نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 811-798

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 798-811

بررسی برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش وحشی (*Origanum vulgare* subsp virid.) تحت تأثیر سطوح مختلف کود آزوکمپوست و اوره

رستم یزدانی بیوکی[1*]، محمد بنایان اول[2]، حمیدرضا خزاعی[3] و حمید سودایی زاده[4]

تاریخ دریافت: 1392/07/15
تاریخ پذیرش: 1393/09/07

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف کود آزوکمپوست و کود اوره بر برخی خوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare* virid.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 92-1391 انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل سطوح مختلف کود اوره (صفر، 21/7، 108/7 و 195/7 کیلوگرم در هکتار) و کود آزوکمپوست (صفر، 2/2، 11/1 و 20 تن در هکتار) بود. هر یک از سطوح کود آزوکمپوست و کود اوره به طور جداگانه بر اساس میزان کاربرد صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار تنظیم شدند. در این تحقیق صفاتی نظیر ارتفاع بوته، قطر تاج گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل، وزن خشک گل، وزن خشک کل پیکر رویشی، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اثرات ساده کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی آزوکمپوست بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده مرزنجوش به جز شاخص برداشت و درصد اسانس معنی‌دار بود و اثرات دوگانه برای تمامی صفات به جز درصد اسانس معنی‌دار بود. گیاهان تیمار شده با 40 کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار و 80 کیلوگرم آزوکمپوست در هکتار در اکثر صفات به جز قطر تاج گیاه، وزن خشک کل، درصد و عملکرد اسانس از بیشترین مقدار برخوردار بودند. با افزایش سطوح آزوکمپوست از صفر به 120 کیلوگرم نیتروژن افزایش عملکرد اقتصادی برابر با 577/68 کیلوگرم در هکتار بود درحالی‌که افزایش سطوح کود شیمیایی نیتروژن از صفر به 120 کیلوگرم سبب افزایش عملکرد اقتصادی به مقدار 441/7 کیلوگرم در هکتار شد. لذا به نظر می‌رسد کاربرد آزوکمپوست به تنهایی نتایج بهتری نسبت به کود شیمیایی نیتروژن داشت. محاسبهٔ ضرایب همبستگی نشان داد که بیشترین همبستگی متعلق به تعداد شاخه‌های جانی و تعداد گل در بوته با ارتفاع بوته ($r=0/99^{**}$) و نیز وزن خشک گل و وزن خشک برگ با عملکرد اقتصادی ($r=0/99^{**}$) بود. همچنین تعداد شاخه‌های جانبی ($r=0/98^{**}$)، سطح برگ ($r=0/97^{**}$) و ارتفاع بوته ($r=0/96^{**}$) بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد اقتصادی را داشتند، که نشانگر اهمیت این صفات در تعیین عملکرد نهایی بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کود آلی، کود شیمیایی، نیتروژن

مقدمه

مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) از جمله گیاهان دارویی چندساله و ارزشمند ایران به شمار می‌آید. به لحاظ تجاری و ارزش بالا، صادرات این گیاه به اقصی نقاط جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مقرون به صرفه است (Safaeikhoram, 2008). مرزنجوش به عنوان گیاه مورد استفاده در طب سنتی و نیز گیاه دارویی مؤثر در فارماکوپه‌های معتبر جهان به ثبت رسیده است. این گیاه طبق نظر مونوگراف گروه دارویی آلمان دارای وضعیت مثبت درمانی است (Safaeikhoram, 2008). پیکر رویشی مرزنجوش به سبب وجود اسانس، معطر می‌باشند. مقدار اسانس در اندام‌های هوایی گیاه مرزنجوش تحت شرایط اقلیمی محل رویش متفاوت و

1، 2، 3 و 4- دانش آموخته دکترای اگرواکولوژی، دانشیار گروه زراعت، ، استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
(*- نویسنده مسئول: Email: Yazdani.agroecology@yahoo.com)

بین 0/5 تا 1/5 درصد است (Omidbaigi, 1997; Vakili Shahrbabaki, 2008). با توجه به این‌که عوامل محیطی تأثیر عمده‌ای در رشد نمو و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Omidbaigi, 1997) شناخت شرایط مطلوب برای رشد بهینه و شناسایی عواملی که در تغییرات کمی و کیفی گیاهان مؤثر هستند، می‌تواند ضمن کاهش هزینه تولید به افزایش درآمد بهره‌برداران منجر شود و گام مهمی در تأمین نیاز صنایع داروسازی کشور باشد.

از طرفی نکته حائز اهمیت در تولید گیاهان دارویی، بهبود خواص کمی و کیفی آن‌ها بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی است. استفاده مطلوب از منابع نیتروژن برای بهبود عملکرد اقتصادی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی امری ضروری است (Mostafavi Rad et al., 2010).

کودهای آلی نظیر آزوکمپوست[1] (کمپوست فرآوری شده از سرخس آزولا) به عنوان منبع نیتروژن سبب بهبود منابع غذایی، جلوگیری از آب شویی عناصر غذایی و آب می‌شوند و به تغذیه گیاهان کمک می‌کند (Mostafavi Rad et al., 2010). مطالعات متعددی بر تأثیر ترکیبات آلی و شیمیایی بر گیاه مرزنجوش صورت گرفته است. از جمله عزیزی و همکاران (Aziz et al. 2009) با مطالعه سطوح مختلف نیتروژن در قالب کودهای شیمیایی بر جمعیت‌های O. vulgare L. در گلخانه گزارش کردند که کاربرد سطح بالاتر نیتروژن (1/5 گرم در هر گلدان) سبب افزایش ماده خشک گیاه شد، درحالی‌که میزان اسانس گیاه را کاهش داد. سوتیروپلو و کارامونوس (Sotiropoulou & Karamanos, 2010) با بررسی چهار سطح نیتروژن صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم در هکتار نشان دادند که کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری بر عملکرد رویشی O. vulgare virid. تأثیر داشت و میزان 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب رشد بهینه گیاه و سبب بهبود عملکرد روغن شد، اما استفاده از نیتروژن بر غلظت روغن گیاه بی‌تأثیر بود. Dordas, (2009) افزایش ارتفاع، تعداد شاخه در گیاه، ماده خشک گیاه و عملکرد اسانس را با کاربرد برگی کلسیم و منیزیم بر O. vulgare L. نشان داد، درحالی‌که میزان اسانس تحت تأثیر کاربرد کلسیم و منیزیم قرار نگرفت. تلقیح ریشه‌های مرزنجوش بستانی (*O. majorana* L.) با انواع باکتری‌های *برادی ریزوبیوم*[2] و استفاده از منابع فسفر آلی سبب تأثیر مثبت بر اجزای رشدی گیاه شد. بیشترین عملکرد رویشی و روغن از ترکیب دو تیمار کود گوسفندی و تلقیح با باکتری حاصل شد، میزان اسانس تحت تأثیر تلقیح باکتریایی و بقایای آلی قرار نگرفت، اما اجزای تشکیل‌دهنده اسانس تغییر یافت (El-ghandour et al., 2009). بانچیو و همکاران (Banchio et al. 2008) با بررسی اثر انواع PGPR[3] بر مرزنجوش بستانی گزارش کردند که برادی ریزوبیوم و سودوموناس فلورسانس[4] اثر مثبت و معنی‌داری بر طول ساقه، وزن ساقه، تعداد برگ، تعداد گره و وزن خشک ریشه داشت، همچنین عملکرد اسانس گیاه با تلقیح کردن بذور به وسیله باکتری افزایش معنی‌داری نسبت به بدون تلقیح باکتریایی نشان داد. غریب و همکاران (Gharib et al. 2008) با مطالعه تأثیر کمپوست و کودهای بیولوژیک بر مرزنجوش بستانی در گلخانه نشان دادند که رشد گیاه، ترکیبات اساس و عملکرد ماده خشک گیاه با کاربرد کودهای آلی در مقایسه با شاهد برتری نشان داد. ال-فرایهات (Al- et al. 2011 fraihat) با کاربرد کودهای آلی بیان کردند که کود مرغی بیشترین مقادیر وزن تر و خشک مرزنجوش بستانی را سبب شد.

