

ارزیابی غلظت عناصر، عملکرد دانه و اسانس تاتوره (*Datura stramonium* L.) تحت اثرات مستقیم، تجمعی و باقیمانده سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و متداول

رقیه محمدپور وشوایی^{۱*}، احمد قنبری^۲، محمدرضا اصغری پور^۳، محمود رمودی^۳، مهدی دهمرده^۳
۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۰۷)

چکیده

به منظور جایگزینی نهاده‌های شیمیایی با نهاده‌های بوم‌سازگار، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی باج کلا به مدت دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل کودهای شیمیایی، دامی، کمپوست، ورمی‌کمپوست و عدم مصرف کود آلی و معدنی (شاهد) به عنوان عامل اصلی و کودهای زیستی (نیتروکسین، بیوفسفات، نیتروکسین+بیوفسفات)، نانوزیستی (بیومیک) و عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (شاهد) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش تیمارهای کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام‌های تغذیه‌ای (مستقیم، تجمعی و باقیمانده) بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در هر سه نظام تغذیه‌ای بیشترین غلظت عناصر نیتروژن برگ و دانه، مس، منگنز، روی، آهن و کلسیم برگ، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه از تلفیق تیمارهای کود ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک، بیشترین غلظت فسفر و پتاسیم برگ و دانه از تلفیق تیمارهای کود دامی با نانوبیومیک و حداکثر غلظت منیزیم برگ از تلفیق تیمارهای کود کمپوست و نانوبیومیک به دست آمد و بین نظام‌های کوددهی نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی کم‌نهاده، استفاده از یک‌بار مصرف کود آلی (به‌خصوص ورمی‌کمپوست) توأم با کود نانوزیستی بیومیک برای دو سال متوالی جهت بهبود ویژگی‌های غلظت عناصر غذایی، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس تاتوره مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: درشت‌مغذی، ریزمغذی، کود آلی، کود نانوزیستی، گیاهان دارویی.

Elements concentration, seed and essential oil yield of Thorn apple (*Datura stramonium* L.) under direct, cumulative and residual effects of organic and conventional agricultural systems

Roghayeh Mohammadpour Vashvaei^{*1}, Ahmad Ghanbari², Mohammad Reza Asgharipour³, Mahmood Ramroudi³ and Mehdi Dahmardeh³

1, 2 and 3 .Ph.D student, Professor and Associate Professor, respectively, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol.Iran

(Received: March 10, 2018 – Accepted: September 29, 2018)

ABSTRACT

In order to replace the chemical inputs with ecological compatible inputs, an experiment was conducted on split plot based on a randomized complete block design with three replications, at the Research Station of Bayakola during two years (2016 and 2017). Experimental treatments were plant nutrition with NPK, animal manure, compost, vermicompost and control (no chemical and organic fertilizer) as main plot and biophosphate, nitroxin, nitroxin + bio-phosphate, nano biuimik and control (no bio and nano bio-fertilizer) as subplot. Interactions of organic and inorganic, bio and nano bio-fertilizer treatments and nutritional systems (direct, cumulative and residual) on all studied traits were significant ($P \leq 0.01$). In all three nutritional systems the highest amounts of leaf and grain nitrogen concentration, copper, manganese, zinc, iron and calcium elements concentration of leaves, leaves dry weight, grain yield and essential oil percentage and yield, were obtained in vermicompost in combination with nano biuimik fertilizers, the highest amounts of leaf and grain phosphorus and potassium concentration were obtained from combining animal manure with nano biuimik fertilizers and the maximum amount of leaf magnesium was obtained from the combination of compost and nano biuimik treatments. There was no significant difference between fertilization systems. Therefore, with respect to the production of medicinal plants in the low-input cropping systems, using a load of combinations of organic (especially vermicompost) and nano biuimik fertilizers for two consecutive years are recommended for improving elements concentration, seed yield and essential oil percentage and yield of datura.

Keywords: Macronutrient, Medicinal plants, Micronutrient, Nano bio-fertilizer, Organic fertilizer

* Corresponding author E-mail: ro_mohammadpour@yahoo.com

مقدمه

تاتوره (*D. stramonium L.*) گیاهی یکساله متعلق به خانواده سولاناسه (*Solanaceae*) است. علف هرز تاتوره دارای خاصیت دارویی و سمی است (Gaire & Subedi, 2013). در طب سنتی از این گیاه برای درمان اختلالات پوستی، درد گوش، سرفه، تب، آسم، روماتیسم، نقرس، سیاتیک، زخم، کولیت اولسروز، التهاب، تورم و کبودی، برونشیت، دندان درد، دردهای عصبی، تشنج و پارکینسون استفاده می‌شود (Sayyed & Shah, 2014; Gaire & Subedi, 2013). آب میوه و عصاره برگ این گیاه به صورت استعمال خارجی برای تسکین درد، درمان ریزش مو و شوره سر، جلوگیری از خونریزی و التیام زخم استفاده می‌گردد. اسانس تاتوره حاوی الکلوئیدهای تروپان هیوسیامین (*Hyoscyamine*) و اسکوپولامین (*Scopolamine*) است (Gaire & Subedi, 2013) که به دلیل فعالیت‌های ضد درد، ضد عفونی‌کننده، آرام‌بخشی، ضد اسپاسم و توهم‌زایی در بسیاری از داروها استفاده می‌شوند (Sayyed & Shah, 2014). کاربرد وسیع نهاده‌های دخیل در امر تولید جهت دستیابی به عملکرد بالا، از یک طرف و لزوم عاری بودن گیاهان دارویی از بقایای شیمیایی در طی مراحل تولید، فرآوری و عرضه آنها، از طرف دیگر، ضرورت کاربرد نهاده‌های بوم‌سازگار در تولید این گیاهان را بیش از پیش نمایان می‌سازد. در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای آلی و زیستی به منظور افزایش حاصلخیزی خاک، جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی، به‌شمار رفته و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهبردهای تغذیه گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار مورد توجه دست‌اندرکاران امر تولید قرار گرفته‌اند. کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و افزایش کمیت و کیفیت محصولات می‌شوند (Sharma, 2002). Brassard & Ferrera-Cenato (1997) اظهار داشتند که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آنها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل عناصر غذایی و کارایی جذب آنها می‌شود. کاربرد ریزموجودات مفید خاکزی

تحت عنوان کودهای زیستی به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگه‌داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی، مطرح می‌باشد. تأمین عناصر غذایی به‌صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، افزایش تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی در اکوسیستم خاک، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست، از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شود (Mohammadpour & Vashvaei *et al.*, 2017a & b). کاهش مخاطرات زیست‌محیطی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند به‌کارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است. یکی از این تکنیک‌ها، استفاده از کودهای مصنوعی با بنیان آلی (نانوکودها) است که اثرات تخریبی زیست‌محیطی ندارند. استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کودها و کاهش تعداد دفعات کاربرد آنها می‌شود (Subramanian *et al.*, 2015). علاوه بر این می‌توان کودهای شیمیایی زیست‌سازگار (*Eco-friendly*) ایجاد کرد و از آلودگی محیط زیست و شوری بیش از حد خاک پرهیز نمود (Ranjbar & Shams, 2009). تحقیقات صورت‌گرفته حاکی از آن است که علاوه بر نوع کود آلی مورد استفاده و ویژگی‌های آن، مدت زمان سپری‌شدن پس از کاربرد کود و نیز تکرار کوددهی در سال‌های بعد، نیز از عواملی هستند که بر وضعیت غلظت عناصر در خاک و گیاه کشت‌شده تأثیر دارند. با توجه به اینکه گیاهان زراعی تنها مقدار محدودی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف افزوده‌شده به خاک را جذب می‌نمایند، کودهای مصرفی اثرات باقیمانده خواهند داشت (Singh & Abrol, 1985). اثرات باقیمانده مثبت کودهای آلی و عناصر غذایی توسط محققان متعددی گزارش شده است (Khan, 2009; Mohammadi *et al.*, 2009). از طرف دیگر نیاز کودی هر گیاه به‌مقدار کود مصرفی و گیاه قبلی بستگی دارد؛ به‌عبارت دیگر کاربرد پیوسته مقادیر زیاد عناصر غذایی، احتمالاً موجب برهمکنش بین آنها و عدم تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه می‌شود (Singh &

تاتوره انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی غلظت عناصر، عملکرد دانه و اسانس تاتوره تحت اثرات مستقیم، تجمعی و باقیمانده سیستم‌های کشت ارگانیک و متداول، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بابع کلا (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران) با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و با ارتفاع چهار متر از سطح دریای آزاد، در دو سال زراعی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) اجرا شد. بر اساس داده‌های هواشناسی، ایستگاه تحقیقات زراعی بابع کلا دارای تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های نسبتاً سرد و مرطوب و دارای میانگین بارندگی سالانه ۶۸۵ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۱۷ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۷۰ درصد و متوسط تبخیر از تشتک تبخیر ۱۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ ارائه شده است.

(Abrol, 1985) و این مسأله موجب توقف و حتی کاهش رشد آن می‌گردد.

