نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۷۲-۳۶۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 363-372

تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص‌های رشدی ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

سید محمد کاظم تهامی زرندی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*] و محسن جهان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

گسترش کشاورزی متراکم استفاده از کودهای شیمیایی باعث تخریب خصوصیات خاک و بوجود آمدن مشکلات زیست محیطی شده است. استفاده از کودهای آلی می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار مناسب جهت نگهداری و بهبود باروری خاک و افزایش بهره‌وری مصرف کود مد نظر قرار گیرد. لذا به منظور ارزیابی شاخص‌های رشدی و عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در پاسخ به کودهای آلی و شیمیایی آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمارکودی و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. تیمارها شامل کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی و شاهد بود. نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر نسبت به تیمارهای شاهد و شیمیایی شد. به تدریج در طول دورهٔ رشد گیاه و رفتن گیاه به مرحله زایشی درصد برگ کاهش و وزن خشک گل‌آذین گیاه افزایش یافت. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب در تیمارهای کود گاوی و شاهد با مقادیر ۳/۹۶ و ۲/۱۴ مشاهده شد. حداکثر سرعت رشد محصول در اغلب تیمارها در حدود ۹۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد به‌جز تیمار شاهد که دارای کمترین سرعت رشد گیاه بود و در ۷۵ روز پس از کاشت به حداکثر آن رسید. سرعت اسیمیلاسیون خالص در اکثر تیمارها پس از یک روند صعودی تا حدود ۷۵ روز پس از کاشت، تا پایان دورهٔ رشد روند نزولی دارا بود. ضمن این‌که بیشترین و کمترین سرعت اسیمیلاسیون خالص در ۷۵ روز پس از کاشت در تیمارهای کود مرغی و شیمیایی با مقادیر ۰/۴۳ و ۰/۲۵ گرم بر متر مربع در روز به‌دست آمد. در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از برتری کودهای آلی در شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده بود.

واژه‌های کلیدی: آسیمیلاسیون خالص، رشد نسبی، روند رشد، کودهای آلی

مقدمه

در عصر حاضر با وجود پیشرفت و توسعه چشمگیر کاربرد داروهای سنتزی، هنوز گیاهان دارویی و انواع مواد دارویی حاصل از آنها در مقیاس وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بطوریکه در برخی کشورها از اجزاء لاینفک سیستم دارودرمانی محسوب می‌شوند (Emad, 2008). جنس *Ocimum* متعلق به تیره نعناع بوده که اکوتیپ‌های آن تنوع مورفولوژیکی زیادی دارند. مهم‌ترین گونه‌های این جنس عبارتند از *O. gratissimum* L., *O. bacilicum* L., *O. americanum* L. و *O. micranthum* L. که در بین این گونه‌ها ریحان معمولی (*O. bacilicum* L.) بیشترین استفاده را دارد و مهم‌ترین گونه اقتصادی این جنس می‌باشد که تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کاشته می‌شود. گیاه دارویی ریحان دارای سابقه کشت ۳۰۰۰ ساله بوده و از دیرباز توسط مردم آسیا و اروپا در مراسم سنتی و مذهبی به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه استفاده می‌شود. منشأ ریحان ایران، افغانستان و هند گزارش شده است. برگ ریحان و سرشاخه‌های جوان آن به‌مصرف تغذیه می‌رسد (Omidbeigi, 1997; Morratti et al., 1996). اگر هدف از کشت ریحان برداشت بذر آن باشد محصول را یکبار، زمانی که بذرهای آن کاملاً رسیده باشند برداشت می‌کنند. در این مرحله کمیت و کیفیت مواد مؤثرهٔ پیکر رویشی بسیار نامناسب است. عملکرد بذری آن ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Omidbeigi, 1997). ریحان در اکثر فارماکوپه‌ها به‌عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده است و از برگ‌ها و اسانس آن برای معالجه برخی بیماری‌ها مانند سردرد سرماخوردگی، اسهال و نارسایی کلیه استفاده می‌شود. در طب سنتی از این گیاه به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

عنوان خلط‌آور، مدر، ضد نفخ، تسکین دهنده درد معده، تب‌بر، داروی ضد مالاریا و محرک استفاده می‌شود (Morratti et al., 1996; Omidbeigi, 1997; Chalchat et al., 2008; Khalid et al., 2006).

بدون تردید کاربرد کودهای آلی و دامی به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک و حفظ کیفیت خاک و افزایش مواد آلی خاک نسبت کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مفید واقع شده و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در بلندمدت باشد (Mao et al., 2008; Lee, 2010). یکی از عوامل ضروری، جهت موفقیت در کشت گیاهان دارویی مدیریت کود می‌باشد. کاربرد صحیح عناصر و مواد غذایی، نه تنها نقش اساسی در افزایش عملکرد گیاهان دارویی دارد، بلکه در بهبود کمیت و کیفیت مواد مؤثره محصول تولید شده نیز مؤثر می باشد (Omidbeigi, 1997; Chatterjee, 2002).