مصطفوی راد و همکاران (Mostafavi Rad et al. 2010) و طهماسبی سروستانی (Tahmasebi Sarvestani 2011) در مطالعه‌ای با کاربرد منابع نیتروژن شامل آزوکمپوست، 50% آزوکمپوست+ 50% اوره و اوره بر ارقام کلزا (Brassics napus L.)، افزایش کیفیت روغن دانه‌های کلزا تحت تیمار آزوکمپوست را گزارش کردند، اما اثر تیمار تغذیه تلفیقی بر عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) با کاربرد منابع نیتروژنی 100% اوره، 75% اوره+ 25% آزوکمپوست، 50% اوره+ 50% آزوکمپوست، 25% اوره+ 75% آزوکمپوست و 100% آزوکمپوست بر گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) گزارش کردند که عملکرد مطلوب و اسانس از تیمار 50% اوره+ 50% آزوکمپوست حاصل شد.

بررسی امیدبیگی (Omidbaigi, 2006) نشان داد که مقدار مطلوب نیتروژن برای گیاه دارویی بادرشبی 60 تا 80 کیلوگرم در

1- Azocompost

2- Bradyrhizobium

3- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

4- Pseudomonas fluorescens

هکتار بود که اوایل بهار به عنوان سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. همچنین امیدبیگی (Omidbaigi, 2006) اذعان داشت که در افزودن کودهای نیتروژن باید دقت زیادی کرد، زیرا این کودها به مقدار زیادی سبب تحریک رشد رویشی گیاه شده و رشد زایشی (گل‌دهی و تشکیل میوه) را مختل می‌کند و سبب کاهش شدید عملکرد می‌گردد. همچنین افزایش نامناسب نیتروژن خاک علاوه بر کاهش عملکرد، سبب کاهش مقاومت گیاه در مقابل سرمای زمستان خواهد شد.

عامری و نصیری محلاتی (Nasiri Mahalati & Ameri 2008) با بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر میزان تولید گل و مواد مؤثره در گیاه دارویی همیشه‌بهار (Calendula officinalis L.)، معنی‌دار بودن اثر کود نیتروژن بر این گیاه را گزارش کردند و بیشترین میزان اسانس و عصاره همیشه‌بهار را مربوط به تیمار 150 کیلوگرم بیان کردند.

با توجه به اهمیت و جایگاه گیاه مرزنجوش به عنوان یک گیاه دارویی در کشور، بررسی واکنش‌های رشدی، عملکرد، کمیت و میزان اسانس این گیاه در شرایط استفاده از کودهای شیمیایی و آلی ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. عامل اول سطوح مختلف کود اوره صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عامل دوم سطوح مختلف کود آلی آزوکمپوست صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. با توجه به آزمون خاک (جدول 1) مقادیر صفر، 21/7، 108/7 و 195/7 کیلوگرم در هکتار کود اوره و با در نظر گرفتن خصوصیات خاک و کود آزوکمپوست (جداول 1و 2) مقادیر صفر، 2/2، 11/1 و 20 تن در هکتار آزوکمپوست جهت تأمین مقادیر صفر (n_0 و a_0)، 40 (n_1 و a_1)، 80 (n_2 و a_2) و 120 (n_3 و a_3) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده گردید کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده گردید.

جهت برآورد مقادیر آزوکمپوست از معادلات زیر استفاده گردید:

$$A = \frac{100 \times x}{3}$$ معادله (1)

$$B = \frac{A \times 85}{15}$$ معادله (2)

$$C = A + B$$ معادله (3)

که در این معادلات، A: مقدار آزوکمپوست خشک جهت تأمین مقادیر صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص بر حسب کیلو-گرم در هکتار، 100: مقدار آزوکمپوست خشک بر حسب‌کیلوگرم، x: نیتروژن خالص مورد نیاز مرزنجوش معادل صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص، 3: درصد نیتروژن موجود در آزوکمپوست، B: رطوبت موجود در آزوکمپوست مورد استفاده بر حسب کیلوگرم در هکتار، 85: درصد رطوبت موجود در آزوکمپوست، 15: درصد ماده خشک آزوکمپوست و C: آزوکمپوست مورد نیاز بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک منطقه‌ی اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	EC (دسی-زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
لومی سیلتی Silty loamy	0.19	1.4	7.4	125	12.8	0.091

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی کود آزوکمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of azocompost fertilizer used in the experiment

کربن: نیتروژن C:N	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	EC (دسی-زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	pH	پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
10.32	28.91	2.9	6.2	1.34	1.4	3

کشت مرزنجوش به وسیله تکثیر رویشی انجام شد. بوته‌های چهارساله مرزنجوش از یک کلونی از روستای درب رز بخش خضرآباد شهرستان صدوق یزد تهیه شد. بعد از تعدیل دما در 17 فروردین‌ماه 1392، بوته‌های تقسیم‌شده مرزنجوش به زمین اصلی با فواصل 50 سانتی‌متر بین ردیف و 20 سانتی‌متر روی ردیف به روش کشت جوی و پشته به داخل هر کرت آزمایشی (5×2 متر) انتقال داده شد (Omidbaigi, 1997). تمامی کود آزوکمپوست و یک سوم از کود شیمیایی اوره هم‌زمان با کشت به کرت‌های مربوطه اضافه و دو سوم باقیمانده کود نیتروژن در ابتدای ساقه دهی استفاده شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا آخر فصل رشد به روش نشتی و هفت روز یک‌بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز که غالباً پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)، اویارسلام (*Cyperus spp.*) و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) بودند در سه نوبت توسط وجین دستی انجام گرفت.

