نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.14283.2277

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفره بر عملکرد گل، درصد اسانس و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی بابونه در واکنش به تنش کم‌آبی

معصومه خاتمی[۱]، *محمود رمرودی[۲] و محمد گلوی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، [۲]دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، [۳]استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: مصرف نهاده‌های شیمیایی علاوه بر آلودگی آب و خاک و کاهش کیفیت محصولات زراعی و دارویی، سبب مشکلات زیست‌محیطی نیز گردیده است. امروزه استفاده از کودهای زیستی به‌عنوان جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی با هدف بهبود حاصلخیزی خاک و تولید پایدار مورد توجه قرار گرفته است. تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با تأثیرگذاری بر رشد و نمو گیاهان می‌تواند سبب کاهش رشد و تولید ماده خشک گیاهان دارویی شود. این آزمایش به بررسی تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف کودهای زیستی و شیمیایی فسفره بر عملکرد گل خشک، درصد اسانس و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی بابونه در واکنش به تنش کم‌آبی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل واقع در چاه نیمه انجام شد. عامل اصلی تنش کم‌آبی شامل: آبیاری بر اساس ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عامل فرعی انواع کود فسفره در چهار سطح شامل: عدم مصرف کود به‌عنوان تیمار شاهد، ۱۰۰ درصد کود فسفره شیمیایی، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره + کود زیستی و کود زیستی در نظر گرفته شدند. ویژگی‌های مانند عملکرد گل خشک، کلروفیل کل برگ، کربوهیدرات محلول، درصد اسانس، پرولین، کاروتنوئید، فسفر و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان پتاسیم و کربوهیدرات تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی و کود فسفره قرار گرفتند. با افزایش شدت تنش خشکی از تیمار آبیاری پس از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) تا تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی از میزان عنصر پتاسیم کاسته و بر میزان کربوهیدرات محلول افزوده شد و کاربرد ۵۰ درصد کودهای فسفره شیمیایی و زیستی نیز بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر آن‌ها داشت. برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفره بر عملکرد گل خشک، درصد اسانس، پرولین، کلروفیل کل برگ، کاروتنوئید و فسفر معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد گل خشک، کلروفیل کل برگ و فسفر از تیمار آبیاری بر اساس ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با کاربرد تلفیقی کودهای فسفره شیمیایی و زیستی و بیش‌ترین درصد اسانس، پرولین و کاروتنوئید از تیمار تنش

* مسئول مکاتبه: mramroudi42@uoz.ac.ir

شدید کم‌آبی با کاربرد تلفیقی کودهای فسفره شیمیایی و زیستی حاصل شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد گل خشک (٤۲۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار آبیاری پس از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با کاربرد تلفیقی کودهای فسفره شیمیایی و زیستی و بیش‌ترین درصد اسانس (۰/۸٤٦ درصد) و پرولین (۱۳/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) به تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توأم با کود تلفیقی تعلق داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این آزمایش، برای بهبود ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی بابونه کاربرد تلفیقی کودهای فسفره شیمیایی و زیستی توأم با تنش کم‌آبی مناسب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تولید گل، درصد اسانس، رنگیزه، فسفات

مقدمه

گیاهان دارویی از گذشته‌های دور دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام سنتی کشاورزی ایران بوده‌اند و استفاده از این گیاهان برای تهیه داروهای با منشأ گیاهی جهت پیشگیری و درمان بیماری‌ها از زمان‌های قدیم مورد توجه متخصصان طب سنتی بوده است. متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی، به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود. ولی، تولید آن‌ها به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۳۸). بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله از تیره کاسنی (Asteraceae) و بومی منطقه مدیترانه می‌باشد که ماده مؤثره بابونه اسانس بوده و دارای خواص داروئی زیادی از جمله آرامش‌بخش، ضد اسپاسم، تحریک‌کننده گلبول‌های سفید خون و تقویت سیستم دفاعی بدن، ضد باکتری‌های گرم مثبت و ضد حساسیت است (٤۳).

در دهه‌های اخیر تولید محصولات زراعی و دارویی عمدتاً متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی بوده که منجر به مشکلات عمده زیست‌محیطی شده است. هزینه رو به افزایش تولید کودهای شیمیایی، آلودگی منابع آب و خاک ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی تنها بخشی از مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی رایج مبتنی بر مصرف نهاده‌های شیمیایی هستند. یکی از راهکارهای رفع این مشکل، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد (۳۷). امروزه کودهای زیستی به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی با هدف افزایش باروری خاک و تولید محصولات در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند (۲٤). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده با جمعیت متراکم یک یا چند نوع موجود زنده مفید خاکزی و یا به‌صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک نظام کشاورزی پایدار به‌کار می‌روند (۲۹). گیاهانی که بذر آن‌ها با کودهای زیستی تلقیح شدند به‌دلیل جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک می‌تواند تحمل به خشکی گیاهان را به‌واسطه تولید پرولین، اسیدهای آمینه و قندهای محلول بهبود بخشد (٤٦). کود زیستی فسفاته بارور ۲، حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس‌لنتوس* و *سودوموناس‌پوتیدا* می‌باشد که با ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز قادرند فسفر نامحلول خاک را به‌فرم محلول قابل‌جذب گیاه تبدیل کنند. این کود با افزایش دوام سطح برگ نیز سبب استفاده بهینه از انرژی خورشیدی و فتوسنتز می‌شود که عملکرد بیش‌تر گیاه را در پی دارد و به‌دلیل توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب همانند *آزوتوباکتر* در مقابله با شرایط

