DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6414

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۰۵-۲۹۰ (۱۳۹۰)

تأثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف نیتروژن شیمیایی بر عملکرد گل و اسانس و کارایی مصرف نیتروژن بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)

سهیلا دست برهان[1*]، سعید زهتاب سلماسی[2]، صفر نصراله‌زاده[3] و علیرضا توسلی[4]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، پست الکترونیک: dastborhan.s@gmail.com
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
٤- مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، تبریز

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۸۹ تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۸۹

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و مقادیر مختلف کود نیتروژنی بر عملکرد گل و اسانس گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) و کارایی مصرف نیتروژن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. تلقیح با باکتری (B_0: عدم تلقیح، B_1: تلقیح با ازتوباکترکروکوکوم، B_2: تلقیح با آزوسپیریلوم لیپوفروم و B_3: تلقیح با مخلوط دو باکتری) و کود نیتروژنی (۰: N_0، ۵۰: N_1، ۱۰۰: N_2 و ۱۵۰: N_3 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) عوامل مورد بررسی در این تحقیق را تشکیل دادند. براساس نتایج بدست آمده، با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی، عملکرد کاپیتول و اسانس در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. به‌طوری که بین سطوح کودی ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در نتیجه تلقیح با باکتری‌ها عملکرد کاپیتول و اسانس بابونه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. برهم‌کنش باکتری× کود نیتروژنی بر میانگین درصد اسانس معنی‌دار بدست آمد. در نتیجه‌ی تلقیح با ازتوباکترکروکوکوم، با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی میانگین درصد اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد، ولی در سایر سطوح تلقیح، با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنی، اختلاف معنی‌داری در میانگین درصد اسانس مشاهده نشد. بنابراین در تمامی سطوح تلقیح باکتریایی، با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. کارایی مصرف نیتروژن در نتیجه‌ی تلقیح با باکتری‌ها (باستثنای تلقیح با ازتوباکتر و مصرف ۵۰ kgN/ha) در مقایسه با تیمار شاهد افزایش نشان داد. به این ترتیب با مصرف ۵۰ kgN/ha و تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، می‌توان به عملکرد مطلوب و بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در بابونه آلمانی دست یافت.

واژه‌های کلیدی: ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)، بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)، عملکرد کاپیتول و اسانس، کارایی مصرف نیتروژن.

مقدمه

در سال‌های اخیر در پی بحران آلودگیهای زیست محیطی، به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب که زنجیره‌وار به منابع غذایی روزمره‌ی انسانها راه یافته و سلامت جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده‌اند، تلاش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده‌ها با روشهای زیست پالایی و حفظ پایداری اکوسیستم‌های طبیعی آغاز شده است (خاوازی و همکاران، ۱۳۸٤). یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی (Biofertilizers) در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (Sharma, 2002). کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (Gupta *et al*., 1995). کودهای زیستی فقط به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌شود، بلکه ریزجانداران باکتریایی و قارچی به‌ویژه ریزوباکتریهای محرک رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) یا به اصطلاح PGPR و مواد حاصل از فعالیت آنها ازجمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند (Manaffee & Kloepper, 1994). باکتریهای جنس ازتوباکتر (*Azotobacter* spp) و آزوسپیریلوم (*Azospirillum* spp) از مهمترین باکتریهای محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه‌ی هورمون‌های محرک رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zahir *et al*., 2004؛ Khalid *et al*., 2004). استفاده از PGPRها به‌عنوان کودهای زیستی، از پتانسیل مصرف بالایی برای انواع مختلف گیاهان زراعی و دامنه‌ی وسیعی از شرایط اقلیمی و شرایط خاکی برخوردار است. باکتریهای جنس ازتوباکتر آزادزی بوده و باکتریهای جنس آزوسپیریلوم رابطه‌ی همیاری با گیاه میزبان دارند (Vessey, 2003).

گیاهان دارویی مخازن غنی از متابولیت‌های ثانوی، یعنی مخازن مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها می‌باشند. با وجود این که بیوسنتز متابولیت‌های ثانوی به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی ساخت آنها به شدت توسط عوامل محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (امیدبیگی، ۱۳۷٤؛ Singh *et al*., 2003). بابونه آلمانی یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده توسط انسان است که در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت این گیاه دارویی در درمان بیماریها، کاربرد وسیع آن در صنایع مختلف و نقش آن در اشتغال‌زایی و ارزآوری، بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد کمی و کیفی آن بسیار مهم می‌باشد. نتایج مثبت بدست آمده از تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی کاربرد کودهای زیستی در گیاهان زراعی و دارویی، اهمیت پژوهش در رابطه با کاربرد ریزوباکتریهای محرک رشد را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

نتایج مطالعات کوچکی و همکاران (۱۳۸۷) حکایت از آن دارد که کاربرد کودهای زیستی حاوی ریزموجودات باکتریایی و یا قارچی (به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر) در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) تأثیر مثبتی داشته

است. Sharaf (۱۹۹۵) نشان داد که تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با کل مقدار فسفات معدنی و کود نیتروژنی توصیه شده در ترکیب با قارچ‌های VAM (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza)، رشد گیاهان تاتوره (*Datura stramonium*) و خلال دندان (*Ammi visnaga*) را افزایش می‌دهد. Amin (۱۹۹۷) گزارش کرد که رشد گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*)، رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و زیره سیاه اروپایی (*Carum carvi*) در نتیجه تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با نصف مقدار توصیه شده کود معدنی با حالتی‌که کل مقدار توصیه شده کودهای معدنی مصرف شود، برابری می‌کند. Kandeel و همکاران (۲۰۰۱) نیز عنوان نمودند که بیشترین درصد روغن فرّار در گیاه رازیانه در نتیجه تلقیح گیاهان با ترکیبی از آزوسپیریلوم و ازتوباکتر و مصرف کل مقدار توصیه شده نیتروژن، فسفر و پتاسیم حاصل می‌شود. Badran و Safwat (۲۰۰٤) و El-Ghadban و همکاران (۲۰۰٦) دریافتند که در نتیجه مصرف کودهای زیستی، رشد گیاه و عملکرد روغن رازیانه افزایش یافته و ترکیب شیمیایی آن تغییر می‌یابد. تأثیر کودهای زیستی بر رشد گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) (Vital *et al*., 2002)، رزماری (*Rosmarinus officinalis*) (Leithy *et al*., 2006) و نعناع (*Mentha piperita*) (Kaymak *et al*., 2008) نیز مثبت ارزیابی شده است.