مراحل رشدی گیاه بر اساس رسیدن 50 درصد گیاهان مورد نظر به یک مرحله رشدی مشخص تعیین شد. در نیمی از هر واحد آزمایشی (2×2/5 مترمربع) پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله ارتفاع بوته و قطر تاج بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد گل، وزن خشک گل، وزن خشک برگ و سطح برگ در هر بوته اندازه‌گیری شد. ارتفاع و قطر تاج بوته با استفاده از خط‌کش و وزن خشک گل‌ها و برگ‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم تعیین شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (مدل LI-COR) استفاده گردید. پیکر رویشی بعد از برداشت (23 تیرماه سال 1392) در زمان گل‌دهی جهت تعیین مواد مؤثره به آزمایشگاه انتقال داده شد. اسانس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر از 40 گرم پیکر رویشی خشک‌شده که در مرحله‌ی گل‌دهی کامل جمع‌آوری شده بود به روش تقطیر با بخار آب استخراج و اندازه‌گیری شدند (Omidbaigi, 2006). سپس عملکرد اقتصادی پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت در سطحی معادل 1/5 مترمربع محاسبه و عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد محصول در درصد اسانس به دست آمد.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.2 و مقایسه‌ی میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی آزوکمپوست بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده مرزنجوش به جز شاخص برداشت و درصد اسانس معنی‌دار بود ($p\leq0.05$) (جدول 3). اثرات دوگانه برای تمامی صفات به جز درصد اسانس مرزنجوش معنی‌دار بود (جدول 3).

بررسی اثرات ساده سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه مرزنجوش

با توجه به جدول 4، سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر متفاوتی بر خصوصیات کمی و کیفی مرزنجوش داشتند، به طوری‌که کاربرد سطح 40 کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز قطر تاج گیاه، شاخص برداشت و درصد اسانس دارای بیشترین مقدار معنی‌دار بود.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه مرزنجوش وحشی در پاسخ به کود آزوکمپوست و اوره

Table 3- **Analysis of variance (mean square) some of quantitative and qualitative characteristics wild marjoram in response to azocompost and urea**

تعداد گل در بوته Number of flower	تعداد شاخه‌های جانبی Number of branch	قطر تاج گیاه Canopy area	ارتفاع بوته Height	منابع تغییرات S.O.V
6909.35**	3151.08**	13.79**	46.52**	اوره Urea
6562.01**	2976.70**	19.90**	44.52**	آزوکمپوست Azocompost
3174.12**	1439.92**	27.40**	21.53**	اوره×آزوکمپوست Urea*Azocompost
260.48	122.40	2.45	1.68	خطا Error
4.93	4.97	6.78	4.87	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

سطح برگ در هر مترمربع Leaf area index	وزن خشک برگ Dry weight of leaf	وزن خشک گل Dry weight of flower	وزن خشک کل پیکر رویشی Total dry weight	
0.05**	43243.02**	40900.71**	159034.71**	اوره Urea
0.05**	31364.97**	29162.37**	140049.06**	آزوکمپوست Azocompost
0.02**	17518.80**	16599.20**	77721.39**	اوره×آزوکمپوست Urea*Azocompost
0.00	1917.50	1770.26	10574.04	خطا Error
4.5	5.47	5.11	5.55	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Essential oil	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد اقتصادی Economic yield	
68.21**	0.00ns	9.54ns	168127.87**	اوره Urea
105.71**	0.10**	11.27ns	121012.01**	آزوکمپوست Azocompost
25.85**	0.01ns	12.98*	68009.39**	اوره×آزوکمپوست Urea*Azocompost
4.36	0.00	4.44	7139.00	خطا Error
7.84	4.61	2.40	7.14	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

*, ** and ns: significant at the level 0.05, 0.01 and not significant, respectively.

در مورد ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل در بوته، وزن خشک گل، وزن خشک برگ و عملکرد اقتصادی سطح 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و سطح صفر با 15 درصد اختلاف معنی‌دار به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را داشتند (جدول 4). عامری و نصیری محلاتی (Ameri & Nasiri Mahalati 2008) با بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر میزان تولید گل و مواد مؤثره در گیاه دارویی همیشه‌بهار معنی‌دار بودن اثر کود نیتروژن بر این گیاه را گزارش کردند.

کاربرد 40 و 120 کیلوگرم نیتروژن با تولید بیشترین قطر تاج گیاه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در خصوص وزن خشک کل پیکر رویشی تیمار 40 کیلوگرم در هکتار با 12 درصد اختلاف نسبت به شاهد، از بیشترین میزان برخوردار بود.

گیاهان تیمار شده با 40 کیلوگرم نیتروژن با اختلاف 17 درصد نسبت به شاهد دارای بیشترین سطح برگ در مترمربع بودند (جدول 4). سوتیروپلو و کارامونوس (Sotiropoulou & Karamanos,

2010) با بررسی چهار سطح نیتروژن صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم در هکتار نشان دادند که کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری بر عملکرد رویشی *O. vulgare* L. تأثیر داشت و میزان 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب رشد بهینه گیاه و سبب بهبود عملکرد شد.

کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی اوره تأثیری بر شاخص برداشت و درصد اسانس گیاه نداشت. با توجه به تحقیقات عزیزی و همکاران (Aziz et al. 2009) کاربرد مقادیر بالای نیتروژن باعث کاهش درصد اسانس در گیاه مرزنجوش وحشی شد. در این رابطه آن‌ها اذعان داشتند، نیتروژن زیاد به علت افزایش اندازه‌ی سلول‌های حاوی اسانس و کاهش غلظت اسانس در اندام‌های گیاهی باعث کاهش درصد اسانس می‌شود. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین به دست آمده است (Boyle et al., 1991; Baranauskene et al., 2003; Omer, 1999).

