/۲ و ۱۹/۴ سانتی‌متر حاصل شد. با افزایش مقدار کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار ارتفاع و قطر تاج‌پوشش زوفا ۵۵ درصد افزایش یافت، درحالیکه میزان این افزایش نسبت به مقدار ۴۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب برابر با ۵۰ و ۴۷ درصد بود (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که مصرف کود دامی با بهبود قابلیت نگهداری آب در خاک، سرعت رشد گیاه را که به میزان زیادی متأثر از آماس سلولی می‌باشد (Sarmadnian & Koocheki, 2001)، بهبود بخشیده که این پدیده موجب افزایش ارتفاع و همچنین قطر تاج‌پوشش شده است. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که تلقیح میکوریزایی با بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای به دلیل افزایش جذب آب می‌تواند سرعت فتوسنتز (Copetta et al., 2006) را بهبود دهد که این امر با افزایش تولید ماده خشک بهبود خصوصیات رشدی زوفا نظیر ارتفاع و قطر تاج‌پوشش بوته‌ها را به دنبال داشته است. در برخی مطالعات صورت گرفته نیز به تأثیر مثبت میکوریزا بر خصوصیات رشدی گونه‌های دارویی نظیر ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Copetta et al., 2006)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (Khorramdel et al., 2008)، مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) (Gharib et al., 2008) و نعناع (*Mentha arvensis* L.) (Gupta et al., 2002) اشاره شده است.

اثر متقابل کود دامی و همزیستی با قارچ میکوریزا نسبت برگ به ساقه زوفا را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). بالاترین و پایین‌ترین نسبت برگ به ساقه به ترتیب برای تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار و تلقیح با میکوریزا با ۳/۴ و شاهد با ۱/۳ مشاهده گردید. اضافه نمودن کود دامی از صفر تا ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار نسبت برگ به ساقه را به ترتیب برابر با ۱۰۳ و ۹۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد؛ درحالی‌که میزان بهبود نسبت برگ به ساقه در شرایط تلقیح با قارچ میکوریزا ۱۵ درصد بود (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که کود دامی با تأثیر مثبت بر خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک، شرایط ریزوسفر را برای رشد بوته‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

بهبود بخشیده است که این امر از طریق افزایش و تحریک رشد گیاه، منجر به افزایش سطح برگ به عنوان اندام فتوسنتزکننده مؤثر بر بهبود تولید شده و در نهایت، نسبت برگ به ساقه را بهبود بخشیده است. لیتی و همکاران (Leithy et al., 2006) نیز گزارش نمودند از آنجا که ریشه مرکز ثقل گیاه در خاک محسوب می‌شود، بنابراین، تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مصرف نهاده‌های آلی نظیر کود دامی با بهبود خصوصیات خاک، علاوه بر افزایش رشد و عملکرد محصول، پایداری بوم‌نظام را نیز تحت تأثیر قرار داده و آن را در درازمدت تضمین می‌نماید. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که همزیستی زوفا با میکوریزا به دلیل تحریک تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد (Copetta et al., 2006) باعث تحریک رشد رویشی شده است که این امر در نهایت، بهبود نسبت برگ به ساقه زوفا را به دنبال داشته است.