کم‌آبی نیز مؤثر است (۲٤). کاربرد کود زیستی فسفاته با کمک به جذب نیتروژن، فسفر و سایر عناصر غذایی و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل گیاه دارند، سبب افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شوند (۱٤).

تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با تأثیرگذاری بر رشد و نمو گیاهان می‌تواند باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان شود. در واقع تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها، سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، کاهش کلروفیل و سطح برگ و ریزش گل موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (۲ و ۲۵). افزایش سنتز قندهای محلول در شرایط خشکی، می‌تواند به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی نقش مهمی در بقای گیاهان در این شرایط داشته باشد (۱۳ و ۱٦). با افزایش تنش خشکی به‌طور معنی‌دار محتوای پرولین و درصد اسانس افزایش، وزن خشک اندام‌های هوایی، کلروفیل برگ، کاروتنوئید و پتاسیم کاهش می‌یابد (٤۰ و ۵۳). کاربرد کود فسفر توأم با کود زیستی فسفات بارور ۲ در موقع اعمال تنش خشکی به‌ویژه در مرحله زایشی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (۲۱).

بنابراین، مقابله با آثار مخرب تنش خشکی به شیوه‌های مختلف مانند کاربرد کودهای زیستی دارای اهمیت است (۵۰). با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و پیامدهای مصرف کودهای شیمیایی به لحاظ زیست‌محیطی، استفاده از کودهای زیستی جهت دستیابی به کشاورزی پایدار، حاصلخیزی و حفظ رطوبت خاک اهمیت زیادی دارد. این آزمایش به‌منظور بررسی تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف کودهای زیستی و شیمیایی فسفره بر عملکرد گل خشک، درصد اسانس و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی بابونه در واکنش به تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک (چاه نیمه) اجرا گردید. شهر زابل در موقعیت جغرافیایی ٦۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ٤۹۸/۲ متری از سطح دریا قرار دارد. از نظر آب و هوا، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک است. میزان متوسط بارندگی در آن ۵۸/۹ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of soil.

بافت خاک Soil texture	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K	نیتروژن (درصد) N	ماده آلی (درصد) Organic matter	pH	هدایت الکتریکی EC
	($mg.kg^{-1}$)		(%)			$dS.m^{-1}$
شنی لومی Sandy loam	11	137	0.05	0.59	7.8	1.32

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی تنش کم‌آبی در سه سطح شامل: آبیاری بر اساس ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عامل فرعی انواع کود فسفره در چهار سطح شامل: عدم مصرف کود به‌عنوان تیمار شاهد، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر (سوپرفسفات‌تریپل) به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفری + کود زیستی فسفات بارور ۲ و کود زیستی فسفات بارور ۲ میزان ۱۰۰ گرم در هکتار بودند. هر کرت آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی کاشت ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت به‌صورت خشکه‌کاری در اواخر اسفندماه ۱۳۹٤ انجام گرفت. کود شیمیایی هم‌زمان با کشت به خاک اضافه شد و کود زیستی فسفات بارور ۲ قبل از کشت با بذر بابونه تلقیح داده شد. برای این کار ابتدا بذرها خیس گردید و مقدار کود مورد نیاز روی بذرها افشانده و مخلوط شد. بذرها به‌مدت دو ساعت در سایه خشک و سپس کشت شدند. بذرهای بابونه آلمانی از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. جهت اعمال تیمار خشکی، بعد از استقرار کامل گیاه (٦-٤ برگی) در خاک با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflecto) مدل TRASE SYSTE میزان رطوبت خاک تعیین و آبیاری بر اساس تیمارهای آزمایش در کل دوره رشد انجام شد. درصد رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به‌ترتیب ۲۸/۵ و ۱۳/۲ درصد بود. ویژگی‌های مورد بررسی عملکرد گل خشک، کلروفیل برگ، کربوهیدرات، درصد اسانس، میزان پرولین، کاروتنوئید، فسفر و پتاسیم بودند. چون گل‌های گیاه دارویی بابونه به‌تدریج باز شدند گل‌ها به‌فاصله هشت روز طی سه مرحله برداشت و در سایه خشک گردید و اولین برداشت گل دهم خردادماه انجام شد. جهت اندازه‌گیری درصد اسانس از دستگاه اسانس‌گیری کلونجر (Clevenger)، پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران (۱۲)، میزان کربوهیدرات محلول با استفاده از روش کرپسی و همکاران (۲۸) و کلروفیل برگ و کاروتنوئید از روش آرنون (۷) استفاده شد. برای میزان فسفر و پتاسیم برگ از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد (۵۱) و محاسبات آماری طرح با استفاده از نرم‌افزار $SAS_{9.2}$ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد گل خشک: نتایج نشان داد که تأثیر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد گل خشک معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر نشان داد که بیش‌ترین عملکرد گل خشک مربوط به آبیاری کامل و ۵۰ درصد کود شمیایی + کود زیستی و کم‌ترین عملکرد گل خشک مربوط به تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و عدم کاربرد کود بود (جدول ۳). نتایج پژوهشی نشان داد که تنش خشکی در حد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد گل گیاه دارویی بابونه را نسبت به تیمار شاهد به‌میزان ۱۸/۱ درصد کاهش داد (٦). بروز تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ‌ها می‌شود، در نتیجه جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، تولید ماده خشک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephlum moldavica* L.) کاهش یافت (٤۰). افزایش تنش خشکی سبب کاهش عملکرد گل خشک بابونه آلمانی می‌گردد (٤۹). مصرف کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد گل گیاه دارویی بابونه می‌گردد (۲۰ و ٤۵). در پژوهش

