دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۱، شماره ۳، صفحه ۴۷۸-۴۶۰ (۱۳۹۴)

پاسخ عملکرد کمّی و کیفی سه اکوتیپ بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) به کاربرد کودهای زیستی در منطقه بوشهر

محمدامین کهن‌مو[۱]، مجید آقاعلیخانی[۲*] و فرهاد رجالی[۳]

۱- دانش‌آموخته دکترا، گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: maghaalikhani@modares.ac.ir

۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۱ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۲

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد کمّی و کیفی دو اکوتیپ بومی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) از بوشهر و یک اکوتیپ بابونه تجاری (اصفهان) در واکنش به کودهای زیستی آزمایشی در دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بوشهر انجام شد. تیمارها شامل اکوتیپ بابونه در سه سطح، بکارگیری قارچ میکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و میزان کود فسفات زیستی در سه سطح ۰، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. از زمان گلدهی بابونه به بعد صفات مورفولوژیک و عملکردی سنجیده شد و پس از برآورد عملکرد گل، بازده اسانس، مقدار کامازولن در اسانس و مقدار آپیژنین ۷-گلوکوزید و میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بوته و نیز در خاک مزرعه پس از آخرین برداشت گل اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بجز اثر اصلی اکوتیپ سایر اثرهای اصلی کودهای زیستی و برهم‌کنش آنها با یکدیگر روی صفات مورد نظر معنی‌دار نشدند. مقایسه میانگین‌های وزن خشک گل نشان داد که دو اکوتیپ بابونه بوشهر در سال اول نسبت به اکوتیپ اصفهان حدود ۳۴٪ افزایش وزن داشتند، در حالیکه در سال دوم ضمن افزایش کلی در وزن خشک اکوتیپ‌ها، اکوتیپ ۲ بوشهر با ۱۱۳۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد گل خشک را به خود اختصاص داد و اکوتیپ‌های ۱ بوشهر و اصفهان به‌ترتیب با ۱۲/۴٪ و ۴۸/۸٪ کاهش در رتبه بعدی قرار گرفتند. از نظر مقدار کامازولن در اسانس و آپیژنین ۷-گلوکوزید در گل خشک در هر دو سال آزمایش به‌ترتیب برتری آماری با اکوتیپ اصفهان و اکوتیپ‌های بابونه بوشهر بود ($p\leq0.05$). گرچه در این تحقیق اثر کودهای زیستی (شامل میکوریزا و فسفات زیستی) بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نشدند ولی دستیابی به ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد گل خشک، حدود ۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد اسانس، درصد بالای کامازولن در اسانس (۱۶-۱۵٪ در اکوتیپ اصفهان و ۷-۵٪ در اکوتیپ‌های بوشهر) و مقدار قابل توجه تولید آپیژنین ۷-گلوکوزید (۱۲/۷-۱۰ کیلوگرم در هکتار) نشان‌دهنده توانایی تولید مطلوب گیاه بابونه تحت تأثیر کودهای زیستی در شرایط مزرعه بود. بر این اساس به‌دلیل سازگاری بوم‌شناختی گسترده گیاه بابونه با شرایط و عملیات زراعی منطقه بوشهر می‌توان به تولید این گیاه دارویی ارزشمند در قالب یک سیستم کشاورزی کم‌نهاده مبادرت ورزید و آن را با اطمینان وارد تناوب زراعی منطقه نمود.

واژه‌های کلیدی: آپیژنین ۷-گلوکوزید، بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، بازده اسانس، فسفات زیستی، کامازولن، میکوریزا.

مقدمه

رویشگاه‌های طبیعی ایران به‌ویژه دامنه‌های غرب، جنوب و جنوب‌غربی زاگرس جمعیت‌هایی از گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) از تیره میناسانان (Asteraceae) را در خود جای داده است. از این‌رو توجه به قابلیت‌ها و ویژگی‌های بومی و نیز انتخاب و اصلاح این گیاه دارویی، امروزه اهمیت زیادی دارد (جاویدتاش، ۱۳۸۰؛ Sartavi & Gholamian, 2004؛ Soltanipoor & Babakhanlou, 2006؛ هویزه و همکارن، ۱۳۸۱). جمعیت‌های طبیعی بابونه در نواحی جنوبی کشور ازجمله استان‌های کهکیلویه و بویراحمد، فارس، بوشهر، هرمزگان و خوزستان به دلیل برخورداری از اقلیم مناسب و ویژگی‌های منحصر به‌فرد مناطق حاشیه اکوسیستم‌ها (اکوتون) دارای اولویت و برتری ویژه‌ای هستند (جایمند و رضایی، ۱۳۸۰؛ کرمی و همکاران، ۱۳۸۶). زیرا این مناطق محل تلاقی دو اقلیم گرم و مرطوب غربی-جنوبی و معتدل و خشک شرقی-شمالی رشته‌کوه زاگرس محسوب می‌شوند که می‌تواند به لحاظ بوم‌شناسی ترکیب‌های شیمیایی و مواد مؤثره بابونه را تحت تأثیر قرار دهد.

در مطالعات بعمل آمده درباره خصوصیات مختلف بابونه، اغلب به جنبه‌های دارویی، بهداشتی، روشهای استخراج اسانس و ماده مؤثره آن اشاره و کمتر به جنبه‌های بوم‌شناختی و تولید زیستی آن پرداخته شده‌است (Tirillini, 2006؛ Zaiter *et al*., 2007). خواص ارزشمند بهداشتی و درمانی از یکسو و مرغوبیت محصول رشد یافته در عرصه‌های طبیعی از سوی دیگر موجب هجوم به طبیعت برای جمع‌آوری انواع وحشی بابونه شده‌است. بنابراین چنانچه بتوان جمعیت‌های بومی گیاهان دارویی ازجمله بابونه را از طریق زراعت ارگانیک و مطابق اصول بوم‌شناختی آنها تولید نمود، پاسخی مناسب به نیاز و علاقه مصرف‌کنندگان مواد غذایی و دارویی طبیعی داده خواهد شد.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزای VAM (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات، PSM (Phosphate Solubilizing Microorganisms) به تنهایی یا ترکیب آنها به‌دلیل وجود رابطه هم‌افزایی، در فراهمی و افزایش عناصر محلول خاک به‌ویژه فسفر و بعد جذب و انتقال آن به گیاهان مؤثر بوده و رشد بهتر گیاه و افزایش عملکرد آن را به دنبال داشته است (Toro *et al*., 1997). طی آزمایشی با استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و مخلوط این دو در تولید بابونه مشخص شد که هریک از کودها به تنهایی روی عملکرد گل خشک، عملکرد اسانس و عملکرد کامازولن در هکتار تأثیر معنی‌دار داشته ولی مخلوط هر دو کود باعث کاهش عملکرد بابونه گردید (فلاحی و همکاران، ۱۳۸۸). در آزمایش دیگری تأثیر کود دامی با منشأ گوسفندی و کشت مخلوط بابونه و گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) بر میزان تولید بابونه بررسی و مشخص شد که با افزایش مصرف کود دامی (از ۳۰ به ۵۰ تن در هکتار) تفاوتی در میزان تولید ماده خشک این گیاه دیده نشد. نتایج این آزمایش نشان داد که با کشت مخلوط ۵۰:۵۰ بابونه در مخلوط با همیشه‌بهار و مصرف کود دامی می‌توان سیستم مناسبی برای تولید ارگانیک بابونه فراهم کرد. به‌طوری که بدون مصرف کودهای شیمیایی، به میزان مناسبی از عملکرد گل خشک و اسانس دست یافت (فلاحی و همکاران، ۱۳۸۸).

افزایش بازدهی جذب آب و جذب و انتقال بهتر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به‌ویژه فسفر (عنصر ضروری برای بیوسنتز اسانس) و همچنین توسعه سیستم ریشه‌ای در اثر قارچ میکوریزا به‌عنوان دلایل بهبود رشد و عملکرد گیاهان نعناع (*Mentha arvensis*) (Freitas *et al*., 2004)، گشنیز (*Coriandrum sativum*) (Kapoor *et al*., 2002b)، شوید (*Anethum graveolens* L.)، زیره (*Trachyspermum ammi Sprague*) (Kapoor *et al*., 2002a) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) (Kapoor *et al*., 2004) معرفی شده‌است. Toro و همکاران (۱۹۹۷) فعال کردن چرخه زیست-زمین-شیمیایی فسفر، بهبود پایداری در عرضه تدریجی مواد غذایی و برقراری تعادل بین جذب و

رهاسازی عناصر از خاک را نتیجه مصرف همزمان میکوریزا و بیوفسفات دانسته‌اند. نتیجه تحقیقات Chabot و همکاران (۱۹۹۶) روی ذرت و کاهو، همچنین Singh و Kapoor (۱۹۹۹) در گندم، بر حلالیت فسفر، افزایش اکوتیپ میکروارگانیسم‌های ریزوسفر، افزایش سطح جذب فعال ریشه‌ها، جذب فعال عناصر (به‌ویژه فسفر) و تحریک رشد گیاهان در اثر بیوفسفات به‌عنوان دلیل افزایش رشد و عملکرد گندم تأکید دارد.