حفظ تعادل بین میزان عناصر غذایی در تغذیه گیاهی، شرط لازم برای دستیابی به عملکردهای بالا و کیفیت مطلوب محصول می‌باشد. در بعضی مواقع اگر نسبت بین دو عنصر غذایی از حالت بهینه خارج شود، باعث ایجاد برهم‌کنش ضدیتی (آنتاگونیسمی) بین عناصر شده و در نتیجه نه تنها موجب افزایش ویژگی‌ها، بلکه باعث کاهش آنها می‌گردد، چرا که عملکرد زیست‌توده در گیاهان، عملاً با افزایش کاربرد کود تا رسیدن به مقدار حداکثر، تمایل به افزایش خطی دارد، ولی بعد از آن ثابت می‌شود و یا کاهش می‌یابد (Walker, 1989). از این رو کاربرد پیاپی کودهای آلی در سال‌های متمادی توصیه نمی‌شود. با توجه به محدود بودن اطلاعات در ارتباط با کاربرد توأم کودهای آلی و زیستی و تأثیر آنها در شرایط کشت ارگانیک بر تولید گیاه تاتوره و نظر به محدود بودن تحقیقات در مورد اثرات باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و زیستی بر قابلیت جذب عناصر پر و کم‌مصرف، عملکرد دانه و اسانس این گیاه، این تحقیق با هدف بررسی اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیرآلی بر غلظت عناصر، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

Table 1- Physical and chemical properties of soil before testing in the depth of 0-30 cm.

Soil texture	pH	EC (dS/m)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	O.M (%)	O.C (%)	C/N
Silty-Clay	7.68	0.71	0.127	32.47	401.66	2.79	1.755	24.5

و کودهای زیستی (نیتروکسین، بیوفسفات، نیتروکسین + بیوفسفات)، نانوزیستی (نانوبیومیک) و عدم استفاده از کود زیستی و نانوزیستی به‌عنوان عامل فرعی بودند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شد. عوامل آزمایشی شامل کودهای شیمیایی، کمپوست، ورمی‌کمپوست، کود دامی (گاو) و عدم مصرف کود آلی و معدنی (شاهد) به‌عنوان عامل اصلی

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

Table 2- Physical and chemical properties of studied organic fertilizer

Organic fertilizer	pH	EC (dS/m)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	O.M (%)	O.C (%)	C/N	Ca (ppm)
Animal manure	7.5	8.59	0.932	7500	9200	32.17	16.90	18.13	9561
Compost	7.3	3.60	1.350	4812	4826	38.18	21.70	16.07	22671
Vermicompost	6.9	3.10	1.660	5360	7117	49.21	26.36	15.88	43042

ادامه جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

Continued table 2- Physical and chemical properties of studied organic fertilizer

Organic fertilizer	Na (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Al (ppm)	S (ppm)
Animal manure	5032	3171	3780	138	61	17	11	7560	781
Compost	102	5324	7702	141	482	29	18	7012	734
Vermicompost	215	5172	12510	306	512	39	29	6950	548

کلسیم (۰/۳۶ درصد)، نانوکلات آهن و روی، ترکیبات هیومیکی اسید هیومیک (۳۲ درصد) و اسید فولیک (۲ درصد) و انواع اسیدهای آمینه بود. کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن آوری زیستی مهر آسیا (MABCO= Mehr Asia Biotechnology Company) و کود نانوبیومیک توسط شرکت بیوزر و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. برای بذرمال کردن کودها، ابتدا بذرها روی نایلون پلاستیکی پهن شدند. سپس هر یک از کودها در دو لیتر آب حل شدند و روی بذرها پاشیده و خوب مخلوط شدند. بلافاصله پس از خشک شدن بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید، اقدام به کاشت گردید. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علف کش، آفت کش و یا قارچ کشی مصرف نشد. برای بررسی اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای مورد استفاده، تیمارهای طی دو سال اعمال شدند، به این ترتیب که در سال اول تمام کرت (اثر مستقیم) و در سال دوم نصف آن مطابق برنامه سال قبل کوددهی (اثر تجمعی) شد و نصف دیگر هیچ گونه کودی (اثر باقیمانده) دریافت نکرد. کودهای شیمیایی و آلی پس از کاربرد (پیش از کاشت پاییزه) تا عمق ۳۰ سانتی متری با خاک مخلوط شدند. کاشت به صورت هیرم کاری در ۲۰ فروردین هر سال صورت گرفت. بدین منظور ۳-۴ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی متر به روش جوی و پشته برای سال اول در چهار ردیف هشت متری و برای سال دوم در چهار ردیف چهار متری با فاصله ۴۰ سانتی متر روی ردیف و ۷۰ سانتی متر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحله دو الی چهار برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش بارانی انجام شد. مبارزه با علف های هرز به صورت دستی در سه مرحله صورت گرفت. ویژگی های غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و

میزان کود مورد استفاده بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه تعیین شد. نیاز کودی این گیاه ۱۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۵۹/۳ کیلوگرم در هکتار K_2O می باشد. مقدار کود آلی توصیه شده برای این گیاه نیز ۴۹/۴ متر مکعب در هکتار می باشد (Nassar et al., 2015). براساس تجزیه خاک و نیاز گیاه، توصیه کودی شامل کودهای حیوانی، کمپوست و ورمی کمپوست به ترتیب به میزان ۳۰، ۲۰ و ۱۵ تن در هکتار و کود شیمیایی به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات ساده (۱۵/۵ درصد P_2O_5) و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K_2O) بود. کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفات و نانوبیومیک به ترتیب به میزان دو، دو و یک لیتر در هکتار به صورت بذرمال (طبق بروشور) استفاده شد. کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن از جنس های *Azospirillum* و *Azotobacter chorococum* و *lipoferoum* و حل کننده فسفات از جنس *Pseudomonas putida* با 10^8 سلول زنده در هر میلی لیتر و کود زیستی بیوفسفات شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می شوند، با 10^8 سلول زنده در هر گرم بود. کود نانوبیومیک حاوی ریزموجودات تثبیت کننده نیتروژن *Azospirillum* و *Azotobacter chorococum* و *lipoferoum* و حل کننده فسفر *Pseudomonas putida* و *Bacillus lentus* با 10^8 سلول زنده در هر گرم، پتاسیم (۱۲ درصد)، عناصر ریزمغذی آهن (۵/۹ درصد)، روی (۱۰ درصد)، منگنز (۴/۳ درصد)، منیزیوم (۰/۳۶ درصد)، مولیبدن (۰/۱ درصد) و

نتایج و بحث

غلظت نیتروژن برگ و دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر اختلاف معنی-دار برهمکنش کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و سیستم‌های تغذیه‌ای (مستقیم، باقیمانده و تجمعی) در سطح احتمال یک درصد بر غلظت نیتروژن برگ و دانه بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر سه اثر مستقیم، باقیمانده و تجمعی بیشترین میزان نیتروژن برگ (به ترتیب ۴۴/۹۸، ۴۴/۲۶ و ۲۱/۷۰، ۲۱/۷۰ و ۲۲/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) متعلق به تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک بود و کمترین ویژگی-های فوق در هر سه نظام تغذیه‌ای به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) تعلق داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی غلظت نیتروژن برگ و دانه کمتری در مقایسه با سایر تیمارها داشته است. در بین کودهای آلی و معدنی، تیمار کود ورمی‌کمپوست دارای بیشترین غلظت نیتروژن برگ و دانه بود و پس از آن تیمارهای کود کمپوست، دامی و شیمیایی قرار داشتند (جدول ۴). که با توجه به قابلیت‌های این کود تا حد زیادی توجیه-پذیر می‌باشد. از آنجایی که ورمی‌کمپوست دارای ظرفیت تبادل و پتانسیل اکسیداسیون بالایی است (Sharma *et al.*, 2005) و بیشترین فرم نیتروژن نیز در این کود به فرم نیترات می‌باشد (Manivannan *et al.*, 2009) که به راحتی برای گیاه قابل جذب است، در نتیجه با وجود کمتر بودن میزان نیتروژن دریافتی زمین نسبت به کود حیوانی و کمپوست (میزان نیتروژن دریافتی زمین از کودهای دامی، کمپوست، ورمی‌کمپوست و شیمیایی به ترتیب ۲۷۹/۶، ۲۷۰/۰، ۲۴۹/۰ و ۱۳۸/۰ کیلوگرم در هکتار)، میزان جذب نیتروژن در این کود بیشتر است، لذا غلظت نیتروژن برگ و دانه در این تیمار نسبت به سایر تیمارها بالاتر بوده است. نتایج سایر محققین درباره مصرف کودهای آلی (کمپوست و ورمی‌کمپوست) بر روی گیاهان ریحان (Khalid *et al.*, 2006)، رازیانه

پتاسیم برگ و دانه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، مس (پی‌پی‌ام)، منگنز (پی‌پی‌ام)، روی (پی‌پی‌ام)، آهن (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، منیزیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کلسیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) برگ، وزن خشک برگ (گرم در بوته)، عملکرد دانه (گرم در بوته)، درصد اسانس برگ و دانه و عملکرد اسانس برگ و دانه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) پس از حذف اثرات حاشیه روی ۱۰ بوته به-طور تصادفی از هر کرت اندازه‌گیری شدند. غلظت نیتروژن برگ‌ها و دانه‌ها به روش کج‌دال (Nelson, & Sommers, 1972)، غلظت فسفر برگ‌ها و دانه‌ها به-روش Jackson (1973)، غلظت پتاسیم برگ‌ها و دانه‌ها به-روش Chapman & Pratt (1961) و عناصر پر و کم-مصرف منیزیم، کلسیم، آهن، روی، منگنز و مس برگ-ها با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu, AA-670) اندازه‌گیری شدند. جهت استحصال بیشترین درصد اسانس، برداشت برگ‌ها در مرحله رویشی (قبل از گلدهی) در اوایل تیر (به ترتیب ۱۲ و ۱۷ تیر) و دانه‌ها در مرحله رسیدگی پس از حذف اثرات حاشیه (دو ردیف کناری و نیم متر ابتدا و انتهای کرت) از دو ردیف میانی هرکرت انجام شد. برای حفظ کمیت و کیفیت مطلوب اسانس، نمونه‌های برداشت‌شده در سایه و در دمای محیط خشک شدند و برای تعیین وزن خشک برگ (گرم در بوته) و عملکرد دانه (گرم در بوته) توزین شدند.

