

## تأثیر کودهای زیستی و نیتروژن بر میزان بعضی از عنصرهای غذایی، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) در دو منطقه ایران

سعید یوسفزاده<sup>۱</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲\*</sup> و زهرا ایزدی<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، استاد و دانشجوی سابق دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵)

### چکیده

برای ارزیابی تأثیر کودهای زیستی (بیولوژیک) و نیتروژن بر میزان نیتروژن، پتاسیم، فسفر، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس بادرشبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۸۹-۱۳۸۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (منطقه ۱) و مزرعه تحقیقاتی استان آذربایجان غربی (منطقه ۲) اجرا شد. تیمارها شامل ژنوتیپ ( $G_1$ ): اکوتیپ بومی و ( $G_2$ ): رقم SZK-1)، باکتری ( $B_1$ ): تلقیح بذر با باکتری و ( $B_2$ ): تلقیح نشدن) و رژیم کودی ( $F_1$ ): ۱۰۰ درصد کود اوره،  $F_2$ : ۷۵ درصد کود اوره + ۲۵ درصد آزوکمپوست،  $F_3$ : ۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد آزوکمپوست،  $F_4$ : ۲۵ درصد کود اوره + ۷۵ درصد آزوکمپوست و  $F_5$ : ۱۰۰ درصد آزوکمپوست) بودند. نتایج نشان داد، تجمع نیتروژن در اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌ها در دو منطقه متفاوت بود. در هر دو منطقه بالاترین میزان فسفر و پتاسیم در نتیجه کاربرد تیمار  $F_5$  به دست آمد. در منطقه ۱ در حالت تلقیح و بدون تلقیح کاربرد تیمار  $F_3$  بالاترین درصد اسانس (۰/۴۶ و ۰/۵۳ درصد) را تولید کرد. در حالت تلقیح کاربرد تیمار  $F_3$  با تولید (۷۸۱/۱ Kg/ha) ماده خشک اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد شیمیایی نداشت. در مجموع نتایج نشان داد، کاربرد تیمار تلفیقی  $F_3$ ، می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی توجه شود.

واژه‌های کلیدی: آزوکمپوست، بادرشبی، کودهای زیستی.

## Effect of biofertilizer and nitrogen on the amount of nitrogen, potassium, phosphorus, dry matter yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) at two regions of Iran

Saeed Yousefzadeh<sup>1</sup>, Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy<sup>2\*</sup> and Zahra Izadi<sup>3</sup>

1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Professor and Former Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: Nov. 22, 2015 - Accepted: Feb. 14, 2016)

### ABSTRACT

To determine effect of biofertilizer and nitrogen on the amount of nitrogen, potassium, phosphorus, dry matter yield and essential oil content of dragonhead, a field experiment was conducted as factorial in a randomized complete block design with 3 replications at two locations in Research Field at Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (location 1), and Research Center in West Azarbaijan province (location 2) in 2009-2010. The treatments were consisted of genotypes (landrace and SZK-1 cultivars), seed inoculation treatments (either ( $B_1$ ) with or without ( $B_2$ ) bacterial inoculation) and fertilization regimes (100% urea, 75% urea + 25% azocompost, 50% urea + 50% azocompost, 25% urea + 75% azocompost and 100% azocompost). Results showed that nitrogen accumulation in genotypes was different. The maximum amount of P and K produced by using the  $F_5$  treatment in both locations. In the first location, the  $F_3$  treatment produced the greatest percentage of essential oil (0.46-0.53%) both with and without bacterial inoculation. The  $F_3$  treatment with bacterial inoculation produced 4781.1 kg Dry matter yield per ha which had not significant difference with the chemical control treatment. In general, results showed that application of  $F_3$  treatment can be a suitable alternative for chemical fertilizers.

**Keywords:** Azocompost, Biofertilizer, *Dracocephalum moldavica* L.

### مقدمه

در کشاورزی پایدار استفاده از منابع تجدیدشونده کمترین آسیب را به محیط زیست رسانده و برتری‌های بوم‌شناختی (اکولوژیک) فراوانی دارند. خاک‌های ایران به علت کمبود فعالیت‌های زیستی (بیولوژیک) و ماده آلی، قادر به تأمین نیاز غذایی گیاهان در نظام کشت ارگانیک نیستند. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش فراوان در کاربرد نهاده‌های شیمیایی است. برای آغاز حرکت از کشاورزی متداول به سمت کشاورزی ارگانیک کشت گیاهان دارویی به دلیل نیاز کم به عنصرهای غذایی بسیار مناسب هستند. از میان گیاهان دارویی، بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) گیاهی است علفی و یک‌ساله از تیره نعناع که بومی آسیای مرکزی و اهلی‌شده در مرکز و شرق اروپاست (Hussein *et al.*, 2006). اسانس بادرشبی ویژگی ضد میکروبی و باکتریایی داشته و التیام‌دهنده زخم و جراحات است. اسانس این گیاه در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی و غذایی کاربردهای فراوانی دارد (Nasrabadi, 2005). کاربرد کودهای زیستی مانند کودهای بیولوژیک و آزوکمپوست موجب افزایش کیفیت و پایداری عملکرد به‌ویژه در گیاهان دارویی می‌شود (Sharma, 2002). در تحقیقی مشخص شد کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریوم و باسیلیوس باعث افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر و خشک و میزان اسانس در گیاه رازیانه شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد، کاربرد کودهای زیستی از جمله *Azotobacter chroococum* سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی اسفرزه شد (Khalil, 2006). همچنین مشخص شد که بالاترین ارتفاع بوته، شمار چتر در بوته، وزن هزاردانه، وزن خشک بوته و عملکرد دانه در گیاه گشنیز با کاربرد کود زیستی به دو صورت تلقیح بذرها و پاشش (اسپری) به دست آمد (Akhani *et al.*, 2012). نتایج پژوهشی نشان داد، درصد اسانس و میزان آن‌تول موجود در اسانس گیاه رازیانه در همه تیمارهایی که

شامل کود زیستی بودند، به‌طور معنی‌داری بالاتر از شاهد بود (Moradi *et al.*, 2011). کمپوست یک کود زیستی است که کاربرد آن در اراضی زراعی نقش مهمی در افزایش عنصرهای کانی، آلی و بهبود ساختمان خاک دارد. از دیگر ویژگی‌های کمپوست می‌توان به جذب و نگهداری آب، جلوگیری از فرسایش و آلودگی آب‌های زیرزمینی اشاره کرد (Lundkvist *et al.*, 2008). امروزه استفاده از کمپوست به همراه کودهای شیمیایی به‌عنوان یک ضرورت در ایجاد کشاورزی پایدار شناخته شده است (Anand & Pereira, 2006). کمپوست آزولا یا آزوکمپوست مخلوطی از مواد آلی مختلف به‌ویژه آزولا بوده که توسط ریزجانداران (میکروارگانیسیم‌ها) در یک محیط گرم، مرطوب و با تهویه مناسب تهیه شده و مواد و عنصرهای غذایی خود را در خاک به شکل قابل جذب در اختیار گیاه قرار می‌دهد. استفاده از آزولا به‌عنوان یک کود زیستی در شالیزارهای بسیاری از کشورها تحقیق و بررسی شده و تأثیر مثبت آن در افزایش محصول به‌خوبی ثابت شده است (Mian, 1993). یافته‌های Marjovvi (2003) نشان داد، استفاده از ۵۰ تن کمپوست به همراه ۶۰ کیلوگرم نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه گندم و افزایش دسترسی به فسفر، پتاسیم، آهن و روی شد. Hendawy (2008) نشان داد، کاربرد تلفیقی کمپوست با نصف میزان مطلوب (NPK) بالاترین میزان پتاسیم را در گیاه دارویی بارهنگ تولید کرد. کاربرد کمپوست به‌طور معنی‌داری پتاسیم و نیتروژن بیشتری را در بافت گیاه جعفری تولید کرد (Mylavarapu & Zinati, 2009). هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کودهای زیستی و تلفیق نیتروژن و آزوکمپوست بر میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر اندام هوایی، عملکرد ماده خشک و درصد اسانس گیاه بادرشبی در دو منطقه تهران و خوی بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت صحرایی در دو منطقه تهران و خوی انجام شد. منطقه ۱ متعلق به مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با ارتفاع

تصادفی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک توسط آگر تهیه و پس از مخلوط کردن در آزمایشگاه خاکشناسی بررسی شد. بر پایه نتایج تجزیه خاک، بافت خاک مزرعه در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (منطقه ۱) لوم شنی (Sandy loam) و در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی واقع در شهرستان خوی (منطقه ۲) لومی‌رسی (Clay loam) تشخیص داده شدند. نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک در دو منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.