اثر متقابل کود دامی و تلقیح با میکوریزا به طور معنی‌داری محتوی اسانس زوفا را تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). تیمار مصرف ۳۰ تن کود دامی و شاهد به ترتیب با ۱/۹ و ۰/۸۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین محتوی اسانس زوفا را دارا بودند. محتوی اسانس زوفا در شرایط افزودن کود دامی بهبود یافت و از صفر تا ۳۰ و ۴۰ تن کود دامی در هکتار محتوی اسانس به ترتیب برابر با ۷۱ و ۵۹ درصد بود. همزیستی با میکوریزا محتوی اسانس را ۱۰ درصد در مقایسه با عدم تلقیح بهبود داد (جدول ۳). از آنجا که تولید اسانس به عنوان یک متابولیت ثانویه به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر افزایش میزان اسیمیلات‌ها در گیاهان می‌باشد (Parry, 1922)، به نظر می‌رسد که مصرف کود دامی از طریق افزایش دسترسی به عناصر غذایی تحت تأثیر توسعه سیستم ریشه‌ای که متأثر از بهبود شرایط خاک در منطقه ریزوسفر می‌باشد، افزایش میزان تولید اسیمیلات‌ها و در نتیجه بهبود تولید اسانس را به دنبال داشته است. این نتایج با یافته‌های ماندال و همکاران (Mandal et al., 2007) نیز مطابقت دارد. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید برخی تنظیم‌کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شده (Kapoor et al., 2007 ;Copetta et al., 2006) که در نتیجه به دلیل تأثیر مثبت بر بهبود خصوصیات رشدی و نسبت برگ به ساقه (جدول ۳)، محتوی اسانس را افزایش داده است. برخی محققین دلیل این افزایش را در گیاهان دارویی علاوه بر بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک به افزایش فراهمی فسفر قابل دسترس برای گیاه همزیست نسبت داده‌اند. در همین راستا، نتایج مطالعه سایلو و باگیاراج (Sailo & Bagyaraj, 2005) روی همزیستی گیاه دارویی *Coleus forskohlii* L. با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا نشان داد که به دلیل افزایش فراهمی فسفر، میزان ماده مؤثره فورسکولین[1] نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج دیگر بررسی‌ها (Gharib et al., 2008; Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007) نیز بهبود میزان اسانس برخی گیاهان دارویی را در شرایط تلقیح با گونه‌های مختلف میکوریزا اثبات کرده است.

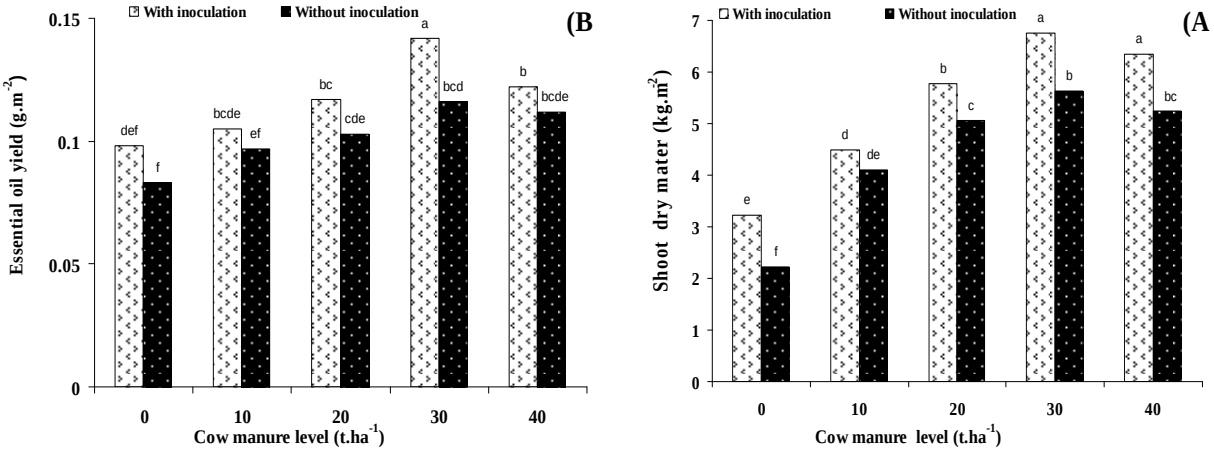
اثر متقابل کود دامی و همزیستی میکوریزایی به طور معنی‌داری وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس زوفا را تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس برای تیمار ۳۰ تن کود دامی با تلقیح میکوریزایی به ترتیب برابر با ۶/۷۵ کیلوگرم در متر مربع و ۰/۱۴ گرم بر متر مربع بدست آمد؛ درحالی‌که کمترین مقادیر این صفات به ترتیب برابر با ۲/۲۳ کیلوگرم در متر مربع و ۰/۰۸ گرم بر متر مربع برای شاهد مشاهده شد. با افزایش مقدار مصرف کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس به ترتیب برابر با ۱۲۷ و ۴۳ درصد بهبود یافت؛ درحالی‌که افزایش بیش از این میزان کود دامی تا ۴۰ تن در هکتار، مقدار این صفات را به ترتیب برابر با ۱۱۲ و ۲۹ درصد بهبود بخشید. تلقیح میکوریزایی بهبود وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس زوفا را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به‌دنبال داشت (شکل ۱).