برای استخراج اسانس برگ‌های خشک‌شده و دانه، از دستگاه کلونجر (روش تقطیر با بخار آب) استفاده شد. بدین منظور از هر نمونه خشک‌شده ۱۰۰ گرم آسیاب گردید و به مدت ۳/۵ ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس‌گیری شد و پس از آن اسانس (روغن زرد رنگ و شفاف) پس از رطوبت‌زدائی وزن شد. عملکرد اسانس از حاصل ضرب درصد اسانس در وزن خشک برگ و عملکرد دانه به دست آمد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و با آزمون توکی انجام شد.

غلظت نیتروژن دانه در اثر آزادسازی تدریجی و مداوم نیتروژن از منبع آلی می‌باشد. (Mowaghatian *et al.*, 2014; Darzi *et al.*, 2011) و انیسون (Khalesro *et al.*, 2012) نیز مؤید افزایش

جدول ۳- میانگین مربعات غلظت عناصر پر و کم مصرف تاتوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیر آلی

Table 3- Mean squares of macro and micro elements concentration of thorn apple under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers

S.O.V.	d.f	Leaf nitrogen	Seed nitrogen	Leaf phosphorus	Seed phosphorus	Leaf potassium	Seed potassium	Leaf magnesium	Leaf calcium	Leaf zinc
R	2	4.16 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.1596 ^{**}	0.8088 ^{**}	6.90 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.391 [*]	0.17 ^{ns}	3.45 ^{ns}
A	4	1294.76 [*]	691.28 [*]	36.3716 ^{**}	22.1603 ^{**}	1142.64 [*]	402.89 ^{**}	148.360 ^{**}	1028.65 [*]	4414.15 [*]
R×A	8	4.73	3.76	0.0088	0.0147	13.14	1.25	0.082	2.29	2.36
B	4	598.13 ^{**}	85.03 ^{**}	5.1307 ^{**}	22.6387 ^{**}	185.47 ^{**}	238.70 ^{**}	28.669 ^{**}	200.12 ^{**}	1161.38 [*]
A×B	16	8.85 ^{**}	0.81 ^{**}	0.2098 ^{**}	0.2753 ^{**}	12.74 ^{**}	6.92 ^{**}	1.467	11.74 ^{**}	140.17 ^{**}
A(R×B)	40	0.83	0.28	0.0242	0.0072	0.98	0.40	0.120 ^{**}	0.72	1.59
C	2	593.66 ^{**}	448.57 [*]	2.2555 ^{**}	12.9127 ^{**}	697.37 ^{**}	479.54 ^{**}	104.305 ^{**}	242.48 ^{**}	520.99 ^{**}
A×C	8	21.14 ^{**}	14.28 ^{**}	0.2892 ^{**}	1.5301 ^{**}	36.73 ^{**}	23.80 ^{**}	5.473 ^{**}	10.99 ^{**}	21.99 ^{**}
B×C	8	8.85 ^{**}	7.33 ^{**}	0.0137 ^{**}	0.5592 ^{**}	14.33 ^{**}	12.06 ^{**}	1.300 ^{**}	4.25 ^{**}	10.81 ^{**}
A×B×C	32	3.04 ^{**}	1.68 ^{**}	0.0160 ^{**}	0.1109 ^{**}	3.81 ^{**}	3.53 ^{**}	0.615 ^{**}	3.13 ^{**}	2.71 ^{**}
Error	100	0.72	0.26	0.0082	0.0024	0.89	0.16	0.022	0.71	0.57
C.V (%)		2.46	3.39	2.30	1.06	1.77	1.78	1.17	3.31	2.20

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنی‌دار؛ A=کود آلی و معدنی، B=کود زیستی و نانوزیستی و C=نظام تغذیه‌ای (مستقیم، تجمعی و باقیمانده)

* and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and ns is not significant; A=Organic and inorganic fertilizer, B=bio and nono bio-fertilizer and C= nutritional systems (direct, cumulative and residual)

کودهای زیستی موجب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن برگ و کاسبرگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند. تلفیق ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی با کود نانوزیستی بیومیک می‌تواند تأثیری جبرانی و مکمل داشته باشد. در تیمار تلفیقی اثر مفید کود ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک در افزایش عرضه عناصر غذایی موجب شده است که غلظت نیتروژن برگ و دانه افزایش یابد. کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست محیط مناسبی را برای تکثیر باکتری‌ها فراهم می‌کنند که نتیجه این اثرات تشدیدکننده و مثبت، در نهایت باعث افزایش تثبیت نیتروژن، افزایش آزادسازی نیتروژن ورمی‌کمپوست و در نتیجه افزایش فراهمی این عنصر می‌گردد (Kumar & Singh, 2001). غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با باکتری‌های /زئوباکتر و /آزوسپیریلیوم، جذب نیتروژن دانه نخود را ۳۲ درصد نسبت به کاربرد انفرادی ورمی‌کمپوست افزایش داد (Shahzad *et al.*, 2014). Salehi *et al.* (2011) نشان دادند که مصرف تلفیقی ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و

در بین کودهای زیستی و نانوزیستی، بهترین تیمار کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای کود نیتروکسین + بیوفسفات، نیتروکسین و بیوفسفات قرار داشتند (جدول ۴). کود نانوزیستی بیومیک حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (زئوباکتر و /آزوسپیریلیوم) می‌باشد. باکتری‌های تثبیت‌کننده غیرهمزیست /آزوسپیریلیوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن و متعادل کردن جذب عناصر غذایی اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، با تولید مواد محرک رشد و ویتامین‌های گروه B، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده است. گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* و *باسیلوس* موجود در نانوبیومیک با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر قابل‌دسترس برای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Mohammadpour Vashvaei *et al.*, 2017a & b). (Mohammadpour Vashvaei *et al.*, 2017a & b) در جای ترش بیان نمودند که

های تثبیت کننده نیتروژن و همچنین بهبود فرایند معدنی شدن نیتروژن از طریق افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن ورمی کمپوست گردد که در نهایت منجر به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می شود.

باکتری های /زئوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس در بابونه موجب افزایش غلظت نیتروژن گیاه شد. آنها اظهار داشتند که مصرف همزمان این باکتری ها با ورمی کمپوست می تواند سبب افزایش فعالیت باکتری-

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر پرمصرف تانوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیرآلی
Table 4- Mean comparison of macro elements concentration of Jimsonweed under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers.

Organic and inorganic Fertilizer	Bio and nano bio-fertilizer	Leaf nitrogen (mg/g DW)			Seed nitrogen (mg/g DW)			Leaf phosphorus (mg/g DW)		
		Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative
Control	Control	21.09	20.63	20.25	7.94	7.43	9.17	2.36	2.33	2.46
	Biophosphate	24.49	23.95	28.28	8.19	7.70	11.64	2.66	2.63	2.87
	Nitroxin+Biophosphate	26.14	25.60	29.93	8.51	7.94	12.45	2.78	2.75	2.95
Chemical fertilizer	Nano bioumik	29.28	28.65	33.67	9.29	8.65	13.77	2.87	2.84	3.06
	Control	31.37	30.70	36.03	11.23	10.06	14.80	3.02	2.99	3.21
	Biophosphate	24.00	21.41	28.17	10.70	8.19	14.27	2.87	2.42	3.00
Animal manure	Nitroxin+Biophosphate	29.41	24.82	33.53	11.56	8.84	14.26	3.40	2.73	3.65
	Nano bioumik	30.20	26.65	34.04	11.91	9.04	15.70	3.48	3.21	3.79
	Control	33.05	29.42	37.44	12.45	9.49	16.86	3.66	2.93	3.87
Compost	Nitroxin+Biophosphate	34.82	31.21	39.14	13.46	11.50	17.81	3.86	3.10	4.04
	Nano bioumik	33.46	27.58	34.30	16.97	12.48	17.61	4.74	4.47	4.76
	Control	36.80	31.46	37.56	18.09	13.26	18.78	4.81	4.55	4.83
Vermi compost	Nitroxin+Biophosphate	37.18	32.23	37.89	18.44	13.41	19.16	4.93	4.65	4.95
	Nano bioumik	40.55	33.30	41.59	18.74	13.88	19.43	5.20	4.94	5.22
	Control	41.50	40.61	42.35	19.07	18.40	19.78	5.67	5.65	5.70
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)	Control	35.66	30.92	36.33	17.78	13.59	18.38	3.55	3.33	3.58
	Biophosphate	38.89	33.74	39.63	18.24	13.90	18.86	3.85	3.65	3.88
	Nitroxin+Biophosphate	39.91	34.78	40.64	18.59	13.99	19.25	4.28	3.90	4.34
	Nano bioumik	41.16	36.59	41.82	18.90	14.26	19.56	4.42	4.17	4.45
	Control	42.64	41.58	43.36	19.89	19.23	20.65	4.80	4.74	4.83
	Biophosphate	38.57	32.71	38.96	19.36	13.90	19.72	4.33	4.14	4.35
	Nitroxin+Biophosphate	40.01	33.57	40.44	19.97	14.69	20.32	4.43	4.23	4.46
	Nano bioumik	40.96	34.64	41.38	20.08	14.93	20.42	4.64	4.45	4.67
	Control	42.13	35.47	42.58	21.31	15.37	21.53	4.72	4.50	4.75
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)		44.98	44.26	45.38	21.76	21.70	22.47	4.84	4.82	4.86
		1.3792			0.8398			0.1475		

اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی) بود. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴ و ۵) نشان داد که بیشترین فسفر برگ و دانه در اثرات مستقیم (به ترتیب ۵/۶۷ و ۶/۷۷ میلی گرم بر گرم وزن خشک)، باقیمانده (به ترتیب ۵/۶۵ و ۶/۷۴ میلی گرم بر گرم وزن خشک)

غلظت فسفر برگ و دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر اختلاف معنادار غلظت فسفر برگ و دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای مختلف کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام های تغذیه ای

کمپوست و شیمیایی به ترتیب ۲۲۵/۰۰، ۹۶/۲۴، ۸۰/۴۰ و ۳۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار بود. با عنایت به افزایش چشمگیر قابلیت دسترسی به فسفر در کود دامی افزایش غلظت فسفر برگ و دانه در این تیمار دور از انتظار نمی‌باشد. افزایش غلظت فسفر برگ و دانه در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست نیز به واسطه این است که ورمی‌کمپوست حاوی فسفر قابل تبادل است که به سهولت در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Manivannan *et al.*, 2009). HELLAL *et al.* (2014) گزارش کردند

و تجمعی (به ترتیب ۵/۷۰ و ۶/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار تلفیق کود آلی دامی با کود نانوزیستی بیومیک حاصل شد و کمترین فسفر برگ و دانه به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تعلق داشت (جدول ۴ و ۵) که این مسأله به علت کمبود عناصر غذایی در این تیمار بود. نتایج بیانگر آن بود که در بین کودهای آلی و معدنی، بهترین تیمار کود دامی است و پس از آن تیمارهای کود ورمی‌کمپوست، کمپوست و شیمیایی قرار داشتند. با توجه به محتوای فسفر کودها (جدول ۲) و میزان مصرف هر یک، میزان فسفر دریافتی زمین از کودهای دامی، کمپوست، ورمی-

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت عناصر پر مصرف تاتوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیر آلی

Table 5- Mean comparison of macro elements concentration of Jimsonweed under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers.

Organic and inorganic Fertilizer	Bio and nano bio-fertilizer	Seed phosphorus (mg/g DW)			Leaf potassium (mg/g DW)			Seed potassium (mg/g DW)		
		Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative
Control	Control	3.06	3.05	3.11	42.48	43.21	44.35	16.00	15.50	15.50
	Biophosphate	3.54	3.52	3.63	44.16	44.44	49.22	17.05	16.58	20.35
	Nitroxin	3.77	3.74	3.93	45.12	45.52	49.33	17.91	17.44	21.22
	Nitroxin+									
Chemical fertilizer	Biophosphate	3.97	3.95	4.12	46.68	46.91	49.74	19.19	18.69	22.74
	Nano bioumik	4.58	4.55	4.76	47.59	47.85	52.77	19.50	18.89	23.82
	Control	3.15	3.09	3.18	46.12	43.23	52.33	17.41	16.14	21.62
	Biophosphate	3.62	3.57	3.65	47.34	45.28	52.46	18.08	17.21	22.32
Animal manure	Nitroxin	3.94	3.84	3.97	48.43	46.25	54.34	19.27	18.04	23.19
	Nitroxin+									
	Biophosphate	4.19	4.02	4.32	48.82	47.69	54.42	19.57	19.43	24.33
	Nano bioumik	4.74	4.61	4.84	51.02	48.08	55.23	20.38	19.58	25.53
Compost	Control	4.75	3.45	4.84	58.96	51.65	59.45	24.85	18.17	25.30
	Biophosphate	5.54	4.02	5.64	59.18	52.47	59.63	26.75	19.94	27.21
	Nitroxin	5.62	4.16	5.72	60.26	53.34	60.73	27.75	20.34	28.24
	Nitroxin+									
Vermi compost	Biophosphate	5.77	4.44	5.85	60.91	54.51	61.34	28.35	21.33	28.82
	Nano bioumik	6.77	6.74	6.79	62.24	62.02	62.61	30.65	30.47	31.07
	Control	4.34	3.24	4.50	53.82	47.40	54.74	21.74	17.33	22.37
	Biophosphate	4.96	3.74	5.14	54.85	48.80	55.71	23.07	18.51	23.72
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)	Nitroxin	5.25	3.96	5.44	56.32	49.30	57.33	24.09	19.10	24.80
	Nitroxin+									
	Biophosphate	5.50	4.24	5.68	57.01	50.92	57.88	25.69	19.54	26.57
	Nano bioumik	5.79	5.65	5.98	57.90	57.44	58.77	27.14	27.07	28.04
	Control	4.40	3.34	4.55	57.39	49.34	58.54	22.76	18.02	23.43
	Biophosphate	5.14	3.82	5.33	57.61	50.17	58.67	24.73	18.68	25.59
	Nitroxin	5.40	4.05	5.60	58.54	51.22	59.59	25.76	19.41	26.67
	Nitroxin+									
	Biophosphate	5.58	4.31	5.76	58.73	52.04	59.68	26.12	19.68	27.04
	Nano bioumik	6.46	6.41	6.47	59.85	59.39	60.74	28.84	28.66	29.24
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)		0.0794			1.5323			0.649		

افزایش غلظت فسفر شاخساره آفتابگردان را با مصرف کود دامی گزارش کردند. Khalid *et al.* (2006) نیز در پژوهشی روی ریحان مشخص کردند که مصرف ۲۰ تن کمپوست باعث افزایش بارز درصد فسفر گیاه در مقایسه با شاهد شیمیایی شد. در بین کودهای زیستی

کودهای آلی سبب افزایش فسفر جذب شده توسط باقلا می‌شود. Rasouli & Maftoun (2010) و Ahmadinezhad (2012) گزارش نمودند که با مصرف کود دامی و کمپوست، غلظت فسفر شاخساره گندم نسبت به شاهد افزایش یافت. Najafi *et al.* (2013)

(Mowaghatian *et al.*, 2014) و رازیانه (*al.*, 2012) بود. همچنین Darzi *et al.* (2011) نیز در پژوهشی روی رازیانه نشان دادند که مصرف تلفیقی ۱۰ تن ورمی کمپوست و باکتری حل کننده فسفات موجب افزایش غلظت فسفر در دانه گردید. آنها اظهار داشتند که یک رابطه هم افزایی و تشدید کننده بین کود آلی و زیستی وجود دارد که از طریق رهاسازی آهسته و مداوم فسفر و متعاقب آن بهبود جذب و سپس افزایش بیوماس، سبب افزایش غلظت فسفر در دانه شد.

غلظت پتاسیم برگ و دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که پتاسیم برگ و دانه تحت تأثیر ($P \leq 0.01$) برهمکنش تیمارهای کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام‌های تغذیه‌ای (اثرات مستقیم، تجمعی و باقیمانده) قرار گرفته است (جدول ۳). برای اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی بیشترین غلظت پتاسیم برگ (به ترتیب ۶۲/۲۴، ۶۲/۰۲ و ۶۲/۶۱) و دانه (به ترتیب ۳۰/۶۵، ۳۰/۴۷ و ۳۱/۰۷) در تیمار تلفیق کود آلی دامی و نانوزیستی بیومیک و کمترین آنها در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد. به علت کمبود عناصر غذایی، تیمار شاهد از کمترین غلظت پتاسیم برگ و دانه برخوردار بود. در بین کودهای آلی، در هر سه نظام تغذیه‌ای، بهترین تیمار کود دامی بود و پس از آن تیمارهای کود ورمی کمپوست، کمپوست و شیمیایی قرار داشتند (جدول ۵). با توجه به محتوای پتاسیم کودها (جدول ۲) و میزان مصرف هر یک، میزان پتاسیم دریافتی زمین از کودهای دامی، کمپوست، ورمی کمپوست و شیمیایی به ترتیب ۲۷۶/۰۰، ۹۶/۵۲، ۱۰۶/۷۵ و ۶۰/۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. عرضه بیشتر پتاسیم در تیمار کود دامی و افزایش جذب آن موجب افزایش غلظت پتاسیم برگ و دانه در این تیمار شده است. Bhattacharyya *et al.* (2007) در برنج بیان نمودند که مقادیر نسبتاً بالای اجزاء مختلف پتاسیم (به خصوص جزء آلی) در کمپوست زباله شهری علت افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی نسبت به تیمار شاهد است. Rasouli

و نانوزیستی، بهترین تیمار کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای کود نیتروکسین + بیوفسفات، نیتروکسین و بیوفسفات قرار داشتند (جداول ۴ و ۵). جنس *باسیلوس* موجود در کود نانوزیستی بیومیک با ترشح اسیدهای آلی و غیرآلی ابتدا باعث کاهش pH به صورت موضعی شده و سپس با تجزیه پیوند موجود در ساختار ترکیبات فسفاته معدنی که به صورت نامحلول در خاک درآمده‌اند، آنها را به شکل محلول قابل جذب توسط ریشه گیاه در می‌آورد. (Mohammadpour Vashvaei *et al.*, 2017a & b).

گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* موجود در نانوبیومیک، با ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفاته آلی و در نتیجه معدنی شدن و قابل جذب شدن آنها می‌شود (Mohammadpour & b (Vashvaei *et al.*, 2017a & b). Earnapalli (2005) نشان داد که جدایه‌های باکتری *سودوموناس* میزان جذب فسفر را در گوجه‌فرنگی افزایش داد. Gunes *et al.* (2009) افزایش میزان جذب فسفر در توت‌فرنگی را در نتیجه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد حل کننده فسفات‌های معدنی نامحلول گزارش کردند. Mohammadpour Vashvaei *et al.* (2015 & 2017) در چای ترش بیان نمودند که کودهای زیستی موجب افزایش معنادار غلظت فسفر برگ و کاسبرگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند. Ratti *et al.* (2001) در پژوهشی روی گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon citratus* L.) مشاهده نمودند که مصرف یک گونه باکتری حل کننده فسفات همراه با تری کلسیم فسفات، موجب افزایش معنادار غلظت فسفر ساقه نسبت به تیمار شاهد شد. افزایش غلظت فسفر برگ و دانه در تیمار تلفیق کود دامی و نانوبیومیک می‌تواند ناشی از اثرات هم‌افزایی کاربرد ترکیبی آنها باشد. در نتیجه کاربرد توأم کودهای دامی و نانوزیستی بیومیک، احتمالاً گیاه از لحاظ فسفر که عنصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد، در وضعیت مطلوبی قرار گرفته است. یافته‌های سایر محققین نیز مبین افزایش درصد فسفر در گیاه در اثر مصرف کودهای آلی و زیستی در گیاهان بابونه (Salehi *et al.*, 2011)، انیسون (Khalero *et*

پتاسیم برگ و دانه در تیمارهای کاربرد توأم کودهای آلی و زیستی به‌ویژه تیمار مصرف توأم کود دامی و نانوبیومیک در مقایسه با تیمار کود شیمیایی و شاهد، می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی دوگانه کودهای آلی و زیستی به نوعی باعث اثرات هم‌افزایی مثبت در گیاه شده است و تا حد زیادی ویژگی‌های مطلوبی را برای گیاه به‌وجود آورده است؛ به‌عبارت دیگر افزایش جذب پتاسیم در نتیجه کاربرد توأم کود آلی و زیستی می‌تواند ناشی از تحریک رشد رویشی گیاه در بخش هوایی و زیرزمینی و در نتیجه افزایش توانایی گیاه در جذب پتاسیم از خاک باشد.

غلظت عناصر منیزیم، کلسیم، روی، آهن، مس و منگنز برگ

نتایج نشان داد که برهمکنش تیمارهای کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام‌های کوددهی (اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی) بر غلظت عناصر منیزیم، کلسیم، روی، آهن، مس و منگنز برگ معنادار ($P \leq 0.01$) بود (جداول ۳ و ۴). در هر سه اثر مستقیم، باقیمانده و تجمعی بیشترین غلظت منیزیم برگ (به‌ترتیب ۱۶/۴۵، ۱۶/۵۸ و ۱۶/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) متعلق به تیمار کود آلی کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک و حداکثر غلظت کلسیم (به‌ترتیب ۳۷/۴۰، ۳۷/۳۸ و ۳۷/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، روی (به‌ترتیب ۶۲/۳۵، ۶۲/۲۵ و ۶۲/۸۰ پی‌پی‌ام)، آهن (به‌ترتیب ۸/۰۶، ۸/۰۵ و ۸/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، مس (به‌ترتیب ۲۸/۰۵، ۲۷/۹۸ و ۲۸/۳۶ پی‌پی‌ام) و منگنز (به‌ترتیب ۳۳/۳۳، ۳۳/۰۵ و ۳۳/۶۵ پی‌پی‌ام) برگ به تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک تعلق داشت (جداول ۷ و ۸). کمترین ویژگی‌های فوق در هر سه نظام تغذیه‌ای متعلق به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) بود (جداول ۷ و ۸). به‌علت عدم تأمین عناصر کافی لازم در تیمار شاهد، این تیمار نسبت به سایر تیمارها دارای غلظت عناصر پر و کم‌مصرف کمتری بود. در بین کودهای آلی و معدنی بهترین تیمار برای عنصر منیزیم

(2012) Ahmadinezhad و (2010) & Maftoun گزارش نمودند که با مصرف کود دامی و کمپوست غلظت پتاسیم شاخساره گندم نسبت به شاهد افزایش یافت. (2013) Najafi *et al.* افزایش غلظت پتاسیم شاخساره آفتابگردان را با مصرف کود دامی گزارش کردند. (2001) Rezaenejad & Afyuni مشاهده کردند که با مصرف کود دامی و کمپوست غلظت پتاسیم شاخساره ذرت به‌طور معناداری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در بین کودهای زیستی و نانوزیستی، بهترین تیمار کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای کود نیتروکسین + بیوفسفات، نیتروکسین و بیوفسفات قرار داشتند (جدول ۵). پتاسیم موجود در کود نانوزیستی بیومیک (۱۲ درصد) نه‌تنها موجب فراهمی پتاسیم مورد نیاز گیاه شده است، بلکه ریزجانداران موجود در این کود با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر معدنی از جمله پتاسیم را فراهم - آورده‌اند. باکتری‌های محرک رشد گیاهی موجود در نانوبیومیک با تولید اسیدهای آلی مانند اسید تارتاریک، سیتریک، سوکسینیک، آلفاکتوگلو تاریک و اگزالیک، باعث افزایش رهاسازی و افزایش غلظت پتاسیم محلول از منابع غیرمحلول مانند کانی‌های آلومینوسیلیکاته و در نتیجه افزایش جذب آن شده‌اند (Prajapati & Modi, 2012). تأثیر مثبت کودهای زیستی بر غلظت پتاسیم برگ و کاسبرگ در مقایسه با عدم کاربرد آن توسط (2015) Mohammadpour Vashvaei *et al.* گزارش شده است. (2004) Migahed *et al.* گزارش نمودند که تلقیح کرفس با کودهای زیستی موجب افزایش معنادار محتوای پتاسیم گیاه در مقایسه با تیمار شاهد شد. (2006) Badr افزایش پتاسیم در گوجه‌فرنگی را در نتیجه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی دارای توانایی انحلال کانی‌های سیلیکاته گزارش نمود. (2010) Ordoorkhani *et al.* افزایش میزان پتاسیم شاخه و میوه گوجه‌فرنگی را با تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس* و *قارچ گلوموس* گزارش نمودند. در رابطه با افزایش غلظت

تبخیر و آبشویی، افزایش ترکیب‌های کلات‌کننده عناصر غذایی، توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای برای جذب عناصر غذایی، آزادسازی عناصر غذایی کود آلی به مرور و در نتیجه افزایش زیست‌فراهمی عناصر غذایی (Fernandez-Luqueno *et al.*, 2010; Najafi *et al.*) (2013) و جذب بهینه عناصر غذایی درشت و ریزمغذی خواهد شد. Fernandez-Luqueno *et al.* (2010) گزارش نمودند که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش مقدار آهن، منگنز و روی در دانه گندم شد که این مسأله می‌تواند به دلیل دسترسی بهتر به عناصر غذایی موجود در مواد آلی باشد. Najafi *et al.* (2012) افزایش غلظت آهن و روی شاخساره آفتابگردان را با مصرف کود دامی گزارش کردند.

برگ کود کمپوست بود و پس از آن تیمارهای کود ورمی کمپوست، حیوانی و شیمیایی قرار داشتند. بهترین تیمار برای عناصر کلسیم، روی، آهن، مس و منگنز برگ کود ورمی کمپوست بود و پس از آن تیمارهای کود کمپوست، دامی و شیمیایی قرار داشتند. از آنجایی که ورمی کمپوست به‌عنوان یک کود آلی سرشار از مواد مغذی (جدول ۲) است، بنابراین با مصرف ورمی کمپوست عناصر غذایی به‌میزان کافی در اختیار گیاه قرار گرفته است و موجب افزایش غلظت عناصر غذایی برگ گیاه تاتوره شده است. علاوه بر این مصرف کودهای آلی در خاک موجب افزایش ترشح پروتون، اسیدهای آلی خاک و غلظت گاز کربنیک و در نتیجه کاهش pH خاک، کاهش دنیتریفیکاسیون،

جدول ۶- میانگین مربعات غلظت عناصر کم‌مصرف، وزن خشک برگ، عملکرد دانه و درصد و عملکرد اسانس تاتوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیرآلی

Table 6- Mean sum of squares of micro elements concentration, dry weight of leaves, seed yield, and percentage and essential oil yield of thorn apple under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers

SOV	d.f	Leaf iron	Leaf copper	Leaf manganese	Dry weight of leaves	Seed yield	Leaf essential oil	Seed essential oil	Leaf essential oil yield	Seed essential oil yield
R	2	0.280 ^{ns}	5.41 ^{ns}	0.65 ^{ns}	13.48 ^{ns}	2.22 ^{ns}	0.3930 ^{**}	0.024723 ^{ns}	1.69 [*]	0.0670 ^{ns}
A	4	32.118 ^{**}	548.58 ^{**}	1177.98 ^{**}	292842.68 ^{**}	92070.08 ^{**}	13.8061 ^{**}	0.764134 ^{**}	1015.51 ^{**}	14.1389 ^{**}
R×A	8	0.063	3.66	5.01	157.95	4.83	0.0113	0.009532	0.42	0.0235
B	4	8.284 ^{**}	83.87 ^{**}	185.18 ^{**}	171926.61 ^{**}	49403.18 ^{**}	32.2775 ^{**}	0.418612 ^{**}	1127.76 ^{**}	8.4951 ^{**}
A×B	16	0.387 ^{**}	2.41 ^{**}	8.43 ^{**}	2890.29 ^{**}	902.36 ^{**}	0.6843 ^{**}	0.018331 ^{**}	52.92 ^{**}	0.4762 ^{**}
A(R×B)	40	0.039	0.80	0.70	87.42	10.73	0.0472 ^{**}	0.001650 ^{**}	0.81	0.0092
C	2	11.139 ^{**}	239.50 ^{**}	296.50 ^{**}	55842.21 ^{**}	19353.86 ^{**}	7.2696 ^{**}	0.916208 ^{**}	254.04 ^{**}	5.1517 ^{**}
A×C	8	0.881 ^{**}	9.35 ^{**}	12.13 ^{**}	9815.64 ^{**}	1698.72 ^{**}	0.3957 ^{**}	0.054860 ^{**}	21.97 ^{**}	0.2683 ^{**}
B×C	8	0.475 ^{**}	4.17 ^{**}	5.53 ^{**}	913.76 ^{**}	200.85 ^{**}	0.0836 ^{**}	0.019554 ^{**}	5.08 ^{**}	0.1074 ^{**}
A×B×C	32	0.064 ^{**}	1.45 ^{**}	1.63 ^{**}	327.25 ^{**}	112.07 ^{**}	0.0357 ^{**}	0.005870 ^{**}	1.50 ^{**}	0.0439 ^{**}
Error	100	0.014	0.38	0.62	51.78	4.34	0.0052	0.000694	0.13	0.0017
C.V (%)		1.96	2.95	3.59	2.70	1.83	1.76	3.02	3.03	3.88

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنی‌دار؛ A=کود آلی و معدنی، B=کود زیستی و نانوزیستی و C=نظام تغذیه‌ای (مستقیم، تجمعی و باقیمانده)

* and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and ns is not significant; A=Organic and inorganic fertilizer, B=bio and nono bio-fertilizer and C= nutritional systems (direct, cumulative and residual)

و انواع اسیدهای آمینه دیگر می‌باشد. بنابراین این کود اکثر عناصر درشت و ریزمغذی مورد نیاز گیاه را به نسبتی که جذب می‌کنند، دارا است و خاک را در درازمدت در جهت تعادل عناصر پیش خواهد برد. در نتیجه تیمارهای حاوی این کود دارای غلظت عناصر پر و کم‌مصرف بیشتری بوده‌اند.

در بین کودهای زیستی و نانوزیستی بهترین تیمار کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای کود نیتروکسین + بیوفسفات، نیتروکسین و بیوفسفات قرار داشتند (جداول ۷ و ۸). کود نانوبیومیک حاوی ریزموجودات تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر، عناصر پتاسیم، آهن، روی، منگنز، منیزیوم، مولیبدن و کلسیم، نانوکلات آهن و روی، اسید هیومیک و فولیک

جدول ۷- مقایسه میانگین غلظت عناصر پر و کم مصرف تاتوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیرآلی

Table 7- Mean comparison of macro and micro elements concentration of Jimsonweed under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers.

Organic and inorganic fertilizer	Bio and nano bio-fertilizer	Leaf magnesium (mg/g DW)			Leaf calcium (mg/g DW)			Leaf zinc (PPM)		
		Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative
Control	Control	9.24	9.20	9.33	17.46	17.44	17.65	21.23	21.20	21.43
	Biophosphate	9.91	9.76	10.93	18.97	18.48	20.29	22.40	21.71	27.21
	Nitroxin	10.13	9.87	11.99	19.24	18.92	21.42	23.22	22.58	27.67
	Nitroxin+									
	Biophosphate	10.22	9.95	12.12	19.54	19.24	21.66	24.35	23.74	28.63
Chemical fertilizer	Nano bioumik	10.55	10.27	12.52	20.76	20.45	22.90	26.15	25.63	29.85
	Control	10.09	9.84	11.54	19.60	18.51	22.61	22.94	22.24	27.85
	Biophosphate	10.57	10.30	12.51	20.72	19.41	23.81	24.86	22.61	28.89
	Nitroxin	10.83	10.55	12.84	21.22	20.12	24.26	25.50	24.20	29.93
	Nitroxin+									
Animal manure	Biophosphate	11.27	11.01	13.15	21.88	20.48	24.64	26.18	24.86	30.75
	Nano bioumik	11.38	11.11	13.23	22.65	21.26	25.40	27.33	26.29	32.26
	Control	12.40	10.66	12.64	25.03	20.82	25.63	30.60	24.23	31.51
	Biophosphate	13.61	10.86	14.00	25.94	21.46	26.58	31.36	25.14	32.25
	Nitroxin	13.74	11.15	14.11	27.02	22.51	27.67	33.00	28.43	33.65
Compost	Nitroxin+									
	Biophosphate	14.22	11.28	14.64	28.16	23.76	28.78	36.51	28.86	37.60
	Nano bioumik	14.42	11.75	14.80	29.28	28.61	29.81	39.19	38.05	40.59
	Control	14.69	11.76	14.88	26.92	22.15	27.60	35.15	29.64	35.93
	Biophosphate	14.99	11.99	15.19	27.79	23.61	28.38	38.15	32.82	38.91
Vermi compost	Nitroxin	15.05	12.16	15.24	29.33	25.80	29.84	39.28	34.75	39.93
	Nitroxin+									
	Biophosphate	15.59	12.68	15.78	31.01	27.38	31.53	41.95	35.63	42.85
	Nano bioumik	16.65	16.58	16.72	32.24	31.19	32.77	52.29	51.55	52.82
	Control	13.39	11.52	13.66	29.56	25.76	29.81	38.27	32.53	38.65
Vermi compost	Biophosphate	14.76	11.83	15.18	30.38	26.50	30.64	41.34	35.36	41.74
	Nitroxin	14.76	12.05	15.15	31.55	27.65	31.81	50.35	45.54	50.67
	Nitroxin+									
	Biophosphate	14.97	12.18	15.36	32.35	28.55	32.60	56.34	50.54	56.73
	Nano bioumik	16.12	15.36	16.20	37.40	37.38	37.66	62.35	62.25	62.80
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)		0.2417			1.3686			1.2316		

جدول ۸- مقایسه میانگین غلظت عناصر کم مصرف تاتوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیرآلی

Table 8- Mean comparison of micro elements concentration of Jimsonweed under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers.

Organic and inorganic Fertilizer	Bio and nano bio-fertilizer	Leaf iron (mg/g DW)			Leaf copper (PPM)			Leaf manganese (PPM)		
		Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative
Control	Control	4.66	4.64	4.79	15.03	14.52	15.32	14.30	14.17	15.21
	Biophosphate	4.76	4.73	4.95	15.16	14.96	18.85	15.81	15.22	19.95
	Nitroxin	4.96	4.93	5.18	15.29	15.07	19.19	15.90	15.31	20.07
	Nitroxin+									
	Biophosphate	5.09	5.07	5.29	15.99	15.45	19.71	16.81	16.32	20.22
Chemical fertilizer	Nano bioumik	5.58	5.53	5.45	17.29	16.77	20.95	16.95	16.42	20.65
	Control	5.17	4.74	5.28	16.09	14.99	17.45	15.64	14.80	19.24
	Biophosphate	5.23	4.82	5.33	16.90	15.79	19.98	15.83	15.31	19.45
	Nitroxin	5.31	5.06	5.42	17.04	16.26	20.20	16.99	15.55	20.11
	Nitroxin+									
Animal manure	Biophosphate	5.39	5.15	5.54	17.70	16.90	21.02	18.11	17.38	20.83
	Nano bioumik	5.90	5.69	5.97	18.28	17.47	21.63	18.72	17.89	21.54
	Control	6.15	5.22	6.29	22.55	18.64	23.10	21.47	16.12	22.23
	Biophosphate	6.36	5.53	6.48	22.73	19.02	23.26	21.79	17.33	22.43
	Nitroxin	6.58	5.66	6.72	22.90	19.13	23.44	22.62	18.16	23.25
Compost	Nitroxin+									
	Biophosphate	6.73	5.71	6.87	23.34	19.36	23.90	23.97	19.18	24.65
	Nano bioumik	6.83	6.76	6.96	24.17	23.35	24.82	25.84	25.38	26.48
	Control	6.27	5.32	6.40	22.46	18.41	23.04	22.71	18.16	23.36
	Biophosphate	6.64	5.64	6.78	23.14	19.43	23.67	23.79	19.21	24.44
Vermi compost	Nitroxin	6.87	5.73	7.03	23.31	20.22	23.75	23.93	20.28	24.46
	Nitroxin+									
	Biophosphate	6.94	5.86	7.09	24.07	20.49	24.58	26.16	22.90	26.63
	Nano bioumik	7.07	6.98	7.21	25.13	24.68	25.62	28.07	27.65	28.66
	Control	6.52	5.32	6.60	24.06	19.35	24.37	27.04	22.89	27.32
Vermi compost	Biophosphate	6.82	5.65	6.89	24.70	21.70	24.90	29.38	25.54	29.64
	Nitroxin	7.63	6.17	7.73	25.48	22.31	25.69	30.63	27.10	30.87
	Nitroxin+									
	Biophosphate	7.92	6.46	8.02	26.66	22.67	26.93	32.34	27.89	32.63
	Nano bioumik	8.06	8.05	8.13	28.05	27.98	28.36	33.33	33.05	33.65
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)		0.1931			1.0013			1.2841		

برهمکنش تیمارهای مختلف کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام‌های تغذیه‌ای (اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی) قرار گرفت (جدول ۷). در مقایسه میانگین تیمارها بیشترین وزن خشک برگ و عملکرد دانه در اثرات مستقیم (به ترتیب ۴۸۳/۷۸ و ۲۲۹/۵۵ گرم در بوته)، باقیمانده (به ترتیب ۴۷۸/۳۴ و ۲۲۸/۶۶ گرم در بوته) و تجمعی (به ترتیب ۴۸۹/۰۲ و ۲۳۰/۹۷ گرم در بوته) از تیمار تلفیق کود آلی و رومی-کمپوست با تیمار کود نانوزیستی بیومیک حاصل شد و کمترین مقدار آنها به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) تعلق داشت (جدول ۹).