۱۲۰۰ متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و دیگری متعلق به مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی (منطقه ۲) با ارتفاع ۱۰۴۰ متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی واقع در شهرستان خوی بود. پیش از اجرای آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق مورد آزمایش، چند نمونه

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دو منطقه اجرای آزمایش  
Table 1. Physical and chemical properties of soil in two experimental area

Location	Texture	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Organic carbon (%)	Total N (%)	Available P (mg kg <sup>-1</sup> )	Available K (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )
Location 1 (Tehran)	Sandy- loamy	1.58	7.4	1.25	0.099	41	460	6	2.6	7
Location 2 (Khoy)	Sandy clay	1.24	7.7	0.81	0.075	4	150	8.4	1.14	7.4

و در تاریخ ۲۰ اردیبهشت در منطقه ۲ به صورت جوی و پشته و به عمق ۲-۱ سانتی‌متر کشت شدند. هر کرت مشتمل بر شش ردیف کاشت روی سه پشته به فاصله ۴۰ سانتی‌متر، فاصله بین هر بوته ۱۵ سانتی‌متر و به طول ۳ متر بود. افزون بر این بین هر کرت با کرت مجاور که از نظر سطح دریافت کودی متفاوت بودند، دو پشته به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. در مرحله ۴-۶ برگی تیمارهای نیتروژن با مقادیر (F<sub>1</sub>): ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، F<sub>2</sub>: ۵۲/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، F<sub>3</sub>: ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، F<sub>4</sub>: ۱۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و F<sub>5</sub>: بدون کود شیمیایی نیتروژن) به خاک اضافه و بی‌درنگ آبیاری انجام شد. میزان کودهای مصرفی با توجه به نیاز غذایی گیاه تعیین شد. آزوکمپوست مورد استفاده نیز پیش از کاربرد، تجزیه و تحلیل شد تا میزان عنصرهای موجود در آن مشخص شود (جدول ۲). یک هفته پیش از تاریخ کاشت پس از ایجاد جوی و پشته‌ها در دو طرف پشته، شیارهایی با عمق ۱۰-۵ سانتی‌متر توسط فوکا ایجاد شد. با توجه به درصد نیتروژن موجود در آزوکمپوست پس از توزین کود مقادیر F<sub>1</sub> (بدون کود آزوکمپوست به عنوان شاهد شیمیایی)، F<sub>2</sub> (۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست)، F<sub>3</sub>

آزمایش به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل ژنوتیپ (G) شامل G<sub>1</sub> (اکوتیپ بومی) و G<sub>2</sub> (رقم اصلاح شده SZK-1)، عامل تلقیح با باکتری (B) شامل B<sub>1</sub> (تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر + آزوسپیریوم + سودوموناس) و B<sub>2</sub> (تلقیح نشدن بذر با باکتری) و عامل کود (F) شامل F<sub>1</sub> (۱۰۰ درصد کود اوره به عنوان شاهد)، F<sub>2</sub> (۷۵ درصد کود اوره + ۲۵ درصد آزوکمپوست)، F<sub>3</sub> (۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد آزوکمپوست)، F<sub>4</sub> (۲۵ درصد کود اوره + ۷۵ درصد آزوکمپوست) و F<sub>5</sub> (۱۰۰ درصد آزوکمپوست) بود. با در نظر گرفتن سطوح هر یک از عامل‌های مورد بررسی و شمار تکرارها، آزمایش بیست تیمار و مشتمل بر شصت واحد آزمایشی داشت. بذر اصلاح شده گیاه باذرشیبی رقم SZK-1 از شرکت دارویی زردبند و جمعیت بومی آن از شهرستان ارومیه تهیه شد.

پیش از کاشت بذرهایی که می‌بایست با باکتری‌ها تیمار شوند، با مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر کروئوکوکوم، آزوسپیریوم لیپوفروم و سودوموناس فلورسنس تلقیح شدند. این باکتری‌ها از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه خاک‌وآب تهیه شده بودند. بذرهایی گیاه در تاریخ ۲۰ فروردین در منطقه ۱

ارائه شده توسط Behera & Panda (2009) استفاده شد. در این روش برنامه زمان بندی آبیاری بر پایه درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک در منطقه ریشه است.

۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست)، F<sub>4</sub> (۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست) و F<sub>5</sub> (۱۵/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست) درون شیارها قرار داده و با خاک پوشانده شدند. برای تعیین زمان آبیاری از روش

جدول ۲. ویژگی های شیمیایی آزوکمپوست مورد استفاده

Table 2. Chemical properties of Azocompost treatment

pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Organic carbon (%)	Total N (%)	C:N	P (%)	K (%)	Fe (%)	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )
5.7	3.1	31.4	3	10.46	1.51	1.3	0.5	112	992

استفاده شد. اختلاف واریانس خطا بین منطقه های آزمایشی از راه آزمون بارتلت تعیین و بعد صفاتی که اختلاف واریانس آن ها معنی دار بود، برای هر منطقه به طور جداگانه تجزیه و تحلیل شدند.

## نتایج و بحث

### نیترژن گیاه

در منطقه ۱ اثر اصلی ژنوتیپ در سطح ۵ درصد و کود در سطح ۱ درصد بر میزان نیترژن گیاه تأثیر معنی داری داشتند. دیگر اثر اصلی و متقابل میزان نیترژن گیاه را تحت تأثیر قرار ندادند (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، اکوتیپ بومی (۰/۸۵ درصد) در مقایسه با رقم اصلاح شده SZK-1 (۰/۷۸ درصد) نیترژن بیشتری در اندام هوایی خود جذب کرد (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان نیترژن به ترتیب در اثر کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره (۰/۹۱ درصد) و ۱۰۰ درصد آزوکمپوست (۰/۷۰ درصد) به دست آمد، این در حالی بود که تیمارهای کودی F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub> از نظر آماری اختلاف معنی داری با تیمار F<sub>1</sub> ایجاد نکردند (جدول ۵).