گیاهان تیمار شده با 40 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار با اختلاف 17 درصدی نسبت به گیاهان تیمار شده با صفر، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد اسانس در هکتار بودند (جدول 4).

بر اساس نتایج موجود در جدول 5 اثرات ساده کاربرد سطوح مختلف آزوکمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی مرزنجوش معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). در مورد ارتفاع بوته گیاهان تحت تیمار با 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص آزوکمپوست با 17 درصد اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد از بیشترین ارتفاع برخوردار بودند. قطر تاج بوته در شاهد با 21/33 سانتی‌متر از کمترین مقدار نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. گیاهان تیمار شده با 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص آلی به ترتیب با 11 و 15 درصد نسبت به شاهد از بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته برخوردار بودند (جدول 5).

جدول 4- مقایسه میانگین خصوصیات کمی و کیفی مورد مطالعه گیاه مرزنجوش وحشی تحت سطوح مختلف کود اوره

Table 4- Mean Comparison of quantitative and qualitative traits of wild marjoram in response to urea

سطوح مختلف نیتروژن Different levels of nitrogen	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)
n_0*	24.75^{c}**	21.75^{c}	206.88^{c}	304.43^{c}
n_1	29.33^{a}	23.58^{ab}	244.44^{a}	360.14^{a}
n_2	25.75^{bc}	22.83^{bc}	214.58^{bc}	316.15^{bc}
n_3	26.75^{b}	24.25^{a}	222.91^{b}	328.43^{b}

	وزن خشک کل پیکر رویشی (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight (kg.ha^{-1})	**وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower (kg.ha^{-1})**	**وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf (kg.ha^{-1})**	**سطح برگ در هر مترمربع Leaf area index**
n_0	1762.83^{b}	775.82^{c}	754.58^{c}	0.87^{c}
n_1	2016.43^{a}	904.17^{a}	883.42^{a}	1.04^{a}
n_2	1782.98^{b}	785.68^{c}	757.67^{c}	0.91^{bc}
n_3	1848.90^{b}	827.22^{b}	800.83^{b}	0.95^{b}

	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg.ha^{-1})	**شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)**	**درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)**	**عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha^{-1})**
n_0	1530.40^{c}	86.94^{a}	1.63^{a}	25.12^{b}
n_1	1787.59^{a}	88.47^{a}	1.67^{a}	30.10^{a}
n_2	1543.34^{c}	86.61^{a}	1.62^{a}	25.02^{b}
n_3	1628.05^{b}	88.09^{a}	1.61^{a}	26.21^{b}

* (n_0، n_1، n_2 و n_3: به ترتیب سطوح صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (n_0, n_1, n_2 and n_3 are four levels of urea: 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

گیاهان تیمار شده با 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن آزوکمپوست و شاهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن خشک کل پیکر رویشی، وزن خشک گل و برگ برخوردار بودند. گیاهان تحت تیمار با 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و گیاهان شاهد با اختلاف 16 سانتی‌مترمربع سطح برگ از یکدیگر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سطح برگ بودند (جدول 5).

گیاهان تیمارشده با 40 و 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی بیشترین عملکرد اقتصادی را داشتند و گیاهان تیمار شده با 120 کیلوگرم نیتروژن آلی و شاهد دارای کمترین عملکرد اقتصادی بودند (جدول 5).

تیمارهای 0، 40 و 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی بیشترین تأثیر را بر شاخص برداشت داشتند درحالی‌که گیاهان تیمار شده با 120 کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی از کمترین مقدار برخوردار بود. با افزایش مقادیر کود آلی آزوکمپوست درصد اسانس افزایش یافت به طوری که گیاهان تحت تیمار با 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن آلی با اختلاف 10 درصد نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند (جدول 5). از لحاظ عملکرد اسانس گیاهان شاهد به ترتیب با کاهش 6/5 کیلوگرم در هکتار اسانس (22 درصد) و 5/6 کیلوگرم در هکتار اسانس (20 درصد) نسبت به تیمارهای 80 و 120 کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی از کمترین عملکرد برخوردار بودند (جدول 5). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) استفاده از آزوکمپوست را به دلیل بهبود شرایط خاک، تأمین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و سایر ریزمغذی‌ها، رشد بهتر ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی را باعث افزایش ارتفاع گیاه بادرشبی دانستند.

جدول 5- مقایسه میانگین خصوصیات کمی و کیفی مورد مطالعه گیاه مرزنجوش وحشی تحت سطوح مختلف کود آزوکمپوست

Table 5- Mean Comparison of quantitative and qualitative traits of wild marjoram in response to azocompost

تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	سطوح مختلف آزوکمپوست different levels of azocompost
294.20^{c}	199.94^{c}	21.33^{b}	23.91^{c}**	a_0*
330.47^{b}	224.30^{b}	23.41^{a}	26.91^{b}	a_1
348.89^{a}	236.80^{a}	24.41^{a}	28.41^{a}	a_2
335.59^{ab}	227.77^{ab}	23.25^{a}	27.33^{b}	a_3

سطح برگ در هر مترمربع Leaf area index	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کل پیکر رویشی (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	
0.84^{c}	725.83^{b}	752.36^{b}	1692.84^{b}	a_0
0.95^{b}	807.17^{a}	831.36^{a}	1881.58^{a}	a_1
1.00^{a}	843.50^{a}	865.45^{a}	1918.42^{a}	a_2
0.97^{b}	820.00^{a}	843.71^{a}	1918.29^{a}	a_3

عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield ($kg.ha^{-1}$)	
22.87^{c}	1.54^{b}	87.34^{ab}	1478.20^{b}	a_0
25.64^{b}	1.56^{b}	87.10^{ab}	1638.53^{a}	a_1
29.41^{a}	1.71^{a}	88.94^{a}	1708.95^{a}	a_2
28.53^{a}	1.71^{a}	86.74^{b}	1663.71^{b}	a_3

* (a_0، a_1، a_2 و a_3: به ترتیب سطوح صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (a0, a1, a2 and a3 are four levels of azocompost: 0, 40, 80 and 120 kg $N.ha^{-1}$).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

غریب و همکاران (Gharib et al. 2008) نشان دادند که کاربرد کودهای آلی ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن تر و خشک پیکر رویشی گیاه و در نهایت، درصد اسانس گیاه مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) را افزایش داد.