دیگری مشخص گردید که بیش‌ترین عملکرد گل بابونه آلمانی در تلقیح با کود زیستی حاصل شد (٤٤). کاربرد تلفیقی کودهای فسفره شیمیایی و زیستی (بارور ۲) بیش‌ترین تأثیر را در تولید گل خشک در بابونه آلمانی داشت (٤). تجمع مواد آلی توسط باکتری‌ها در خاک باعث افزایش توسعه ریشه و دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی شده است، به‌طوری‌که این شرایط موجب افزایش عملکرد می‌گردد (۱۹).

کلروفیل کل برگ و کاروتنوئید: تأثیر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل کل برگ و کاروتنوئید معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر نشان داد که بیش‌ترین کلروفیل کل برگ به تیمار آبیاری کامل و کود تلفیقی و کم‌ترین آن به تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با عدم کاربرد کود تعلق داشت (جدول ۳). عمدتاً کاهش کلروفیل برگ تحت تنش خشکی، در نتیجه آسیب به کلروپلاست به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال (٤٨)، به‌دلیل جلوگیری از سنتز این رنگیزه، یا تخریب رنگیزه و همچنین آسیب به کلروپلاست‌ها (۳۱) می‌باشد. کاهش محتوای کلروفیل در گیاه نعناع (*Mentha spicata* L.) تحت تنش خشکی نیز گزارش شده است (۵۳). تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل می‌شود، اما فسفر اثرات تنش را تعدیل می‌کند. نتایج آزمایشی نشان داد در شرایط کم‌آبی، با افزایش مصرف کود شیمیایی فسفر توأم با کود زیستی فسفاته بارور ۲، میزان کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۲). افزایش کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی، تحت‌تأثیر کاربرد کود شیمیایی فسفره همراه با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات بارور ۲ نمایان‌گر افزایش توانایی گیاه جهت تحمل به شرایط تنش خشکی می‌باشد (۲۲ و ۲۳).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر نشان داد که بیش‌ترین محتوای کاروتنوئید از کود تلفیقی با تنش شدید و کم‌ترین آن از تیمار آبیاری کامل و عدم کاربرد کود حاصل شد (جدول ۳). کاهش میزان کلروفیل‌ها در اثر تنش خشکی (٤۰ و ۵۳) به‌علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگدانه می‌گردند (٤۷). در تنش‌های شدید خشکی، میزان کاروتنوئید که به‌عنوان حمایت‌کننده‌ای برای کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری به‌شمار می‌روند، افزوده می‌شود تا مانع تخریب بیش‌تر کلروفیل‌ها گردد. با افزایش تنش خشکی از مقدار کلروفیل‌ها کاسته و در مقابل میزان کاروتنوئیدها افزوده می‌شود (۱ و ۳۵). در شرایط تنش خشکی، کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ میزان کاروتنوئید برگ را افزایش می‌دهد و سبب کاهش خسارت اکسیداتیو می‌گردد (۲۲).

کربوهیدرات‌های محلول کل: نتایج نشان داد که میزان کربوهیدرات محلول کل تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی و کود فسفر قرار گرفت. ولی، اثر برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین میزان کربوهیدرات‌های محلول کل در تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار آبیاری نرمال پس از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ٤). نقش و اهمیت تجمع قندها به این دلیل می‌باشد که تجمع این مواد سبب تنظیم اسمزی و کاهش از دست دادن آب سلول و نگهداری آماس می‌شوند (۲۷). در شرایط تنش خشکی، گیاه برای حفظ تعادل اسمزی و توانایی جذب آب بیش‌تر از محیط ریشه، ترکیباتی مانند کربوهیدرات‌ها که در ساختار سلول‌ها شرکت دارند و