نتایج جدول تجزیه واریانس در منطقه ۲ گویای آن بود که افزون بر اثر اصلی ژنوتیپ و کود در سطح ۱ درصد، اثر متقابل سه جانبه (ژنوتیپ × کود × باکتری) در سطح ۵ درصد نیز بر میزان نیترژن در اندام های هوایی گیاه معنی دار شد (جدول ۴). شکل ۱ نشان داد در اکوتیپ بومی در حالت تلقیح و بدون تلقیح با باکتری (G<sub>1</sub>B<sub>1</sub> و G<sub>1</sub>B<sub>2</sub>)، کاربرد تیمار F<sub>2</sub> بیشترین و تیمار F<sub>5</sub> کمترین درصد نیترژن را در اندام های هوایی گیاه تولید کردند، با این حال در حالت تلقیح با باکتری

هنگامی که ۸۰ درصد گیاهان در تاریخ ۲۰ تیر در منطقه ۱ و در تاریخ ۱۸ مرداد در منطقه ۲ به مرحله گلدهی کامل رسیدند، برداشت از سطح آزمایش انجام شد. در این تحقیق ویژگی هایی مانند میزان فسفر، نیترژن و پتاسیم در اندام های هوایی گیاه خشک شده (شامل سرشاخه های جوان خشک شده)، عملکرد ماده خشک و درصد اسانس بررسی شدند. برای اندازه گیری عملکرد ماده خشک پس از اینکه گیاهان از سطح خاک کفبر شدند درون پلاستیک هایی قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین عملکرد ماده تر، نمونه ها در سایه و هوای آزاد خشک شده و عملکرد ماده خشک گیاه نیز محاسبه شد. به منظور استخراج اسانس از سرشاخه های جوان، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه و با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. برای اندازه گیری عنصرهای کانی گیاه نیز در آغاز از نمونه های آسیاب شده، عصاره هضم تهیه و سپس عنصرهای نیترژن، فسفر و پتاسیم ارزیابی شدند. اندازه گیری نیترژن به روش تیتراسیون پس از تقطیر و با استفاده از سامانه خودکار (سیستم اتوماتیک) کجل تک اتوآنالیزر انجام شد (Jackson, 1960). برای اندازه گیری فسفر از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و برای اندازه گیری پتاسیم از روش نشر شعله ای استفاده شد (Jackson, 1960). برای تجزیه و تحلیل داده ها از برنامه آماری SAS (نسخه ۹/۲) استفاده شد. پیش از تجزیه و تحلیل داده ها، آزمون عادی (نرمال) بودن آن ها انجام و پس از اطمینان از حالت توزیع عادی، نسبت به تجزیه و تحلیل آن ها اقدام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد

بود، به طوری که در هر دو ژنوتیپ در دو حالت تلقیح و بدون تلقیح کاربرد تیمارهای F<sub>1</sub> و F<sub>2</sub> در مقایسه با دیگر ترکیب‌های کودی در گروه آماری برتر قرار گرفتند. دلیل این امر جذب سریع نیتروژن شیمیایی در مقایسه با نیتروژن موجود در آزوکمپوست است. از سوی دیگر نیتروژن موجود در آزوکمپوست به آرامی و در درازمدت در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در منطقه ۲ تیمار کودی F<sub>3</sub> مانند منطقه ۱ در هر دو ژنوتیپ (به جز حالت تلقیح) توانست در گروه آماری برتر قرار گیرد. با توجه به این نتایج تیمار تلفیقی F<sub>3</sub> در هر دو منطقه یک ترکیب کودی مناسب بود. دلیل این امر اثر سودمند آزوکمپوست در افزودن نیتروژن به خاک و نیز بهبود شرایط خاکی مانند جلوگیری از آبلشویی بیشتر نیتروژن شیمیایی است. در تحقیقی مشخص شد کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با خاکپوش (مالچ) ساقه برنج در مقایسه با تیمار بدون خاکپوش و نیتروژن (شاهد) میزان نیتروژن تجمع یافته در گیاه شمعدانی را تا ۳۳ درصد افزایش داد (Ram et al., 2003). همچنین این محققان اشاره کردند کاربرد نیتروژن بدون استفاده از خاکپوش جذب نیتروژن را در گیاه کاهش داد. این محققان دلیل این امر را به سستشوی نیتروژن نیتراتی در تیمار بدون خاکپوش نسبت دادند. دیگر محققان نیز گزارش کردند کاربرد کمپوست و تلفیق کود شیمیایی با کمپوست باعث افزایش جذب نیتروژن در گیاهان آویشن (Herrera et al., 1997)، نعناع (Patra et al., 2000)، بنگ دانه (Naguib & Aziz, 2003)، ریحان (Anwar et al., 2005)، جعفری (Mylavarapu & Zinati, 2009) و گوجه‌فرنگی (Aseri et al., 2008) شد.

در اکوتیپ بومی (G<sub>1</sub>B<sub>1</sub>) بین تیمارهای شاهد شیمیایی و F<sub>2</sub> و در حالت بدون تلقیح با باکتری در این اکوتیپ (G<sub>1</sub>B<sub>2</sub>) بین تیمارهای F<sub>1</sub>، F<sub>2</sub>، F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در حالت تلقیح در اکوتیپ بومی (G<sub>1</sub>B<sub>1</sub>) تیمارهای F<sub>1</sub>، F<sub>2</sub> و F<sub>5</sub> در مقایسه با حالت بدون تلقیح (G<sub>1</sub>B<sub>2</sub>) درصد نیتروژن بیشتری را تولید کردند، اما بین تیمارهای تلقیح و بدون تلقیح تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). در رقم اصلاح شده در حالت تلقیح (G<sub>2</sub>B<sub>1</sub>) بیشترین و کمترین میزان نیتروژن به ترتیب در اثر کاربرد تیمارهای F<sub>2</sub> و F<sub>5</sub> به دست آمد. در این حالت تنها بین تیمارهای F<sub>2</sub> و F<sub>5</sub> اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد (شکل ۱). در رقم اصلاح شده در حالت بدون تلقیح (G<sub>2</sub>B<sub>2</sub>) بالاترین میزان نیتروژن در تیمار شاهد شیمیایی و کمترین آن در تیمار F<sub>4</sub> به دست آمد.

در منطقه ۱ اکوتیپ بومی و در منطقه ۲ رقم اصلاح شده SZK-1 توانست نیتروژن بیشتری را در اندام‌های هوایی خود تجمع دهد. دلیل این تفاوت شاید به علت شرایط آب و هوایی و خاکی متفاوت در دو منطقه بوده است. در منطقه ۱ کاربرد تیمار کودی شاهد شیمیایی در مقایسه با تیمار ۱۰۰ آزوکمپوست نیتروژن بیشتری را در اندام‌های هوایی گیاه تولید کرد. با این وجود تیمار تلفیقی F<sub>3</sub> در گروه تیماری برتر قرار گرفت. به نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی F<sub>3</sub> با کاهش ۵۰ درصدی کاربرد کود نیتروژن باعث جذب درصد نیتروژن بالایی در اندام‌های هوایی گیاه شده است.

در منطقه ۲ همسان با منطقه ۱ تأثیر کود شیمیایی در مقایسه با تلقیح با باکتری به کلی مشهود

جدول ۳. تجزیه واریانس میزان جذب عنصرهای نیتروژن، پتاسیم و فسفر، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس در گیاه بادرنشبی تحت تأثیر ژنوتیپ، باکتری و کود در منطقه ۱ (تهران)

Table 3. Analysis of variance of nitrogen, potassium and phosphorus uptake, dry matter yield and essential oil content in the plant influenced by genotype, bacteria and fertilizer in location 1 (Tehran)

SOV	df	Traits				
		Oil Content	Dry matter biomass	K	P	N
Rep	2	0.0007	280545.5	0.385**	0.0006	0.025
Genotype	1	0.18**	4964126**	0.237*	0.0009	0.088*
Bacteria	1	0.001	64852.51	0.030	0.000007	0.008
Fertilizer	4	0.01*	8186176**	0.138*	0.0087**	0.073**
G×B	1	0.07**	107119	0.070	0.003	0.025
G×F	4	0.009**	459773.9**	0.011	0.001	0.006
B×F	4	0.01**	357075.8**	0.040	0.001	0.0041
G×B×F	4	0.005**	329075.4*	0.002	0.0012	0.003
Error	38	0.1	88636.62	0.45	0.0007	0.013
CV (%)		7.12	6.46	8.03	8.27	14.33

\*\* و \* : به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون نشانه نشانگر معنی‌دار نبودن.

\*, \*\* and ns significant at 0.05, 0.01 probability level and no significant, respectively.