به نظر می‌رسد که با افزایش کود دامی به دلیل بهبود فراهمی عناصر غذایی، رشد بوته‌ها افزایش یافته که این امر علاوه بر افزایش ارتفاع و قطر بوته، بهبود وزن خشک اندام‌های هوایی را به دنبال داشته است. کولهو و دیل (Coelho & Dale, 1980) بیان نمودند که تغذیه مناسب و کاربرد مقادیر مطلوب حاصلخیزکننده‌های آلی عامل مهمی در بهبود رشد گیاه محسوب می‌شود.

1- Forskolin

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- اثر متقابل سطوح کود دامی و تلقیح با میکوریزا بر (الف) وزن خشک اندام‌های هوایی و (ب) اسانس زوفا

Fig. 1- Interaction effect of organic manure levels and mycorrhiza inoculation on (A) shoot dry mater and (B) essential oil yield of hyssop

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

نتایج مطالعه سینگ و همکاران (Singh et al., 2003) نیز تأیید نمود که عملکرد ماده خشک اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) تحت تأثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی بهبود یافت. علاوه بر این، تلقیح میکوریزایی نیز در محیط ریشه گیاه، اثرات مثبتی بر رشد گیاه همزیست به همراه داشت که در نتیجه به دلیل افزایش رشد اندام‌های رویشی بهبود عملکرد اندام‌های هوایی را موجب گردیده است که این موضوع می‌تواند ناشی از تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده و برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد در خاک باشد که در نهایت، رشد گیاه را بهبود بخشیده است. نتایج بررسی‌های راژندران و دواراژ (Rajendran & Devaraj, 2004) نشان داده است که جمعیت قارچ‌های میکوریزا در محیط ریزوسفر می‌تواند در نتیجه کاربرد عناصر غذایی و برخی دیگر از ریزموجودات تولیدکننده مواد تحریک‌کننده رشد افزایش یابد. بدین ترتیب، چنین به نظر می‌رسد که اگرچه ممکن است قارچ میکوریزا به صورت طبیعی در محیط ریشه گیاه در خاک وجود داشته باشد و یا حتی اگر تلقیح با این قارچ قبل از کاشت انجام شده باشد، ولی ممکن است جمعیت آنها حتی با وجود تلقیح نیز کافی نبوده و جهت بهبود رشد و عملکرد گیاه بایستی از مقادیر مناسب نهاده‌های آلی که برخلاف کودهای شیمیایی (Abbott & Robson, 1991) تأثیر منفی بر رشد کمّی و کیفی گیاهان دارویی ندارند، استفاده شود که این امر علاوه بر بهبود خصوصیات خاک و حفظ محیط زیست می‌تواند نقش مهمی در افزایش رشد و فعالیت ریزموجودات خاکزی داشته باشد. نتایج تحقیقات راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) حاکی از آن است که همزیستی با قارچ میکوریزا موجب افزایش زیست‌توده گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini* var. motia) گردید. نتایج گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز مؤید بهبود عملکرد رویشی نعناع تلقیح شده با قارچ میکوریزا می‌باشد.