گزارش شده است که به‌طور متوسط ۸۰ درصد نیتروژن، ۸۰ درصد فسفر، ۹۰ درصد پتاسیم و ۵۰ درصد ماده آلی موجود در غذای مصرف شده توسط دام، به صورت کود دفع می‌شود (Singh et al., 1987). گزارش شده است که کاربرد کودهای حاصل از گاو، بز و مرغ در نوعی تاجریزی (*Solanum retroflexum* Dun.) که یک نوع سبزی مهم در آفریقای جنوبی محسوب می‌شود، باعث افزایش زیست توده محصول نسبت با کاربرد کودهای شیمیایی شده است (Azeez et al., 2010).

به کود حاصل از هضم ضایعات آلی، از قبیل لجن فاضلاب و کود دامی توسط برخی از کرم‌های خاکی، ورمی‌کمپوست گویند (Gunadi et al., 2002). ورمی‌کمپوست دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی و همچنین بهبوددهنده تخلخل، تهویه و زهکشی خاک می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و باکتری های موجود در ریزوسفر نظیر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Padmavathiamma et al., 2008; Arancon, 2004). در مقایسه با مواد مادری اولیه، ورمی‌کمپوست‌ها دارای نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان هیومیک اسید بیشتری می‌باشند (Azizi et al., 2008). اخیراً استفاده از ورمی‌کمپوست و تورب‌های غنی‌شده (پیت) با ورمی‌کمپوست به‌عنوان جایگزینی برای تورب (پیت)، در باغبانی گزارش شده است (Raja Sekar et al., 2010).

در رابطه با تأثیر کودهای آلی بر شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان زراعی و دارویی مطالعات نسبتاً خوبی انجام شده است، هرچند که سهم گیاهان دارویی از این تحقیقات تا حد زیادی کمتر می‌باشد. در آزمایشی (Mirhashemi et al., 2010) با بررسی سطوح مختلف کود دامی بر روی گیاهان دارویی زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum – graecum* L.) گزارش کردند که بیشترین میزان تجمع مادهٔ خشک در گیاه زنیان در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در شنبلیله نیز صفات مذکور در تیمار ۲۵ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در تحقیقی دیگر (Khorramdel et al., 2008)، کاربرد کودهای بیولوژیکی باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع مادهٔ خشک و سرعت رشد محصول سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در مقایسه با شاهد شد.

با توجه به رویکردهای جدید به مقوله تولید در کشاورزی و مطرح شدن مباحث مربوط به پایداری و استفاده از نهاده‌های بهبود دهنده جنبه‌های اکولوژیک سیستم و همچنین با توجه به اهمیت و جایگاه ریحان به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم و عدم وجود اطلاعات مستند و جامع درباره واکنش خصوصیات رشدی آن تحت تأثیر مصرف انواع کودها، این آزمایش با هدف ارزیابی شاخص‌های رشدی گیاه دارویی ریحان در واکنش به مصرف کودهای آلی و شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار کودی مختلف و سه تکرار اجرا شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physico-chemical characteristics of soil before starting the experiment

بافت خاک Soil texture	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) K (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی– سیلت Loamy-silt	15.5	13.7	119	7.47	1.2

جدول ۲- مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاس موجود در کودهای آلی مورد استفاده

Table 2- The amount of nitrogen, phosphorus and potash in different used manures

کود های آلی Organic fertilizers	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorous (%)	پتاسیم (درصد) Potash (%)
کود گاوی Cow manure	0.28	0.07	0.20
کود مرغی Chicken manure	0.95	1.22	1.03
کود گوسفندی Sheep manure	0.57	0.27	0.12
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.50	1.50	1.20

تیمارها شامل کود گاوی (۳۰ تن در هکتار)، کود گوسفندی (۲۰ تن در هکتار)، کود مرغی (۱۰ تن در هکتار)، ورمی کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر ۶۰،۶۰،۷۵ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف کود) بودند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک به طور تصادفی نمونه گیری و به‌منظور تعیین میزان ماده آلی، میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و CEC به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمایش خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش در جدول ۱ آمده است. همچنین میزان عناصر غذایی پرمصرف کودهای آلی مورد استفاده، از جمله N, P, K تعیین شد (جدول ۲).

مبنای تعیین مقدار مورد نیاز از هرکدام از کودهای آلی جهت اضافه کردن به خاک درصد نیتروژن آنها بود، بدین صورت که ابتدا مقدار کود نیتروژن لازم برای ریحان ۱۱۰کیلوگرم در هکتار (در این آزمایش با توجه به نیتروژن موجود در خاک ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد، (Sifola & Barbieri, 2006; Daneshian et al., 2009) سپس براساس مقادیر نیتروژن موجود در خاک و انواع کودهای آلی ودر نظر گرفتن مقادیر آزادسازی عناصر غذایی کودهای آلی، مقادیر مورد نیاز از هر کدام از کودها تعیین و به خاک اضافه شد. در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد. حدود یک ماه قبل از کاشت تیمارهای کودهای دامی و نیز ورمی‌کمپوست به مقادیر در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه و به‌وسیله بیل دستی تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت های مورد نظر اعمال شد. کود شیمیایی نیتروژن نیز به صورت سرک در دو مرحله، در ابتدای کاشت و به صورت سرک پس از اولین چین به خاک اضافه شد. بذور ریحان که از توده بومی مشهد انتخاب شده بودند در هر کرت به فاصله شش سانتی متر روی ردیف و به عمق ۲-۱ سانتی‌متر در اردیبهشت ماه کاشته شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر هفت روز یکبار، به‌صورت جداگانه و به‌صورت نشتی انجام شد.