بنا به گزارش Gupta و همکاران (۲۰۰۲) برخی ارقام و گونه‌های گیاه نعناع به میکوریزا وابستگی دارند، به‌طوری که افزایش هیف بیرونی و دسترسی به حجم بیشتر خاک، افزایش جذب فسفر به‌ویژه از منابع فسفر نامحلول یا با حلالیت کم، افزایش رشد و عملکرد گیاه را بدنبال داشته است. Singh و Kapoor (۱۹۹۸) در تشریح سودمندی‌های روابط میکوریزایی و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات در گیاه زراعی ماش (*Vigna radiata* L.) به تولید هورمون‌های گیاهی توسط ارگانیسم‌ها، تأثیر روی مورفولوژی ریشه و یا روی فیزیولوژی همزیستی قارچ با گیاه، کاهش اسیدیته محیط ریزوسفر و جذب و مصرف بهتر فسفر و افزایش جذب و انتقال نیتروژن توسط هیف‌های قارچ اشاره نموده‌اند. Hazarika و همکاران (۲۰۰۵) نیز بهبود جذب و انتقال فسفر در خاک‌های اسیدی (حاوی آلومنیوم) و عرضه پایدار و تدریجی فسفر را سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه چای (*Camellia sinensis*) معرفی نموده‌اند.

پایداری و استمرار فعالیت‌ها و سودمندی‌های منتسب به میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و میکوریزا نیازمند تأمین ترکیب‌های کربن متابولیز شده به‌عنوان منبع انرژی است که بتواند رشد و تکثیر میکروارگانیسم و تولید اسیدهای آلی و همزمان حلالیت سنگ فسفات را توسط حل‌کننده‌های میکروبی تضمین نماید. این نیاز با افزودن مواد آلی به بستر کشت (فرایند غنی‌سازی خاک) مرتفع می‌شود. Omar (۱۹۹۸) حلالیت بیشتر فسفر قابل استفاده و جذب توسط گیاه از طریق فرایندهای اسیدی کردن، کلات کردن و واکنش‌های تبادلی عناصر غذایی را سبب بهبود عملکرد گیاه می‌داند. این فرایندها در خاک مزرعه به سبب برهم‌کنش میکروارگانیسم‌های میکوریزا و بیوفسفات و تقویت فعالیت آنها و حمایت خاک مزرعه بیشتر مشهود است. Vassilev و Vassileva (۲۰۰۳) کاربرد کودآلی، پسماندهای صنعتی و کشاورزی را برای تأمین انرژی میکروارگانیسم‌ها، فرایندهای اسیدی و کلات کردن، واکنش‌های تبادلی کاتیونی و در نهایت حلالیت و قابل جذب کردن فسفر به‌ویژه از سنگ فسفات را با حلالیت کم در اثر ارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات ضروری می‌دانند.

Ratti و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی تلقیح ترکیبی باکتری حل‌کننده فسفات (*Bacillus polymyxa*) و قارچ میکوریزای (*Glomus aggregatum*) و باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azospirillum brasilense*) و با حضور تری‌کلسیم فسفات روی گیاه معطر Palmarosa (*Cymbopgon martini* var. motia) نشان دادند که تلقیح ترکیبی هر سه میکروارگانیسم، علاوه‌بر افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه باعث افزایش وزن خشک گیاه (تا ۷۰٪ نسبت به شاهد تلقیح نشده)، افزایش حداکثری محتوای فسفر گیاه (۰/۱۶۷٪) و افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز (۴/۷۵μmol/mg min) با حضور mg/kg ۲۰۰soil تری‌کلسیم فسفات؛ در مقایسه با شاهد تلقیح نشده و مقدار صفر منبع فسفات گردیده است. آنان تولید بیشتر این گیاه معطر را به اثر متقابل افزایشی تلقیح ترکیبی میکروارگانیسم‌ها، تحریک رشد و تولید مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد، تولید آنزیم‌های حل‌کننده فسفر از منبع غیرمحلول فسفات و در نهایت افزایش عناصر غذایی N و P مرتبط دانسته‌اند. یافته‌های درزی (۱۳۸۶) در بررسی یک گونه قارچ VAM (*Glomus intraradices*) و گونه‌ای باکتری حل‌کننده فسفات (*Pseudomonas striata*) همراه با سنگ فسفات و استفاده از ورمی‌کمپوست در شرایط مزرعه‌ای روی گیاه رازیانه؛ حکایت از آن دارد که تلقیح با میکوریز و مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بهترین شرایط را برای دستیابی به بیشترین عملکرد کمّی و کیفی گیاه رازیانه در یک سیستم زراعی پایدار فراهم می‌آورد.

با توجه به تنوع نتایج در بررسی منابع علمی موجود و نیز اهمیت بررسی واکنش اکوتیپ‌های بومی گیاهان دارویی به فاکتورهای زراعی، بررسی عملکرد کمّی و کیفی دو اکوتیپ بومی و یک اکوتیپ بابونه تجاری (اصفهان) به کودهای زیستی (قارچ میکوریزا و باکتری حل کننده فسفات) در شهرستان بوشهر به‌عنوان هدف این تحقیق در نظر گرفته شد.

مواد و روشها

تهیه زمین و اعمال تیمارها

در این آزمایش که در دو سال زراعی ۸۶ و ۸۷ در شهرستان بوشهر واقع در جنوب‌غربی ایران اجرا شد، عوامل مورد بررسی شامل اکوتیپ بابونه در سه سطح، تلقیح و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی در سه سطح بود. بر این اساس آزمایش دارای ۱۸ تیمار بود که به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ابعاد هر واحد آزمایشی ۳×۲ متر و دارای ۵ ردیف کاشت به فاصله ۰/۴ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. قبل از کشت، از خاک، آب و کود دامی محل آزمایش برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد (جدول‌های ۱، ۲ و ۳).

سه جمعیت بابونه شامل جمعیت اصفهان که از بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه گردید و جمعیت بومی بوشهر ۱ و جمعیت بومی بوشهر ۲ بود که بر اساس آزمایش‌های مقدماتی انتخاب شدند. برای تلقیح قارچ میکوریزا شامل اندام فعال قارچی (اسپور و هیف همراه با نسوج ریشه) از دو گونه قارچ VAM به نام *Glomus intraradices* و *G. etanicatum* استفاده شد. به‌طور متوسط هر ۱۰۰ بذر آغشته به مایه تلقیح میکوریزایی حدود ۲۵۰-۲۰۰ اندام فعال قارچ دریافت می‌کنند. البته دانش فنی تولید صنعتی این فراورده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور موجود است. کود فسفات زیستی در سه سطح: ۰، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار بکار رفت که از دو گونه باکتری حل‌کننده فسفات به نام *Bacillus megatherium* و *B. coagolens* همراه با پودر سنگ فسفات و سایر حامل‌ها تشکیل شده و در مؤسسه خاک و آب تولید گردیده است. در هر گرم از این نوع کود فسفات زیستی حدود 10^5 باکتری فعال وجود دارد.

به‌منظور آماده‌سازی زمین محل اجرای آزمایش، ابتدا عملیات شخم به‌وسیله گاوآهن قلمی دو بار عمود بر هم در آن اجرا شد. پس از خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح، بر اساس آزمایش‌های خاک و کود و برای حصول اطمینان از تأمین عناصر غذایی مورد نیاز و افزایش ماده آلی، به میزان ۱۵ تن در هکتار کود دامی کمپوست شده گوسفندی با خاک مخلوط شد. کود فسفات زیستی به‌صورت لایه‌گذاری در عمق ۵cm خاک و قارچ میکوریزا مخلوط با بذر استفاده شدند. بذرهای بابونه بر مبنای $3kg.ha^{-1}$ محاسبه و به‌صورت سطحی در سوم آذرماه کشت و پس از فشردن خاک (با غلطک سبک) اقدام به آبیاری گردید. برای جلوگیری از جابجایی بذرها درون کرت‌ها، تا استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری با ملایمت و به شکل بارانی و پس از آن هفته‌ای یکبار و با گرم شدن هوا در انتهای دوره رشد هفته‌ای دوبار آبیاری سطحی انجام شد.

اندازه‌گیری‌ها

به‌منظور سنجش صفات مربوط به ریخت‌شناسی و عملکرد گیاه، از زمان گلدهی بابونه به بعد صفات وزن خشک گل، قطر گل و ارتفاع گیاه از میانگین ۵۰ بوته در هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شد.