علاوه بر این از آنجا که مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار نقش زیادی بر بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی زوفا نداشته و روند نزولی برای خصوصیات رویشی و عملکرد زوفا با افزایش کود دامی مشاهده شده است (شکل ۱- الف)، به نظر می‌رسد از آنجا که گیاهان دارویی گونه‌هایی حاشیه‌ای و نسبتاً کم‌توقع هستند و نیاز آنها نسبت به عناصر غذایی خاک به طور نسبی پایین می‌باشد (Yaniv & Bachrach, 2005)، شاید بتوان دلیل این روند نزولی را با افزایش بیش از حد کود دامی به خاک به کودپذیری پایین این گیاه و سوزانده شدن اندام‌های رویشی آن نسبت داد که در نتیجه کوددهی زیاد به دلیل بروز عکس‌العمل منفی گیاه، کاهش عملکرد کمی و کیفی زوفا را موجب شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

اثر چین بر خصوصیات رشدی و عملکرد

در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد کـه در سـال دوم آزمـایش کلیه خصوصیات رشدی و عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد اسـانس زوفا در مقایسه با سال اول بالاتر بود. از آنجا کـه زوفـا گیـاه دارویـی چندساله می‌باشد، به نظر می‌رسد که در سال اول بیشتر جنبه اسـتقرار برای گیاه مطرح بوده و از سال دوم به بعد با استقرار مناسب گیاهان و توسعه بهتر سیسـتم ریشـه‌ای، دسترسـی بـه عناصـر و مـواد غـذایی افزایش یافته که این امر باعث بهبود خصوصـیات رشـدی و عملکـرد زوفا شده است. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که در سال اول انرژی گیاه عمدتاً صرف استقرار شده و عملکرد اقتصادی و قابل قبـول گیـاه از سال دوم مطرح می‌باشد. بر این اساس قبلاً نیز ذکر گردیـد کـه در سال اول تنها یک چین و در سال دوم دو چین از ایـن گیـاه برداشـت شـد. کـوچکی و همکـاران (Koocheki et al., 2008) نیـز اظهـار داشتند که خصوصیات رشدی و عملکرد زوفـا در سـال دوم بـه دلیـل استقرار بهتر بوته‌ها بالاتر از سال اول بود. علاوه بر این، چنین به نظر می‌رسد که رشد بهتر و در نتیجه عملکرد بالاتر بوته‌های زوفا در سال دوم در مقایسه با سال اول، به آزادسـازی تـدریجی عناصـر غـذایی از کود دامی مربوط می‌باشد که علاوه بر بهبود فتوسـنتز، سـبب تسـهیم بهتر مواد فتوسنتزی بین انـدام‌هـای رویشـی بـویژه بـرگ‌هـا شـده و درنهایت، افزایش عملکرد زیست‌توده را موجب شـده اسـت. از طـرف دیگر، آزادسازی تدریجی عناصر غذایی نیز می‌تواند در درازمدت علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تحت تأثیر افزایش آبشویی و در نتیجه تلفات عناصر غذایی، موجب بهبود کـارایی مصـرف نهـاده‌هـا و حرکت در جهت نیل به پایداری بـوم‌نظـام‌هـا شـود. نتـایج مطالعـات سنسی (Senesi, 1989) نیز تأیید نمـود کـه مصـرف کودهـای آلـی علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیسـت‌محیطـی و حفـظ تنـوع زیسـتی خاک، به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی نقش مثبتی بر بهبـود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاهان دارد.

مقایسه میانگین اثر نوبت چین بر خصوصیات رویشـی و محتـوی اسانس گیاه دارویی زوفا در جدول ۴ نشان داده شده است.