نیتروژن یک عنصر کلیدی در تغذیه‌ی گیاهان است و عدم قابلیت دسترسی به آن به‌طور معنی‌داری از فاکتورهای محدودکننده‌ی عملکرد در بسیاری از سیستم‌های تولید کشاورزیست (Dobbelaere *et al*., 2002). Letchamo و Vomel (۱۹۸۹) در بررسی اثر کود نیتروژنی بر ژنوتیپ‌های مختلف بابونه دریافتند که مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد، اثر مثبتی بر عملکرد ژنوتیپ‌های بابونه دارد ولی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف به نیتروژن متفاوت است. نتایج مطالعات Meawad و همکاران (۱۹۸٤) نشان داد که افزایش مقدار نیتروژن بر میزان اسانس بابونه مؤثر بوده و بیشترین میزان اسانس با مصرف ٦۰ kgN/ha تولید می‌شود. Tajuddin و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد شاخه‌های گل‌دهنده‌ی گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۳۳/٤٪ افزایش یافت و بیشترین عملکرد گل با مصرف ۱۵۰ kgN/ha بدست آمد. Arabaci و Bayram (۲۰۰٤) عنوان نمودند که با مصرف نیتروژن، میزان اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در مقایسه با تیمار شاهد کاهش و عمکرد اسانس افزایش می‌یابد. دانشخواه و همکاران (۱۳۸٦) در بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژنی بر عملکرد گیاه دارویی گل‌محمدی نشان دادند که مصرف مقادیر بالای کود نیتروژنی به کاهش تعداد گل برداشت شده از بوته‌ها منجر می‌گردد که این موضوع اهمیت دقت در مصرف کودها را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

مواد و روشها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (اراضی کرکج) واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳٦۰ متر بوده و در ٤٦ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. براساس آمار هواشناسی، منطقه‌ی کرکج دارای زمستانهای سرد و تابستانهای گرم

با میانگین بارندگی سالیانه‌ی ۲۱۸/۵٤ میلی‌متر است. جدول ۱ میانگین دما، رطوبت نسبی و بارندگی را در شش ماهه اول سال زراعی ۱۳۸۷ در اراضی کرکج نشان می‌دهد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی گیاه دارویی بابونه آلمانی انجام شد. تلقیح با باکتری‌ها (B_0: عدم تلقیح، B_1: تلقیح با ازتوباکترکروکوکوم (*A. chroococcum*)، B_2: تلقیح با آزوسپیریلوم لیپوفروم (*A. lipoferum*) و B_3: تلقیح با مخلوط دو باکتری) و مقادیر مختلف کود نیتروژنی (N_0: ۰، N_1: ۵۰، N_2: ۱۰۰ و N_3: ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره، عوامل مورد بررسی را تشکیل دادند.

به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، نمونه خاکی از قطعه زمین مورد نظر تهیه شد و برای انجام تجزیه‌های مربوطه، به بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی تبریز ارسال گردید. نتایج حاصل از تجزیه‌ی خاک در جدول ۲ ارائه شده است.

در این تحقیق هر بلوک شامل ۱٦ کرت و هر کرت با ابعاد ۱/۸ × ٤ متر، شامل شش ردیف کاشت بود. فاصله‌ی بلوک‌ها از هم ۱/۵ متر و فاصله‌ی کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. براساس نیاز گیاه و نتایج تجزیه‌ی خاک، ۸۰ kg/ha سولفات پتاسیم و ٤۰ kg/ha سوپر فسفات تریپل با خاک هر کرت مخلوط گردید. جهت کشت بذرها، برای هر کرت سه گرم از بذر بابونه توزین گردید و پس از مخلوط کردن با ماسه بادی و با در نظر گرفتن فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری بین ردیف‌های کاشت، در ۲۸ فروردین ماه سال ۱۳۸۷ کشت بذرها انجام شد. سپس با استفاده از آبپاش روی ردیف‌های کاشت آبیاری شد. در این مرحله اولین تیمار کودی (یک سوم کود نیتروژنی) در فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت اعمال شد. در نهایت روی بذرها توسط لایه‌ی نازکی از ماسه‌ی نرم و مرطوب پوشانده شد. آبیاری تا مرحله‌ی سبز شدن و شش برگی شدن گیاهچه‌ها، به‌طور مداوم و با آبپاش انجام شد. پس از این مرحله هر هفت روز یک‌بار آبیاری انجام شد (با توجه به فواصل در نظر گرفته شده بین بلوک‌ها و نیز کرت‌های موجود در هر بلوک، امکان اختلاط آب بین کرت‌های مختلف وجود نداشت). در مرحله‌ی شش برگی و پس از ایجاد تراکم مناسب (٤۰ بوته در مترمربع)، تیمار باکتری در دو مرحله (به فاصله‌ی یک هفته) اعمال گردید. کودهای زیستی مورد استفاده در این تحقیق به‌صورت مایع بود که از آزمایشگاه میکروبیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. در هر مرحله از تلقیح برای هر کرت، ۲۵ میلی‌لیتر کود زیستی مربوطه (معادل ۳٤/۷ لیتر در هکتار) با جمعیت 10^8 cell/ml پس از مخلوط شدن با چهار لیتر آب، با آبپاش روی ردیف‌های کاشت اضافه شد. این عمل در ساعتهای نزدیک به غروب آفتاب انجام شد و پس از اضافه نمودن کودهای زیستی، بلافاصله آبیاری انجام گردید. مرحله‌ی دوم اعمال تیمار کود نیتروژنی در زمان شش برگی بابونه و مرحله‌ی سوم در مراحل آغازین گلدهی صورت گرفت. برای بدست آوردن عملکرد کاپیتول (گل خشک)، از هر واحد آزمایشی یک مترمربع علامت‌گذاری شد (دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از دو طرف هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد). کاپیتول‌ها حداکثر به همراه

یک سانتی‌متر دمگل و در مجموع پنج بار (با فواصل زمانی ده روزه)، جهت استخراج اسانس با دست برداشت گردید. برداشت کاپیتول‌ها زمانی انجام گرفت که گلهای زبانه‌ای به‌طور کامل باز شده و به‌صورت افقی قرار گرفته بودند. بلافاصله پس از برداشت، کاپیتول‌ها به مدت ۷۲ ساعت در شرایط سایه و در دمای اتاق (دمای تقریبی ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد) پهن شدند و پس از خشک شدن، توزین گردیدند. برای استخراج اسانس از کاپیتول‌های خشک شده، از روش تقطیر با آب (Water distillation) و از دستگاه کلونجر (Clevenger) استفاده شد. جهت اسانس‌گیری، ۱۵ گرم از کاپیتول‌های خشک بابونه که به‌طور کامل خرد شده بودند، همراه با آب مقطر در بالن به مدت چهار ساعت جوشانده شد و بعد جریان قطع گردید. در نهایت پس از گذشت ۳۰ دقیقه از زمان خاموش کردن دستگاه، شیر خروجی به آرامی باز شد و اسانس جمع‌آوری و توزین شد. از روابط زیر جهت تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس و کارایی مصرف نیتروژن استفاده گردید. کارایی مصرف نیتروژن براساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاپیتول (گل خشک) بدست آمد (عامری و همکاران، ۱۳۸٦؛ Siddiqui *et al*., 2006).