در راستای تعیین صفات مرتبط با بازده اسانس و سنجش مواد مؤثره بابونه، از گل‌های جمع‌آوری شده پس از خشک شدن در سایه (به مدت ۷ روز در دمای اتاق) نمونه‌ای از گل خرد شده به میزان ۳۰ گرم برای استخراج اسانس و ۱/۵ گرم برای تهیه عصاره الکلی تهیه شد؛ اسانس‌گیری با دستگاه کلونجر دارای بالن یک لیتری به روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت به طول انجامید. همچنین عصاره الکلی بابونه طی مراحلی و به مدت ۱/۵ ساعت با استفاده از حلال متانول و به روش بالن

رفلاکس برای استخراج ترکیب‌های گلیکوفلاونوئیدی آن تهیه شد. استخراج و تعیین میزان اسانس نمونه‌ها و تهیه عصاره آنها و همچنین برای سنجش کامازولن و آپیژنین ۷-گلوکوزید به‌ترتیب مطابق روش فارماکوپه گیاهی ایران (کمیته تدوین فارماکوپه گیاهی ایران، ۱۳۸۱) از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV/Vis x-Ma 2000) و مطابق فارماکوپه امریکا (نسخه USP-28) (The United States pharmacopeia, 2005) از دستگاه HPLC Knuver با مشخصات (UV Detector: K-2501؛ Column C18: 4mm ×12.5cm؛ λ: 335nm؛ Pump: k-1001؛ Degasses: knuver) در پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی استفاده شد.

برای تعیین میزان کامازولن، اسانس استخراج شده با حلال دی‌کلرومتان به یک بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری منتقل و به حجم رسانده شد. در ادامه عدد جذب محلول تهیه شده در طول موج ۶۰۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (این عدد باید بین ۰/۱ تا ۰/۸ باشد، در غیر این صورت باید محلول تهیه شده به نسبت ۱ به ۱۰ غلیظ یا رقیق شده و دوباره عدد جذب قرائت گردد). شایان ذکر است ابتدا دستگاه با دی‌کلرومتان خالص کالیبره می‌شود، آنگاه پس از قرائت جذب، درصد کامازولن در اسانس (C) از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

رابطه ۱:

$$C = \frac{30\times10\times E\times1843}{420\times1000}\times100$$

در این فرمول عدد ۳۰، وزن گل خشک برای اسانس‌گیری، عدد ۱۰، حجم محلول حلال و اسانس، عدد ۱۸۴/۳، وزن مولکولی کامازولن، عدد ۴۲۰، ثابت جذب مولار کامازولن، عدد ۱۰۰۰، ضریب ثابت برای تبدیل واحدها و E، عدد جذب قرائت شده می‌باشند (کمیته تدوین فارماکوپه گیاهی ایران، ۱۳۸۱؛ The United States pharmacopeia, 2005). همچنین برای اعتبارسنجی میزان کامازولن اندازه‌گیری شده از طریق روش اسپکتروفتومتری و مقایسه محتوای ترکیب‌های ثانویه موجود در اسانس سه اکوتیپ انتخابی، از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) مارک Agilent-Technology مدل 5975 مجهز به ستون HP-5ms به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۵ میکرومتر، با گاز حامل هلیوم (He) استفاده شد.

برای سنجش NPK در خاک مزرعه، پس از برداشت بابونه در انتهای فصل رشد به‌طور تصادفی از ۴ نقطه خاک وسط هر کرت نمونه‌برداری و پس از خشک کردن، کوبیدن و مخلوط کردن و در نهایت عبور از الک ۲ میلی‌متری نمونه‌ها برای سنجش نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم خاک به روشهای مرسوم آماده شد.

برای تعیین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم کل گیاه، از قسمت‌های انتهایی گیاه هر کرت به‌طور تصادفی نمونه‌برداری نموده و پس از خشک و آسیاب کردن نمونه‌ها؛ هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب‌اکسیژنه و سلنیوم انجام شد. برای تعیین درصد نیتروژن کل به‌وسیله دستگاه کجلدال از روش تیتراسیون بعد از تقطیر، مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر و درصد پتاسیم به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر با روش نشر شعله‌ای استفاده شد.

برای تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریزا، ۵ گرم ریشه تر و نازک از گیاهان وسط هر کرت در پایان فصل رشد به طور تصادفی انتخاب و کاملاً شسته و تمیز گردید. پس از رنگ‌بری و بعد رنگ‌آمیزی نمونه ریشه‌ها، برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه از روش Slid Method مطابق گزارش Sing و Kapoor (۱۹۹۹) برای تعداد ۵۰ قطعه ۱ سانتی‌متری از ریشه‌های هر نمونه استفاده شد.

مشاهدات به روش تجزیه واریانس برای آزمایش فاکتوریل سه فاکتوره ۳×۳×۲ در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به کمک نرم‌افزار SAS آنالیز شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

اشباع خاک (٪)	مواد خنثی‌شونده (٪)	گچ ($m.eq.100^{-1}$)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته	ماده آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل‌جذب (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)	آهن ($mg.kg^{-1}$)	روی ($mg.kg^{-1}$)	مس ($mg.kg^{-1}$)	منگنز ($mg.kg^{-1}$)	بافت خاک
۲۹	۶۴/۸	۵/۶	۱/۳	۷/۵	۰/۲۵	۰/۰۲	۱/۰	۱۵۰	۳/۷	۰/۹۴	۱/۰۸	۱۰/۴	لومی (L)

جدول ۲- برخی خصوصیات آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	کربنات ($Meq.lit^{-1}$)	بی‌کربنات ($Meq.lit^{-1}$)	کلر ($Meq.lit^{-1}$)	کلسیم و منیزیم مضاعف ($Meq.lit^{-1}$)	سولفات ($Meq.lit^{-1}$)	سدیم ($Meq.lit^{-1}$)	نسبت جذب سدیم
۳/۸	۷/۶	۰	۳/۵	۷/۵	۳۵	۳۹/۰	۱۲	۲/۸

جدول ۳- برخی خصوصیات کود گوسفندی مورد استفاده در آزمایش

میزان آهن ($mg.kg^{-1}$)	میزان منگنز ($mg.kg^{-1}$)	میزان روی ($mg.kg^{-1}$)	میزان مس ($mg.kg^{-1}$)	میزان نیتروژن (٪)	میزان فسفر (٪)	میزان پتاسیم (٪)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	میزان رطوبت (٪)
۲۳۷۷	۲۰۸/۴	۶۸/۶	۱۰۲/۱	۱/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۴	۵/۴	۷/۴	۱۰

نتایج

صفات ریخت‌شناسی و عملکردی

تجزیه واریانس مشاهدات دو سال نشان داد که هر سه صفت وزن خشک گل، قطر گل و ارتفاع بوته تحت تأثیر اکوتیپ‌های بابونه قرار گرفتند ($p\leq$۰/۰۱). ولی این صفات تحت تأثیر تلقیح با میکوریزا و سطوح کود فسفات زیستی و اثرات متقابل آنها اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های وزن خشک گل نشان داد که دو اکوتیپ بابونه بوشهر در سال اول نسبت به اکوتیپ اصفهان حدود ۳۴٪ افزایش وزن داشتند، در حالیکه در سال دوم ضمن افزایش کلی در وزن خشک اکوتیپ‌ها، اکوتیپ ۲ بوشهر با ۱۱۳۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد گل خشک را به خود اختصاص داد و دو اکوتیپ ۱ بوشهر و اصفهان به‌ترتیب با ۱۲/۴٪ و ۴۸/۸٪ کاهش در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۵).

همچنین مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که اکوتیپ اصفهان با ۲/۳۲ سانتی‌متر بیشترین قطر گل را داشت و دو اکوتیپ بوشهر با ۴۴٪ کاهش، گل‌هایی با قطر متوسط ۱/۶ سانتی‌متر تولید کردند. شایان ذکر است این روند در سال دوم آزمایش نیز برقرار بود، با این تفاوت که به‌طور کلی بوته‌ها نسبت به سال اول افزایش قطر گل داشتند. در این سال نیز اکوتیپ اصفهان با ۲/۷۷ سانتی‌متر بیشترین قطر گل را به خود اختصاص داد و اکوتیپ‌های ۱ و ۲ بوشهر با ۳۷٪ کاهش ارتفاع در یک گروه آماری قرار گرفتند. به‌علاوه اینکه مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته حکایت از آن دارد که اکوتیپ بابونه اصفهان در سال اول بلندترین (۲۵/۹۳cm) بوته‌ها را تولید نمود و اکوتیپ‌های ۱ و ۲ بوشهر به‌ترتیب با ۲۶/۸٪ و ۳۴/۲٪ کاهش در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. این تفاوت در سال دوم آزمایش نیز وجود داشت، هرچند به‌طور کلی گیاهان نسبت به سال اول افزایش ارتفاع داشتند. اما اکوتیپ اصفهان در سال دوم با ۳۱/۳۷cm بلندترین بوته‌ها را تولید نمود و دو اکوتیپ بوشهر با حدود ۱۵٪ کاهش ارتفاع در یک گروه آماری قرار گرفتند.