اثر نوبت چین بـر خصوصـیات رویشـی و محتـوی اسـانس زوفـا معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. به طوری‌که در چین اول ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، نسبت برگ به ساقه و محتوی اسانس زوفا به ترتیب برابر بـا ۱۶، ۱۱، ۶ و ۳۴ درصد بالاتر از چین دوم بود (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که طول دوره رشد بیشتر کـه در نتیجـه موجـب جـذب آب و عناصـر غـذایی بیشـتری از خـاک مـی‌گـردد، باعـث بهبـود بیشـتر خصوصیات رشدی زوفا در چین اول در مقایسه با چین دوم شده است. همچنین از آنجا که تولید اسانس در گیاهان دارویی واکنشی نسبت به شرایط محیطی می‌باشد (Parry, 1922)، لذا احتمال می‌رود که بهبود محتوی اسانس تولیدی در چین اول به دلیل وجود نور و گرمای بیشتر طی دوره رشـد بوتـه‌هـا در مقایسـه بـا چـین دوم باشـد. کـوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) نیز در مطالعـه‌ای دوسـاله روی اثر کودهای بیولوژیک بر زوفا بیان نمودنـد کـه ارتفـاع، قطـر بوتـه و میزان اسانس در چین اول به ترتیب برابر با ۵۵، ۵۱ و ۱۷ درصد بالاتر از چین دوم بود.

نوبت چین به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) وزن خشـک انـدام‌هـای هوایی و عملکرد اسانس زوفا را تحت تأثیر قرار داد. به طوری‌که وزن خشک اندام‌های هـوایی و عملکـرد اسـانس در چـین اول ۵۸ درصـد نسبت به چین دوم بهبود یافت (شکل ۲).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر نوبت چین بر خصوصیات رویشی و درصد اسانس گیاه دارویی زوفا

Table 4- Mean comparison of cutting number impact on vegetative properties and essential oil of hyssop

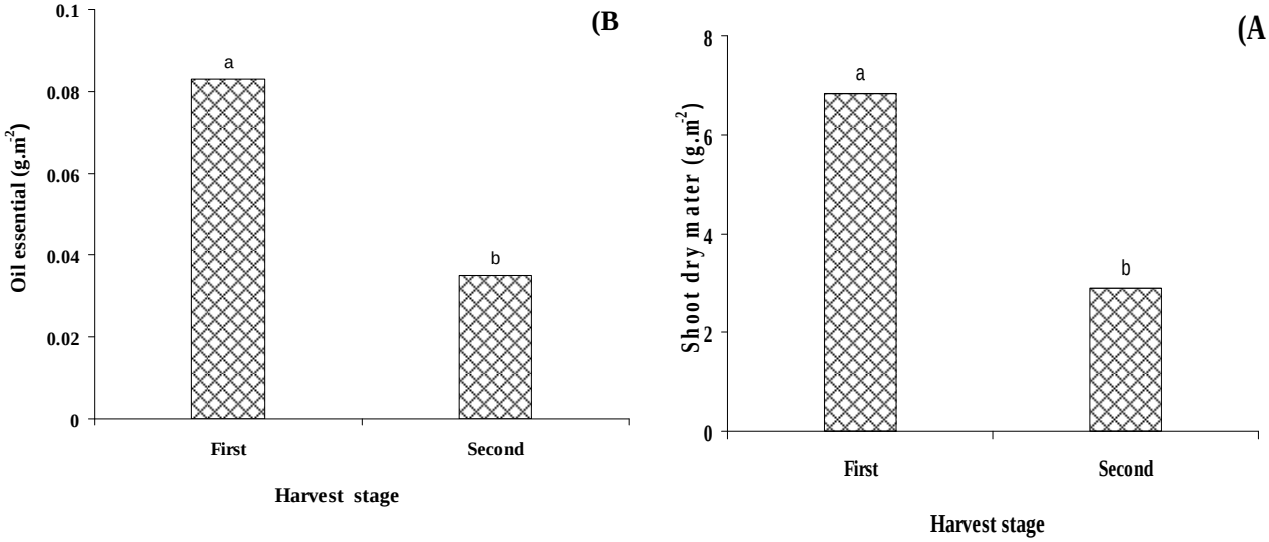
شماره چین Cutting number	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر بوته (سانتی‌متر) Plant diameter (cm)	نسبت برگ به ساقه Leaf to stem ratio	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)
اول The first	41.4 a*	31.91a	3.22 a	1.73 a
دوم The second	34.78 b	28.44 b	3.02 b	1.14 b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- اثر چین‌های مختلف بر (الف) وزن خشک اندام‌های هوایی و (ب) اسانس زوفا