$$\text{درصداسانس} = \frac{\text{وزن اسانس (g)}}{\text{وزن خشک ماده اولیه (g)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{عملکرد اسانس} = \text{درصد اسانس} \times \text{عملکرد کاپیتول}$$

$$NUE = \frac{\text{عملکرد بیولوژیک یا عملکرد کاپیتول } (g/m^2)}{\text{کود نیتروژنی مصرفی } (g/m^2)}$$

برای تجزیه آماری داده‌های آزمایش و رسم شکل‌ها، از نرم‌افزار MSTATC و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال مربوطه انجام گردید.

جدول ۱- میانگین دما، رطوبت نسبی و بارندگی در شش ماهه‌ی اول سال زراعی ۱۳۸۷

ماه	میانگین دما (°C)		میانگین رطوبت (%)		میانگین میزان بارندگی (mm)
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
فروردین	۵/۰	۱۹/۵	۲۸	۷۰	۰/۰۸
اردیبهشت	٦/۳	۲۲	۲۱/٤	٦۸/۷	۰/۲۰
خرداد	۱۰/۸	۲۷/٦	۱۹/۹	٦٦/۵	۰/۰۰
تیر	۱۵/۳	۳۰/۸	۲۳/۳	٦۵/۹	۰/۵٤
مرداد	۱۷/۵	۳٤/۰	۲۰	٤٦/۰	۰/۰۹
شهریور	۱۲/۸	۳۰/۳	۲۱/۹	۷۲/۸	۰/٤۰

جدول ۲- نتایج تجزیه‌ی فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای طرح

عمق (cm)	واکنش گل اشباع (pH)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	درصد مواد خنثی‌شونده	درصد مواد آلی (% OC)	درصد ازت کل	عناصر قابل جذب (mg/kg)						بافت خاک (٪)		
						P	K	Cu	Mn	Zn	Fe	رس (Clay)	سیلت (Silt)	شن (Sand)
۰-۳۰	۷/٤	۱/۰۷	۲	۰/۷٦	۰/۰۸	۸	۳۰٤	۱/۹	۱۰	۰/۷	۳/٦	۸	۱۸	۷٤

نتایج

مجموع عملکرد کاپیتول در واحد سطح به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر سطوح کود نیتروژنی قرار گرفت. تلقیح با باکتریها و اثر ترکیبی باکتری×کود نیتروژنی، اثر معنی‌داری بر این صفت نشان نداد (جدول ۳). با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی، مجموع عملکرد کاپیتول در مقایسه با تیمار شاهد ۳۸/٦٪-۳۱/۵٪ افزایش نشان داد (جدول ٤). بیشترین (۱۸۸۹/۹ kg/ha) و کمترین (۱۳٦۳/۸ kg/ha) میزان عملکرد کاپیتول در واحد سطح به‌ترتیب با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (N_3) و عدم مصرف کود نیتروژنی (N_0) بدست آمد. البته بین سطوح کودی ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به جدول ۵، کاربرد کودهای زیستی در هر سه سطح، بدون اختلاف معنی‌دار باعث افزایش عملکرد کاپیتول در واحد سطح شد. به‌طوری که با مصرف کودهای زیستی عملکرد کاپیتول در مقایسه با تیمار شاهد ۹٪-۳/٦٪ افزایش نشان داد، هرچند که این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود.

برهم‌کنش تلقیح با باکتری × کود نیتروژنی روی میانگین درصد اسانس در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به شکل ۱، بجز تیمار تلقیح با ازتوباکتر، در سایر سطوح تلقیح با باکتری، در میانگین درصد اسانس در نتیجه مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در صورت عدم تلقیح، با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی میانگین درصد اسانس نیز افزایش نشان داد، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در تیمار تلقیح با ازتوباکتر، بیشترین میانگین درصد اسانس در نتیجه عدم مصرف کود نیتروژنی بدست آمد، به‌طوری که با مصرف کود نیتروژنی میانگین درصد اسانس ۱۸/۳٪-۱۰/۳٪ کاهش نشان داد. در صورت تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم یا مخلوط دو باکتری، مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنی تأثیر معنی‌داری بر میانگین درصد اسانس نداشت. در مجموع بیشترین میانگین درصد اسانس (به میزان ۰/۹۹۹۱٪) به تیمار B_1N_0 (تلقیح با ازتوباکتر و عدم مصرف کود نیتروژنی) و کمترین مقدار آن (به میزان ۰/۸۱٦۰٪) به تیمار B_1N_3 (تلقیح با ازتوباکتر و مصرف ۱۵۰ kgN/ha) مربوط می‌شود.

مجموع عملکرد اسانس در واحد سطح به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر سطوح کود نیتروژنی قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به نتایج مندرج در جدول ٤، با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، مجموع عملکرد اسانس در واحد سطح از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، ولی بین تیمار N_0 (عدم مصرف کود نیتروژنی) و سایر سطوح کود نیتروژنی تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. به‌طوری که مجموع عملکرد اسانس در نتیجه مصرف کود نیتروژنی در مقایسه

با تیمار شاهد ۳۱/٦٪–۲۹/۲٪ افزایش نشان داد. جدول ۵ نشان می‌دهد که تلقیح با باکتریها اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس نداشته است. با وجود این، با مصرف آزوسپیریلوم لیپوفروم و مخلوط دو باکتری، عملکرد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۹/۵٪ و ۳/٤٪ افزایش نشان داد. این در حالیست که با مصرف ازتوباکتر کروکوکوم عملکرد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد ۳/۲٪ کاهش یافت.

براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ٦) کارایی مصرف نیتروژن براساس عملکرد کاپیتول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تلقیح با باکتری ($p\leq$۰/۰۵)، کود نیتروژنی و اثر ترکیبی این دو فاکتور ($p\leq$۰/۰۱) قرار گرفت. همچنین سطوح کود نیتروژنی در سطح ۱٪ و اثر ترکیبی باکتری و کود نیتروژنی در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌داری را روی کارایی مصرف نیتروژن براساس عملکرد بیولوژیک نشان داد. کارایی مصرف نیتروژن (چه براساس عملکرد بیولوژیک و چه براساس عملکرد کاپیتول) در تمام سطوح تیمار باکتری، با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی کاهش نشان داد (شکل‌های ۲ و ۳). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به ترکیب تیماری تلقیح با مخلوط دو باکتری و مصرف ۵۰ kgN/ha (B_3N_1) و کمترین مقدار به ترکیب تیماری تلقیح با مخلوط دو باکتری و مصرف ۱۵۰ kgN/ha (B_3N_3) مربوط بود. به استناد شکل ۲، در نتیجه تلقیح با باکتریها کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش نشان داد، ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به شکل ۳، در صورتی که ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص مورد مصرف قرار گیرد بین سطوح مختلف تیمار باکتری اختلافات چشمگیری دیده می‌شود و تلقیح با باکتریها (بجز در مورد باکتری ازتوباکتر) موجب افزایش ۱٦/٦–۵/۵ درصدی کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) گردید، این در حالیست که با کاربرد ۱۰۰ یا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بین سطوح تیمار باکتری از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تلقیح با باکتری و کود نیتروژنی بر عملکرد کاپیتول، میانگین درصد اسانس و عملکرد اسانس بابونه آلمانی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد کاپیتول در واحد سطح	میانگین درصد اسانس	عملکرد اسانس در واحد سطح
تکرار R	۲	۲٦۳۱٦/۰ ns	۰/۰۰۵ ns	۵/۲۱٤ ns
باکتری B	۳	۵۸۷۹۲/۷ ns	۰/۰۰٦ ns	۷/۸۵۵ ns
نیتروژن N	۳	۷۲۸٦۹۹/۸ **	۰/۰۰۰ ns	٤۳/۱۳۸ **
B × N	۹	۷۷۸٦۷/۵ ns	۰/۰۰۹ **	۷/٤۱۷ ns
اشتباه آزمایش	۳۰	۵۳۲٤۱/۲	۰/۰۰۳	٤/۸۵۵
ضریب تغییرات (٪)	---	۱۳/۳۵	۵/۷۰	۱٤/٤٤

ns و **، به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

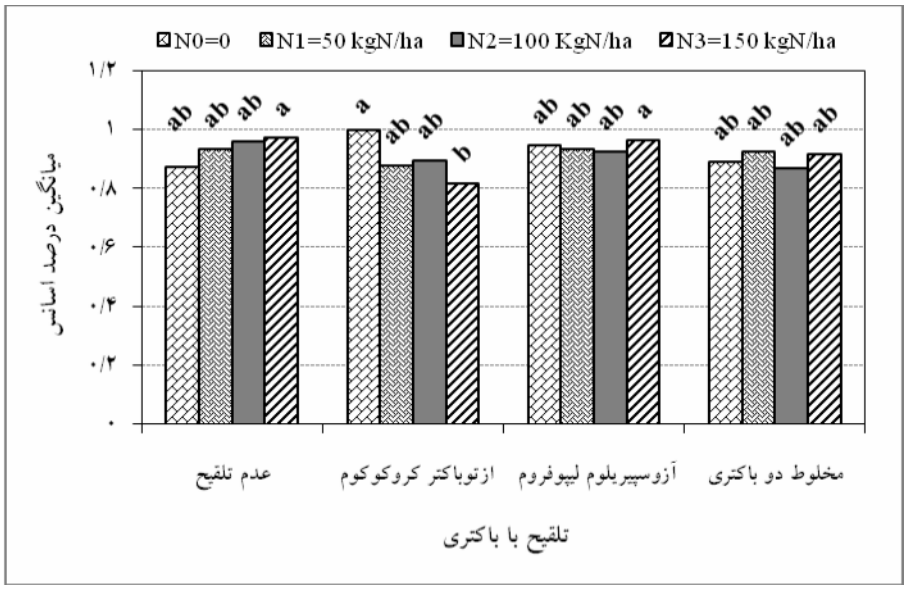
جدول ٤- تأثیر سطوح کود نیتروژنی بر مجموع عملکرد کاپیتول و اسانس بابونه آلمانی در واحد سطح

سطوح کود نیتروژنی (kgN/ha)	مجموع عملکرد کاپیتول (kg/ha)	مجموع عملکرد اسانس (kg/ha)
۰	۱۳٦۳/۸ b	۱۲/٤۲ b
۵۰	۱۷۹۳/٦ a	۱٦/۰٤ a
۱۰۰	۱۸٦۵/۸ a	۱٦/۳٤ a
۱۵۰	۱۸۸۹/۹ a	۱٦/۲۳ a

حروف غیرمشابه در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ براساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۵- تأثیر تلقیح با باکتری بر مجموع عملکرد کاپیتول و اسانس بابونه آلمانی در واحد سطح

سطوح تلقیح با باکتری	مجموع عملکرد کاپیتول (kg/ha)	مجموع عملکرد اسانس (kg/ha)
عدم تلقیح	۱٦٤۲/۰ a	۱٤/۸۹ a
ازتوباکتر کروکوکوم	۱۷۰۱/۰ a	۱٤/٤۲ a
آزوسپیریلوم لیپوفروم	۱۷۹۰/٦ a	۱٦/۳۱ a
ازتوباکتر + آزوسپیریلوم	۱۷۷۹/٤ a	۱۵/٤۰ a



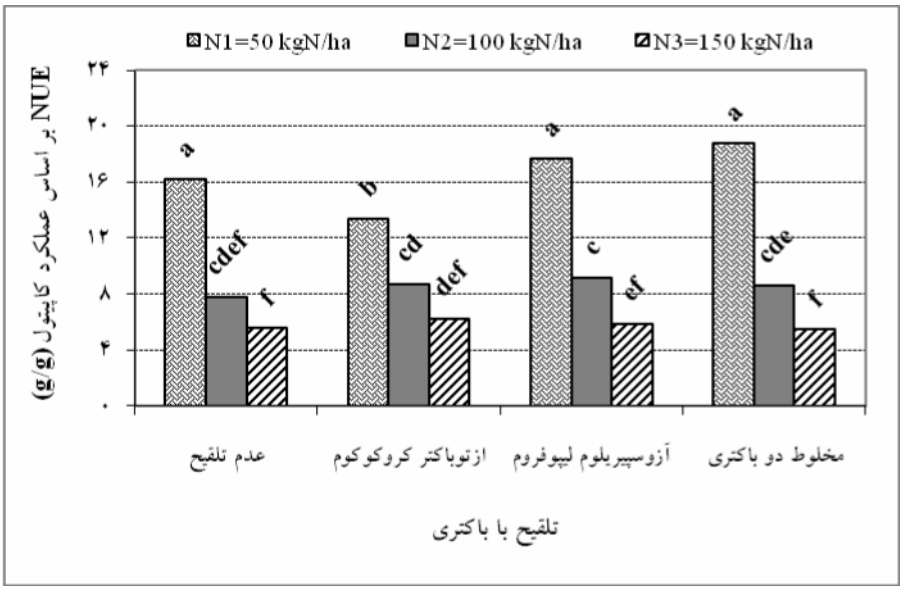
شکل ۱- اثر ترکیبی تلقیح با باکتری و سطوح کود نیتروژنی بر میانگین درصد اسانس بابونه آلمانی

حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ براساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر تلقیح با باکتری و کود نیتروژنی بر کارایی مصرف نیتروژن در بابونه آلمانی

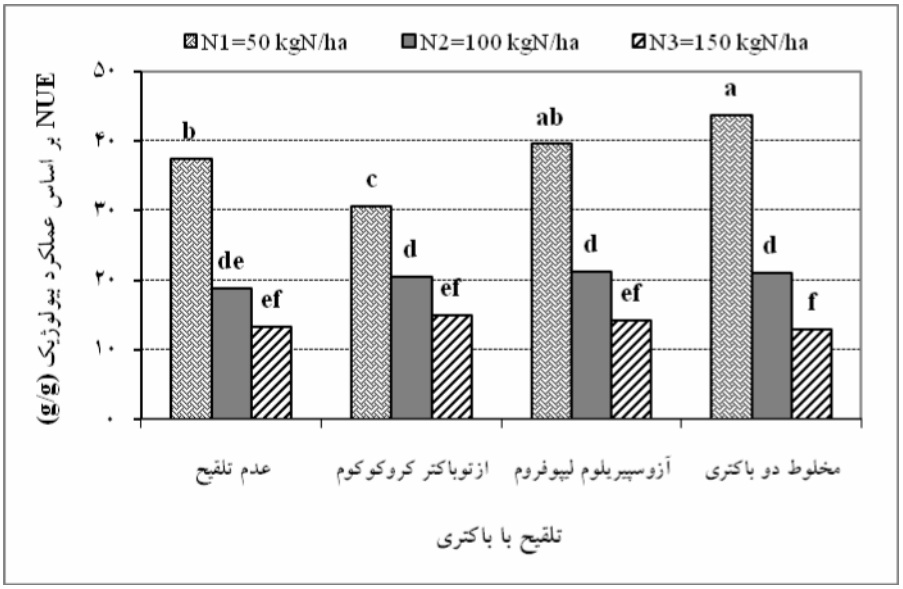
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		کارایی مصرف نیتروژن (NUE)	
		عملکرد کاپیتول	عملکرد بیولوژیک
تکرار R	۲	۰/۷۰۸ ns	۳/٤۱۷ ns
باکتری B	۳	٥/۱٦۳ *	۲۷/۰۱۰ ns
نیتروژن N	۲	۳۷۰/۱۷۳ **	۱۸٤۸/۷۸۷ **
B × N	٦	٦/۳۱٥ **	۳٤/٦۲۷ *
اشتباه آزمایش	۲۲	۱/۲٥۳	۹/۸۲۷
ضریب تغییرات (٪)	---	۱۰/۸۸	۱۳/۰۲

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥٪ و ۱٪



شکل ۲- اثر ترکیبی تلقیح با باکتری و کود نیتروژنی بر کارایی مصرف نیتروژن (براساس عملکرد کاپیتول) بابونه آلمانی

حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ براساس آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۳- اثر ترکیبی تلقیح با باکتری و کود نیتروژنی بر کارایی مصرف نیتروژن (براساس عملکرد بیولوژیک) بابونه آلمانی

حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ براساس آزمون دانکن می‌باشد.

بحث

نیتروژن در ساختمان پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل و دیگر مولکول‌های زیستی نقش دارد (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Bockman, 1997). نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس و بیوسنتز اسانس و مواد مؤثره گیاهان دارویی نقش مهمی ایفا می‌کند. از طرف دیگر، مصرف نیتروژن در سطوح بالا به کاهش قابل‌توجه اسانس منجر می‌شود (Omidbaigi *et al.*, 2003). کود نیتروژنی از طریق افزایش سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب برای دریافت انرژی و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن، موجب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود (نیاکان و همکاران، ۱۳۸۳).

ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه با مکانیسم‌های مختلفی (مستقیم یا غیرمستقیم) سبب تحریک و بهبود معنی‌دار رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند. Bashan و Levanony (۱۹۹۰) پیشنهاد کردند که به احتمال فراوان بیش از یک مکانیسم در یک زمان معین در بهبود رشد گیاهان درگیر است و یک مکانیسم خاص وقتی به‌طور جداگانه ارزیابی می‌شود، اثر معنی‌دار کمتری خواهد داشت و تنها ترکیبی از مکانیسم‌ها می‌تواند مسئول سنجش دقیق اثر تلقیح با باکتریها روی گیاهان باشد. تثبیت زیستی نیتروژن، سنتز مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد گیاه، افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش حلالیت ترکیب‌های معدنی نامحلول ازجمله فسفر، کاهش یا جلوگیری از سنتز اتیلن در گیاهان تحت شرایط تنش و افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری، خشکی و ... و کنترل زیستی میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، ازجمله مکانیسم‌های مؤثر در افزایش عملکرد گیاهان تلقیح‌شده با این باکتریها می‌باشد.

با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنی مجموع عملکرد کاپیتول بابونه افزایش نشان داد. این امر ناشی از

اثر افزایشی کود نیتروژنی بر وزن برگ، تعداد پنجه، تعداد گل، وزن خشک گل و قطر کاپیتول می‌باشد (داده‌ها ارائه نشده است). اثر مثبت و معنی‌دار کود بر صفات مذکور، در نهایت به افزایش عملکرد کاپیتول منجر شده است. عامری و همکاران (۱۳۸٦) گزارش کردند که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی عملکرد گل خشک همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش نشان می‌دهد. افزایش عملکرد کاپیتول در گیاه بابونه در نتیجه افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی توسط Letchamo و Vomel (۱۹۸۹) نیز گزارش شده است.