کلونیزاسیون ریشه: براساس تجزیه واریانس داده‌ها در میان اثرهای اصلی و متقابل تیمارها در سال اول، تنها تلقیح با میکوریزا سبب اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) در صفت درصد کلونیزاسیون ریشه شد؛ در حالیکه در سال دوم این صفت تحت تأثیر اکوتیپ و تلقیح با میکوریزا قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵)، اما کاربرد کود فسفات زیستی و اثرات متقابل تیمارها با همدیگر اختلاف معنی‌داری را در این صفت بوجود نیاورد (جدول ۴). مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه نشان داد که تلقیح با میکوریزا در سال اول و دوم به‌ترتیب با ۸۹/۲۷٪ و ۹۰٪ نسبت به عدم تلقیح با میکوریزا به‌ترتیب برای سال اول و دوم ۷۷/۸۵٪ و ۸۴/۵۵٪ برتری نشان داد. همچنین طبق جدول مقایسه میانگین در سال دوم اکوتیپ ۲ بوشهر تفاوت معنی‌داری در کلونیزاسیون ریشه نسبت به اکوتیپ ۱ بوشهر داشت ($p\leq$۰/۰۵) و تفاوت سایر تیمارها با یکدیگر معنی‌دار نبود (جدول ۵).

بازده اسانس و ترکیب‌های ثانویه

نتایج نشان داد در هر دو سال آزمایش، اکوتیپ بابونه اصفهان بازده اسانس بیشتری از دو اکوتیپ بوشهر داشته است، با این تفاوت که در کل بازده اسانس هر سه اکوتیپ در سال دوم اندکی بیشتر از سال اول بود. به این ترتیب در سال دوم، اکوتیپ اصفهان بیشترین مقدار اسانس (۰/۳۹) را تولید نمود و اکوتیپ ۲ و ۱ بوشهر به‌ترتیب با حدود ۱۸٪ و ۳۱٪ در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. همچنین مقایسه میانگین‌های مقدار کامازولن در اسانس حکایت از آن دارد که در سال اول اکوتیپ بابونه اصفهان بیشترین مقدار کامازولن (۱۲/۴۶٪) را تولید نمود و اکوتیپ ۱ و ۲ بوشهر به‌ترتیب با ۶۳/۳٪ و ۷۸/۷٪ کاهش در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. این روند در سال دوم آزمایش نیز برقرار بود. با این تفاوت که هر سه اکوتیپ بابونه نسبت به سال اول آزمایش، افزایش در مقدار کامازولن را نشان دادند. بر این اساس اکوتیپ اصفهان با ۱۵/۸۰٪ بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص داده و اکوتیپ ۱ و ۲ بوشهر با ۷۴٪ کاهش در یک گروه آماری قرار گرفتند. گفتنی است تقریباً همین روند برای میزان کامازولن در گل خشک نیز برقرار بود. به‌طوری که اکوتیپ اصفهان نسبت به دو اکوتیپ بوشهر، میزان کامازولن در ماده خشک بیشتری داشت. به‌علاوه براساس نتایج بدست آمده در سال اول اکوتیپ ۲ بوشهر بیشترین مقدار آپیژنین ۷-گلوکوزید (۰/۸۶۲٪) و دو

اکوتیپ ۱ بوشهر و اصفهان با حدود ۱۲٪ کاهش در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین در سال دوم اکوتیپ اصفهان با کمترین مقدار (۱/۲۷۳٪) و دو اکوتیپ بوشهر با ۱۵٪ افزایش (۱/۴۸۴٪) در یک گروه آماری قرار گرفتند. به‌طور کلی در هر دو سال آزمایش مقدار این ماده مؤثره در دو اکوتیپ بوشهر بیشتر از اکوتیپ بابونه اصفهان بوده و در سال دوم مقدار این ماده حدود دو برابر نسبت به سال اول افزایش نشان داد (جدول ۶ و ۷).

میزان NPK در گیاه

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس، در هر دو سال آزمایش میزان نیتروژن گیاه تحت تأثیر هیچ‌یک از عوامل اصلی و اثر متقابل آنها قرار نگرفت. از نظر مقدار فسفر موجود در پیکره گیاه در هر دو سال آزمایش تنها عامل اکوتیپ بابونه باعث اختلاف آماری معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بین تیمارها شد (جدول ۸). مقایسه میانگین‌های مقدار فسفر موجود در گیاه نشان می‌دهد که در هر دو سال اکوتیپ‌های بابونه بوشهر مقدار فسفر بیشتری نسبت به اکوتیپ بابونه اصفهان در پیکر خود ذخیره کرده بودند. به‌طوری که مقدار فسفر بوته‌های اکوتیپ اصفهان ۰/۲۰۳٪ بود و هر دو اکوتیپ بابونه بوشهر در سال اول و دوم به‌ترتیب با حدود ۲۰٪ و ۴۳٪ افزایش در یک گروه آماری قرار گرفتند. از طرفی تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که میزان پتاسیم پیکره گیاه در هر دو سال آزمایش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اکوتیپ‌های بابونه قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱). همچنین در سال اول، تلقیح با میکوریزا باعث بروز اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) در مقدار پتاسیم شده است. این در حالیست که سایر عوامل اصلی و اثر متقابل آنها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را در صفت مقدار پتاسیم گیاه ایجاد نکردند. مقایسه میانگین میزان پتاسیم گیاه حکایت از آن داشت که در سال اول اکوتیپ بابونه اصفهان بیشترین مقدار پتاسیم (۴/۷٪) را دارا بود و دو اکوتیپ بوشهر با ۵۳/۵٪ کاهش در یک گروه آماری جای گرفتند. به همین ترتیب در سال دوم نیز اکوتیپ اصفهان بیشترین مقدار پتاسیم را دارا بود و اکوتیپ ۱ و ۲ بوشهر به‌ترتیب با ۵۸/۷٪ و ۵۴/۵٪ کاهش در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۹).

میزان NPK در خاک مزرعه

مقدار نیتروژن خاک پس از برداشت محصول فقط در سال اول آزمایش تحت تأثیر اکوتیپ‌های بابونه و تلقیح با میکوریزا قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵). این در حالیست که برای سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش آنها در همین سال و سال دوم آزمایش اختلاف معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۱۰). بر این اساس طبق مقایسه میانگین‌ها در سال اول نیتروژن خاک برای اکوتیپ بابونه اصفهان با ۰/۰۸۸ درصد بیشترین مقدار بود و اکوتیپ‌های ۱ و ۲ بوشهر با ۲۰٪ کاهش در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین در سال اول، میزان نیتروژن خاک در کرت‌های بدون تلقیح میکوریزا بیشتر از تلقیح با میکوریزا بود. در کل میزان نیتروژن خاک در پایان آزمایش سال اول بیشتر از سال دوم بود. همچنین تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در هر دو سال آزمایش، مقدار فسفر خاک پس از برداشت بابونه در کرت‌ها بر خلاف انتظار برای هیچ‌یک از اثرهای اصلی و متقابل تیمارها معنی‌دار نشد. با این تفاوت که در سال دوم میزان فسفر خاک نسبت به سال اول آزمایش به میزان حدود نصف تقلیل یافته بود. به‌عبارتی فسفر خاک در سال دوم به مقدار بیشتری از خاک تهی شده بود. به‌علاوه اینکه مقدار پتاسیم خاک پس از برداشت محصول فقط در سال دوم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اکوتیپ بابونه قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱). این در حالیست که تلقیح با میکوریزا و کاربرد کود فسفات زیستی و اثر متقابل آنها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را در مقدار پتاسیم خاک کرت‌ها ایجاد نکرد. براساس مقایسه میانگین مقدار پتاسیم خاک، اکوتیپ بابونه اصفهان با مقدار ۱۱۶/۶۶ppm بیشترین مقداربود و بعد دو اکوتیپ بابونه بوشهر با حدود ۱۰٪ کاهش در رتبه بعدی و در یک گروه آماری قرار داشتند. همچنین پتاسیم خاک در سال دوم آزمایش به‌میزان قابل ملاحظه‌ای در خاک کاهش یافته بود (جدول ۱۱).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات ریخت‌شناسی و عملکردی اکوتیپ‌های بابونه تحت تأثیر میکوریزا و کود فسفات زیستی در سال ۸۶ و ۸۷