سبز شدن اولیه گیاه هفت روز پس از کاشت آغاز و ۱۴ روز پس از کاشت بیش از ۸۰ درصد بوته‌ها سبز شد. برای حصول تراکم مناسب، گیاهان پس از استقرار کامل در مرحله ۶-۴ برگی تنک شدند. کنترل علف های هرز توسط وجین دستی در سه نوبت انجام گرفت. به‌منظور تعیین خصوصیات رشدی ریحان در طی فصل رشد، نمونه‌برداری‌های تخریبی از ۴۵ روز پس از کاشت، به صورت هر پانزده روز یکبار، انجام و دو عامل سطح برگ و وزن خشک گیاه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت بررسی مورفولوژیکی گیاه، علاوه بر خصوصیات فوق، وزن خشک ساقه، گل و برگ به‌صورت مجزا به همراه سطح سبز[1] گیاه اندازه‌گیری شد.

نمونه‌گیری‌ها با در نظر گرفتن اثر حاشیه و به‌طور تصادفی از سطح ۰/۲ مترمربع (۵ بوته) انجام شد. پنج نمونه برداری در طول فصل رشد انجام شد. برای تعیین شاخص سطح برگ[2] از دستگاه سطح برگ سنج مدل (Li-Cor, USA) استفاده شد. برای تعیین شاخص سطح سبز[3]، به‌طور جداگانه سطح برگ، ساقه وگل آذین گیاه (اندام زایشی قبل از باز شدن گل) توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد و مجموع سطح آنها به‌عنوان سطح سبز گیاه در نظر گرفته شد (Olesen et al., 2001).

به‌منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR)[4]، سرعت رشد نسبی (RGR)[5] و سرعت جذب خالص (NAR)[6] از معادلات ۱، ۲ و ۳ استفاده شد (Sarmadnia & Koocheki, 1999).

$$CGR = \frac{W2-W1}{T2-T1}$$

معادله (۱)

1- Plant green area
2- Leaf area index (LAI)
3- Green area index (GAI)
4- Crop growth rate
5- Relative growth rate
6- Net absorption rate

$$RGR = \frac{LnW2 - LnW1}{T2 - T1}$$ معادله (۲)

$$NAR = \frac{CGR}{LAI}$$ معادله (۳)

که در این معادلات، W_1 و W_2: به ترتیب وزن خشک گیاه در نمونه گیری اول و دوم (گرم)، T_1 و T_2: به ترتیب زمان نمونه گیری اول و دوم (روز) و LAI شاخص سطح برگ گیاه می‌باشد.

پس از حذف اثر حاشیه‌ای، برداشت نهایی جهت تعین عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و شاخص برداشت، در آخر فصل رشد و زمانی که بذور گیاه کاملاً رسیده بودند، انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد (Saber et al., 2013). برای رسم شکل‌ها از نرم افزار MS-Excel Ver. 11 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین بیانگر تأثیر معنی‌دار کودهای مختلف بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر ریحان بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیکی در گیاهان تحت تیمار کود گوسفندی (۱۶/۳ تن در هکتار) حاصل شد که به‌جز کود گاوی با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین عملکرد بیولوژیکی نیز در تیمار کود شیمیایی و شاهد (۱۰/۱ تن در هکتار) مشاهده شد.

نتایج نشان‌دهندهٔ عدم تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر شاخص برداشت ریحان بود (جدول ۳). با این وجود بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب در تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی (۱۱/۹ در مقایسه ۱۰/۲ درصد) حاصل شد. تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر، و عدم تأثیر معنی‌دار بر شاخص برداشت می‌تواند بیان‌گر این مسئله باشد که این کودها باعث رشد تمام اجزاء گیاه به‌صورت توأم شده‌اند و تغییر چندانی بر نسبت رشد زایشی به رویشی نداشتند. کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده و با تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک موجب افزایش عملکرد محصول می‌شوند (Khalid et al., 2006). گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) شده است (Moradi, 2009).

شاخص سطح برگ و شاخص سطح سبز

شاخص سطح سبز در اغلب تیمارها با روندی نسبتاً یکسان به‌تدریج در طول فصل رشد افزایش یافت و در ۹۰ روز پس از کاشت به‌اوج خود رسید و در مراحل پایانی رشد گیاه به علت پیری و ریزش برگ‌ها سطح برگ کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه گیری شده گیاه ریحان در تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Mean comparison of some measured characters in basil with different fertilizer treatments.

	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
کود گاوی Cow manure	13850ab*	1443abc	10.5bc
کود گوسفندی Sheep manure	16267a	1815a	11.2bc
کود مرغی Chicken manure	12467bc	1442abc	11.5abc
ورمی‌کمپوست Vermicompost	12867bc	1525ab	11.9abc
کود شیمیایی Chemical fertilizer	10050c	1033c	10.2c
شاهد Control	10075c	1116bc	11.0bc

* در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability.

بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی و شاهد با مقادیر ۳/۹۶ و ۲/۱۴ حاصل شد. حداکثر شاخص سطح برگ در تیمارهای کود آلی حدوداً دو برابر حداکثر سطح برگ در تیمار شاهد بود (شکل ۱-A). شاخص سطح سبز نیز روندی مشابه شاخص سطح برگ داشت و پس از رسیدن به بیشترین میزان خود در ۹۰ روز پس از کاشت، در انتها روندی نزولی پیدا کرد که این نیز بیشتر متأثر از کاهش سطح برگ و زرد شدن گیاه بود. حداکثر و حداقل شاخص سطح سبز در ۹۰ روز پس از کاشت، به ترتیب در تیمارهای کود گوسفندی و شاهد با مقادیر ۶/۸۱ و ۳/۱۹ مشاهده شد. ضمن این‌که شاخص سطح سبز در گیاهان تحت تیمار کود شیمیایی کمتر از تیمارهای کود آلی بود (شکل ۱-B). بهبود شرایط محیطی برای رشد گیاه می‌تواند با افزایش سطح برگ گیاه و بهبود سریع پوشش کانوپی، کارایی محصول را در استفاده از انرژی نورانی و ساخت مواد فتوسنتزی افزایش دهد. عدم وجود عناصر غذایی و بستر رشد مناسب، با کاهش رشد رویشی گیاه سطح برگ و سطح سبز گیاه را نیز کاهش می‌دهد. عدم وجود عناصر غذایی و بستر مناسب رشد، با کاستن از رشد رویشی گیاه، سطح برگ وسطح سبز گیاه را کاهش می‌دهد. در تحقیقی مشابه، شاخص سطح برگ گیاه و زیست توده برگ تر گیاه ریحان در اثر کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (Sifola & Barbieri, 2006). همچنین گزارش شده است که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ شنبلیله به‌ترتیب با کاربرد سطوح ۲۵ و ۱۵ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Mirhashemi et al., 2010)

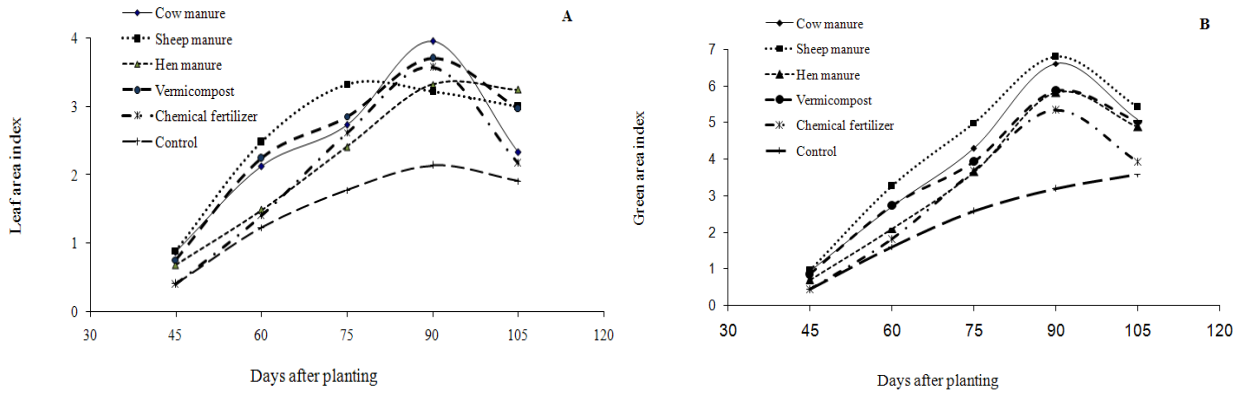
اثر تیمارهای مختلف کودی بر درصد برگ، ساقه، گل‌آذین و نسبت برگ به ساقه