در نتیجه تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم میانگین درصد اسانس با افزایش کود نیتروژنی کاهش نشان داد. این اثر کاهشی را می‌توان به تولید کاپیتول‌های درشت‌تر در نتیجه تلقیح با ازتوباکتر و مصرف مقادیر بالاتر کود نیتروژنی نسبت داد (داده‌ها ارائه نشده است) که در هر دو وضعیت (تلقیح با ازتوباکتر و یا مصرف کود نیتروژنی) میزان اسانس تولیدی در واحد حجم کاهش نشان می‌دهد. از طرفی حساسیت بالای این باکتری به مصرف مقادیر بالای کود نیتروژنی را هم نباید نادیده گرفت. زیرا استفاده از کودهای معدنی در خاک بر تعداد ازتوباکتر مؤثر است. افزودن کودهای نیتروژنی به خاک رشد ازتوباکتر را محدود می‌سازد (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵؛ Haller & Stolp, 1985). Youssef و همکاران (۲۰۰٤) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی (حاوی ریزموجوداتی مثل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و جایگزینی آنها با تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی در بهبود ویژگی‌های رشدی و ترکیب‌های اسانس گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) کارایی بالایی دارد. گزارش Leithy و همکاران (۲۰۰٦) نیز حکایت از اثر مثبت ازتوباکتر در افزایش میزان اسانس و برخی از ترکیب‌های عمده اسانس در گیاه رزماری می‌باشد. کوچکی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که درصد اسانس در گیاه دارویی زوفا تحت تأثیر کودهای زیستی قرار نگرفت.

Letchamo و Vomel (۱۹۸۹) طی بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنی هیچ گونه تغییری در ترکیب ماده مؤثره بابونه حاصل نشد، ولی افزایش سطوح کودی منجر به افزایش عملکرد کاپیتول، درصد و مقدار ماده مؤثره گردید. نتایج بررسی Emongor و همکاران (۱۹۹۰) روی بابونه آلمانی حکایت از آن دارد که با افزایش مقدار نیتروژن از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد اسانس گل از ۰/٦۳ به ۱/۰٤٪ و عملکرد اسانس از ۵/۸۵ به ۱٦/٦٤ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد، در حالی‌که مصرف مقادیر بالاتر نیتروژن موجب کاهش عملکرد اسانس می‌گردد. زینلی و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی تعداد گل در بوته، وزن تر و خشک گل، تعداد پنجه‌ی گل‌دهنده و مقدار اسانس افزایش می‌یابد. میرشکاری و همکاران (۱۳۸٦) اظهار داشتند که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی تا ۱۰۰ kg/ha، درصد اسانس گل بابونه بدون توجه به زمان مصرف کود افزایش پیدا می‌کند. Franze و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند که اثر کود نیتروژنی بر میزان اسانس گلهای بابونه اندک است. باقری و همکاران (۱۳۸۷) عنوان نمودند که اثر کود نیتروژنی روی میزان اسانس بابونه معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج تحقیقات Alizadeh و همکاران (۲۰۱۰) حکایت از آن دارد که با افزایش میزان مصرف کود شیمیایی

(ترکیبی از عناصر مختلف) درصد و بازده اسانس مرزه (*Satureja hortensis*) افزایش می‌یابد. افزایش میزان اسانس با افزایش مقدار نیتروژن در گیاه دارویی گشنیز (اکبری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۵؛ Bhati, 1988) و افسنطین (*Artemisia absinthium* L.) (غلامی و همکاران، ۱۳۸۳) نیز گزارش شده است. در حالی‌که در بررسی‌های صورت گرفته توسط علیزاده سهزابی و همکاران (۱۳۸٦) در گیاه مرزه، عباس‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) و دادوند سراب و همکاران (۱۳۸۷) در گیاه ریحان، افزایش میزان کود نیتروژنی موجب کاهش درصد و بازده اسانس گردیده و بیشترین میزان اسانس از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بدست آمده است.

مجموع عملکرد اسانس بابونه با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنی افزایش یافت. با توجه به ارتباط مستقیمی که عملکرد اسانس با عملکرد کاپیتول دارد، با افزایش میزان کود مصرفی، عملکرد اسانس نیز افزایش نشان داده است. در واقع اثر نیتروژن بر عملکرد اسانس غیرمستقیم و از طریق اثری است که این فاکتور بر عملکرد کاپیتول داشته است. در مطالعه باقری و همکاران (۱۳۸۷) بیشترین عملکرد اسانس بابونه آلمانی در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند و با مصرف ۷۵ kgN/ha و بالاترین درصد اسانس از تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و مصرف ۷۵ kgN/ha بدست آمد. افزایش عملکرد اسانس در گیاه بابونه با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی، توسط Letchamo و Marquard (۱۹۹۳) نیز گزارش شده است. دادوند سراب و همکاران (۱۳۸۷) در مورد تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنی بر عملکرد اسانس در گیاه دارویی ریحان به نتایج مشابهی دست یافتند.

در نتیجه‌ی تلقیح با باکتریها، کارایی مصرف نیتروژن براساس عملکرد کاپیتول و عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش نشان داد که این افزایش در کارایی مصرف نیتروژن به‌خصوص با مصرف ۵۰ kgN/ha، در مورد عملکرد بیولوژیک چشمگیرتر از عملکرد کاپیتول بود. به نظر می‌رسد دلیل این امر تأثیرگذاری بیشتر باکتریها روی عملکرد بیولوژیک می‌باشد. به عبارت بهتر، تأثیر مثبت تلقیح با باکتری‌ها بر رشد بخش‌های رویشی بابونه بیش از عملکرد کاپیتول بوده است. استفاده از ارقام با کارایی بالا در مصرف نیتروژن، رعایت تناوب زراعی صحیح، توصیه دقیق کودی با توجه به نیاز گیاه، مصرف به موقع کودها از لحاظ زمان و تقسیط آن با توجه به مراحل رشد گیاه، شکل و نوع کود، شیوه کاربرد آن ازجمله راههای افزایش کارایی مصرف نیتروژن می‌باشد (Cassman *et al*., 1998).

معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن بدست می‌آید. به‌طوری که به تدریج با مصرف مقادیر بیشتر کود، کمبود عناصر غذایی گیاه برطرف می‌شود (Moll *et al*., 1982؛ Costa *et al*., 1997) و با مصرف کود بیشتر، کارایی آن کاهش می‌یابد. در واقع کارایی مصرف کود شاخصی جهت ارزیابی میزان مؤثر بودن مصرف عناصر غذایی یا کودها برای تولید محصول می‌باشند (Cassman *et al*., 1998). Jiang و Hull (۱۹۹۸) دریافتند که کارایی مصرف نیتروژن با افزایش کاربرد کود نیتروژنی کاهش می‌یابد. آنها نتیجه گرفتند که کاربرد زیاد کود نیتروژنی از طریق تحریک افزایش جذب نیترات و اشباع فرآیندهای متابولیسم نیتروژن که منجر به کاهش نسبت C/N می‌شود، روی کارایی مصرف نیتروژن تأثیر منفی می‌گذارد. کاهش

کارایی مصرف نیتروژن با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنی توسط عامری و همکاران (۱۳۸٦) در گیاه دارویی همیشه‌بهار نیز گزارش شده است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق می‌توان گفت: اثر کاربرد کودهای زیستی روی صفات مورد بررسی مثبت ارزیابی گردید و مشاهده شد که با مصرف مقادیر پایین کود نیتروژنی کارایی باکتریها نیز افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در عملکرد کاپیتول و اسانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، با مصرف ۵۰ kgN/ha بدون صرف هزینه اضافی می‌توان به بیشینه عملکرد مورد نظر دست یافت.