جدول ۴. تجزیه واریانس میزان جذب عنصرهای نیتروژن، پتاسیم و فسفر، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس در گیاه بادرشبی تحت تأثیر ژنوتیپ، باکتری و کود در منطقه ۲ (خوی)

Table 3. Analysis of variance of nitrogen, potassium and phosphorus uptake, dry matter yield and essential oil content in the plant influenced by genotype, bacteria and fertilizer in location 2 (Khoy)

SOV	df	Traits				
		Oil Content	Dry matter biomass	K	P	N
Rep	2	0.024	4213700	0.1506*	0.000245**	0.065*
Genotype	1	0.08**	216004.8	0.0073	0.0000008	0.104**
Bacteria	1	0.009	244617	0.0008	0.0000240	0.006
Fertilizer	4	0.02**	18995409*	0.0594**	0.000165**	0.139**
G×B	1	0.0009	4434200	0.0028	0.0000002	0.023
G×F	4	0.01*	2690827	0.0009	0.0000798*	0.028
B×F	4	0.4**	3788929	0.0026	0.0000849*	0.026
G×B×F	4	0.007	5077486	0.0041	0.0000227	0.033*
Error	38	0.004	4962101.1	0.00609	0.000024	0.012
CV (%)		12.42	13.49	4.34	3.03	10.96

\*\* و \*: به ترتیب نشانگر معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون نشانه نشانگر معنی دار نبودن.

\*, \*\* and ns significant at 0.05, 0.01 probability level and no significant, respectively.

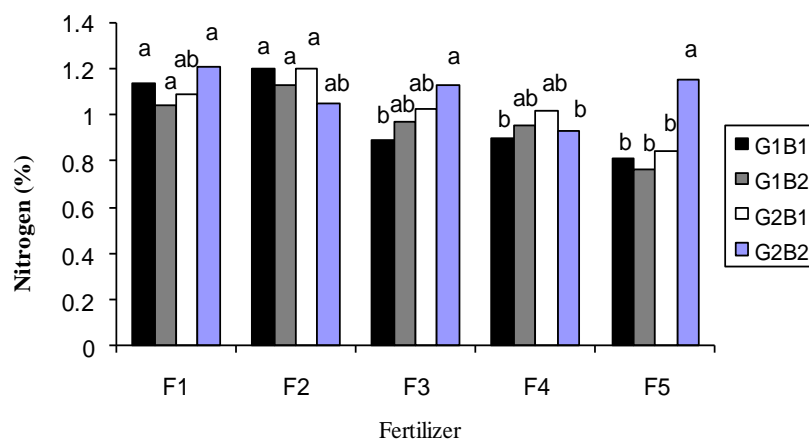
جدول ۵. مقایسه میانگین‌های میزان جذب عنصرهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عملکرد ماده خشک گیاه بادرشبی تحت تأثیر ژنوتیپ، باکتری و کود در مناطق ۱ (تهران) و ۲ (خوی)

Table 5. Mean of comparison of the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium and dry matter yield of plant influenced by genotype, bacteria and fertilizers in location 1 (Tehran) and 2 (Khoy)

Treatment	Dry matter biomass (Kg ha <sup>-1</sup> )		K (%)		P (%)		N (%)	
	Location 2	Location 1	Location 2	Location 1	Location 2	Location 1	Location 2	Location 1
	Genotype							
Local Ecotype (G <sub>1</sub> )	3542.8a	4320.82b	1.78a	2.71a	0.161a	0.33a	0.98b	0.85a
SZK Cultivar (G <sub>2</sub> )	3533.1a	4896.09a	1.80a	2.58b	0.162a	0.32a	1.06a	0.78b
Fertilizer								
100% urea (F <sub>1</sub> )	3903.7a	5485.1a	1.70b	2.51b	0.168b	0.30b	1.12a	0.91a
75% Urea+25% Azocompost (F <sub>2</sub> )	3462.1ab	5154.8b	1.74b	2.57b	0.170b	0.31b	1.14a	0.85ab
50% Urea+50% Azocompost (F <sub>3</sub> )	3892.9a	4931.3b	1.82a	2.69ab	0.172b	0.32b	1.004b	0.82ab
25% Urea+75% Azocompost (F <sub>4</sub> )	3347.4b	3865.2c	1.84a	2.68ab	0.171b	0.35a	0.95bc	0.78bc
100% Azocompost (F <sub>5</sub> )	3083.6b	3605.9d	1.86a	2.79a	0.177a	0.36a	0.82c	0.70c

میانگین‌های سطوح هر تیمار که دارای دست کم یک حرف مشترک در هر ستون هستند، بدون اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ، باکتری و برنامه کودی بر درصد نیتروژن در منطقه ۲. برای هر سطح اثر متقابل دوگانه (ژنوتیپ × باکتری) میانگین‌های بدون حرف‌های یکسان اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figure 1. Mean of comparison of genotype, bacteria and fertilizers on nitrogen percentage in location 2. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

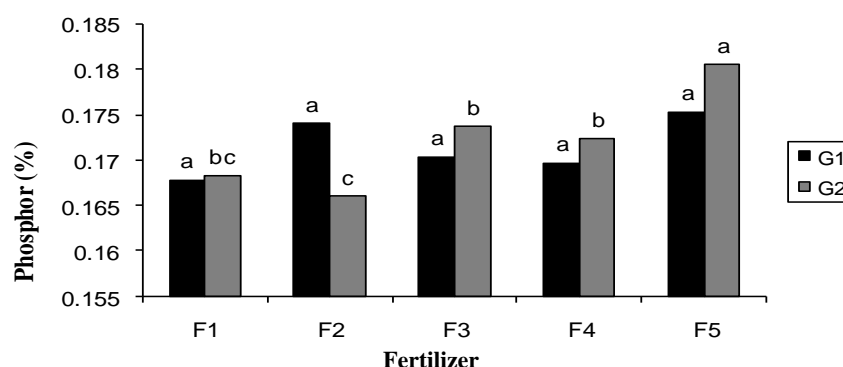
## فسفر گیاه

نتایج جدول ۳ گویای آن بود که در منطقه ۱ تنها اثر اصلی کود بر میزان فسفر در سطح ۱ درصد معنی دار شد. جدول مقایسه میانگین تیمارها نشان داد کاربرد تیمارهای کودی ۱۰۰ درصد آزوکمپوست و شاهد شیمیایی به ترتیب بیشترین و کمترین درصد فسفر را در اندام‌های هوایی گیاه ایجاد کردند (جدول ۵). با توجه به نتیجه به دست آمده، ملاحظه می‌شود با افزایش میزان آزوکمپوست و در نتیجه افزایش وجود عنصرهای پرمصرف (ماکرو) و کم‌مصرف (میکرو) در آن میزان جذب فسفر در گیاه افزایش یافته است. این نتیجه با یافته‌های دیگر محققان در گیاهان مرزنگوش (Gharib *et al.*, 2008)، آویشن (Herrera *et al.*, 1997) و جعفری (Mylavarapu & Zinati, 2009) همخوانی دارد. Khaled (2010) در نتیجه بررسی خود نشان داد، کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش میزان فسفر در دانه گیاه دارویی انیسون شد، به طوری که کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست بیشترین میزان فسفر را نسبت به دیگر سطوح کمپوست و شاهد شیمیایی تولید کرد. به دلیل وجود مقادیر بالای فسفر در خاک منطقه ۱ باکتری‌های حل‌کننده فسفات نتوانسته‌اند بر افزایش جذب فسفر تأثیر معنی‌داری داشته باشند. در این راستا محققان اذعان داشتند تأثیر باکتری‌های فراریشه (ریزوسفری) محرک رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) در فراهم‌سازی عنصرها و مواد غذایی در خاک‌هایی فقیر نسبت به خاک‌های غنی بیشتر است (Egamberdiyeva, 2007).