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک گل		قطر گل		ارتفاع گیاه		کلونیزاسیون ریشه	
		۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷
بلوک	۲	۱۹۷۸۱۵/۷۴ **	۱۸۶۱۸۵/۲۸ **	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۵۹ ns	۱۸/۴۴ ns	۱۷/۷۳ ns	۱۷۵۸/۷۴ **	۷۷۷/۷۴ **
اکوتیپ‌ها	۲	۱۳۸۹۰۵/۳۴ *	۱۴۸۲۸۲۸/۹۸ **	۲/۹۶۶ **	۳/۳۵۴ **	۳۹۳/۰۲ **	۱۰۶/۰۶ **	۴/۲۶ ns	۲۷۱/۲۷ *
میکوریزا	۱	۸۲۱۳۲/۴۴ ns	۷۶۸۸۰/۹۱ ns	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۲۹۸ *	۱۶/۳۵ ns	۸/۸۴ ns	۱۷۶۱/۳۰ **	۴۲۵/۳۳ *
فسفات زیستی	۲	۶۵۳۲/۹۱ ns	۱۰۲۲۲/۱۳ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۶۳ ns	۲/۵۵ ns	۰/۲۰ ns	۸۱/۲۸ ns	۷۸/۴۴ ns
اکوتیپ × میکوریزا	۲	۱۰۲۶۴۶/۰۶ *	۵۹۲۱۶/۲۱ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۱۰/۱۴ ns	۲۵/۹۸*	۳۵/۴۸ ns	۵۴/۲۵ ns
اکوتیپ × فسفات زیستی	۴	۶۰۵۲/۵۷ ns	۳۵۷۶/۹۹ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۴۰ ns	۳/۹۲ ns	۱۱/۴۴ ns	۴۲/۹۳ ns	۲۶/۹۶ ns
میکوریزا × فسفات زیستی	۲	۳۶۰۵۱/۹۰ ns	۳۳۲۸/۳۴ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۱۷ ns	۹/۹۰ ns	۲/۳۴ ns	۶۰/۸۴ ns	۶/۸۳ ns
اکوتیپ × میکوریزا × فسفات زیستی	۴	۱۸۲۳۸/۰۹ ns	۱۷۸۶۵/۴۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۷ ns	۳/۵۲ ns	۲/۱۴ ns	۹۵/۷۲ ns	۷/۸۵ ns
خطای آزمایش	۳۴	۳۰۹۳۵/۹۳	۳۳۴۰۱/۹۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵۳	۹/۱۴	۷/۲۸	۸۳/۹۴	۸۲/۴۰
ضریب تغییرات (٪)	--	۲۸	۲۰/۲۶	۴/۸۱	۳/۲۱	۱۴/۶۴	۹/۴۵	۱۰/۹۶	۱۰/۳۹

**، *، ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات ریخت‌شناسی و عملکردی بابونه، تحت تأثیر عوامل اصلی در سال ۸۶ و ۸۷

صفات / عامل‌های اصلی	وزن خشک گل ($kg\ ha^{-1}$)		قطر گل (cm)		ارتفاع گیاه (cm)		کلونیزاسیون ریشه (٪)	
	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶
اکوتیپ ۱ بوشهر	۹۹۲/۷۵ b	۵۹۹/۶۸ a	۲/۰۱ b	۱/۶۱ b	۲۷/۲۳ b	۱۸/۹۷ b	۸۳/۷۲ b	۸۳/۰۰ a
اکوتیپ ۲ بوشهر	۱۱۳۲/۶۶ a	۵۹۸/۱۰ a	۲/۰۳ b	۱/۶۲ b	۲۷/۰۹ b	۱۷/۰۵ b	۹۱/۲۸ a	۸۳/۹۰ a
اکوتیپ اصفهان	۵۸۰/۵۷ c	۴۴۶/۷۴ b	۲/۷۷ a	۲/۳۲ a	۳۱/۳۷ a	۲۵/۹۳ a	۸۶/۷۷ a b	۸۳/۷۷ a
تلقیح با میکوریزا	۸۶۴/۲۶ a	۵۰۹/۱۷ a	۲/۲۵ b	۱/۸۳ a	۲۸/۱۶ a	۲۰/۱۰ a	۹۰/۰۰ a	۸۹/۲۷ a
عدم تلقیح با میکوریزا	۹۳۹/۷۲ a	۵۸۷/۱۷ a	۲/۲۹ a	۱/۸۷ a	۲۸/۹۷ a	۲۱/۲۰ a	۸۴/۵۵ b	۷۷/۸۵ b
۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۸۴۷/۵۴ a	۵۳۲/۵۱ a	۲/۲۷ a	۱/۸۶ a	۲۸/۶۸ a	۲۰/۵۶ a	۸۴/۹۶ a	۸۲/۳۲ a
۳۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۹۱۴/۰۸ a	۵۶۹/۳۸ a	۲/۲۵ a	۱/۸۳ a	۲۸/۴۷ a	۲۱/۰۷ a	۸۷/۲۹ a	۸۲/۳۵ a
۶۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۹۱۷/۳۵ a	۵۴۲/۶۳ a	۲/۲۹ a	۱/۸۵ a	۲۸/۵۴ a	۲۰/۳۳ a	۸۹/۸۸ a	۸۶/۰۱ a

در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون دانکن ندارند.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) بازده اسانس و مواد مؤثره اکوتیپ‌های بابونه تحت تأثیر میکوریزا و کود فسفات زیستی در سال ۸۶ و ۸۷

منابع تغییر	درجه آزادی	بازده اسانس در گل خشک		برآورد کامازولن در گل خشک		میزان کامازولن در اسانس		آپیژنین ۷-گلوکوزید در گل خشک	
		۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷
بلوک	۲	۰/۰۰۰۹ ns	۰/۰۰۷۹ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۹۶ *	۰/۱۶۹ ns	۱۶/۴۸۲ **	۰/۱۳۱۳ **	۰/۶۸۱۸ **
اکوتیپ‌ها	۲	۰/۰۱۳۳ *	۰/۰۶۵۹**	۰/۰۰۵۵۴۲ **	۰/۰۱۱۶۹۶ **	۴۸۵/۴۶۳ **	۷۶۵/۷۶۴ **	۰/۰۶۱۴ **	۰/۲۷۳۴ **
میکوریزا	۱	۰/۰۰۱۶ ns	۰/۰۰۲۲ ns	۰/۰۰۰۰۲۰ ns	۰/۰۰۰۰۲۵ ns	۰/۱۷۷ ns	۲/۹۰۳ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۴۰۲ ns
فسفات زیستی	۲	۰/۰۳۳۳ **	۰/۰۰۳۰ ns	۰/۰۰۰۱۱۸**	۰/۰۰۰۰۴۰ ns	۰/۶۴۹ ns	۱/۷۶۷ ns	۰/۰۰۱۹ ns	۰/۰۷۸۰ ns
اکوتیپ × میکوریزا	۲	۰/۰۰۱۱ ns	۰/۰۰۵۰ ns	۰/۰۰۰۰۱۳ ns	۰/۰۰۰۰۶۰ ns	۰/۳۶۲ ns	۵/۳۶۲ *	۰/۰۴۶۰ *	۰/۰۲۸۹ ns
اکوتیپ × فسفات زیستی	۴	۰/۰۰۱۳ ns	۰/۰۰۳۵ ns	۰/۰۰۰۰۲۷ ns	۰/۰۰۰۰۳۷ ns	۰/۳۸۵ ns	۰/۵۵۹ ns	۰/۰۰۹۲ ns	۰/۰۸۷۲ ns
میکوریزا × فسفات زیستی	۲	۰/۰۰۵۸ ns	۰/۰۰۳۴ ns	۰/۰۰۰۰۲۶ ns	۰/۰۰۰۰۱۲ ns	۰/۳۰۳ ns	۳/۵۹۵ ns	۰/۰۰۶۷ ns	۰/۰۷۳۵ ns
اکوتیپ × میکوریزا × فسفات زیستی	۴	۰/۰۰۳۴ ns	۰/۰۰۱۸ ns	۰/۰۰۰۰۱۳ ns	۰/۰۰۰۰۴۴ ns	۱/۲۹۹ ns	۲/۲۷۰ ns	۰/۰۰۳۵ ns	۰/۰۲۱۱ ns
خطای آزمایش	۳۴	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۲۷	۰/۹۰۶	۱/۵۱۴	۰/۰۰۹۳	۰/۰۴۹۴
ضریب تغییرات (٪)	--	۱۸/۶۴	۲۳/۳۳	۲۰/۰۱	۱۹/۵۸	۱۴/۵۰	۱۵/۶۴	۱۲/۱۶	۱۵/۷۲

**، *، ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های بازده اسانس و مواد مؤثره بابونه، تحت تأثیر عوامل اصلی در سال ۸۶ و ۸۷

صفات / عامل‌های اصلی	بازده اسانس در گل خشک (٪)		برآورد کامازولن در گل خشک (٪)		میزان کامازولن در اسانس (٪)		آپیژنین ۷-گلوکوزید در گل خشک (٪)	
	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶
اکوتیپ ۱ بوشهر	۰/۲۶۹ c	۰/۲۸۷ a b	۰/۰۱۱ b	۰/۰۱۳ b	۴/۲۹ b	۴/۵۷ b	۱/۴۷۳ a	۰/۷۷۳ b
اکوتیپ ۲ بوشهر	۰/۳۲۴ b	۰/۲۶۸ b	۰/۰۱۲ b	۰/۰۰۷ c	۳/۹۴ b	۲/۶۶ c	۱/۴۹۵ a	۰/۸۶۲ a
اکوتیپ اصفهان	۰/۳۹۰ a	۰/۳۲۲ a	۰/۰۵۷ a	۰/۰۴۰ a	۱۵/۸۰ a	۱۲/۴۶ a	۱/۲۷۳ b	۰/۷۵۲ b
تلقیح با میکوریزا	۰/۳۲۱ a	۰/۲۹۸ a	۰/۰۲۵ a	۰/۰۲۰ a	۸/۲۲ a	۶/۶۲ a	۱/۳۸۶ a	۰/۸۰۰ a
عدم تلقیح با میکوریزا	۰/۳۳۴ a	۰/۲۸۷ a	۰/۰۲۷ a	۰/۰۱۹ a	۷/۴۹ b	۶/۵۰ a	۱/۴۴۱ a	۰/۷۹۳ a
۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۰/۳۴۱ a	۰/۳۲۰ a	۰/۰۲۷ a	۰/۰۲۲ a	۷/۷۴ a	۶/۶۷ a	۱/۴۳۸ a	۰/۸۰۸ a
۳۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۰/۳۱۵ a	۰/۳۱۵ a	۰/۰۲۸ a	۰/۰۲۰ a	۸/۳۴ a	۶/۲۲ a	۱/۳۳۹ a	۰/۷۹۷ a
۶۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۰/۳۲۷ a	۰/۲۴۳ b	۰/۰۲۳ b	۰/۰۱۷ b	۷/۴۸ a	۶/۷۹ a	۱/۴۶۴ a	۰/۷۸۴ a

در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون دانکن ندارند.