با توجه به تأثیرپذیری ریزوباکتری‌های محرک رشد از عوامل مختلف (نظیر شرایط آب و هوایی، زمان و روش تلقیح، مقدار و سویه باکتری، میزان ماده آلی خاک و ...)، انجام مطالعات تکمیلی در این زمینه مفید خواهد بود.

سپاسگزاری

از داوران محترم که پیشنهادهای ارزنده‌ی آنها سهم بسزایی در بهبود کیفیت این مقاله داشت، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- آستارایی، ع.ر. و کوچکی، ع.، ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۱٦۸ صفحه.
- اکبری‌نیا، ا.، دانشیان، ج. و محمدبیگی، ف.، ۱۳۸۵. اثر کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد بذر، اسانس و روغن گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲(٤): ٤۱۹-٤۱۰.
- امیدبیگی، ر. ۱۳۷٤. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی (جلد اول). انتشارات فکر روز، تهران، ۲۸۳ صفحه.
- باقری، م.، گلپرور، ا.ر.، شیرانی‌راد، ا.ح.، زینلی، ح. و جعفرپور، م.، ۱۳۸۷. بررسی اثرات تاریخ کاشت و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی در شرایط اصفهان. مجله پژوهش در علوم کشاورزی، ٤(۱): ٤۰-۲۹.
- خاوازی، ک.، اسدی رحمانی، ه. و ملکوتی، م.ج.، ۱۳۸٤. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. انتشارات سنا، تهران، ٤۳۵ صفحه.
- دادوند سراب، م.ر.، نقدی‌بادی، ح.ع.، نصری، م.، مکی‌زاده تفتی، م. و امیدی، ح.، ۱۳۸۷. تغییرات میزان اسانس و عملکرد گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر تراکم و کود نیتروژن. گیاهان دارویی، ۲۷: ۷۰-٦۰.
- دانشخواه، م.، کافی، م.، نیکبخت، ع. و میرجلیلی، م.ح.، ۱۳۸٦. اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های عملکرد گل و اسانس گل‌محمدی برزک کاشان. علوم و فنون باغبانی ایران، ۸(۲): ۹۰-۸۳.
- رحمانی، ن.، ولدآبادی، ع.ر.، دانشیان، ج. و بیگدلی، م.، ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف خشکی و نیتروژن بر عملکرد روغن در گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲٤(۱): ۱۰۸-۱۰۱.
- زینلی، ح.، باقری خولنجانی، م.، گلپرور، م.ر.، جعفرپور، م. و شیرانی‌راد، ا.ح.، ۱۳۸۷. اثر تاریخ کاشت و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد گل و اجزای آن در بابونه آلمانی (*Matricaria recutita*). علوم زراعی ایران، ۱۰(۳): ۲۳۰-۲۲۰.
- عامری، ع.ا.، نصیری محلاتی، م. و رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸٦. اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بر کارایی مصرف نیتروژن، عملکرد گل و مواد موثره همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). پژوهشهای زراعی ایران، ۵: ۳۲۵-۳۱۵.
- عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، اردکانی، م.ر.، لباسچی، م.ح.، صفی‌خانی، ف. و نادری حاجی باقرکندی، م.، ۱۳۸۵. بررسی تأثیر روش مصرف کود نیتروژن بر بازده و درصد ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) تحت شرایط مزرعه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲(۳): ۲۳۰-۲۲۳.

- علیزاده سهزابی، ع.، شریفی عاشورآبادی، ا.، شیرانی‌راد، ا.ح. و عباس‌زاده، ب.، ۱۳۸٦. تأثیر مقادیر و روشهای مختلف مصرف نیتروژن بر تعدادی از ویژگیهای کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳(۳): ٤۳۱-٤۱٦.
- غلامی، م.، اثنی‌عشری، م.، عزیزی، ع. و الماسی، پ.، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر کود ازته در میزان اسانس و مواد مؤثره آلفا-توجون و کامازولن در کشت گیاه افسنطین (*Artemisia absinthium* L.). خلاصه مقالات دومین همایش گیاهان دارویی، تهران، ۸-۷ بهمن: ۱۲٤.
- کوچکی، ع.ر.، تبریزی، ل. و قربانی، ر.، ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگیهای رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). پژوهشهای زراعی ایران، ٦(۱): ۱۳٦-۱۲۷.
- میرشکاری، ب.، دربندی، ص. و اجلالی، ل.، ۱۳۸٦. اثر فواصل آبیاری، مقدار و تقسیط کود نیتروژن بر اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). علوم زراعی ایران، ۹(۲): ۱٥٦-۱٤۲.
- نیاکان، م.، خاوری‌نژاد، ر. و رضایی، م.ب.، ۱۳۸۳. اثر نسبتهای مختلف سه کود K، P و N بر وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۰(۲): ۱٤۸-۱۳۱.
- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E. and Khalighi, A., 2010. Effect of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 4(1): 33-40.
- Amin, I.S., 1997. Effect of bio and chemical fertilization on growth and production *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Carum carvi* L. Plant Annals of Agricultural Science, 35(4): 2327-2334.
- Arabaci, O. and Bayram, E., 2004. The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). Journal of Agronomy, 3(4): 255-262.
- Badran, F.S. and Safwat, M.S., 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. Egyptian Journal of Agriculture Sciences, 82: 247-256.
- Bashan, Y. and Levanony, H., 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Canadian Journal of Microbiology, 36: 591-608.
- Bhati, D.S., 1988. Effect of nitrogen application and row spacing on coriander (*Coriandrum sativum* L.) production under irrigated condition in semi arid Rajasthan. Indian Journal of Agricultural Science, 58(7): 568-569.
- Bockman, O.C., 1997. Fertilizers and biological nitrogen fixation as sources of plant nutrients: Perspectives for future agriculture. Plant and Soil, 194(1-2): 11-14.
- Cassman, K.G., Peng, S., Olk, D.C., Ladha, J.K., Reichardt, W., Dobermann, A. and Singh, U., 1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. Field Crops Research, 56(1-2): 7-39.
- Costa, C., Dwyer, L.M., Strwart, D.W. and Smith, D.L., 1997. Nitrogen effects on grain yield and yield components of leafy and nonleafy maize genotypes. Crop Science, 42(5): 1556-1563.
- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Okon, Y. and Vanderleyden, J., 2002. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils, 36(4): 284-297.
- El-Ghadban, E.A.E., Shalan, M.N. and Abdel-Latif, T.A.T., 2006. Influence of biofertilizers on growth, volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Egyptian Journal of Agricultural Research, 84(3): 977-992.
- Emongor, V.E., Chweya, J.A., KEYA, S.O. and Munavu, R.M., 1990. Effect of nitrogen and phosphorus on the essential oil yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) flowers. East African Agricultural and Forestry Journal, 55(4): 261-264.
- Franze, C., Hoelzel, J. and Kirsch, C., 1983. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on *Matricaria chamomilla* L., Effect on essential oil. Garten, 48: 17-22.
- Haller, T. and Stolp, H., 1985. Quantitative estimation of root exudation of maize plants. Plant and Soil, 86(2): 207-216.
- Gupta, S., Arora, D.K. and Srivastava, A.K., 1995. Growth promoting of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on *Rhizoctonia solani*. Soil Biology and Biochemistry, 27(8): 1051-1058.
- Jiang, Z. and Hull, R.J., 1998. Interrelationships of nitrate uptake, nitrate reductase and nitrogen use efficiency in selected kentucky bluegrass cultivars. Crop Science, 38(6): 1623-1632.