باعث رشد گیاه می‌شوند، را در خود افزایش می‌دهد تا تنظیم اسمزی بهتر صورت گیرد (۱). تجمع اسمولیت‌هایی مانند پرولین و کربوهیدرات‌های محلول را یکی از راه‌کارهای افزایش تحمل شوری و خشکی در گیاهان می‌باشد (۸).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان کربوهیدرات محلول کل از کاربرد کود زیستی و کم‌ترین آن از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ٤). بنابراین کاربرد کودهای زیستی فسفات بارور ۲ به‌دلیل قابل‌دسترس کردن عناصر غذایی به‌ویژه فسفر برای گیاه، مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد. نتایج بررسی اثر ریزجانداران حل‌کننده فسفات و کود شیمیایی سوپرفسفات نشان داد در نتیجه کاربرد کود زیستی فسفر میزان کربوهیدرات‌ها با کاربرد کود شیمیایی فسفر افزایش یافت (۳٤). نتایج پژوهشی نشان داد که مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و زیستی فسفره سبب افزایش کربوهیدرات محلول می‌گردد (۳٦).

درصد اسانس: درصد اسانس تحت‌تأثیر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر نشان داد که بیش‌ترین درصد اسانس از تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و زیستی و کم‌ترین آن از تیمار آبیاری پس از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (آبیاری کامل) با عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۳). در شرایط تنش تولید مواد ثانویه (اسانس) در گیاهان دارویی افزایش می‌یابد، در این صورت با افزایش اسانس‌ها از اکسیداسیون درونی سلول‌ها نیز جلوگیری می‌شود. درصد اسانس در گیاه *Thymus carmanicus* تحت تنش ملایم و شدید خشکی در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۲/۵ و ٤٤/۹ درصد افزایش یافت، بنابراین تنش خشکی سبب افزایش درصد اسانس در گیاهان دارویی می‌گردد (۱۰ و ٤۱). علی‌رغم کاهش سطح برگ در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephlum moldavica* L.) تحت‌تأثیر تنش خشکی، به‌دلیل افزایش تعداد غده‌های مترشحه، میزان اسانس آن در مقایسه با شاهد افزایش نشان (٤۰). کاربرد کود زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی شرایط مناسب‌تری را جهت بهبود فعالیت ریزجانداران مفید در خاک مهیا می‌کند و ضمن فراهمی بهینه عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف برای گیاه، از طریق ایجاد اثرات هم‌افزایی و تشدیدکننده قادر به افزایش میزان اسانس می‌شوند (۳۰). در پژوهشی بیش‌ترین درصد اسانس گیاه دارویی بابونه از کاربرد توأم کودهای شیمیایی فسفر و زیستی فسفر بارور ۲ به‌دست آمد (۵). پژوهشگران بیان نمودند که تحت‌تأثیر شرایط کوددهی رشد رویشی افزایش یافته است و نظر به این‌که متابولیت‌های ثانویه از تولیدات جانبی فتوسنتز می‌باشند با افزایش میزان فتوسنتز، مقادیر آنها نیز افزایش می‌یابد که در نتیجه میزان اسانس تولیدی نیز افزایش یافته است. در گیاه دارویی نعناع (*Mentha spicata* L.) نیز در شرایط تامین نیاز آبی گیاه و تحت‌تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی درصد اسانس افزایش می‌یابد (۵۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد گل و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی بابونه تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی و کود فسفره.

Table 2. Analysis of variance for flower yield and qualitative characteristics of chamomile under water stress and phosphorus fertilizer.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		عملکرد گل Flower yield	کروفیل کل برگ Total leaf chlorophyll	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrate	درصد اسانس Oil percentage	پرولین Proline	کاروتنوئید Carotenoid	فسفر P	پتاسیم K
تکرار Rep	2	88337.9	0.32	0.005	0.01	0.18	0.01	0.13	2263.23
تنش کم‌آبی Water stress (D)	2	8188837.3**	107.46**	6.47**	4.59**	94.61**	2.50**	8.12**	40196.46**
خطای a E_a	4	22606.2	0.27	0.31	0.03	0.46	0.03	0.12	3567.69
کود فسفر Phosphorus fertiliazer (B)	3	4769554.5**	18.60**	2.07**	4.41**	35.16**	1.33**	3.15**	23676.45**
تنش کم‌آبی × کود فسفر D × B	6	390478.5**	0.69**	0.32^{ns}	0.25**	3.38*	0.11**	0.27*	3378.23^{ns}
خطای b E_b	18	93954.7	0.10	0.25	0.02	0.24	0.02	0.09	3378.78
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	10.36	4.68	6.49	3.12	6.11	8.30	5.19	6.85

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد.

^{ns}, * and ** are not significant, significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش کم‌آبی و کودهای فسفره بر عملکرد گل و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی بابونه.

Table 3. Comparison means of interaction effects between water stress and phosphorus fertilizer for flower yield and qualitative characteristics of chamomile.