درصد برگ در تمام تیمارها با روندی یکسان در طول دورهٔ نمونه‌برداری کاهش یافت و در پایان دورهٔ رشد به کمترین مقدار خود رسید. بیشترین درصد برگ با ۶۷/۹ درصد در ۴۵ روز پس از کاشت در تیمار شاهد مشاهده شد. به‌طور کلی کمتر بودن درصد برگ در تیمارهای کود آلی نسبت به شاهد و شیمیایی (شکل۲-A) می‌تواند ناشی از فراهمی بیشتر آب و مواد غذایی در محیط ریشه باشد که باعث بهبود شرایط رشد و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شده است که خود ضمن افزایش شاخص سطح برگ، شاخص سطح سبز (شکل ۱) و عملکرد بیولوژیکی گیاه (جدول ۳) و بالطبع آن کانوپی متراکم‌تر (رقابت بین بوته‌ها برای دریافت نور بیشتر) به بلوغ سریع‌تر و تولید درصد ساقه و گل آذین بیشتر منجر شد. در ۱۰۵ روز پس از کاشت به‌علت کمتر بودن درصد گل‌آذین در تیمارهای کود شیمیایی و شاهد که می‌تواند ناشی از رشد کمتر گیاهان آنها باشد، درصد ساقه در این تیمارها بیشتر از تیمارهای کود آلی شد. بیشترین و کمترین درصد ساقه در ۶۰ روز پس از کاشت به‌ترتیب در کود گوسفندی و شاهد مشاهده شد (شکل ۲-B). افزایش درصد ساقه در همهٔ تیمارها تا ۶۰ روز پس از کاشت ادامه داشت و پس از آن که تقریباً مصادف با افزایش رشد گل آذین بود، روند کاهشی به‌خود گرفت. تیمار شاهد به‌دلیل رشد رویشی و تولید ساقه و گل‌آذین کمتر نسبت به دیگر تیمارها که خود ناشی از شاخص سطح برگ کمتر و در نتیجه حجم کانوپی کمتر (عملکرد بیولوژیکی کمتر) و رقابت کمتر بین بوته ها برای دریافت نور در طول دورهٔ رشد نسبت برگ به ساقهٔ بیشتری داشت (شکل ۳-D). تا ۶۰ روز پس از کاشت که درصد ساقه روند افزایشی داشت، روند نسبت برگ به ساقه کاهشی بود و پس از آن تا روزهای پایانی رشد روند نسبتاً یکسانی را طی کرد. در آزمایشی دیگر کاربرد نوعی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک برگ، گل‌آذین، و اندام هوایی گیاه ریحان شد (Khalid et al., 2006). غنی بودن کودهای آلی از عناصر غذایی و آزادسازی آهسته و مداوم آنها باعث بهبود خصوصیات شیمیایی و ساختاری خاک شده و با بهبود شرایط جهت توسعه سیستم ریشه‌ای گسترده در خاک، در نهایت موجب افزایش رشد رویشی گیاه خواهد شد (Khalid et al., 2006). گزارش شده است که سطوح مختلف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار برگ در بوته ریحان شد، اما بر نسبت برگ به ساقه تأثیر معنی‌داری نداشت (Sifola & Barbieri, 2006).

سرعت رشد محصول (CGR)

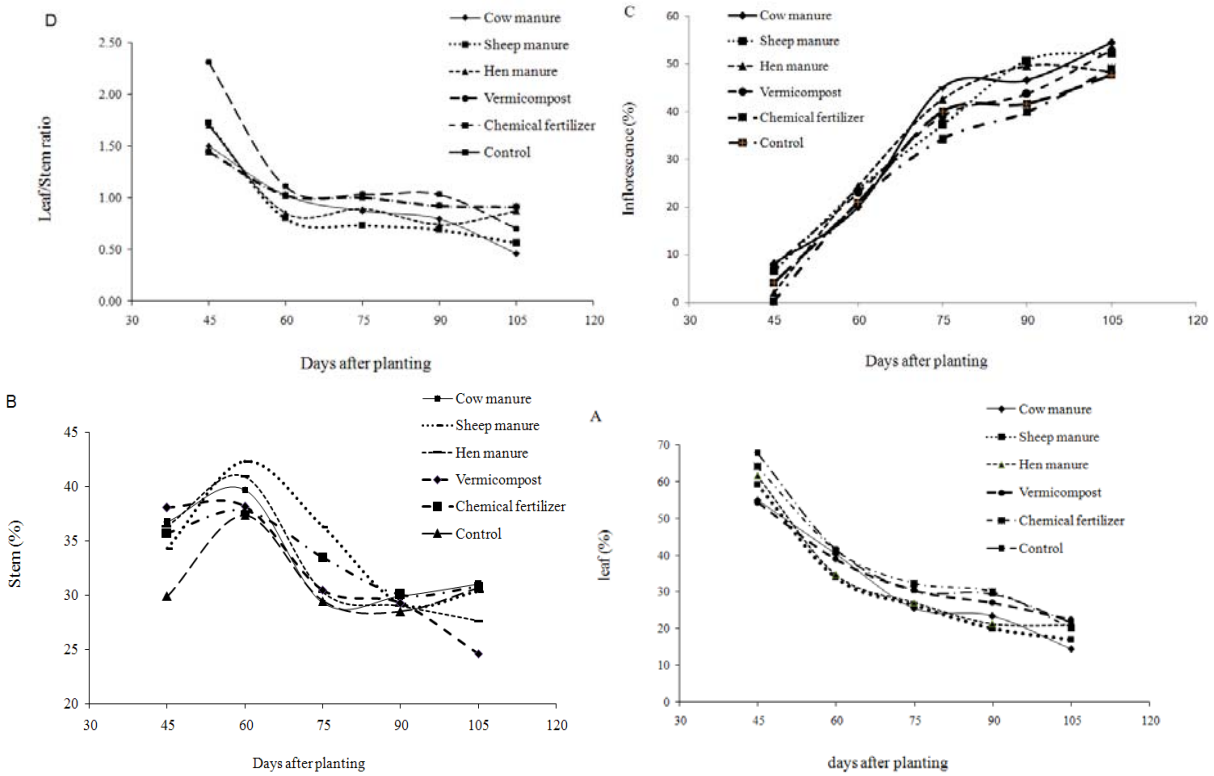
سرعت رشد محصول در تمامی تیمارهای کود آلی بیشتر از تیمار کود شیمیایی و شاهد بود و با روندی یکسان در همهٔ تیمارها تا حدود ۸۵ روز پس از کاشت افزایش یافت و بعد از آن با پیری و ریزش برگها روندی نزولی پیدا کرد (شکل ۳-A). ۹۰ روز پس از کاشت، حداکثر سرعت رشد محصول در تیمارهای شاهد و شیمیایی به‌ترتیب ۵۲ و ۲۵ درصد کمتر از تیمارهای کود مرغی و گاوی بودند که دارای بیشترین سرعت رشد محصول (۰/۹۹ گرم بر متر مربع در روز) بودند. از نکات حائز اهمیت، روند نسبتاً کندتر افزایش سرعت محصول در تیمارهای شاهد و شیمیایی بود. همچنین به اوج رسیدن سریع‌تر سرعت رشد محصول در گیاهان تحت تیمار شاهد در ۷۵ روز پس از کاشت و آغاز روند کاهشی بعد از آن، می‌تواند ناشی از تخلیه عناصر غذایی در خاک باشد. سرعت رشد محصول از پارامترهای کمی است. که بیان‌گر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد. سرعت رشد گیاه از پارامترهای کمّی است که بیان‌گر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد. افزایش سرعت رشد گیاه در یک واحد زمانی مشخص و در واحد سطح زمین، رابطهٔ مستقیم با سطح برگ، میزان دریافت تشعشع خورشید و دمای هوا دارد (Sarmadnia & Koocheki, 1999)