بررسی اثرات متقابل سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی آزوکمپوست بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه مرزنجوش

ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته در گیاهان تیمار شده با n_1a_2 و تیمار شاهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر بودند (جدول 6). به نظر می‌رسد که بهبود خواص کمی در گیاهان تیمار شده با ترکیب دو کود آلی و شیمیایی به سبب استفاده از آزوکمپوست در تأمین مناسب عناصر غذایی و جلوگیری از آب شویی کود اوره، باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته شد (Yousefzadeh et al., 2013).

با توجه به جدول 6 افزایش سطوح کود نیتروژن و سطوح کود آزوکمپوست از صفر تا 120 کیلوگرم در هکتار به ترتیب موجب افزایش 33 و 39 درصد در ارتفاع گیاهان شد، لذا کاربرد آزوکمپوست به تنهایی نتایج بهتری نسبت به کود شیمیایی نیتروژن داشت. در مورد قطر تاج بوته سطوح کود نیتروژن شیمیایی 40، 80 و 120 بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نسبت به تیمار شاهد برتری داشتند. افزایش سطح کود آلی آزوکمپوست نیز سبب افزایش معنی‌دار قطر تاج بوته شد به طوری که تیمارهای n_0a_2 و n_0a_3 نسبت به دو تیمار دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بودند. گیاهان تیمار شده با n_1a_2 به ترتیب با افزایش معنی‌دار 45 و 46 درصدی نسبت به شاهد از تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته بیشتری برخوردار بودند. گیاهان تیمار شده با 40، 80 و 120 کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن به ترتیب با 28، 28 و 33 درصد نسبت به شاهد دارای تعداد گل در بوته بیشتری بودند، درحالی‌که برای همین سطوح 40، 80 و 120 کیلوگرم کود آلی آزوکمپوست افزایش تعداد گل در بوته به ترتیب برابر با 26، 33 و 38 درصد بود.

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود اوره (n) و آزوکمپوست (a) بر ارتفاع بوته، قطر تاج گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته گیاه مرزنجوش وحشی

Table 6- Mean Comparison of interactions of urea (n) and azocompost (a) on height, canopy, number of branch and number of flower of wild marjoram

تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	تیمار Treatment
223.24^{f}	152.55^{f}	14.00^{d}	18.00^{f}**	n_0a_0*
302.85^{e}	205.55^{e}	21.33^{c}	24.66^{e}	n_0a_1
331.50^{cde}	225.00^{cde}	26.00^{a}	27.00^{cde}	n_0a_2
360.15^{bc}	244.44^{bc}	25.66^{a}	29.33^{bc}	n_0a_3
311.04^{de}	211.11^{de}	23.00^{abc}	25.33^{de}	n_1a_0
356.06^{bc}	241.66^{bc}	24.66^{ab}	29.00^{bc}	n_1a_1
409.26^{a}	277.77^{a}	24.66^{ab}	33.33^{a}	n_1a_2
364.24^{b}	247.22^{b}	22.00^{bc}	29.66^{b}	n_1a_3
311.04^{de}	211.11^{de}	23.66^{abc}	25.33^{de}	n_2a_0
331.50^{cde}	225.00^{cde}	23.00^{abc}	27.00^{cde}	n_2a_1
315.13^{de}	213.88^{de}	22.33^{bc}	25.66^{de}	n_2a_2
306.94^{e}	208.33^{e}	22.33^{bc}	25.00^{e}	n_2a_3
331.50^{cde}	225.00^{cde}	24.66^{ab}	27.00^{cde}	n_3a_0
331.50^{cde}	225.00^{cde}	24.66^{ab}	27.00^{cde}	n_3a_1
339.69^{bcd}	230.55^{bcd}	24.66^{ab}	27.66^{bcd}	n_3a_2
311.04^{de}	211.11^{de}	23.00^{abc}	25.33^{de}	n_3a_3

* (n_0-a_0، n_1-a_1، n_2-a_2 و n_3-a_3 به ترتیب سطوح صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (n_0-a_0, n_1-a_1, n_2-a_2 and n_3-a_3 are four levels of 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

لذا سطوح 80 و 120 کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی به انـدازه 5 درصد نسبت به کود شیمیایی برتری داشتند (جـدول 6). مطـابق بـا نتایج این تحقیق خندان (Khandan, 2004) نشان داد که استفاده از کود آلی کمپوست نتایج بهتـر و معنـی‌داری نسـبت بـه تیمـار کـود شیمیایی بر خواص کمی گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* L.) داشت. در آزمایشی دیگر طهماسبی سروستانی (Tahmasebi Sarvestani, 2011) گزارش کردند که اثر تیمار تغذیه تلفیقی آزوکمپوست و اوره بر عملکرد کلزا نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. از آنجایی که کـود نیتروژن باعث افزایش میـزان فتوسـنتز و در نتیجـه افـزایش ذخیـره کربوهیدرات گیاه می‌شود، کاربرد ایـن گونـه کودهـا باعـث افـزایش عملکرد گیاه می‌شود (Franz, 1983). به نظر می‌رسد کاهش عملکرد به سبب مصرف مقادیر بالای نیتروژن خالص در هکتـار احتمـالاً بـه دلیل تنش املاح باشد (Alizadeh Sahzabi et al., 2007). ظـاهراً استفاده از کودهای آلی به سبب افزایش هوموس و مواد آلـی خـاک، ویتامین‌ها، هورمون‌ها، و آنزیم های گیاهی که در کودهای شیمیایی وجود ندارند، را در خاک افزایش داده و بدین ترتیـب سـبب افـزایش کمیت و کیفیت محصول شده است (Alam, 2004).

از لحاظ وزن کل پیکر رویشی گیاهان تیمار شده با n_1a_2 بـا 37 درصد بیشتر نسبت به تیمار عدم کاربرد کود دارای تفـاوت معنـی‌دار بودنـد (جـدول 7). افـزایش سـطح کـود شـیمیایی نیتـروژن و کـود آزوکمپوست از صفر تا 120 کیلوگرم نیتروژن به ترتیب با 26 درصد و 34 درصد موجب افزایش وزن خشک کل گیاه شدند. به طـوری کـه تیمار n_3a_0 با 10 درصد کمتر نسبت به تیمار n_0a_3 به انـدازه 210/69 کیلـوگرم در هکتـار مـاده خشـک کمتـری تولیـد کـرد (جـدول 7). سوتیروپلو و کارامونوس (Sotiropoulou & Karamanos, 2010) با بررسی چهار سطح نیتروژن صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم در هکتـار گزارش مشابه با این تحقیق را نشان دادند به طوری آن‌ها نشان دادند که کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری بر عملکرد رویشی *O. vulgare* L. تأثیر داشت. گیاهان تحت تیمار با n_1a_2 با 40 درصد وزن خشـک گل بیشتر نسبت به شاهد از بیشترین مقدار برخـوردار بـود. گیاهـان تیمار شده با سـطوح 80 و 120 کیلـوگرم در هکتـار آزوکمپوسـت در مقایسه با سطوح 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن شیمیایی به ترتیـب از 51/63 و 65/98 کیلوگرم در هکتار وزن خشک گل بیشتری برخوردار بود، درحالی‌که تیمار 40 کیلوگرم نیتروژن آلی نسبت به همان سطح کود شیمیایی سبب تولید 23/77 کیلوگرم در هکتار وزن خشک گـل کمتری شد (جدول 7).