Fig. 2- Effect of different cuttings on (A) shoot dry weight and (B) essential oil of hyssop

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each figure have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

بالاتر بودن خصوصیات رشدی بوته‌های زوفا تحت تأثیر دوره رشد طولانی‌تر و مدت زمان بیشتر برای جذب آب و مواد غذایی تحت تأثیر بهبود خصوصیات رویشی و محتوی اسانس (جدول ۴)، در نهایت عملکرد کمّی و کیفی این گیاه دارویی را بهبود بخشیده است. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) نیز نشان داد که وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس زوفا، در چین اول به ترتیب ۸۰ و ۷۱ درصد بالاتر از چین دوم بود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف کود دامی به عنوان نهاده‌ای آلی با بهبود خصوصیات خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی، موجب بهبود خصوصیات رویشی نظیر ارتفاع و قطر تاج‌پوشش و نسبت برگ به ساقه زوفا شده و در نهایت، افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس را به دنبال داشته است. علاوه بر این، تلقیح با قارچ میکوریزا به‌دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای از یک طرف باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی قابل دسترس به‌ویژه فسفر و از طرف دیگر، منجر به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه گردیده که در نهایت، موجب بهبود خصوصیات رویشی، عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس شده است.

با توجه به چندساله بودن گیاه دارویی زوفا، رشد و عملکرد این گیاه در سال دوم به دلیل استقرار مناسب و همچنین دسترسی بیشتر به عناصر و مواد غذایی نسبت به سال اول به طور معنی‌داری بالاتر بود. بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان مصرف مقادیر مناسب نهاده‌های آلی همچون کود دامی را به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی برای بهبود رشد زوفا مدنظر قرار داد که این امر علاوه بر بهبود عملکرد، می‌تواند در درازمدت نیز علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تحت تأثیر افزایش آبشویی و در نتیجه کاهش تلفات عناصر غذایی، موجب بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها و حرکت به منظور نیل به پایداری در بوم‌نظام‌های کشور شود. همچنین اگرچه ممکن است ریزموجودات خاکزی نظیر میکوریزا به‌صورت طبیعی و یا حتی در شرایط اعمال تلقیح در محیط ریزوسفر در خاک وجود داشته باشند، ولی پیشنهاد می‌شود به دلیل کم بودن محتوی ماده آلی خاک، مقادیر مناسب نهاده‌های آلی از جمله کود دامی را که می‌توانند نقش مهمی بر افزایش جمعیت، رشد و فعالیت این قارچ‌های همزیست داشته باشند، مصرف نمود.

منابع

Archive of SID

www.SID.ir

Abbott, L.K., and Robson, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular- arbuscular mycorrhizas. Agriculture, Ecosystems and Environment 35: 121-150.

Araji, A.A., Abdo, Z.O., and Joyce, P. 2001. Efficient use of animal manure on cropland-economic analysis. Bioresource Technology 79: 179-191.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Carruba, A., La Torre, R., and Matranga, A. 2002. Cultivation trials of aromatic and medicinal plants in semiarid Mediterranean environment. Proceeding of International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS) 576: 207-216.

Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78: 59-67.

Coelho, D.T., and Dale, R.F. 1980. An energy crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. Agronomy Journal 72: 503-510.

Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.

El-Mougy, N.S., and Abdel-Kader, M. 2007. Antifungal effect of powdered spices and their extracts on growth and activity of some fungi in relation to damping-off disease control. Journal of Plant Protection Research 47: 267-278.