تأمین آب و عناصر معدنی کافی می‌تواند موجب بهبود رشد و توسعه گیاه، گسترش سطح برگ و سطح سبز، افزایش فتوسنتز خالص و نهایتاً افزایش سرعت رشد محصول شود. بروز حداکثر سرعت رشد محصول در زمانی که شاخص سطح برگ در اوج آن است به‌نوعی مؤید این مطلب می‌باشد (Maleki, 2008). استفاده از کودهای بیولوژیکی باعث افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول در گیاه دارویی سیاهدانه شد (Khorramdel et al., 2008). در آزمایشی دیگر کاربرد سطوح مختلف کود دامی، بر سرعت رشد محصول گیاه دارویی زنیان معنی‌دار بود؛ به‌طوریکه تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی دارای بالاترین سرعت رشد محصول بود و سریع‌تر از دیگر تیمارها به اوج رسید (Mirhashemi et al., 2010).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (A) و شاخص سطح سبز(B) در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از منابع کودی مختلف در ریحان

Fig. 1- Trends of leaf area index (A) and green area index (B) throughout the growing season under application of different fertilizers in the basil



شکل ۲- روند تغییرات درصد برگ (A)، ساقه (B)، گل‌آذین (C)، و نسبت برگ به ساقه (D) ریحان در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای مختلف

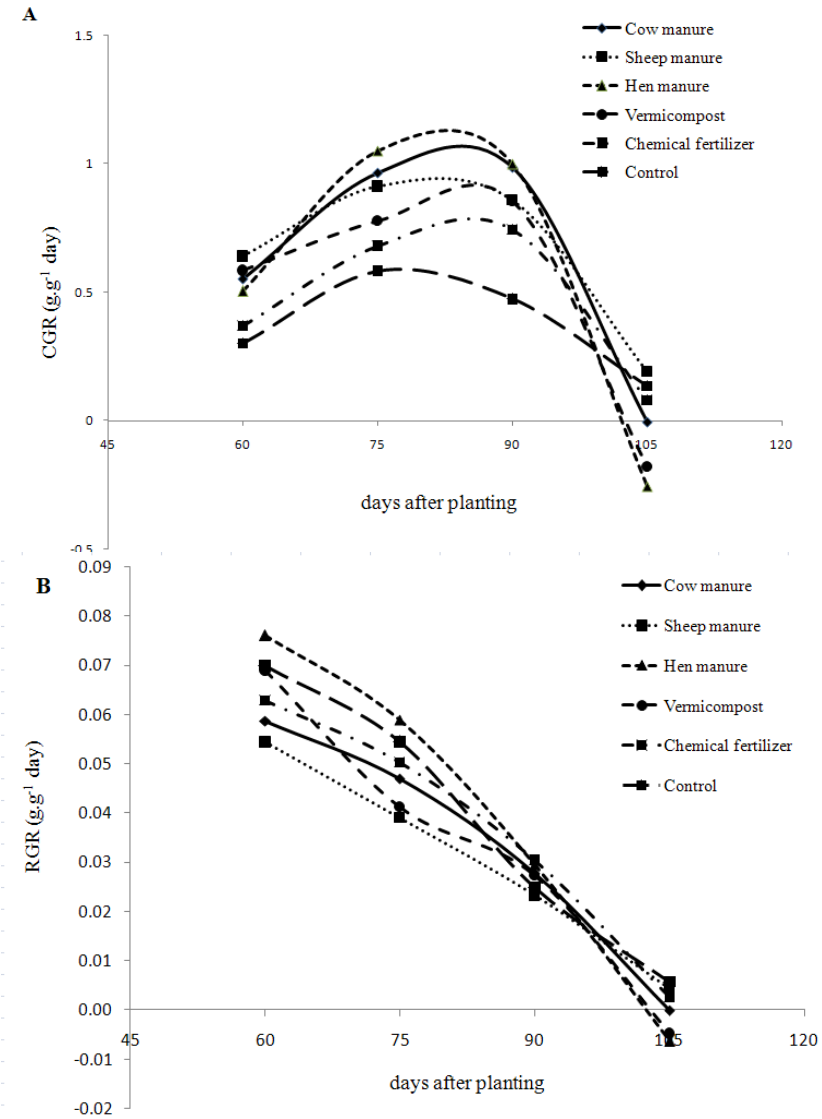
Fig. 2– Variation trends in percentage of leaf (A), stem (B), inflorescence (C), and leaf to stem ratio (D) of basil during the growing season under different fertilizer treatments