تنش کم‌آبی Water stress (%FC)	کود فسفر Phosphorus fertilizer	عملکرد گل Flower yield (Kg ha^{-1})	کلروفیل کل برگ Total leaf Chlorophyll (mg.g^{-1} Fw)	درصد اسانس Oil percentage	پرولین Proline (mg.g^{-1} Fw)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g^{-1} Fw)	فسفر P (%)
90	شاهد Control	216.5d^{e}	7.68^{c}	0.499^{h}	3.94^{j}	0.52^{f}	5.54^{ef}
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی 100% chemical phosphorus	342.6^{b}	10.42^{b}	0.553^{fg}	5.02^{i}	1.41^{e}	6.82^{b}
	فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی Phosphate barvare-2 and 50% chemical phosphorus	420.2^{a}	11.77^{a}	0.703^{d}	7.32^{ef}	1.81^{cd}	6.78^{bc}
	فسفات بارور ۲ Phosphate barvare-2	396.6^{a}	10.94^{b}	0.542^{g}	6.36^{gh}	1.67^{d}	7.61^{a}
70	شاهد Control	133.6f^{g}	4.14^{g}	0.551^{fg}	6.06^{h}	1.36^{e}	5.28^{f}
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی 100% chemical phosphorus	274.0^{c}	5.85^{e}	0.727^{cd}	7.12^{fg}	1.60^{de}	6.18^{d}
	فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی Phosphate barvare-2 and 50% chemical phosphorus	346.7^{b}	7.89^{c}	0.791^{b}	9.29^{d}	1.96^{bc}	5.87^{de}
	فسفات بارور ۲ Phosphate barvare-2	305.9^{bc}	6.77^{d}	0.632^{e}	8.14^{e}	1.73^{cd}	6.27^{cd}
50	شاهد Control	125.5^{g}	3.12^{h}	0.584^{f}	6.82^{fgh}	1.83^{cd}	4.46^{g}
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی 100% chemical phosphorus	172.5^{ef}	3.97^{g}	0.817^{ab}	11.15^{c}	2.11^{b}	5.51^{ef}
	فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی Phosphate barvare-2 and 50% chemical phosphorus	213.8^{de}	5.33^{ef}	0.846^{a}	13.95^{a}	2.57^{a}	4.68^{g}
	فسفات بارور ۲ Phosphate barvare-2	225.4^{d}	5.01^{f}	0.747^{c}	12.89^{b}	2.50^{a}	5.51^{ef}

میانگین‌های که در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

* Means in each column having at least a common letter are not significantly different by the Duncan test at 5 % probability.

پرولین: نتایج نشان داد که محتوای پرولین تحت‌تأثیر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر نشان داد که بیش‌ترین محتوای پرولین از تنش شدید با کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی و کم‌ترین آن از تیمار آبیاری کامل و عدم کاربرد کود به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش پرولین نشان‌دهنده نقش این اسید آمینه در تنظیم فشار اسمزی است (٤٠). تنظیم اسمزی در گیاهان راهبرد عمده اجتناب از تنش‌های آبی در محیط‌های خشک و شور است و به‌طورکلی به کاهش پتانسیل اسمزی در اثر تجمع مواد محلول در شرایط تنش خشکی و شوری اطلاق می‌گردد (۱۱). در بررسی واکنش گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgais* L.) به تنش خشکی مشاهده شد که اسید آمینه پرولین تحت‌تأثیر تنش خشکی افزایش یافت (۹). تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین موجب کاهش اثرات منفی اثرات تنش خشکی بر سلامت غشاهای سلولی شد، زیرا این ترکیبات علاوه بر کمک به بهبود شرایط آبی گیاه در دفع اثرات منفی تنش بر غشا سلولی نیز نقش دارند. نتایج بررسی تأثیر تنش خشکی و کودهای زیستی و شیمیایی روی بزرک (*Linum usitatissimum* L.) بیانگر آن است که بیش‌ترین غلظت پرولین در تیمار تنش رطوبتی شدید و تیمارهای کود شیمیایی (نیتروژن + فسفر) و مخلوط کودهای زیستی- آزوتوبارور ۱ و بارور ۲ و کم‌ترین آن در تیمار عدم کاربرد کود در شرایط بدون تنش مشاهده شد (٤٢).

جدول ٤- مقایسه میانگین کربوهیدرات محلول و پتاسیم گیاه دارویی بابونه تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی و کودهای فسفره.

Table 4. Means for soluble carbohydrate and K content of chamomile as affected by water stress and phosphrus fertilizers.

تیمارها Treatments	کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم بر وزن تر) Soluble carbohydrate ($mg.g^{-1}$ Fw)	درصد پتاسیم K (%)
تنش کم‌آبی (درصد ظرفیت زراعی) Water stress (%FC)		
۹۰ 90	7.05^{c}	908.02^{a}
۷۰ 70	7.82^{b}	844.38^{ab}
۵۰ 50	8.52^{a}	792.47^{b}
کود فسفر Phosphorus fertilizer		
شاهد Control	7.14^{b}	776.83^{b}
۱۰۰ درصد کود شیمیایی 100% chemical phosphorus	7.74^{a}	856.01^{a}
فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی Phosphate barvare-2 and 50% chemical phosphorus	8.10^{a}	898.80^{a}
فسفات بارور ۲ Phosphate barvare-2	8.21^{a}	861.51^{a}

* میانگین‌های که در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

* Means in each column having at least a common letter are not significantly different by the Duncan test at 5 % probability.