تیمار n_1a_2 با تولید 420 کیلوگرم در هکتـار وزن خشـک بـرگ بیشتر نسبت به شاهد از بیشترین تأثیر معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. کاربرد 120 کیلوگرم در هکتار نیتروژن شـیمیایی و 80 کیلوگرم نیتروژن آلی بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر سـبب تولید مقادیر یکسان وزن خشک برگ شدند. اثر متقابـل دوگانـه 40 کیلوگرم کود نیتروژن و 80 کیلوگرم کود آزوکمپوست بـا 47 درصـد اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد سبب تولید بیشترین سطح برگ در مترمربع شد (جدول 7).

محفوظ و شریف الدین (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007) نشان دادند که کاربرد کودهای بیولوژیک به صورت تلفیـق بـا کـود شیمیایی در مقایسه با شاهد شیمیایی رشد رویشـی و عملکـرد مـاده خشـک گیـاه دارویـی رازیانـه (*Foeniculum vulgare* Mill.) را افزایش داد. در تحقیقی دیگر تأثیر کودهای آلی بـر رشـد و عملکـرد گیاه دارویی مرزنجوش بسـتانی بررسـی شـد، نتـایج نشـان داد کـه کودهای زیستی سبب افزایش طول ساقه، وزن ریشـه، تعـداد بـرگ، تعداد گره و وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد (تیمار بدون کـود) شد (Banchio et al., 2008) و علت افـزایش رشـد بهبـود شـرایط فیزیکی خاک عنوان شد. ظاهراً در ایـن تحقیـق نیـز کودهـای آلـی کمپوست با بهبود خصوصیات خاک و جلوگیری از آبشویی کـود اوره سبب بهبود خواص کمی گیاه مرزنجوش شد.

اثر متقابـل n_1a_2 بـا تولیـد 825/6 کیلـوگرم در هکتـار عملکـرد اقتصادی بیشتر نسبت به شاهد دارای بیشـترین تـأثیر معنـی‌دار بـود (جدول 8). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) با کاربرد منابع نیتروژنی 100% اوره، 75% اوره+ 25% آزوکمپوست، 50% اوره+ 50% آزوکمپوسـت، 25% اوره+ 75% آزوکمپوسـت و 100% آزوکمپوست بر گیاه دارویی بادرشـبی گـزارش کردنـد کـه عملکـرد مطلوب از تیمار 50% اوره+ 50% آزوکمپوست حاصل شد. در آزمایشی دیگـر طهماسـبی سروسـتانی و مصـطفوی راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad 2011) گزارش کردند که اثر تیمار تغذیه تلفیقی آزوکمپوست و اوره بر عملکـرد کلـزا نسـبت بـه سـایر تیمارها برتری داشت.

جدول 7- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود اوره (n) و آزوکمپوست (a) بر وزن خشک کل پیکر رویشی، وزن خشک گل، وزن خشک برگ و سطح برگ در هر مترمربع گیاه مرزنجوش وحشی

Table 7- Mean Comparison of interactions of urea (n) and azocompost (a) on total dry weight, dry weight of flower, dry weight of leaf and leaf are index of wild marjoram

تیمار Treatment	وزن خشک کل پیکر رویشی (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf ($kg.ha^{-1}$)	شاخص سطح برگ Leaf area index
n_0a_0*	1366.67^{g}**	609.18^{g}	590.00^{e}	0.63^{f}
n_0a_1	1725.87^{ef}	760.93^{ef}	738.33^{d}	0.87^{e}
n_0a_2	1889.15^{bcdef}	836.33^{cde}	810.00^{bcd}	0.95^{cde}
n_0a_3	2069.63^{ab}	896.86^{bc}	880.00^{b}	1.04^{bc}
n_1a_0	1808.88^{def}	784.70^{def}	760.00^{cd}	0.90^{de}
n_1a_1	2037.54^{abc}	898.28^{bc}	873.67^{b}	1.03^{bc}
n_1a_2	2153.33^{a}	1014.78^{a}	1010.00^{a}	1.18^{a}
n_1a_3	2065.95^{ab}	918.93^{b}	890.00^{b}	1.05^{b}
n_2a_0	1736.86^{def}	784.70^{def}	743.33^{cd}	0.90^{de}
n_2a_1	1905.44^{bcde}	829.91^{cdef}	810.00^{bcd}	0.95^{cde}
n_2a_2	1702.03^{f}	753.73^{f}	727.33^{d}	0.91^{de}
n_2a_3	1787.58^{def}	774.38^{ef}	750.00^{cd}	0.88^{e}
n_3a_0	1858.94^{cdef}	830.88^{cdef}	810.00^{bcd}	0.95^{cde}
n_3a_1	1857.46^{cdef}	836.33^{cde}	806.67^{bcd}	0.95^{cde}
n_3a_2	1929.19^{bcd}	856.98^{bcd}	826.67^{bc}	0.98^{bcd}
n_3a_3	1750.00^{def}	784.70^{def}	760.00^{cd}	0.90^{de}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

** (n_0-a_0، n_1-a_1، n_2-a_2 و n_3-a_3 به ترتیب سطوح صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

* (n_0-a_0, n_1-a_1, n_2-a_2 and n_3-a_3 are four levels of 0, 40, 80 and 120 kg $N.ha^{-1}$).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

با افزایش سطوح آزوکمپوست از صفر به 120 کیلوگرم نیتروژن افزایش عملکرد اقتصادی برابر با 577/68 بود درحالی‌که افزایش سطوح کود شیمیایی نیتروژن از صفر به 120 کیلوگرم سبب افزایش 441/7 کیلوگرم عملکرد اقتصادی شد (جدول 8).