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی **NPK** موجود در پیکره گیاه اکوتیپ‌های بابونه تحت تأثیر میکوریزا و کود فسفات زیستی در سال ۸۶

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن		فسفر		پتاسیم	
		۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷
بلوک	۲	۲/۱۶۷ **	۰/۴۶۰ *	۰/۰۰۵۵۹ *	۰/۰۰۳۰۸ ns	۰/۳۶۹ *	۰/۳۲۱ ns
اکوتیپ‌ها	۲	۰/۵۵۶ ns	۰/۱۰۷ ns	۰/۰۱۳۳۱ **	۰/۰۴۹۶۰ **	۳۴/۴۴۵ **	۵۰/۵۱۰ **
میکوریزا	۱	۰/۲۶۱ ns	۰/۱۹۳ ns	۰/۰۰۰۲۲ ns	۰/۰۰۰۳۱ ns	۰/۴۴۲ *	۰/۰۱۷ ns
فسفات زیستی	۲	۰/۱۵۳ ns	۰/۰۶۰ ns	۰/۰۰۰۵۷ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۵۰ ns
اکوتیپ × میکوریزا	۲	۰/۰۵۹ ns	۰/۱۶۱ ns	۰/۰۰۲۵۰ ns	۰/۰۰۸۰۱*	۰/۰۶۶ ns	۰/۰۷۴ ns
اکوتیپ × فسفات زیستی	۴	۰/۰۸۶ ns	۰/۰۴۳ ns	۰/۰۰۰۸۰ ns	۰/۰۰۰۴۴ ns	۰/۰۳۱ ns	۰/۰۰۴ ns
میکوریزا × فسفات زیستی	۲	۰/۲۱۳ ns	۰/۲۲۴ ns	۰/۰۰۰۴۰ ns	۰/۰۰۱۱۶ ns	۰/۰۵۱ ns	۰/۱۲۹ ns
اکوتیپ × میکوریزا × فسفات زیستی	۴	۰/۰۴۸ ns	۰/۱۵۲ ns	۰/۰۰۱۹۴ ns	۰/۰۰۱۲۱ ns	۰/۲۸۵*	۰/۰۲۳ ns
خطای آزمایش	۳۴	۰/۲۶۸	۰/۱۲۹	۰/۰۰۱۱۷	۰/۰۰۱۵۸	۰/۱۰۵	۰/۱۱۶
ضریب تغییرات (٪)	--	۲۵/۱۸	۱۹/۴۰	۱۴/۹۱	۱۵/۱۳	۱۰/۷۰	۱۰/۵۷

**، *، ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر غذایی NPK موجود در پیکره گیاه بابونه، تحت تأثیر عوامل اصلی در سال ۸۶ و ۸۷

صفات / عامل‌های اصلی	میزان نیتروژن در گیاه (٪)		میزان فسفر در گیاه (٪)		میزان پتاسیم در گیاه (٪)	
	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶
اکوتیپ ۱ بوشهر	۱/۷۶ a	۱/۸۹ a	۰/۳۰۲ a	۰/۲۳۷ a	۲/۱۳ c	۲/۳۲ b
اکوتیپ ۲ بوشهر	۱/۸۹ a	۲/۰۲ a	۰/۲۸۲ a	۰/۲۵۲ a	۲/۳۹ b	۲/۱۴ b
اکوتیپ اصفهان	۱/۸۹ a	۲/۲۴ a	۰/۲۰۳ b	۰/۲۰۰ b	۵/۱۵ a	۴/۷۰ a
تلقیح با میکوریزا	۱/۷۹ a	۱/۹۸ a	۰/۲۶۵ a	۰/۲۲۸ a	۳/۲۰ a	۲/۹۰ b
عدم تلقیح با میکوریزا	۱/۹۱ a	۲/۱۲ a	۰/۲۶۰ a	۰/۲۳۲ a	۳/۲۴ a	۳/۱۴ a
۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۱/۹۱ a	۱/۹۶ a	۰/۲۶۳ a	۰/۲۲۷ a	۳/۲۶ a	۲/۹۹ a
۳۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۱/۷۹ a	۲/۰۵ a	۰/۲۶۲ a	۰/۲۲۶ a	۳/۲۵ a	۳/۰۶ a
۶۰ بیوفسفات ($kgha^{-1}$)	۱/۸۴ a	۲/۱۵ a	۰/۲۶۱ a	۰/۲۳۶ a	۳/۱۶ a	۳/۰۳ a

در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون دانکن ندارند.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک کرت‌های زیر کشت اکوتیپ‌های بابونه تحت تأثیر میکوریزا و کود فسفات زیستی در سال ۸۶ و ۸۷

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن کل خاک		فسفر خاک		پتاسیم خاک	
		۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷
بلوک	۲	۰/۰۰۱۲ *	۰/۰۰۰۲۲ ns	۱۱/۸۸ *	۳/۲۳ ns	۶۸۴/۴۷ **	۱۸۵۶/۰۱ **
اکوتیپ‌ها	۲	۰/۰۰۱۸ *	۰/۰۰۰۳۷ ns	۲/۱۴ ns	۲/۸۵ ns	۹/۴۱ ns	۹۲۲/۶۸ **
میکوریزا	۱	۰/۰۰۲۰ *	۰/۰۰۰۰۱۱ ns	۰/۳۹ ns	۰/۱۳ ns	۷۹/۴۸ ns	۲۴۴/۹۰ ns
فسفات زیستی	۲	۰/۰۰۰۰۴۹ ns	۰/۰۰۰۰۸۸ ns	۵/۵۰ ns	۱/۳۰ ns	۴۴/۱۴ ns	۵۶/۰۱ ns
اکوتیپ × میکوریزا	۲	۰/۰۰۰۲۹ ns	۰/۰۰۰۱۷ ns	۰/۴۵ ns	۲/۳۵ ns	۱۱۸/۱۱ ns	۳/۲۴ ns
اکوتیپ × فسفات زیستی	۴	۰/۰۰۰۸۳ ns	۰/۰۰۰۳۴ ns	۱/۸۰ ns	۱/۵۹ ns	۹۵/۷۵ ns	۶۴/۳۵ ns
میکوریزا × فسفات زیستی	۲	۰/۰۰۰۱۳۴ ns	۰/۰۰۰۴۳ ns	۱/۰۴ ns	۰/۶۸ ns	۳۲/۶۱ ns	۳۳/۷۹ ns
اکوتیپ × میکوریزا × فسفات زیستی	۴	۰/۰۰۰۱۳۷ ns	۰/۰۰۰۰۸۹ ns	۲/۳۱ ns	۰/۹۰ ns	۴۲/۴۴ ns	۱۲۱/۲۹ ns
خطای آزمایش	۳۴	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۱۸	۲/۶۸	۱/۰۶	۱۲۸/۷۱	۱۶۱/۴۱
ضریب تغییرات (٪)	--	۲۴/۴۵	۱۹/۵۵	۲۷	۲۸/۷۹	۸/۱۶	۱۱/۶۵

**، *، ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۱۱- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر غذایی **NPK** خاک کرت‌های زیر کشت بابونه، تحت تأثیر عوامل اصلی در سال ۸۶ و ۸۷

صفات / عامل‌های اصلی	نیتروژن کل خاک (٪)		میزان فسفر خاک (**ppm**)		میزان پتاسیم خاک (**ppm**)	
	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۶
اکوتیپ ۱ بوشهر	۰/۰۷۰ a	۰/۰۷۵ b	۳/۸۱ a	۶/۴۷ a	۱۰۷/۷۷ b	۱۳۸/۸۸ a
اکوتیپ ۲ بوشهر	۰/۰۶۳ a	۰/۰۶۶ b	۳/۰۷ b	۵/۷۰ a	۱۰۲/۵۰ b	۱۳۸/۰۵ a
اکوتیپ اصفهان	۰/۰۷۱ a	۰/۰۸۸ a	۳/۸۶ a	۶/۰۰ a	۱۱۶/۶۶ a	۱۴۰/۰۰ a
تلقیح با میکوریزا	۰/۰۶۸ a	۰/۰۷۰ b	۳/۵۸ a	۶/۱۷ a	۱۱۱/۱۱ a	۱۴۰/۳۸ a
عدم تلقیح با میکوریزا	۰/۰۶۸ a	۰/۰۸۲ a	۳/۵۹ a	۵/۹۵ a	۱۰۶/۸۵ a	۱۳۷/۵۹ a
۰ بیوفسفات (**$kgha^{-1}$**)	۰/۰۶۶ a	۰/۰۷۵ a	۳/۵۶ a	۵/۸۲ a	۱۰۶/۹۴ a	۱۴۰/۵۵ a
۳۰ بیوفسفات (**$kgha^{-1}$**)	۰/۰۶۹ a	۰/۰۷۸ a	۳/۳۶ a	۶/۷۰ a	۱۱۰/۰۰ a	۱۳۸/۸۲ a
۶۰ بیوفسفات (**$kgha^{-1}$**)	۰/۰۷۰ a	۰/۰۷۴ a	۳/۸۱ a	۵/۷۰ a	۱۱۰/۰۰ a	۱۳۷/۵۰ a

در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون دانکن ندارند.