در منطقه ۲ اثر اصلی کود در سطح ۱ درصد و اثر متقابل دوجانبه (ژنوتیپ × کود) و (باکتری × کود) در سطح ۵ درصد بر میزان فسفر در اندام هوایی گیاه معنی دار شد (جدول ۴). نتایج نشان داد، میزان تجمع فسفر در اندام هوایی گیاه در همه تیمارهای کودی (به جز تیمار F<sub>2</sub>) در رقم اصلاح‌شده SZK-1 در مقایسه با اکوتیپ بومی بیشتر شد (شکل ۲). کاربرد تیمارهای کودی در اکوتیپ بومی تغییری را در میزان جذب فسفر در اندام‌های هوایی گیاه نشان نداد. به عبارت دیگر سازگاری این رقم به شرایط محیطی بیشتر و کودپذیری آن کمتر بوده است. در صورتی که

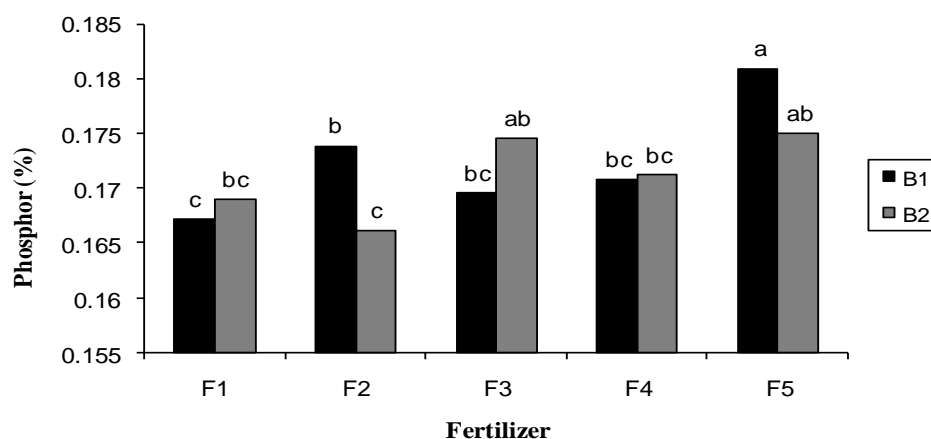
رقم اصلاح‌شده کودپذیری بیشتری از خود نشان داد و در محیط‌های کودی مختلف واکنش‌های متفاوتی را نشان داد. به نظر می‌رسد حساسیت رقم اصلاح‌شده در خاک‌های فقیر از نظر فسفر نسبت به اکوتیپ بومی بیشتر است.

با توجه به شکل ۳، بالاترین میزان فسفر در حالت تلقیح و بدون تلقیح در اثر کاربرد تیمار کودی ۱۰۰ درصد آزوکمپوست به دست آمد، این در حالی بود که تیمارهای F<sub>1</sub> در حالت تلقیح و F<sub>2</sub> در حالت بدون تلقیح کمترین میزان فسفر را تولید کردند. در حالت تلقیح با باکتری تیمار کودی ۱۰۰ درصد آزوکمپوست با دیگر تیمارهای کودی اختلاف آماری معنی‌داری ایجاد کرد. همچنین در حالت بدون تلقیح تیمار تلفیقی F<sub>3</sub> پس از تیمار F<sub>5</sub> در گروه تیماری برتر قرار گرفت. اثر هم‌افزایی عامل تلقیح با باکتری با کمپوست در تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست به کلی مشهود بود. به نظر می‌رسد مقادیر بالای آزوکمپوست بستر مناسبی برای فعالیت PGPRها بوده و باکتری‌های حل‌کننده فسفات با فعالیت خود فسفر قابل‌دسترس بیشتری را در اختیار گیاه قرار داده‌اند. نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد (Das *et al.*, 2007; Egamberdiyeva, 2007; Gharib *et al.*, 2008). PGPRها با تأثیر مثبت بر رشد ریشه و گسترش نظام ریشه‌ای موجب افزایش جذب عنصرهای کانی توسط گیاه می‌شوند. باکتری‌های سودوموناس با تبدیل فسفر غیرقابل دسترس به شکل قابل‌دسترس حلالیت و قابلیت جذب این عنصر را توسط ریشه و انتقال آن را به اندام هوایی گیاه افزایش می‌دهند. این ریزجانداران افزون بر محلول‌سازی فسفر در خاک توانایی استفاده از منابع آلی فسفر را دارند، که این امر به افزایش جذب فسفر کمک می‌کند. در تحقیقی مشخص شد کاربرد تلفیقی کود آلی با PGPRها بیشترین میزان فسفر را در گیاه دارویی ریحان در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی تولید کرد (Kandee *et al.*, 2002). در تحقیقی دیگر نیز کاربرد استفاده ترکیبی از کودهای آلی و زیستی در گیاه دارویی اسفرزه میزان جذب فسفر را افزایش داد (Khalil, 2006).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل برنامه کودی و ژنوتیپ بر درصد فسفر در منطقه ۲. برای هر سطح ژنوتیپ میانگین‌های بدون حرف‌های یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figur 2. Mean of comparison of genotype and fertilizers on phosphor percentage in location 2. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .



شکل ۳. مقایسه اثر متقابل برنامه کودی و باکتری بر درصد فسفر در منطقه ۲. برای هر سطح باکتری میانگین‌های بدون حرف‌های یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figur 3. Mean of comparison of bacteria and fertilizers on phosphor percentage in location 2. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

به نظر می‌رسد افزایش میزان آزوکمپوست و به کار بردن تلفیق کود اوهره با آزوکمپوست میزان عنصر پتاسیم را در هر دو منطقه افزایش داده است. نتایج آزمایش‌های دیگر نیز بر این موضوع تأکید دارد (Herrera *et al.*, 1997; Aseri *et al.*, 2008; Mylavarapu & Zinati, 2009). افزایش میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه مرزنگوش با کاربرد کمپوست در مقایسه با شاهد شیمیایی گزارش شده است (Gharib *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد کمپوست با تأثیر بر گسترش ریشه و افزایش استفاده از آب موجود در خاک، قابلیت جذب پتاسیم را افزایش داده است. نتایج پژوهش‌ها نشان دادند، بین افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم یک رابطه خطی وجود دارد (Rigby & Caceres, 2001). با توجه به این مطلب

#### پتاسیم گیاه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، در منطقه ۱ اثر اصلی ژنوتیپ و کود و در منطقه ۲ تنها اثر اصلی برنامه کودی در سطح ۱ درصد بر میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه معنی‌دار شد (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، در منطقه ۱ اکوتیپ بومی نسبت به رقم اصلاح‌شده SZK-1 میزان پتاسیم بیشتری را جذب کرد (جدول ۵). در هر دو منطقه کاربرد تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست بیشترین میزان پتاسیم را در اندام‌های هوایی گیاه تولید کرد. کمترین میزان پتاسیم نیز در اثر استفاده از تیمار شاهد شیمیایی به دست آمد. تیمارهای F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> پس از تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۵).