گیاهان تیمار شده با n_1a_2 با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها از بیشترین شاخص برداشت برخوردار بودند. و شاخص برداشت در سایر تیمارها بدون اختلاف معنی‌دار از یکدیگر بودند. گیاهان تیمار شده با n_0a_2، n_0a_3، n_1a_2، n_1a_3، n_2a_2 و n_3a_3 با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین درصد اسانس بودند. افزایش سطوح آزوکمپوست سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس نسبت به سطوح کود شیمیایی شد. به طوری که سطوح 80 و 120 آزوکمپوست با اختلاف معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر سبب افزایش درصد اسانس شدند اما در خصوص تیمار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری بین هیچ‌کدام از تیمارها مشاهده نشد، هرچند که با افزایش سطوح نیتروژن در هر دو نوع کود به 120 کیلوگرم در هکتار مقدار اسانس کاهش یافت (جدول 8). عزیزی و همکاران (Aziz et al. 2009) نیز کاربرد مقادیر بالای نیتروژن را سبب کاهش درصد اسانس در گیاه مرزنجوش وحشی دانستند.

گیاهان تحت تیمار با n_1a_2 و n_1a_3 با بیشترین عملکرد اسانس نسبت به سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول 8). راجاسوارا (Rajeswara, 2001) گزارش کرد که کاربرد 15 تن کود آلی در گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon citrates* L.) پیکر رویشی و درصد اسانس را به ترتیب 10/7 و 10/3 نسبت به شاهد افزایش داد. او اظهار داشت بهبود ظرفیت نگهداری آب و تأمین عناصر غذایی توسط کود آلی دلیل افزایش عملکرد اندام هوایی و درصد در این گیاه بوده است. همچنین او اذعان داشت بیشترین عملکرد رویشی و درصد اسانس از کاربرد تلفیقی 15 تن کود دامی و 80 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد. هنداوی (Hendawy, 2008) نشان داد در گیاه دارویی بارهنگ (*Plantago arenaria* L.) کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی (NPK) با کمپوست بیشترین تعداد شاخه‌ی گل دهنده را تولید کرد. کاربرد منابع نیتروژنی 50% اوره+50% آزوکمپوست بر گیاه دارویی بادرشبی سبب تولید اسانس مطلوب شد (Yousefzadeh et al., 2013). همچنین طهماسبی سروستانی و مصطفوی راد (Tahmasebi Sarvestani &

Mostafavi Rad 2011) در مطالعه‌ای با کاربرد منابع نیتروژن شامل آزوکمپوست، 50% آزوکمپوست+ 50% اوره و اوره بر ارقام کلزا (*Brassics napus* L.)، افزایش کیفیت روغن دانه‌های کلزا تحت تیمار آزوکمپوست را گزارش کردند.

نیتروژن یکی از عناصر غذایی بسیار مهم برای رشد گیاهان بوده و مطالعاتی دقیقی روی این موضوع انجام شده است. بریمانی (Barimani, 1997) با کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن در گیاه دارویی بادرشبی گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد پیکر رویشی گیاه شد و نیتروژن را عامل تشدید مسیرهای متابولیکی سنتز اجزا و ترکیبات سازنده‌ی اسانس دانستند.

نتایج ضرایب همبستگی

محاسبهٔ ضرایب همبستگی نشان داد که بیشترین همبستگی متعلق به ارتفاع بوته با تعداد شاخه‌های جانی و تعداد گل در بوته ($r=0/99^{**}$) و نیز وزن خشک گل و وزن خشک برگ با عملکرد اقتصادی ($r=0/99^{**}$) بود (جدول 9). همچنین از بین صفات کمی مورد مطالعه تعداد شاخه‌های جانبی ($r=0/98^{**}$)، سطح برگ ($r=0/97^{**}$) و ارتفاع بوته ($r=0/96^{**}$) بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد اقتصادی را داشتند (جدول 9) که نشانگر اهمیت این صفات در تعیین عملکرد نهایی است.

با توجه به جدول 9 مشاهده می‌شود که ارتفاع بوته با تمامی صفات به جز درصد اسانس و شاخص برداشت همبستگی بالایی داشت. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع بوته در این گیاه می‌توان به عملکرد اقتصادی، عملکرد اسانس بیشتری دست یافت هر چند که نقش تعداد شاخه‌های جانبی در عملکرد دانه و عملکرد اسانس قابل چشم‌پوشی نیست.

از بین صفات کیفی وزن خشک گل، وزن خشک برگ و تعداد گل در بوته نسبت به سایر صفات همبستگی بالاتری با درصد اسانس داشتند که حاکی از نقش این صفات در افزایش میزان اسانس گیاه است.

جدول 8- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود اوره (n) و آزوکمپوست (a) بر عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه مرزنجوش وحشی

Table 8- Mean Comparison of interactions of urea (n) and azocompost (a) on economic yield, harvest index, essential oil and yield of essential oil of wild marjoram

تیمار Treatment	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha^{-1})
n_0a_0*	1199.18^{g}**	87.74^{b}	1.51^{e}	18.19^{g}
n_0a_1	1499.26^{ef}	86.87^{b}	1.57^{de}	23.60^{f}
n_0a_2	1646.33^{cde}	87.23^{b}	1.75^{ab}	28.80^{cd}
n_0a_3	1776.86^{bc}	85.94^{b}	1.68^{abcd}	29.90^{bc}
n_1a_0	1544.70^{def}	85.39^{b}	1.53^{e}	23.60^{f}
n_1a_1	1771.94^{bc}	86.96^{b}	1.56^{de}	27.75^{cde}
n_1a_2	2024.78^{a}	94.02^{a}	1.78^{a}	36.10^{a}
n_1a_3	1808.93^{b}	87.52^{b}	1.81^{a}	32.86^{ab}
n_2a_0	1528.03^{def}	88.00^{b}	1.60^{cde}	24.46^{ef}
n_2a_1	1639.91^{cdef}	86.08^{b}	1.58^{de}	26.01^{cdef}
n_2a_2	1481.06^{f}	87.10^{b}	1.69^{abcd}	25.10^{def}
n_2a_3	1524.38^{def}	85.27^{b}	1.60^{cde}	24.52^{ef}
n_3a_0	1640.88^{cdef}	88.25^{b}	1.53^{e}	25.18^{def}
n_3a_1	1642.99^{cdef}	88.50^{b}	1.53^{e}	25.19^{def}
n3a2	1683.64^{bcd}	87.39^{b}	1.64^{bcde}	27.64^{cdef}
n3a3	1544.70^{def}	88.23^{b}	1.73^{abc}	26.84^{cdef}