بحث

مرور مطالعات انجام شده درباره تأثیر کودهای زیستی بر جنبه‌های مختلف رشد و عملکرد گیاهان زراعی (به‌ویژه گیاهان دارویی، ادویه‌ای و معطر) اغلب حکایت از پاسخ خوب و مناسب این گیاهان به کاربرد این کودها به‌صورت منفرد یا ترکیب آنها دارد. هرچند درباره پاسخ گیاه بابونه به این قبیل کودها مطالعات اندکی انجام شده، با وجود این در سایر گیاهان مطالعه شده تأثیرات معنی‌داری در جذب و انتقال عناصر غذایی از خاک و درون ساختار گیاه و در نتیجه افزایش در رشد و نمو و عملکرد اندام‌های دارویی و متابولیت‌های ثانویه نسبت به شاهد (بدون مصرف کودهای زیستی) مشاهده شده است. در حالیکه در مطالعه حاضر بر خلاف انتظار، کاربرد میکوریزا و سطوح مختلف کود فسفات زیستی و تیمارهای ترکیبی آنها تأثیر معنی‌داری بر اغلب صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد (عدم مصرف این کودها) نشان ندادند.

بنابراین با دقت در نتایج بدست آمده در این آزمایش ملاحظه می‌شود که هر سه اکوتیپ کشت شده بابونه، عملکرد گل و ترکیب‌های ثانویه قابل قبول و مورد انتظار را تولید نموده‌اند که با مقادیر معمول و متوسط گزارش شده برای این گیاه دارویی در منابع مرور شده (جایمند و رضایی، ۱۳۸۰؛ Rolf & Schilcher, 2005) هم‌راستا می‌باشد. همچنین در این پژوهش مقادیر متوسط تولید ماده خشک (اعم از گل و زیست توده خشک) در سال اول و دوم به‌ترتیب ۱۷۲۹/۲۷ و ۳۱۲۶/۱۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای این میزان تولید ماده خشک در سال اول و دوم به‌ترتیب مقادیر ۳۵/۴۵ و ۵۷/۸۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳/۹۸ و ۸/۴۴ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۵۲/۲۲ و ۱۰۰/۶۶ کیلوگرم در هکتار پتاسیم توسط گیاه از خاک خارج (یا جذب) شده است، که با آنچه که از جذب این عناصر معدنی برای بابونه گزارش شده است (Ozcan *et al*., 2008؛ Rolf & Schilcher, 2005) مطابقت دارد.

در این روش کشت بابونه، عناصر غذایی قابل استفاده گیاه در خاک از طریق تجزیه و آزاد شدن از کود دامی و ذخایر خاک، افزودن توسط آب آبیاری و در نهایت از طریق کاربرد کود فسفات زیستی (تیمارها) تأمین شده است. رهاسازی و قابل استفاده شدن این عناصر معدنی مستلزم وجود فعالیت زیستی قوی و کارآمد در خاک است که بتواند

تجزیه مواد آلی و حلالیت این عناصر را در خاک انجام دهد تا جذب و انتقال آنها توسط گیاه بابونه انجام شده و وارد متابولیسم گیاه گردد. بنابراین به نظر می‌رسد که این فعالیت بیولوژیک کارآمد در خاک نیز وجود داشته است، زیرا گیاه رشد خوب و عملکرد مناسبی از خود نشان داده و توانسته به اندازه نیاز عناصر معدنی را از خاک جذب نماید. از طرفی برخی اندازه‌گیری‌ها نظیر درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه توسط قارچ میکوریزا (در سال اول ۸۳/۵۶٪ و در سال دوم ۸۷/۲۶٪) و شناسایی و شمارش میکروب‌های حل‌کننده فسفر قبل از آزمایش در خاک مزرعه به میزان محدود مؤید این فعالیت زیستی خاک می‌باشد.

بخشی از میکروارگانیسم‌های موجود در خاک، درونی (بومی) منطقه اجرای آزمایش هستند و بخشی بیرونی‌اند، یعنی از طریق کود دامی و اعمال تیمارها وارد خاک مزرعه شده‌اند. هر دو بخش درونی و بیرونی ممکن است در حلالیت و فراهمی این عناصر در خاک و جذب و انتقال آنها به گیاه نقش داشته باشند. در این میان نقش کود دامی در فراهمی عناصر معدنی و بازیافت باقیمانده آنها (به‌ویژه فسفر) در خاک‌های آهکی منطقه (۴) و نیز تأثیر احتمالی وضعیت مورفولوژی، فیزیولوژی و ترشحات ریشه گیاه بابونه اعم از ترشح یون H^+، هورمون‌ها، اسیدهای آلی و مواد کلات‌کننده در فرایندهای حلالیت، قابلیت استفاده، جذب و انتقال عناصر غذایی (به‌ویژه فسفر) را نباید از نظر دور داشت (فلاحی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Singh & Kapoor, 1999؛ Vassilev & Vassileva, 2003).

با توجه به برآیند نتایج و استنباط‌های ذکر شده، گرچه تفکیک چگونگی کارکرد و برهم‌کنش عوامل مذکور در رشد و عملکرد کمّی و کیفی گیاه بابونه مشکل است و نیاز به آزمایش‌های دقیق‌تر دارد، ولی آنچه آشکار است اینکه تلقیح با میکوریزا و کاربرد کود فسفات زیستی و ترکیب آنها سبب بروز اختلاف معنی‌دار در اغلب صفات اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه بابونه در هر دو سال آزمایش نشده است. این بخش از نتایج برخلاف بیشتر مطالعات پیشین (Freitas *et al*., 2004؛ Gupta *et al*., 2002؛ Kapoor *et al*., 2002a؛ Kapoor *et al*., 2002b؛ Kapoor *et al*., 2004) است که اذعان داشته‌اند مصرف انواع گونه‌ها و سوش‌های قارچ میکوریزا و ارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات به تنهایی یا به‌صورت ترکیبی باعث بهبود رشد و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی نسبت به شاهد (عدم کاربرد آنها) شده‌است.

بخشی از نتایج تحقیق حاضر درباره کاربرد کودهای زیستی مبنی بر اینکه اثر آنتاگونیستی و رقابت بر سر کسب آشیان‌ها در ریزوسفر و رقابت با گیاه بر سر کسب مواد غذایی از خاک در اثر آلودگی ترکیبی کودهای بیولوژیک باعث کاهش عملکرد کمّی و کیفی گیاه بابونه می‌شود، که با گزارش فلاحی و همکاران (۱۳۸۸) همخوانی دارد. بنابراین به نظر می‌رسد عواملی مانند ظرفیت و توانایی محدود اکوتیپ‌های مورد مطالعه در جذب و انتقال آب، عناصر معدنی، کاهش استقرار، تکثیر و فعالیت ارگانیسم‌های استفاده شده در اثر عوامل بازدارنده محیطی از قبیل دما و تشعشع زیاد، شوری آب و خاک و آهکی بودن خاک منطقه (جدولهای ۱ و ۲) و نیز شیوه کاربرد آنها باعث شده میکروارگانیسم‌های بکار رفته در این تحقیق، کارایی لازم را در جذب و انتقال عناصر غذایی از خاک و ارتقای رشد و عملکرد گیاه بابونه نداشته باشند. به‌علاوه اینکه در مرور مطالعات گذشته درباره کودهای زیستی و تأثیرات آنها مشخص شد که اغلب این آزمایش‌ها در محیط‌های ایزوله و تحت کنترل و برای گیاهانی غیر از بابونه بوده است. محیط‌های رشد اکثراً در خاک‌های استریل‌شده و گلدانی، شرایط گلخانه‌ای یا زیر پوشش پلاستیک و یا در محیط‌های in vitro تعبیه شده است؛ در حالیکه شرایط مزرعه‌ای (نظیر این آزمایش) به‌دلیل برهم‌کنش احتمالی مثبت و منفی موجودات زنده خاکی موجود در آن، با این محیط‌ها متفاوت خواهد بود.