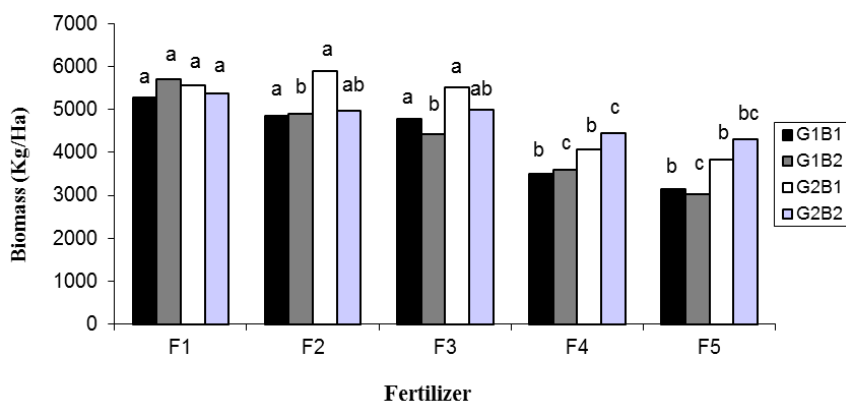


دو تیمار تلقیح و بدون تلقیح با باکتری در تیمار  $F_5$  به دست آمد (شکل ۴). در تیمار تلقیح با باکتری تیمار  $F_3$  با ۴۷۸۱/۱ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری با تیمار شاهد شیمیایی نداشت، همچنین در حالت بدون تلقیح با باکتری نیز این تیمار در گروه آماری بعدی قرار داشت. در رقم اصلاح شده در حالت تلقیح با باکتری ( $G_2B_1$ ) مشاهده شد که بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به ترتیب متعلق به تیمارهای  $F_2$  (۵۸۸۹/۶ کیلوگرم در هکتار) و  $F_5$  (۳۸۱۹/۴ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۴). این در حالی بود که تیمار  $F_2$  با تیمارهای  $F_1$  و  $F_3$  اختلاف آماری معنی داری نداشت. در حالت بدون تلقیح با باکتری در رقم اصلاح شده ( $G_2B_2$ ) نیز بیشترین عملکرد ماده خشک از کاربرد  $F_1$  (۵۳۷۸/۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. در این حالت اختلاف آماری معنی داری بین تیمار  $F_1$  با تیمارهای  $F_2$  و  $F_3$  مشاهده نشد.

می توان اذعان داشت آزوکمپوست با تأثیر بر میزان نیتروژن خاک و افزایش فراهمی آن بر گیاه میزان جذب پتاسیم را افزایش داده است.

#### عملکرد ماده خشک

در منطقه ۱ اثر اصلی ژنوتیپ و کود در سطح ۱ درصد بر عملکرد ماده خشک معنی دار شدند (جدول ۳). اثر متقابل دو جانبه (ژنوتیپ × کود) و (باکتری × کود) در سطح ۱ درصد و برهمکنش اثر سه جانبه (ژنوتیپ × باکتری × کود) در سطح ۵ درصد بر عملکرد ماده خشک معنی دار شدند (جدول ۳). برهمکنش اثر متقابل سه جانبه نشان داد، در اکوتیپ بومی در حالت تلقیح و بدون تلقیح با باکتری ( $G_1B_1$  و  $G_1B_2$ ) با روندی همسان بالاترین عملکرد ماده خشک در تیمار  $F_1$  به ترتیب با ۵۲۸۹ و ۵۷۱۱/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. کمترین عملکرد ماده خشک نیز در هر



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ، باکتری و برنامه کودی بر عملکرد ماده خشک در منطقه ۱. برای هر سطح اثر متقابل دوگانه (ژنوتیپ × باکتری) میانگینهای بدون حرفهای یکسان اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figure 4. Mean of comparison of genotype, bacteria and fertilizers on dry matter in location 1. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

نیتروژن قابل دسترس در کودهای آلی به تدریج در خاک آزاد می شود، این امر شاید یکی از دلایل کاهش عملکرد ماده خشک در تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست نسبت به دیگر تیمارهای کودی در هر دو منطقه آزمایشی باشد. در تیمارهای کودی  $F_2$  و  $F_3$  در حالت تلقیح در رقم اصلاح شده عملکرد ماده خشک در مقایسه با تیمار کودی  $F_5$  افزایش یافت. به نظر می رسد این ترکیبهای کودی محیط مناسبی برای افزایش فعالیت

نتایج جدول ۴ در منطقه ۲ نشان داد، عملکرد ماده خشک تنها تحت تأثیر تیمار کودی در سطح ۵ درصد قرار گرفت. بر پایه نتایج جدول ۵، تیمار  $F_1$  بالاترین عملکرد ماده خشک را به خود اختصاص داد، با این وجود اختلاف آماری معنی داری بین تیمار  $F_1$  و  $F_3$  مشاهده نشد و این تیمار با تیمار  $F_1$  در یک گروه آماری قرار گرفت. تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست کمترین میزان ماده خشک را تولید کرد.

بازده اسانس را معنی‌دار کرد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه در منطقه ۱ بیانگر آن است که در اکوتیپ بومی در حالت تلقیح، کاربرد ۱۰۰ درصد آزوکمپوست بیشترین درصد اسانس را تولید کرد، این در حالی بود که تیمار شاهد شیمیایی با این تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). در اکوتیپ بومی در حالت بدون تلقیح به ترتیب تیمارهای  $F_3$  و  $F_4$  بیشترین و کمترین بازده اسانس را تولید کردند. در رقم اصلاح‌شده و در حالت تلقیح بیشترین درصد اسانس را تیمار  $F_3$  به خود اختصاص داد. کمترین بازده اسانس را نیز تیمار  $F_2$  تولید کرد. در رقم اصلاح‌شده در حالت بدون تلقیح بیشترین و کمترین بازده اسانس به ترتیب در تیمارهای  $F_3$  و  $F_5$  به دست آمد.

در منطقه ۲ در اکوتیپ بومی و اصلاح‌شده بیشترین بازده اسانس متعلق به تیمار  $F_3$  بود، کمترین درصد اسانس نیز در تیمارهای  $F_2$  و  $F_5$  به دست آمد (شکل ۶). با توجه به شکل ۷، بیشترین بازده اسانس در حالت تلقیح متعلق به تیمار  $F_4$  بود، این تیمار با تیمار تلقیحی  $F_3$  در یک گروه آماری قرار گرفت. کمترین درصد اسانس در تیمار کودی ۱۰۰ درصد آزوکمپوست مشاهده شد، این در حالی بود که در حالت بدون تلقیح تیمار  $F_3$  با روندی همسان با حالت تلقیح بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد. کمترین درصد اسانس نیز متعلق به تیمار  $F_4$  بود (شکل ۷).

تیمار  $F_3$  افزون بر کاهش ۵۰ درصدی نیتروژن شیمیایی توانسته است درصد اسانس فراوانی را در هر دو ژنوتیپ تولید کند. به نظر می‌رسد نیتروژن زیاد دلیل کاهش بازده اسانس در شاهد شیمیایی در رقم اصلاح‌شده در حالت بدون تلقیح باشد. در تحقیقی گزارش شده است کاربرد مقادیر بالای نیتروژن باعث کاهش درصد اسانس در گیاه پونه کوهی شد (Azizi *et al.*, 2009). علت کاهش درصد اسانس در مقادیر بالای نیتروژن، افزایش اندازه یاخته‌های حاوی اسانس و کاهش غلظت اسانس در اندام‌های گیاهی بیان شده است. بازده اسانس رقم اصلاح‌شده در حالت کلی کمتر از اکوتیپ بومی است. به بیان دیگر دلیل کم بودن بازده اسانس در رقم اصلاح‌شده جنبه ژنتیکی این رقم

باکتری‌ها ایجاد کرده‌اند. در این راستا محققان گزارش کردند که کاربرد PGPRها به همراه کمپوست باعث افزایش عملکرد ماده خشک شد (Tanu *et al.*, 2004; Abdelaziz *et al.*, 2007; Gharib *et al.*, 2008; Kandeel *et al.*, 2002). در پژوهشی تلقیح بذرهای گیاه دارویی رعنا زیبا با آزوسپریلوم به همراه ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست به‌طور معنی‌داری زیست‌توده (بیوماس) کل گیاه را نسبت به شاهد افزایش دهد (Ravi *et al.*, 2004).