سرعت رشد نسبی (RGR)

وزن خشک اضافه شده به وزن خشک اولیه در یک فاصلهٔ زمانی معین، بیان‌کننده سرعت رشد نسبی می‌باشد که با افزایش رشد گیاه، و سایه‌اندازی برگ‌ها و قسمت‌های ساختمانی و غیر فتوسنتزی کاهش می‌یابد. در اواخر فصل رشد به‌دلیل افزایش برگ‌های پیر، سرعت رشد نسبی منفی می‌شود (Sarmadnia & Koocheki, 1999). سرعت رشد نسبی در تیمارهای مختلف با روند نسبتاً یکسانی کاهش یافته و به‌نظر می‌رسد تیمارهای کودی تأثیر قابل توجهی بر آن نداشته اند، اگرچه روند کاهش سرعت رشد نسبی در تیمارهای کود گاوی و گوسفندی تا حدی آهسته‌تر و دارای شیب کمتری می‌باشد (شکل ۳-B) تغییرات سرعت رشد نسبی نسبت به زمان حالت کاهشی دارد، ولی شیب آن بسته به عوامل محیطی و همچنین میزان عناصر غذایی متغییر می‌باشد (Karim Zadeh Asl et al., 2004)، لذا انتظار می‌رود با مصرف کودهای آلی و بهبود شرایط رشدی و تغذیه‌ای گیاه شیب سرعت رشد نسبی کاهش یابد.

سرعت جذب خالص (NAR)

همان‌گونه که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، سرعت جذب خالص در تمامی تیمارها روند نسبتاً یکسانی را دنبال کرد؛ به‌طوری که پس از یک افزایش تا حدود ۷۵ روز پس از کاشت، تا انتهای فصل رشد و با نزدیکی به رسیدگی فیزیولوژیک روندی نزولی پیدا کرد.



شکل۳- (A)روند تغییرات سرعت رشد محصول و (B) سرعت رشد نسبی ریحان در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای مختلف

Fig. 3– Variation trend of crop growth rate (A) and relative growth rate (B) of basil during the growing season under different fertilizes utilization

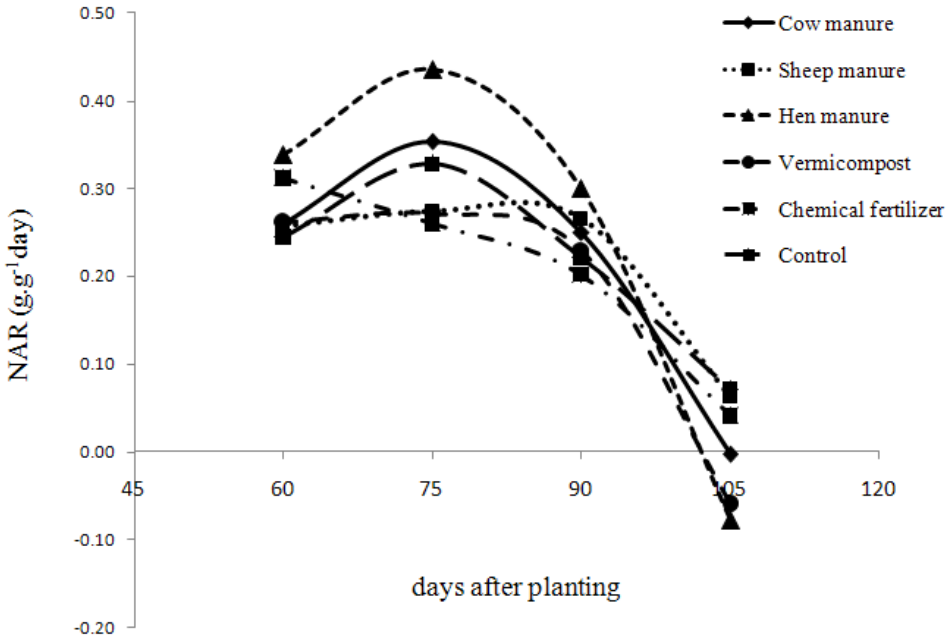
در ۷۵ روز پس از کاشت بیشترین و کمترین سرعت جذب خالص به‌ترتیب در تیمارهای کود مرغی و شیمیایی با مقادیر ۰/۴۳ و ۰/۲۵ گرم بر متر مربع در روز مشاهده شد. از نکات جالب توجه شروع سریع‌تر روند نزولی سرعت جذب خالص در تیمار شاهد بود. سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان معین را سرعت جذب خالص گویند. این عامل نیز به‌تدریج با سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر روندی نزولی پیدا می‌کند و همچنین با گذشت زمان تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Karim Zadeh Asl et al., 2004). افت نسبی سرعت جذب خالص در محیط‌های نامناسب تسریع می‌یابد، همچنین افزایش سن و اندازه گیاه و رقابت رو به فزون جهت جذب مواد غذایی، در روند آن تأثیر بسزایی دارد (Sarmadnia & Koocheki, 1999). با کاربرد کودهای بیولوژیکی در گیاه سیاهدانه مشاهده شد که سرعت جذب خالص در گیاهان شاهد کمترین مقدار بود (Khorramdel et al., 2008).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از برتری مصرف کودهای آلی بر شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد می‌باشد. تیمارهای کود مرغی و کود گاوی در صفات سرعت جذب خالص و سرعت رشد محصول بهتر از بقیه تیمارها بودند، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر نیز در تیمار کود گوسفندی بیشتر از دیگر تیمارها بود. کاربرد کودهای آلی و دامی به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات، حفظ کیفیت و افزایش مواد آلی خاک نسبت به کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی نیز مفید بوده و می‌توان امیدوار بود که در بلندمدت به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشند. بر این اساس پاسخ مثبت گیاه دارویی ریحان نسبت به کودهای آلی می‌تواند نویدبخش تولید پایدار این گیاه دارویی در سیستم‌های کم‌نهاده و اکولوژیک باشد.