عنصر فسفر: تأثیر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر در سطح احتمال پنج درصد بر میزان فسفر معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر برهمکنش تنش کم‌آبی و کود فسفر نشان داد بیش‌ترین مقدار فسفر از آبیاری کامل توأم با کود زیستی و کم‌ترین آن مربوط به اعمال تنش شدید و عدم کاربرد کود (شاهد) بود (جدول ۳). آبیاری و شرایط عدم تنش خشکی باعث افزایش انحلال مواد معدنی و افزایش جابه‌جایی و حرکت عناصر معدنی به‌سمت ریشه‌ها و به‌دنبال آن افزایش قابلیت دسترسی عناصر برای گیاه و در نتیجه سبب افزایش جذب عناصر توسط گیاهان می‌شود. کاهش فسفر در پی تنش خشکی در ارتباط با کاهش فقر خاک است که منجر به کاهش انتقال عناصر از خاک به گیاه شده است. فسفر یکی از یون‌هایی است که در شرایط خشکی برای گیاه غیرقابل استفاده می‌شود، زیرا این یون شدیداً جذب رس‌های خاک شده و فقط بخش کوچکی از یون فسفات به حالت محلول است. در شرایط خشکی جذب یون فسفات نه تنها بواسطه قابلیت حل کم آن، بلکه به‌دلیل کاهش قدرت جذب ریشه‌ها تقلیل پیدا می‌کند (۲۷). نتایج پژوهشی روی بابونه آلمانی نشان داد که بیش‌ترین میزان فسفر در برگ مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بود که با کاهش میزان آبیاری و تشدید سطح تنش رطوبتی از میزان فسفر برگ کاسته شد (۳۹). عدم تحرک فسفر در اسیدیته بالا و تثبیت آن به‌ویژه در تنش‌های کمبود آب دلیل اصلی کاهش تجمع آن در بافت برگی می‌باشد (۱۷). نتایج پژوهشی روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) نشان داد که بیش‌ترین درصد فسفر در تیمار ترکیبی کودهای زیستی *ازتوباکتر*، *آزوسپرلیوم* و *باسیلوس* حاصل گردید، که این امر را ناشی از تأثیر تمام ریزموجودات ذکر کردند (۳۲). آن‌ها بیان نمودند که باکتری حل‌کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی باعث تبدیل فسفات تثبیت شده به فسفات قابل‌دسترس گردید و علاوه بر این با افزایش رشد ریشه‌ها جذب فسفر افزایش یافت. افزایش عنصر فسفر تا حدودی اثرات مستقیم و غیرمستقیم خشکی را بر جذب فسفر خنثی می‌کند و مقاومت به خشکی را در گیاه افزایش می‌دهد (۲٦).

عنصر پتاسیم: تنش کم‌آبی و کود فسفر بر میزان پتاسیم در سطح یک درصد معنی‌دار شد. ولی، اثر برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۲). بر این اساس بیشترین مقدار پتاسیم اندام‌های خشک گیاه از آبیاری کامل و کم‌ترین مقدار آن نیز مربوط به تنش شدید خشکی بود (جدول ٤). در بین عناصر غذایی، پتاسیم در باز و بسته کردن دهانه روزنه‌ها و نیز تنظیم اسمزی در سلول‌های ریشه گیاهان نقش به‌سزائی دارد، قابلیت گیاهان در جذب این عنصر از محیط ریشه در شرایط نامساعد محیطی از جمله خشکی و شوری می‌تواند در میزان تولید گیاه مؤثر باشد (۳). کاهش پتاسیم در پی تنش خشکی با نتایج پژوهش‌های دیگر مطابقت دارد (٦ و ۵۲). آن‌ها علت این کاهش را در ارتباط با کاهش آب خاک می‌دانند که منجر به کاهش جریان عناصر از خاک به گیاه می‌شود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین پتاسیم از کاربرد کود تلفیقی و کم‌ترین آن از عدم استفاده کود (شاهد) به‌دست آمد و در بین تیمارهای کود از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). استفاده از کود زیستی حاوی باکتری *سودوموناس* نیز تأثیر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم دانه در گیاه دارویی رازیانه داشته است (۱۵). کودهای زیستی علاوه بر در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، از طریق افزایش رشد رویشی گیاه و به دنبال آن توسعه ریشه باعث بهبود جذب و افزایش فراهمی پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی می‌شوند (۳۳). افزایش اسیدیته

خاک و عدم تثبیت پتاسیم در حضور کودهای زیستی می‌تواند از دلایل افزایش دسترسی این عنصر در خاک و به تبع آن جذب بیش‌تر آن توسط گیاه باشد (۱۸).