Estrada-Luna, A., and Davies, A. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water, relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capscum annuum*) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. Journal of Plant Physiology 160: 1073-1083.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology 10: 381–387.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular–arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81(1): 77-79.

Hutchison, M.L., Walters, L.D., Avery, S.M., Munro, F., and Moore, A. 2005. Analyses of livestock production, waste storage and pathogen levels and prevalence in farm manures. Microbiology 71: 1231–1236.

Jankovasky, M., and Landa, T. 2002. Genus *Hyssopus* L. recent knowledge. Horticultural Science 29: 119-123.

Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* Mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kazazi, H., Rezaei, K., Ghotb-Sharif, S.J., Emam-Djomeh, Z., and Yamini, Y. 2007. Super critical fluid extraction of flavors and fragrances from *Hyssopus officinalis* L. cultivated in Iran. Food Chemistry 105: 805–811.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effects of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-294. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 127-137. (In Persian with English Summary)

Kothamasi, D., Kuhand, R.C., and Babu, C.R. 2001. Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies. Tropical Ecology 42: 1-13.

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research 2: 773-779.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.

Mandal, A., Patra, A.K., Singh, D., Swarup, A., and Ebhin Masto, R. 2007. Effect of long-term application of

Archive of SID

www.SID.ir

manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. Bioresource Technology 98: 3585–3592.

Mandal, A., Patra, A.K., Singh, D., Swarup, A., and Ebhin Masto, R. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. Bioresource Technology 98: 3585-3592.

Morone-Fortunato, I., and Avato, P. 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp. Hirtum (Link) Ietswaart. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 93: 139-149.

Nadjafi, F. 2006. Evaluation of ecological criteria of *Nepeta binaludensis* for adaptation under low inputs agroecosystems. PhD Thesis in Crop Ecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Omidbaygi, R. 1995. Approaches for Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. I). Tarrahan Nashr Publication, Tehran, Iran, 424 pp. (In Persian)

Parry, E.J. 1922. The Chemistry of Essential Oils and Artificial Perfumes. 4th Edition, Scott, Greenwood and Son. 365 pp.

Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautams, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by Rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Said-Al Ahl, H.A.H., Omer, E.A., and Naguib, N.Y. 2009. Effect of water stress and fertilizer on herb and essential oil of oregano. International Journal of Agrophysics 23: 269-275.

Sailo, G.L., and Bagyaraj, D.J. 2005. Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of *Coleus forskohlii*. Mycological Research 109: 795-798.

Sardans, J., Roda, F., and Penuelas, J. 2005. Effect of water and a nutrient pulse supply on *Rosemarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. Environmental and Experimental Botany 53: 1-11.

Sarmadnia, G.H., and Koocheki, A. 2001. Crop Physiology. Jihad Daneshgahi Publication of Mashhad, Iran. (In Persian)

Senesi, N. 1989. Composted materials as organic fertilizers. Science of the Total Environment 81-82: 521-542.

Singh, D., Chand, S., Anwar, M., and Patra, D. 2003. Effect of organic and inorganic amendments on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovate*) in sodic soil under greenhouse conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 414-419.

Singh, M., and Ramesh, S. 2000. Effect of irrigation and nitrogen on herbage, oil yield and water-use efficiency in rosemary grown under semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal of Aromatic Plant Sciences 22: 659-662.

Tabrizi, L. 2004. The effect of water stress and manure on yield, yield components and quality characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. MSc Thesis in Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Tabrizi, L. 2007. Evaluation of ecological criteria of *Thymus transcaspicus* for adaptation under low inputs agroecosystems. PhD Thesis in Crop Ecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Vance, C.P., Uhde-Stone, C., and Allan, D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non- renewable resource. New Physiology 157: 423-447.

Yaniv, Z., and Bachrach, U. 2005. Handbook of Medicinal Plants. Food Products Press and the Haworth Medical Press, 500 pp.

Archive of SID

www.SID.ir