- Omidbaigi, R., Hassani, A. and Sefidkon, F., 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6: 104-108.
- Sharaf, M.S., 1995. Response of some medicinal plants to inoculation with a symbiotic N_2-fixers. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Egypt.
-Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407p.
-Siddiqui, M.H., Oad, F.C. and Jamro, G.H., 2006. Emergence and nitrogen use efficiency of maize under different tillage operations and fertility levels. Asian Journal of Plant Sciences, 5(3): 508-510.
- Singh, D., Chand, S., Anvar, M. and Patra, D., 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science, 25(2): 414-419.
- Tajuddin, A., Yaseen, M., Sharma, S., Saproo, M.L. and Husain, A., 1995. Effects of fertilizer application on the flowering pattern of *Rosa damascena*. Journal of Medicinal Plants Research, 17: 173-176.
- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255(2): 571-586.
- Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R. and Dias, A.F.M., 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema, 27: 69-70.
- Youssef, A.A., Edris, A.E. and Gomaa, A.M., 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science, 49: 299-311.
- Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F., 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 97-168.
- Kandeel, Y.R., Nofal, E.S., Menesi, F.A., Reda, K.A., Taher, M. and Zaki, Z.T. 2001. Effect of some cultural practices on growth and chemical composition of *Foeniculum vulgare* Mill. Proceedings 5th Arabian Horticultural Conference. Egypt, 24-28 Mar, 2001: 61-72.
- Kaymak, H.C., Yarali, F., Guvenc, I. and Donmez, M.F., 2008. The effect of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on root formation of mint (*Mentha piperita* L.) cuttings. African Journal of Biotechnology, 7(24): 4479-4483.
- Khalid, A., Arshad, M. and Zahir, A.Z., 2004. Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Journal of Applied Microbiology, 96(3): 473-480.
- Letchamo, W. and Vomel, A., 1989. The relationship between ploidy levels and certain morphological characteristics of *chamomilla recutita*. Planta Medica, 55(7): 527-528.
- Letchamo, W. and Marquard, R., 1993. The pattern of active substances accumulation in chamomile genotypes under different growing condition and harvesting frequencies. Acta Horticulturae, 331: 357-364.
- Leithy, S., El-Meseiry, T.A. and Abdallah, E.F., 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Sciences Research, 2(10): 773-779.
- Manaffee, W.F. and Kloepper, J.W., 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture: 23-31. In: Pankhurst, C.E., Double, B.M., Gupta, V.V.S.R. and Grace, P.R., (Eds.). Soil biota management in sustainable farming systems. CSiRO, Australia, 262p.
- Meawad, A.A., Awad, A. and Afify, A., 1984. The combined effect of N- fertilization and some growth regulators on chamomile plants. Acta Horticulture, 144: 123-133.
- Moll, R.H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, 74: 562-564.

Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.)

S. Dastborhan[1*], S. Zehtab-Salmasi[2], S. Nasrollahzadeh[2] and A.R. Tavassoli[3]

1*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, E-mail: dastborhan.s@gmail.com
2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3- Agricultural and Natural Resources Research Center of East Azarbaijan.

Received: April 2010 Revised: August 2010 Accepted: August 2010

Abstract

In order to study the effects of biofertilizers and different amount of nitrogen fertilizer on flower yield, essential oil and nitrogen use efficiency in German chamomile *(Matricaria chamomilla* L.), a factorial experiment based on the randomized complete block design with three replications was performed in 2008 at the agricultural research farm of the University of Tabriz. Experimental factors were: inoculation with bacteria (B_0: no-inoculation, B_1: inoculation with *Azotobacter chroococcum*, B_2: inoculation with *Azospirillum lipoferum* and B_3: inoculation with a mixture of two bacteria) and nitrogen fertilizer (N_0: 0, N_1: 50, N_2: 100 and N_3: 150 kg N/ha). The results showed that application of different amounts of nitrogen fertilizer significantly increased flower yield and essential oil when compared with control. However, there were no significant differences among application of 50, 100 and 150 kgN/ha. Although flower yield and essential oil of the plants inoculated with bacteria were higher than that of control treatment (B_0), these differences were not significant. Combination of inoculation with bacteria and nitrogen fertilizer was significant. Following the inoculation with Azotobacter, mean essential oil percentage significantly decreased with increasing use of nitrogen fertilizer while in other levels of inoculation, different amounts of nitrogen fertilizer had no significant effects on mean essential oil percentage. In all inoculation levels, nitrogen use efficiency (NUE) declined with increasing amounts of nitrogen fertilizer. Nitrogen use efficiency increased in response to inoculation with bacteria (except inoculation with Azotobacter and application of 50 kg N/ha) compared to the control treatment. According to the results, application of 50 kg N/ha and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria, leads to optimal performance and the highest NUE in German chamomile.

Key words: Plant Growth Promoting Rhizobacteria, german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), yield of flower and essential oil, nitrogen use efficiency.