مصرف ۱۵ تن در هکتار کود گوسفندی از یکسو و نیاز غذایی کم بابونه از سوی دیگر موجب شده تا نیاز غذایی گیاه از طریق اضافه کردن این ماده آلی جبران شده و گیاه عملاً برای دریافت عناصر غذایی به

سیستم‌های همزیستی وابسته نگردد. غنی‌سازی خاک از طریق افزودن مواد آلی زیاد در مواردی سبب جلوگیری یا کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های افزوده شده در خاک می‌گردد (Zaiter *et al*., 2007 ؛Ratti *et al*., 2001). همچنین از واکنش گیاه بابونه در محیط ریزوسفر با قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و برهم‌کنش آنها مطالبی یافت نشد. چه‌بسا گیاه بابونه با برخی از گونه‌های (سوش یا استرین) خاصی از این ارگانیسم‌ها سازگاری داشته باشد؛ یا ممکن است از نظر مورفولوژی و فیزیولوژی، فیتوشیمی و ترشحات ریشه؛ این گیاه ویژگی‌های منحصر به‌فرد نسبت به سایر گیاهان آزمایش شده داشته باشد که برآیند آنها سبب شده کاربرد این میکروارگانیسم‌ها سازگاری، استقرار و کارایی لازم را نداشته باشند. بدیهی است بررسی دقیق این احتمالات مستلزم انجام آزمایش‌ها و مطالعات بیشتر می‌باشد.

گرچه در این تحقیق بجز اثر اصلی اکوتیپ‌ها، سایر اثرهای اصلی کودهای زیستی (شامل میکوریزا و بیوفسفات) و برهم‌کنش آنها با همدیگر روی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نشدند، ولی دستیابی به عملکرد گل خشک (۸۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)، بازده اسانس ۰/۴٪ (عملکرد حدود ۳ کیلوگرم در هکتار)، درصد کامازولن در اسانس در اکوتیپ اصفهان (۱۶-۱۵٪) و اکوتیپ‌های بوشهر (۷-۵٪) و مقدار آپیژنین ۷-گلوکوزید به میزان ۱/۴۱٪ در گل خشک (عملکرد حدود ۱۲/۷-۱۰ کیلوگرم در هکتار) نشان‌دهنده توانایی تولید مطلوب گیاه بابونه تحت تأثیر کودهای زیستی در شرایط مزرعه است. به‌دلیل سازگاری بوم‌شناختی گسترده گیاه بابونه، می‌توان با تأمین حداقل نیازهای محیطی و عملیات کشاورزی در قالب یک سیستم کم نهاده مبادرت به کشت و پرورش این گیاه دارویی نمود و عملکرد مناسبی نیز از آن بدست آورد و آن را به راحتی و با اطمینان وارد تناوب زراعی منطقه نمود.

منابع مورد استفاده

- جاویدتاش، ا.، ۱۳۸۰. گیاهان دارویی استان فارس. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۱: ۱۴۸-۱۰۳.
- جایمند، ک. و رضایی، م.ب.، ۱۳۸۰. بررسی ترکیب‌های اسانس بابونه دارویی از مناطق تهران، همدان و کازرون. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۳: ۲۴-۱۱.
- درزی، م.ت.، ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه داروی رازیانه به منظور دستیابی به یک سیستم زراعی پایدار. رساله دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۵ صفحه.
- فلاحی، ج. کوچکی، ع. و رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*). پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۱): ۱۳۵-۱۲۷.
- کرمی، ا. خوشخوی م. و سفیدکن ف.، ۱۳۸۶. بررسی کمی و کیفی اسانس دو جمعیت اهلی و وحشی بابونه آلمانی در شرایط آب و هوایی شیراز. مجموعه چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران، دانشگاه شیراز، ۱۵-۱۲ شهریور: ۱۲۹.
- کمیته‌ی تدوین فارماکوپه‌ی گیاهی ایران. ،۱۳۸۱. فارماکوپه‌ی گیاهی ایران، چاپ اول. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۰۷-۹۹.
- هویزه، ه. دینارونده، م. و صالحی، ح.، ۱۳۸۱. گیاهان دارویی استان خوزستان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۴: ۷۲-۵۵.
- Chabot, R., Antoun, H. and Cescas, M.P., 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate solubilizing Rhizobium leguminosarum biovar. Phaseoli. Plant and Soil, 184(2): 311-321.
- Freitas, M., Martins M.A. and Vieira, E., 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 39(9): 887-894.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S., 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Menthe arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81: 77-79.
- Hazarika, D.K. Talukdar, N.C. and Deka P.C., 2005. Influence of VAM Fungi and PSB on Nursery establishment and growth of tea seeding in Assam. Symposium No. 12. Assam Agricultural University, Jorhat, Assam, India.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002a. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to

and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. Mycorrhiza, 7: 249-253.
- Singh, S. and Kapoor, K.K., 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improve dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and Fertility of Soils, 28: 139-144.
- Soltanipoor, M.A. and Babakhanlou, P., 2006. Introduction and ecological investigation of aromatic plants of Hormozgan province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(1): 45-57.
- The United States Pharmacopeia (USP 28). 2005. Twenty eighth revision (edition).USP Convention, Inc. p: 2062-2064.
- Tirillini, B., 2006. Essential oil composition of ligulate and tubular flowers and receptacle from wild *Chamomilla recutita* (L) Rausch. grown in Italy. The Journal of Essential Oil Research, 18(1): 42-47.
- Toro, M., Azcon, R. and Barea, J.M., 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. Applied and Environmental Microbiology, 63(11): 4408-4412.
- Vassilev, N. and Vassileva, M., 2003. Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes. Applied Microbiological Biotechnology. 61: 435-440.
- Zaiter, L., Bouheroum, M. and Benayache, S., 2007. Sesquiterpene lactones and other constituents from *Matricaria chamomilla* L. Biochemical Systematic and Ecology, 35: 533-538.
improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi Sprague*). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18(5): 459-463.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002b. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum*) to enhance the concenteration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(4): 339-342.
- 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.
- Omar, S.A., 1998. The role of rock-phosphate-solubilizing fungi and vesicular-arbuscular-mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. World Journal Microbiology and Biotechnology, 14: 211-218.
- Ozcan, M.M., Unver, A., Ucar, T. and Arslan, D., 2008. Mineral content of some herbs and herbal teas by infusion and decoction. Food Chemistry, 106: 1120-1127.
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautam, S.P., 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillium* inoculation. Microbiology Research, 156: 145-149.
- Rolf, f. and Schilcher H., 2005. Chamomile: Industrial Profiles. CRC Press, 304p.
- Sartavi, K. and Gholamian, F., 2004. Medicinal plants of Bushehr province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 20(2): 213-227.
- Singh, S. and Kapoor, K.K., 1998. Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms

Yield and quality response of three chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) ecotypes to biofertilizers application in Bushehr region

M.A. Kohanmoo[1], M. Aghaalikhani[2*] and F. Rejali[3]

1- Ph.D. Graduate, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir
3- Institute of Soil and Water Research, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: December 2012 Revised: March 2014 Accepted: March 2014

Abstract

This research was aimed to investigate the yield and quality response of two endemic chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) ecotypes from Bushehr and a commercial ecotype from Esfahan to biofertilizers, a field experiment was conducted during two growing seasons of 2008 and 2009 at the research farm of Persian Gulf University (Boushehr campus). The experiment was carried out in a randomized complete blocks design in a factorial arrangement with three replications. Treatments consisted of chamomile ecotypes, mycorrhisal inoculationfection (with and without) and amount of micro-biophosphate fertilizer (0, 30 and 60kg.ha^{-1}). Morphological traits and flower yield were evaluated from the flowering period onwards and trhen the essential oil concentration, Chamazulene and Apigenine 7-glycoside percentage were measured. Also, after final harvest, nitrogen, phosphorous and potassium content of chamomile plant and soil were investigated. Result showed that except of the main effect of ecotypes, the other main and interaction effects on the measured traits were insignificant. The flower dry weight of Bushehr ecotypes (1 and 2) was %34 more than that of Esfahan ecotype in 1st year. However, in 2nd year, Boushehr2 had the highest dry flower yield (1132.66 kgha^{-1}) followed by Boushehr1 and Esfahan ecotypes with 12.4 and 48.8 percent loss, respectively. In both years of experiment, Esfahan ecotype produced more chamazulene in essential oil and Boushehr ecotypes were superior treatments for Apigenine 7-glycoside in dried flower ($p \leq 0.05$). Although our finding revealed no significant effect of biofertilizers on all measured traits, a dry flower yield of 800-1000 kgha^{-1}, 3 kg ha^{-1} essential oil, high percentage of chamazulene in essential oil (15-16% for Esfahan and 5-7% for Boushehr ecotypes), and considerable amount of Apigenine 7-glycoside in dried flower (10-12.7 kgha^{-1}) demonstrated the high potential yield of chamomile using biofertilizers under field condition. Therefore, since chamomile showed a proper and vast ecological adaptation to the cultural conditions in Boushehr region, it could be introduced to the low input agricultural systems as a reliable part of local crop rotations.

Keywords: Apigenin 7-glycoside, chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), essential oil content, biophosphate, chamazulene, mycorrhiza.