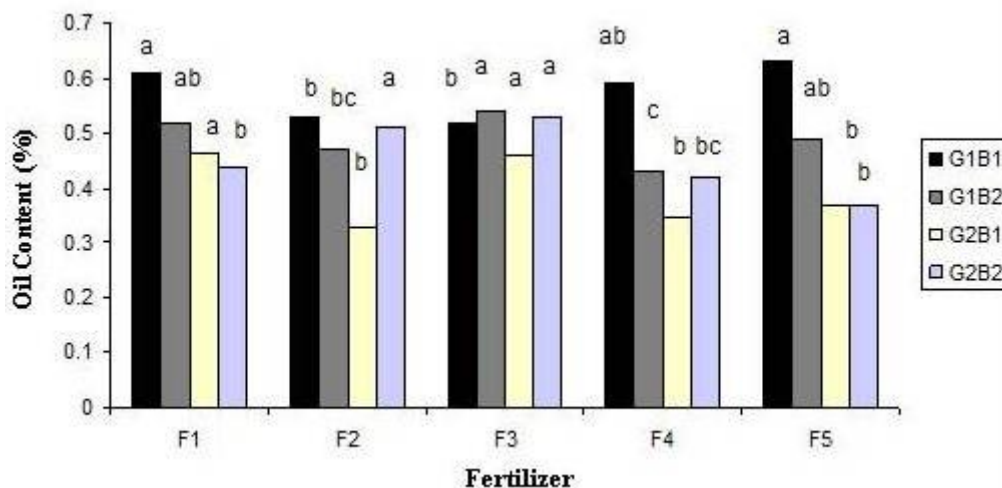
تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن شیمیایی در مقایسه با دیگر تیمارهای کودی عملکرد ماده خشک بیشتری را تولید کرد. نیتروژن یکی از مهم‌ترین عنصرهای غذایی در افزایش تولید گیاهان به واسطه افزایش عملکرد ماده خشک، گسترش سطح برگ و بهبود نورساخت (فتوسنتز) است (Sangwan *et al.*, 2001; Dordas & Sioulas, 2008; *al.*, 2001). کمبود نیتروژن در بیشتر گیاهان باعث کاهش رشد رویشی، زایشی و در نهایت عملکرد می‌شود (Scharf & Alley, 1988). با توجه به نتایج به دست آمده تیمار  $F_3$  توانست عملکرد فراوانی را در هر دو منطقه تولید کند. به نظر می‌رسد افزایش عملکرد ماده خشک در تیمار تلقیحی  $F_3$  به علت تأمین بهتر مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر، پتاسیم و دیگر ریزمغذی‌ها توسط آزوکمپوست باشد. در این راستا Rajeswara (۲۰۰۱) و Hendawy (2008) گزارش کردند، در گیاهان دارویی بارهنگ و علف لیمو کاربرد همزمان کمپوست و نصف میزان توصیه‌شده کود شیمیایی بیشترین وزن خشک را تولید کرد، آن‌ها اظهار داشتند بهبود ظرفیت نگهداری آب و تأمین عنصرهای غذایی توسط کود آلی دلیل افزایش عملکرد پیکر رویشی در این گیاهان بوده است.

#### بازده اسانس

در منطقه ۱ به‌جز اثر باکتری، همه اثرگذاری اصلی و متقابل در سطح ۱ درصد بر بازده اسانس معنی‌دار شدند (جدول ۳). در منطقه ۲ بازده اسانس توسط اثر اصلی ژنوتیپ و کود در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر متقابل دوگانه (ژنوتیپ×کود) در سطح ۵ درصد و اثر متقابل (باکتری×کود) در سطح ۱ درصد

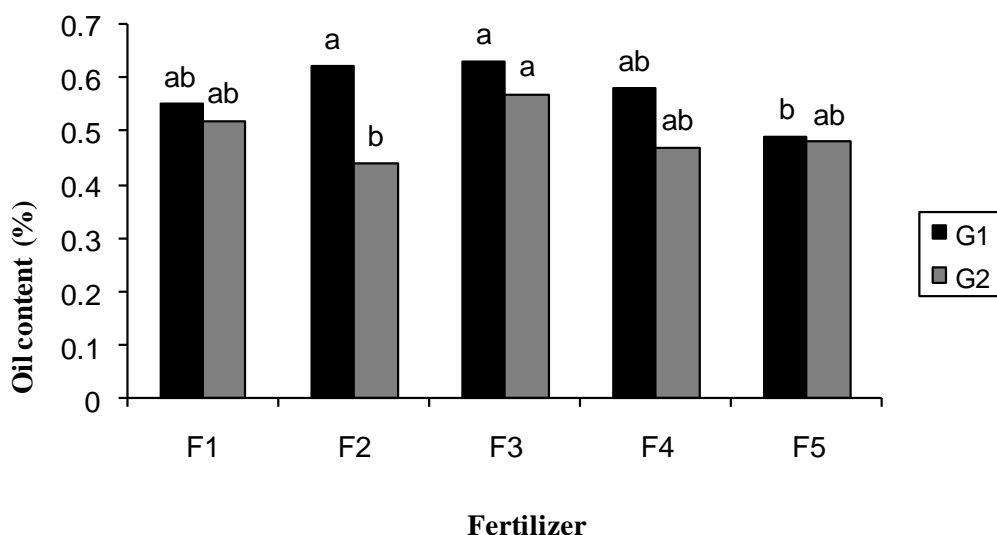
آزوکمپوست در کنار یکدیگر توانسته‌اند اثر مطلوبی در افزایش اسانس داشته باشند. بررسی‌های محققان نشان دادند، کاربرد نیتروژن، کمپوست و PGPR ها باعث افزایش بازده اسانس در چندین گیاه دارویی شد (Sifola & Barbieri, 2006; Ashraf *et al.*, 2006; Ozguven *et al.*, 2006).

نسبت به اکوتیپ بومی نیز است. کاربرد آزوکمپوست و مخلوط PGPR ها به دلیل فراهم‌سازی عناصرهای پرمصرف (اصلی) و کم‌مصرف (ریزمغذی)، بهبود شرایط خاک، ترشح و تولید هورمون‌ها (اکسین، جیبرلین و سیتوکنین) و تثبیت نیتروژن درصد اسانس را افزایش داده است. باکتری و کود



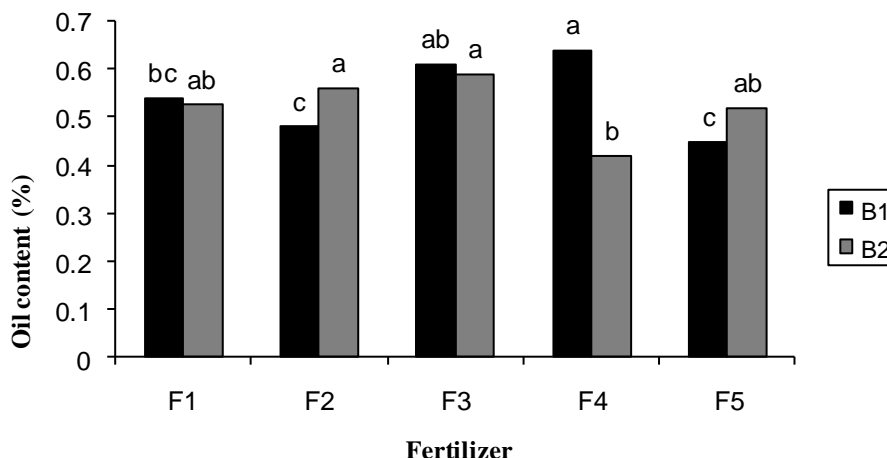
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ، باکتری و برنامه کودی بر بازده اسانس در منطقه ۱. برای هر سطح اثر متقابل دوگانه (ژنوتیپ × باکتری) میانگین‌های بدون حرف‌های یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figur 5. Mean of comparison of genotype, bacteria and fertilizers on oil percentage in location 1. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .



شکل ۶. مقایسه اثر متقابل کود و ژنوتیپ بر بازده اسانس در منطقه ۲. برای هر سطح ژنوتیپ میانگین‌های بدون حرف‌های یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figur 6. Mean of comparison of genotype and fertilizers on oil content in location 2. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .



شکل ۷. مقایسه اثر متقابل کود و باکتری بر بازده اسانس در منطقه ۲. برای هر سطح باکتری میانگین‌های بدون حرف‌های یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Figur 7. Mean of comparison of bacteria and fertilizers on oil content in location 2. Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

اغلب صفات مورد بررسی همچون میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر اندام هوایی، عملکرد ماده خشک و درصد اسانس می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار توجه شود.

#### نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی نشان داد، کاربرد تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد آزوکمپوست در حالت تلقیح و بدون تلقیح با باکتری با کاهش میزان کاربرد نیتروژن شیمیایی و افزایش

#### REFERENCES

1. Abdelaziz, M., Pokluda, R. & Abdelwahab, M. (2007). Influence of compost, microorganisms and npk fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Bot. *Horti Agrobotanici*, 35, 1842-4309.
2. Akhiani, A., Darzi, M. & Haj Seyed Hadi, M. (2012). Effects of biofertilizer and plant density on yield components and seed yield of coriander (*Coriandrum Sativum* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 16(4), 1205-1211.
3. Anand, T. & Pereira, G. N. (2006). Azolla as a biofertilizer in coffee plantations. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14), 1737-1746.
4. Anwar, M., Patra, D. D., Cand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A. & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14), 1737-1746.
5. Ashraf, M., Qasim, A. & Zafar, I. (2006). Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 871-876.
6. Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V. & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Scientia Horticulturae*, 117, 130-135.
7. Azizi, A., Yan, F. & Honermeier, B. (2009). Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products*, 29, 554-561.
8. Behera, S. K. & Panda, R. K. (2009). Integrated management of irrigation water and fertilizers for wheat crop using field experiments and simulation modeling. *Agricultuural Water Management*, 96, 1532-1540.
9. Das, K., Dang, R., Shivananda, T. N. & Sekeroglu, N. (2007). Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in *Stevia rebaudiana* Bert. grown in Indian subtropics. *Journal of Medicinal Plants Research*, 1(1), 5-8.

10. Dordas, C. & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain-fed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27, 75-85.
11. Egamberdiyeva, D. (2007). The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Appliedsoilecology*, 36, 184-189.
12. Erhart, E. & Hartl, W. (2003). Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *European Journal of Soil Biology*, 39(3), 149-156.
13. Gharib, F. A., Moussa, L. A. & Massoud, O. N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10, 381-387.
14. Hendawy, S. F. (2008). Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago major*. *Plant Journal of Applied Sciences Research*, 4(5), 500-506.
15. Herrera, E., Tremblay, N., Desroches, B. & Gosselin, A. (1997). Optimization of substrate and nutrient solution for organic cultivation of medicinal transplants in multicell flats. *Journal of Herbs Spices Medicinal Plants*, 4, 69-82.
16. Hussein, M. S., El-Shrbeny, S. E., Khilil, M. Y., Naguib, N. Y. & Aly, S. M. (2006). Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *Journal of Scientia Horticulture*, 108, 322-331.
17. Jackson, M. (1960). *Soil chemical analysis*. (2<sup>nd</sup> ed). Constable & Co Ltd. London.
18. Kandeel, A. M., Naglaa, S. A. T. & Sadek, A. (2002). Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. *Annals Agriculture Sciences*, 47, 351-371.
19. Khalesru, S. (2010). Application Evaluation of bio fertilizers, vermicompost and zeolite on soil properties and yield and quality of anise herb. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modaress University, Iran. (in Farsi)
20. Khalil, M. Y. (2006). How-fare would *Plantago afra* L. respond to bio and organic manure amendment. *Research Journal of Biological Science*, 2(1), 12-21.
21. Lundkvist, A., Salomonsson, L., Karlsson, L. & Gustavsson, A. (2008). Effects of organic farming on weed flora composition in a long term perspective. *European Journal of Agronomy*, 28, 570-578.
22. Mahfouz, S. A. & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21, 361-366.
23. Marjovvi, A. (2003). Effects of urban compost on soil properties and yield of wheat and sugar beet. *Journal of Soil and Water Sciences*, 17(1), 28-39. (in Farsi)
24. Mian, M. H. (1993). Prospect of azolla and blue green algae as nitrogenous biofertilizer for rice production in Bangladesh. *Bioresource Technology*, 59, 141-149.
25. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M. & Nezhadali, A. (2011). Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. dulce). *Journal of Agricultural Research*, 9(2), 546-553.
26. Mylavarapu, R. S. & Zinati, G. M. (2009). Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae*, 51, 145-158.
27. Naguib, N. Y. & Aziz, E. E. (2003). Yield and quality of *Hyoscumus muticus* L. in relation to some fertilizer treatments. *Egyptian Journal of Horticulture*, 30(1/2), 1-17.
28. Nasrabadi, B. (2005). *Effect of different planting dates on growth, yield, content and components of essential oil of Dragonhead*. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modaress University, Iran. (in Farsi)
29. Ozguven, M., Ayanoglu, F. & Ozel, A. (2006). Effects of nitrogen rates and cutting times on the essential oil yield and components of *Origanum syriacum* L. var. *bevanii*. *Journal of Agronomy*, 5, 101-105.
30. Pabby, A. R., Prasana, A. & Singh, P. K. (2003). Azolla-anabaena symbiosis from traditional agriculture to biotechnology. *Indian Journal of Biotechnology*, 2, 26-37.
31. Patra, D. D., Anwar, M. & Chand, S. (2000). Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese mint and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80, 267-275.
32. Rajeswara, B. R. (2001). Biomass and essential oil yield of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii*) (Roxb.) Wats. Var. *motia* Burk.) supplied with different level of organic manure and fertilizer in semi-arid tropical climate. *Industrial Crop and Production*, 14, 171-178.
33. Ram, M., Ram, D. & Roy, S. K. (2003). Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium. *Bioresource Technology*, 87, 273-278.

34. Rao, B. R. R. (2001). Biomass and essential oil yields of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb) wats var. motia Burk) supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*, 14, 171-178.
35. Ravi, S., Gadagi, P. U., Krishnaraj, J. H., Kulkarni, A. & Tongmin, S. (2004). The effect of combined Azospirillum inoculation and nitrogen fertilizer on plant growth promotion and yield response of the blanket flower *Gaillardia pulchella*. *Scientia Horticulturae*, 100, 323-332.
36. Rigby, D. & Caceres, D. (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems*, 68, 21-40.
37. Saha, S., Mina, B. L., Gopinath, K. A., Kundu, S. & Gupta, H. S. (2008). Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. *Bioresource Technology*, 99, 1750-1757.
38. Sangwan, N. S., Farooqi, A., Shabih, F. & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
39. Scharf, P. C. & Alley, M. M. (1988). Nitrogen loss pathways and nitrogen loss inhibitors: A review. *Journal of Fertilizer*, 5, 109-125.
40. Sharafzadeh, H. & Ordoorkhani, K. (2011). Organic and bio fertilizers as a good substitute for inorganic fertilizers in medicinal plants farming. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), 1330-1333.
41. Sharma, V. K. (2002). Effect of farmyard manure and fertilizers applied to medicinal plant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 24(2), 925-929.
42. Sifola, M. I. & Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108, 408-413.
43. Tanu, S., Anil Prakash, J. & Alok Adholeya, G. (2004). Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol Bioresource. *Technology*, 92, 311-319.