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج، تنش کم‌آبی بر عملکرد گل، فسفر و پتاسیم برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی تأثیرگذار بود و سبب کاهش آن‌ها شد. ولی، درصد اسانس، پرولین، کربوهیدرات تحت‌تأثیر تنش خشکی افزایش پیدا کردند. استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی فسفره به‌صورت تلفیقی بیش‌ترین تأثیر را بر ویژگی‌های مورد بررسی داشت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد گل خشک (٤٢٠ کیلوگرم در هکتار) به تیمار آبیاری پس از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی فسفره و بیش‌ترین درصد اسانس (۰/۸٤٦) و پرولین (۱۳/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) به تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توأم با کود تلفیقی تعلق داشت. بنابراین کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی و زیستی فسفره می‌تواند سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و به‌عنوان راه‌کاری برای افزایش عملکرد و جایگزینی برای کود شیمیایی و توسعه کشاورزی پایدار باشد. به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی فسفره در شرایط محدودیت آبی بر ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی بابونه می‌باشند.

سپاسگزاری

هزینه چاپ این مقاله از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره ۱۰/۹٦/۲۳۷۱/پ تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abdalla, M.M. and El-Khoshiban, N.H. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. J. Appl. Sci. Res. 3: 12. 2062-2074.
2. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M., Gomathinayagam, M. and Panneerselvam, R. 2007. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Collo. Sur. B: Biol. 61: 2. 298-303.
3. Abreu, I.N. and Mazzafera, P. 2005. Effect of water and temperature stress on the content of active advances in medicinal. Arom. Spice Crop. 2: 413-416.
4. Alijani, M., Amini Dehaghi, M., Malboobi, M.A., Zahedi, M. and Modares Sanav, S.A.M. 2011. The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. Iran. J. Med. Arom. Plants. 27: 3. 450-459. (In Persian)
5. Alijani, M., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Mohammad Rezaye, S. 2010. The effects of phosphorous and nitrogen rates on yield, yield components and essential oil percentage of *Matricaria recutita* L. Iran. J. Med. Arom. Plants. 26: 1. 101-113. (In Persian)
6. Arazmjo, A., Heidari, M. and Ghanbari, A. 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iran. J. Med. Arom. Plants. 25: 4. 482-494. (In Persian)
7. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.
8. Ashraf. M. and McNeilly, T. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Rev. Plant Sci. 23: 2. 157-174.

9. Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iran. J. Med. Arom. Plants. 26: 2. 238-251. (In Persian)
10. Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. 2014. Effect of water stress on productivity and essential oil content and composition of *Thymus carmanicus*. J. Essent. Oil Bear. Plants. 17: 5. 717-725.
11. Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid. Plant Sci. 160: 4. 669-681.
12. Bates, S., Waldern, R.P. and Teare, E.D. 1973. Rapide determination of free proline for water stress studies, Plant and Soli. 39: 205-207.
13. Behra, R.K., Mishra, P.C. and Choudhury, N.K. 2002. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. J. Plant Physic. 159: 967-973.
14. Darzi, M. 2007. Evaluation the effects of bio-fertilizers on quantitative and qualitative triats of Fennel for receiving to sustainable agriculture system. Ph.D. Thesis, University of Tarbiat Modares. 115p. (In Persian)
15. Darzi, M.T., Ghalavand, A. and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iran. J. Med. Arom. Plants. 25: 1. 1-19. (In Persian)
16. De Carvalho, I.M. 2005. Effects of water stress on the proximate composition and mineral contents of seeds of two Lupins (*Lupinus Albus* Lupinus Mutabilis). J. Food Qual. 28: 4. 325-332.
17. Devau, N., Cadre, E.Le., Hinsinger, P., Jaillard, B. and Gérard, F. 2009. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus. Experimental and mechanistic modeling approaches. Applied Geo. 24: 11. 2163-2174.
18. Eidizadeh, Kh., Mahdavi Damghani, A.M., Ebrahimpoor, F. and Sabahi, H. 2011. Effects of integrated application of biological and chemical fertilizer and application method of biofertilizer on yield and yield components of maize. Elct. J. Crop Prod. 4: 3. 21-35. (In Persian)
19. Fallah, S., Ghalav, A. and Khajehpour, M.R. 2007. Effect of mixing manure with soil and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). J. Water Soil. 11: 40. 233-242. (In Persian)
20. Fallahi, J., Koocheki, A. and Rezvani Moghadam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iran. J. Field Crops Res. 7: 1. 127-135. (In Persian)
21. Heshmati, S., Amini Dehaghi, M. and Fathi Amirkhiz, K. 2017. Effects of biological and chemical phosphorous fertilizer on grain yield, oil seed and fatty acids of spring safflower in water deficit conditions. Iran. J. Field Crop Sci. 48: 1. 159-169. (In Persian)
22. Heshmati, S., Amini Dehaghi, M., Rezazadeh, A.R. and Fathi Amirkhiz, K. 2016. Study the effect of different phosphorus fertilizers on physiological characteristic of photosynthetic pigments and soluble sugars of safflower under water deficit condition. Iran. J. Field Crops Res. 14: 2. 304-3017. (In Persian)
23. Hun, H.S. and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Res. J. Agric. Biol. Sci. 1: 3. 210-215.
24. Jahan, M. and Nasiri Mahallati, M. 2013. Soil Fertility and Biofertilizers (Agro-ecology Approach). Ferdowsi University of Mashhad Press, 205p. (In Persian)
25. Jaleel, C.A., Gopi, R. and Panneerselvam, R. 2008. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of Catharanthus roseus to triadimefon treatment. Comptes Rendus Biol. 331: 272-277.