قدردانی

بدینوسیله از پرسنل مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و مسئولین آزمایشگاه گیاهان زراعی ویژه و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی که در طول انجام مراحل این آزمایش نهایت همکاری را مبذول داشتند، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ٤- روند تغییرات سرعت سرعت جذب خالص (NAR) ریحان در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای مختلف

Fig. 4– Variation trend of net assimilation rate of basil during the growing season under different fertilizers treatments

منابع

1- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzeger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.
2- Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A., and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) C.V. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 82-93. (In Persian with English summary)
3- Chalchat, J.C., and Ozcan, M.M. 2008. Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. Food Chemistry 110: 501–503.
4- Chatterjee, S.K. 2002. Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants in India a Commercial Approach. Proceedings of an International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS) 576: 191-202.
5- Daneshian, A., Gurbuz, B., Cosge, B., and Ipek, A. 2009. Chemical components of essential oils from Basil (*Ocimum basilicum* L.) grown a different nitrogen levels. International Journal of Natural and Engineering Sciences 3(3): 08-12.
6- Emad, M. 2008. Identification of medicinal, industrial, forest and the pasture plants, and their use cases. Volume I, Publications Rural Development.
7- Gunadi, B., Edwards, C.A., and Blount, C. 2002. The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (savigny) in cattle and pig manure solids. Soil Biology and Biochemistry 39: 19-24.
8- Karim Zadeh Asl, K., Mazaheri, D., and Peyghambari, S.A. 2004. Effect of for irrigation intervals on seed yield and physiological indexes of three sunflower cultivars. Desert 9(2): 255-266.
9- Khalid. A. Kh., Hendawy, S.F., and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. Production under Organic Farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(1): 25-32.
10- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Iranian Field Crops Research 6(2): 285-294. (In Persian with English Summary)
11- Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Sciatica Horticulture 124: 299–305.
12- Maleki, A. 2008. Effect of irrigation intervals and nitrogen splitting on yield and yield components of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). MSc Thesis in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
13- Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z., and Schmidt-Rohr, K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. Geoderma 146: 353–362.
14- Marrotti, M., Piccaglia, R., and Giovanelli, E. 1996. Differences in essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. Journal of Agriculture and Food Chemistry 44: 3926-3929
15- Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahalati, M. 2010. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Journal of Iranian Field Crops Research 7(2): 685-694. (In Persian with English Summary)
16- Moradi, R. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of (*Foeniculum vulgare* L.) Fennel. MSc Thesis in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
17- Olesen, J.E., Petersen, B.M., Berntsen, J., Hansen, S., Jamieson, P.D., and Thomsen, A.G. 2001. Comparison of methods for simulating effects of nitrogen on green area index and dry matter growth in winter wheat. Field Crops Research 74: 131-149.
18- Omidbaigi R. 1997. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. (Vol. two). Tarrahan e Nashr Publication. Tehran, Tehran, Iran 423 pp. (In Persian)
19- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bio resource Technology 99: 1672-1681.
20- Raja Sekar, K., and Karmegam, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* Sciatica Horticulture 124: 286–289.
21- Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Abasisan, A. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, nitrogen and phosphorus on relative agronomic efficiency of fertilizers, growth parameters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19 in Sari. Agroecology 5(1): 39-49. (In Persian with English Summary)
22- Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1999. Physiology of Crop plants. Jihad-e Daneshgahi Mashhad Publications,

Mashhad, Iran 400 pp. (In Persian)
23- Sifola, M.I., and Barbieri. G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Sciatica Horticulture 108: 408–413.
24- Singh, Y., Singh, B., Masking, M.S., and Meelu, O.P. 1987. Availability of nitrogen to wetland rice from cattle manure. IRRI. Newsletter 12: 35-36.