* (a_0-n_0، a_1-n_1، a_2-n_2 و a_3- n_3 به ترتیب سطوح صفر، 40، 80 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (n_0-a_0, n_1-a_1, n_2-a_2 and n_3-a_3 are four levels of 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

جدول ۹- مقادیر ضرایب همبستگی خصوصیات کمی و کیفی مورد مطالعه در گیاه مرزنجوش وحشی

Table 9- Correlation coefficient values of quantitative and qualitative traits of wild marjoram

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (برگ و گل) Harvest index (leaf & flower)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	1											
قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	0.69**	1										
تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	0.99**	0.68**	1									
تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	0.99**	0.68**	0.97**	1								
وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	0.95**	0.69**	0.92**	0.93**	1							
وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)	0.96**	0.68**	0.97**	0.94**	0.91**	1						
وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf	0.89**	0.67**	0.96**	0.95**	0.92**	0.98**	1					
سطح برگ در هر مترمربع Leaf Area Index	0.95**	0.69**	0.98**	0.94**	0.93**	0.96**	0.95**	1				
عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield ($kg.ha^{-1}$)	0.96**	0.67**	0.98**	0.90**	0.88**	0.99**	0.99**	0.97**	1			
شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)	0.33*	−0.11ns	0.34*	0.37*	0.09ns	0.30*	0.38**	0.32*	0.36*	1		
درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	0.47**	0.23ns	0.42**	0.58**	0.45**	0.60**	0.58**	0.46**	0.47**	−0.20ns	1	
عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)	0.85**	0.50**	0.89**	0.80**	0.88**	0.91**	0.92**	0.89**	0.93**	0.36*	0.78**	1

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار

* and **: significant at the level 0.05 and 0.01, respectively. Ns: not significant.

همچنین وزن خشک برگ و وزن خشک گل همبستگی بالایی با عملکرد اسانس داشتند و با توجه به همبستگی بالای ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی با وزن خشک برگ و وزن خشک گل می‌توان با بهبود ارتفاع گیاه، عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد (جدول 9). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) با بررسی ضرایب همبستگی بین مقدار تجمع اسانس و ویژگی‌های رویشی گیاه بادرشبی نشان دادند که بین تجمع این ترکیبات و ارتفاع بوته و تعداد گل رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که امکان اجرای این تحقیق را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Alam, Q.K. 2004. Soil Fertility and its management on organic Rice cultivation in Bangladesh. 6th IFOAM- Asia Scientific Conference "Benign Environment and Safe Food" 7th–11th September. Yangpyung/ Korea.

Al-fraihat, A.H., Al-dalain, S.Y.A., and Al-rawashdeh, Z.B. 2011. Effect of organic and biofertilizers on growth, herb yield and volatile oil of marjoram plant grown in Ajloun region, Jordan. Journal of Medicinal Plants Research 5(13): 2822-2833.

Alizadeh Sahzabi, A., Sharifi Ashorabadi, E., Shirani Rad, A., and Abaszadeh, B. 2007. The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of *Satureja hortensis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(3): 416-431. (In Persian with English Summary)

Ameri, A.A., and Nasiri Mahalati, M. 2008. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of marigold (*Calendula officinalis* L.). Pajouhesh & Sazandegi (81): 133-144. (In Persian with English Summary)

Azizi, A., Yan, F., and 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.

Banchio, E., Bogino, P.C., Zygadlo, J., and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochemical Systematics and Ecology. Biochemical Systematics and Ecology 36(10): 766-771.

Baranauskiene, R., Venskutonis, P.R., Viskelis, P., and Dambrauskiene, E. 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Agriculture and Food Chemistry 51: 7751-7758.

Barimani, M. 1997. Investigating the effects of nitrogen fertilizers at different stages of plant life *Deracocephalum moldavica* L. and its production of essential oil. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Moallem University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Boyle, T.H., Craker, L.E., and Simon, J.E. 1991. Growing medium and fertilization regime influence growth and essential oil content of rosemary. Hortscience 26: 33-34.

Dordas, C. 2009. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). Industrial Crops and Products 29: 599-608.

El-ghandour, I.A., Desouky, E.M., Galal, Y.G.M., Rawahia, A., and Seer, A.M.M.A. 2009. Effect of biofertilizers and organic phosphorus amendments on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.). Academic Journal biological Science 1(1): 29-36.

Franz, C., 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulture 132: 203-216.

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

Hendawy, S.F. 2008. Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago arenaria*. Plant Journal of Applied Sciences Research 4(5): 500-506.

Khandan, A. 2005. Effect of organic and chemical fertilizers on soil chemical and physical characteristics and Isabgol. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

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

Mostaphi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani Z., Modarres Sanavy, S.A.M., and Ghalavand, A. 2010. Effect of Nitrogen Sources on Seed Yield, Fatty Acids Composition and Micro Nutrients Content in High Yielding Rapeseed (*Brassica napus* L.) Varieties. Seed and Plant Production Journal 2(4): 387-401. (In Persian)

Omer, E.A. 1999. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in a sandy soil. Journal of Plant Nutrition 22: 103-114.

Omidbigi, R. 1997. Approaches Processing Medicinal Plants. Vol. 2, Trahan Nashr publication, Tehran, Iran 196 pp. (In Persian)

Omidbigi, R. 2006. Approaches Processing Medicinal Plants. Vol. 1, Astan Ghods Razavi publisher, Mashhad, Iran. 347 pp. (In Persian)

Rajeswara, B.R. 2001. Biomass and essential oil yield of rainfed palmorosa (*Cymbopogon citrates*) (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.

Safaeikhoram, M., Jafarnia, S., and Khosrosheei, S. 2008. The world's most important medicinal plants. Integrated Agricultural Education Sabziran 386 pp. (In Persian)

Sotiropoulou, D.E., and Karamanos, A.J. 2010. Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum (Link) Ietswaart). Industrial Crops and Products 32(3): 450-457.

Tahmasebi Sarvestani, Z., and Mostafavi Rad, M. 2011. Effect of organic and inorganic nitrogen sources on quantitative and qualitative characteristics in three winter rapeseed cultivars in Arak. Electronic Journal Crop Production4 (3): 177-194. (In Persian with English Summary)

Vakili Shahrbabaki, M.A. 2008. Identification of Medicinal and Aromatic Plants. Islamic Azad University of Jiroft 3: 89. (In Persian)

Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sefidkon, F., Asgarzadeh, A., Ghalavand, A. and Sadat-Asilan, K. 2013. Effects of azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in two regions of Iran. Food Chemistry 138(2-3):1407-1413.