26.Jones, C.A., Jacobsen, J.S. and Wraith, J.M. 2003. The effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. In Westem Nutrient Management Conference. 5: 88-93.
27.Kafi, M. and Mahdavi. A. 2012. Environmental stresses tolerance mechanisms. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran, 466p. (In Persian)
28.Kerepsi, I., Toth, M. and Boross, L. 1996. Water-soluble carbohydrates in dried plant. J. Agric. Food Chem. 10: 3235-3239.
29.Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J.W. and Reddy, M.S. 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. Appli. Soil Ecol. 31: 91-100.
30.Kumar, V. and Singh, K. P. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bior. Technol. 76: 2. 173-175.
31.Lessani, H. and Mojtahedi, M. 2002. Introduction to plant physiology. Tehran University Press, Iran, 726p. (In Persian)
32.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.). Inter. Agro. 21: 361-366.
33.Marschner, H. 1995. Miheral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, Pp: 549-561.
34.Mehrvarz, S., Chaichi, M.R. and Alikhani, H.A. 2008. Effect of phosphate solubiling microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). American- Eur. J. Agri. Environ. Sci. 3: 855-860.
35.Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow maize cultivar. Pak. J. Biol. Sci. 10: 22. 4022-4028.
36.Naghizadeh, M. and Galavi, M. 2012. Evaluation of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous influence on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping. J. Agroeco. 4: 1. 52-62. (In Persian)
37.Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghdam, P. and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Press, 457p. (In Persian)
38.Omidbaigi, R. 2005. Production and processing of medicinal plants. Astan Gods Razavi Pub. 2: 324. (In Persian)
39.Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S. and Mohammadi, S.A. 2015. Effects of water stress on some nutrients uptake in *Matricaria chamomilla* L. Agron. J. 104: 1-7. (In Persian)
40.Ramroudi, M., Chezgim, M. and Galavi, M. 2017. Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmatic adjustments in moldavian (*Dracocephlum moldavica* L.) under low irrigation conditions3. Iran. J. Field Crop Sci. 48: 1. 149-158. (In Persian)
41.Rezapor, A.R., Heidari, M.R., Galavi, M. and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iran. J. Med. Arom. Plants. 27: 3. 384-396. (In Persian)
42.Sadeghian Dehkordi, S.A., Tadayyon, A., Tadayyon, M. and Saffar, A. 2015. Effect of drought stress and bio-fertilizers and chemical fertilizers on some morphplogical and physiological characteristis of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Arid Biome. Sci. Res. J. 5: 2. 1-11. (In Persian)
43.Salamon, I. 1992. Chamomile: A medicinal plant. The Herb, Spice and Med. Plant Digest, 10: 1. 345-354.
44.Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., Asgharzade, A. and Saeedi, K. 2016. Effects of zeolite, bio and organic fertilizers application on the growth, yield and yield components of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in organic cultivation. Iran. J. Med. Arom. Plants. 32: 2. 203-215. (In Persian)
45.Sanchez Govin, E., Rodriguez Gonzales, H., Carballo Guerra, C. and Milanes Figueredo, M. 2005 Influencia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L., *Matricaria*

recutita L. Rev. Cub. De Plants Med. 10: 1. 1-5.

46. Sandhya, V., Ali, Sk.Z., Grover, M., Reddy, G. and Venkateswarlu, B. 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas spp*. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Reg. 62: 21-30.
47. Schutz, H. and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environ. Pollu. 114: 2. 187-194.
48. Smirnoff, N. 1998. Plant resistance to environmental stress. Cur. Opinion Biotech. 9: 2. 214-219.
49. Soltani Gerdfaramarzi, M.K., Omidi, H., Habibi, H., Lebaschy, M.H. and Zarezadeh, A. 2011. The effects of glycine betaine and drought stress on yield, yield components and essential oil in German chamomile genotypes in Yazd region. Iran. J. Med. Arom. Plants. 27: 2. 279-289. (In Persian)
50. Taherkhanchi, A., Akbari, G.A., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Ghorbani Javid, M. 2013. Evaluation of effects of bio-fertilizers on some physiological and biochemical traits in soybean under water deficit condition. J. Crops Impr. Agri. Crop Manag. 15: 3. 141-153. (In Persian)
51. Walker, G.P.L. and Wilson, C.J.N. 1383. Lateral variations in the taupo ignimbrite. J. Volcan. Geo. Res. 18: 117-133.
52. Wu, Q. and Xia, R. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and water stress conditions. J. Plant Physic. 163: 417-425.
53. Zand, A., Aroiee, H., Chaichi, M.R. and Nemati, S.H. 2017. Effects of bio-fertilizers on some physiological characteristics, essential oil percentage and yield of spearmint (*Mentha spicata* L.) under deficit irrigation. Iran. J. Med. Arom. Plants. 32: 1. 112-125. (In Persian)