وزن خشک برگ و عملکرد دانه تحت تأثیر فراهمی عناصر غذایی هستند. به علت عدم تأمین عناصر کافی لازم در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها، دارای وزن خشک برگ و عملکرد دانه کمتری بوده است.

افزایش غلظت عناصر درشت و ریزمغذی برگ‌ها و دانه در سیستم تغذیه تلفیقی را می‌توان به فراهمی بیشتر عناصر غذایی در طول فصل رشد به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از کودهای آلی و نانوزیستی، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک نسبت داد. از طرف دیگر اسیدهای هیومیک و فولیک موجود در این کودها، علاوه بر آزادسازی عناصر غذایی موجود در این کودها، با کاتیون‌های عناصر غذایی کمپلکس ایجاد کرده و مواد غذایی را به مرور آزاد می‌سازد. این مسئله موجب افزایش قابلیت استفاده عناصر توسط گیاهان شده و از دنیتریفیکاسیون، تبخیر و آبشویی نیز جلوگیری می‌شود (Hosseinzadeh *et al.*, 2016).

وزن خشک برگ و عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اختلاف وزن خشک برگ و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر

جدول ۹- مقایسه میانگین غلظت کلسیم برگ و عملکرد اسانس تانوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای آلی و غیرآلی

Table 9- Mean comparison of leaf calcium concentration and essential oil yield of Jimsonweed under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers.

Organic and inorganic fertilizer	Bio and nano bio-fertilizer	Dry weight of leaves (g/plant)			Seed yield (g/plant)			Leaf essential oil (%)		
		Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative
Control	Control	83.40	83.22	90.47	20.98	20.90	23.47	1.895	1.834	2.025
	Biophosphate	146.22	131.75	185.19	39.64	38.21	60.14	3.201	3.136	3.657
	Nitroxin	149.64	140.87	198.43	48.81	46.17	72.53	3.389	3.321	3.860
	Nitroxin+	156.79	144.90	213.48	53.76	49.95	88.46	3.727	3.660	4.193
	Nano bioumik	209.25	200.05	256.98	73.09	69.00	109.24	3.843	3.779	4.289
Chemical fertilizer	Control	168.08	89.76	199.07	51.96	22.25	74.50	2.512	1.936	3.046
	Biophosphate	175.13	132.95	243.85	79.93	42.32	104.61	3.659	3.225	4.134
	Nitroxin	187.67	143.99	293.66	87.59	48.54	107.60	3.894	3.457	4.389
	Nitroxin+	199.29	153.30	329.12	92.92	54.32	124.26	4.063	3.758	4.564
	Nano bioumik	264.80	212.36	373.61	125.89	76.73	160.99	4.368	3.899	4.847
Animal manure	Control	212.00	194.44	221.28	78.84	67.48	81.23	3.363	2.788	3.445
	Biophosphate	249.28	238.70	263.28	117.68	101.58	120.30	4.305	3.609	4.404
	Nitroxin	287.01	262.54	293.40	121.42	106.54	124.95	4.516	3.879	4.607
	Nitroxin+	330.42	293.11	335.49	132.95	114.94	136.48	4.663	4.064	4.749
	Nano bioumik	363.74	362.27	373.49	178.03	174.85	181.07	5.399	5.255	5.491
Compost	Control	208.20	203.62	221.64	99.97	80.24	106.90	3.470	2.820	3.563
	Biophosphate	289.05	284.28	297.90	129.54	114.26	135.38	4.417	3.714	4.518
	Nitroxin	319.70	307.25	336.33	136.38	121.92	146.95	4.716	3.938	4.827
	Nitroxin+	353.07	328.68	375.65	158.12	135.83	172.05	5.103	4.097	5.246
	Nano bioumik	411.78	404.20	432.50	185.65	183.05	200.77	5.970	5.874	6.084
Vermi compost	Control	276.41	262.82	290.60	115.15	90.98	120.00	3.503	3.043	3.534
	Biophosphate	314.75	304.61	324.05	149.29	126.95	155.01	4.298	3.924	4.323
	Nitroxin	352.89	326.95	364.09	174.96	145.18	178.12	4.472	4.166	4.492
	Nitroxin+	376.65	348.27	384.31	203.47	163.84	208.82	4.769	4.581	4.781
	Nano bioumik	483.78	478.34	489.02	229.55	228.66	230.97	6.221	6.204	6.274
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)		11.6570			3.3751			0.1169		

رشد و عملکرد دانه شده است. باکتری‌های تثبیت-کننده نیتروژن و فسفر موجود در نانوبیومیک موجب در دسترس قرار دادن نیتروژن، فسفر و عناصر دیگر به شکل قابل جذب برای گیاه می‌شود (Han & Lee, 2006)؛ بنابراین غلظت نیتروژن و فسفر در خاک افزایش می‌یابد که این مسئله ضمن افزایش رشد رویشی و با ایجاد مقصد فراوان و انتقال آسمیلات‌های تولیدی حاصل از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش می‌دهد. در تحقیقی کاربرد کود زیستی *آزوسپیریلوم و/زتوباکتر*، سبب افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis L.*) در چین‌های اول و دوم طی دو فصل زراعی گردید (Youssef et al., 2004).

به دلیل اثرات هم‌افزایی کود ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک، گیاهان تیمار شده با این کودها دارای وزن خشک برگ و عملکرد دانه بالایی خواهند بود. افزایش وزن خشک برگ و عملکرد دانه در سیستم تغذیه تلفیقی را می‌توان به فراهمی بیشتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر در طول فصل رشد به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از کودهای آلی و نانوزیستی نسبت داد. به عبارت دیگر به‌واسطه رهایش کنترل‌شده و تدریجی عناصر در سیستم تغذیه تلفیقی، استفاده از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در شرایط حساس رشد مانند ورود به فاز زایشی، به‌عنوان عامل برتری تیمار تلفیقی در نظر گرفته می‌شود. به‌طور کلی افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تقویت فعالیت‌های شبه هورمونی گیاه، تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه و به‌طور کلی، بهبود ساختار شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی بستر کاشت، از جمله دلایل متعددی است که برتری تلفیق کودهای آلی و زیستی را در افزایش رشد گیاهان مورد تأیید قرار داده‌اند (Khalid et al., 2006).

درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه

درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه تحت تأثیر ($P \leq 0.01$) برهمکنش تیمارهای کودهای آلی و

در بین کودهای آلی و معدنی بهترین تیمار کود ورمی‌کمپوست بود و پس از آن تیمارهای کود کمپوست، دامی و شیمیایی قرار داشتند (جدول ۹). از آنجایی که ورمی‌کمپوست نسبت به کود شیمیایی و کودهای آلی کمپوست و دامی دارای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بیشتری (جدول ۲) می‌باشد، در نتیجه با فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش ذخیره کربوهیدرات و افزایش وزن خشک برگ و عملکرد دانه شده است. همچنین ورمی-کمپوست به سبب افزایش هوموس و مواد آلی خاک، ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آنزیم‌های گیاهی که در کودهای دامی و کمپوست کمتر و در کودهای شیمیایی وجود ندارند، حاصلخیزی خاک را افزایش داده و بدین ترتیب سبب افزایش رشد گیاه شده است. ورمی‌کمپوست به دلیل وجود قارچ، باکتری، مخمر و اکتینومیست‌ها فعالیت میکروبی داشته که این ریزموجودات می‌توانند علاوه بر بهبود جذب عناصر غذایی از طریق تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، اتیلن و اسید آسبزیک تأثیر مثبتی روی رشد و عملکرد گیاه داشته باشند (Saydi et al., 2017; Hosseinzadeh et al., 2016). آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه فلفل با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست را گزارش کرده‌اند. در آزمایشی سطوح مختلف ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) شد (Azizi et al., 2008). Asadi et al. (2014) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata Forsk.*) در کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار نسبت به تیمار کود شیمیایی و شاهد حاصل گردید. در بین کودهای زیستی و نانوزیستی، بهترین تیمار کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای کود نیتروکسین + بیوفسفات، نیتروکسین و بیوفسفات قرار داشتند (جدول ۹). کود نانوزیستی بیومیک از طریق فراهمی عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر درشت و ریزمغذی برای گیاه، باعث افزایش

و عملکرد اسانس برگ (به ترتیب ۳۰/۴۲، ۳۰/۳۱ و ۳۰/۶۷) و دانه (به ترتیب ۳/۰۱، ۳/۰۰ و ۳/۰۴) در تیمار تلفیق کود آلی ورمی کمپوست و نانوزیستی بیومیک و کمترین آنها در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد (جدول ۹ و ۱۰).

معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام‌های تغذیه‌ای (اثرات مستقیم، تجمعی و باقیمانده) قرار گرفت (جدول ۶). برای اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی بیشترین درصد اسانس برگ (به ترتیب ۶/۲۲۱، ۶/۲۰۴ و ۶/۲۷۴) و دانه (به ترتیب ۱/۳۱۱، ۱/۲۹۴ و ۱/۳۱۵)

جدول ۱۰- مقایسه میانگین غلظت کلسیم برگ و عملکرد اسانس تاتوره تحت اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی کودهای

آلی و غیرآلی

Table 11- Mean comparison of leaf calcium concentration and essential oil yield of Jimsonweed under direct, cumulative and residual effects of organic and inorganic fertilizers.

Organic and inorganic fertilizer	Bio and nano bio-fertilizer	Seed essential oil (%)			Leaf essential oil yield (g/plant)			Seed essential oil yield (g/plant)		
		Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative	Direct	Residual	Cumulative
Control	Control	0.615	0.614	0.621	1.58	1.53	1.83	0.13	0.13	0.15
	Biophosphate	0.646	0.632	0.741	4.68	4.13	6.77	0.26	0.24	0.45
	Nitroxin	0.678	0.652	0.863	5.07	4.68	7.66	0.33	0.30	0.63
	Nitroxin+									
Chemical fertilize	Biophosphate	0.688	0.662	0.869	5.84	5.29	8.96	0.37	0.33	0.77
	Nano biomik	0.768	0.743	0.944	8.03	7.55	11.02	0.56	0.51	1.03
	Control	0.671	0.646	0.845	4.22	1.73	6.06	0.35	0.14	0.63
	Biophosphate	0.703	0.673	0.916	6.41	4.29	10.07	0.56	0.28	0.96
Animal manure	Nitroxin	0.726	0.696	0.939	7.31	4.98	12.88	0.64	0.34	1.01
	Nitroxin+									
	Biophosphate	0.745	0.715	0.959	8.09	5.76	15.02	0.69	0.39	1.19
	Nano biomik	0.785	0.754	0.998	11.56	8.27	18.12	0.99	0.58	1.61
Compost	Control	0.857	0.653	0.886	7.13	5.43	7.62	0.68	0.44	0.72
	Biophosphate	0.901	0.681	0.933	10.73	8.61	11.60	1.06	0.69	1.12
	Nitroxin	0.918	0.706	0.949	12.95	10.18	13.51	1.12	0.75	1.19
	Nitroxin+									
Vermi compost	Biophosphate	0.940	0.726	0.970	15.41	11.91	15.93	1.25	0.83	1.32
	Nano biomik	1.059	0.994	1.068	19.65	19.05	20.52	1.89	1.74	1.93
	Control	0.873	0.672	0.901	7.22	5.74	7.90	0.87	0.54	0.96
	Biophosphate	0.897	0.699	0.925	12.76	10.55	13.45	1.16	0.80	1.25
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)	Nitroxin	0.955	0.731	0.987	15.07	12.10	16.23	1.30	0.89	1.45
	Nitroxin+									
	Biophosphate	1.017	0.768	1.052	18.02	13.46	19.70	1.61	1.04	1.81
	Nano biomik	1.122	1.082	1.128	24.59	23.74	26.31	2.08	1.98	2.26
	Control	1.002	0.697	1.022	9.68	8.00	10.27	1.15	0.63	1.23
	Biophosphate	1.055	0.719	1.078	13.53	11.95	14.00	1.57	0.91	1.67
	Nitroxin	1.141	0.787	1.165	15.79	13.63	16.37	2.00	1.14	2.07
	Nitroxin+									
	Biophosphate	1.191	0.829	1.215	17.97	15.97	18.39	2.42	1.36	2.54
	Nano biomik	1.311	1.294	1.315	30.42	30.31	30.67	3.01	3.00	3.04
Minimum significant difference ($\alpha=0.05$)		0.0427			0.5789			0.068		

بیشترین مقدار اسانس در پیکره رویشی در تیمار ورمی کمپوست به دست آمد. Mona *et al.* (2008) گزارش کردند که استفاده از کمپوست در افزایش میزان اسانس گیاه رازیانه مؤثرتر از کود شیمیایی بوده است. در تحقیقی دیگر، مقدار اسانس و نیز مقدار ترکیبات ضروری گیاه دارویی بابونه، در شرایط کشت ارگانیک به مراتب بالاتر از کشت رایج آن بود (Vildova *et al.*, 2006). Hossaini *et al.* (2015) گزارش کردند که بیشترین درصد اسانس در گیاه مرزه سهندی در تیمار دو تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد. با توجه به اینکه عملکرد اسانس از حاصل ضرب درصد

در بین کودهای آلی و معدنی، در هر سه نظام تغذیه‌ای، بهترین تیمار کود ورمی کمپوست بود و پس از آن تیمارهای کود کمپوست، دامی و شیمیایی قرار داشتند (جدول ۹ و ۱۰). ورمی کمپوست حاوی مقدار زیادی عناصر پر و کم مصرف (جدول ۲) می‌باشد که این عناصر در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس و بیوسنتز اسانس گیاهان دارویی نقش مهمی ایفا می‌کنند. Mafakheri *et al.* (2012) با بررسی تأثیر ورمی کمپوست، بیوفسفات و /زوتوباکتر بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) گزارش کردند که

اسانس گیاه دارویی رزماری اشاره داشتند. همچنین Mahfouz & Sharaf-Eldin (2007) نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس رازیانه شد. در تحقیقی کاربرد *باسیلوس* روی گیاه ریحان، سبب افزایش عملکرد اسانس شد و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد (Banchio *et al.*, 2009). استفاده از تلفیق کودهای آلی و زیستی افزایش معنی داری را در عملکرد اسانس نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۹). دلیل این افزایش، فراهمی عناصر غذایی در تلفیق این تیمارها بوده است. به دلیل این که اسانس تاتوره ترکیبات ترپنی می‌باشند و واحدهای سازنده ترپنها از جمله ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP= Isopentenyl pyrophosphate) و دی‌متیل‌آلیل پیروفسفات (DMAPP= Dimethylallyl pyrophosphate) نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های فوق ضروری می‌باشد (Anwar *et al.*, 2005)، از این رو تلفیق کودهای آلی و زیستی از طریق افزایش زیست‌فراهمی فسفر و نیتروژن و جذب این عناصر موجب افزایش میزان اسانس گیاه شده‌اند. (Naiji & Soury, 2015) و (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2013) تأثیر مثبت کودهای زیستی و آلی را روی درصد اسانس مرزه گزارش کردند.

اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی

اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی تلفیق تیمارهای کود آلی ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک بر غلظت عناصر نیتروژن برگ و دانه، مس، منگنز، روی، آهن و کلسیم برگ، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه معنادار ($P > 0.05$) نبود (جدول ۴، ۷، ۸، ۹ و ۱۰). اثرات مستقیم، باقیمانده و تجمعی تلفیق تیمارهای کود آلی دامی با نانوبیومیک بر غلظت فسفر و پتاسیم برگ و دانه و تلفیق تیمارهای کود کمپوست و نانوبیومیک برای غلظت منیزیم برگ از نظر آماری معنی‌دار ($P > 0.05$) نشد (جدول ۴، ۵ و ۷). اختلاف اثرات باقیمانده و مستقیم کودهای

اسانس در عملکرد ماده خشک به دست می‌آید، برتری کود ورمی‌کمپوست را می‌توان به بیشتر بودن عملکرد ماده خشک و درصد اسانس در مقایسه با سایر تیمارها دانست. Khalid *et al.* (2006) گزارش نمودند که عملکرد اسانس ریحان کشت‌شده تحت شرایط ارگانیک بیش از دو برابر نسبت به ریحان تغذیه‌شده با کودهای شیمیایی رایج بود. (Moradi *et al.*, 2011) گزارش نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه و همراه با دیگر کودهای آلی، سبب بهبود عملکرد اسانس رازیانه شد. (Darzi *et al.*, 2016) با بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف کود دامی و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و ترکیبات اسانس بادرشبی بیان کردند که بیشترین درصد اسانس در تیمار حاوی ۵ تن ورمی‌کمپوست به دست آمد. در بین کودهای زیستی و نانوزیستی بهترین تیمار کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای کود نیتروکسین + بیوفسفات، نیتروکسین و بیوفسفات قرار داشتند (جدول ۹ و ۱۰). فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارند. کود زیستی نانوبیومیک از طریق کمک به جذب عناصر نیتروژن، فسفر، آهن، روی و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و در نهایت افزایش فتوسنتز و درصد اسانس شده است (Sangwan, *et al.*, 2001). Abdel- Aziz *et al.* (2007) در رزماری (*Rosmarinus officinalis L.*) و (Gharib *et al.*, 2008) در مرزنجوش افزایش مقدار اسانس در اثر تلقیح با ازتوباکتر و *باسیلوس* را ناشی از افزایش تعداد غده‌های ترش‌چی و بیوسنتز مونوترپن‌ها بیان کردند. علاوه بر این افزایش اسانس گیاهان دارویی در شرایط استفاده از کودهای زیستی به برهمکنش گیاه با ریزجاندار و انتقال سیگنال توسط ریزجاندار نسبت داده شده است (Karthikeyan *et al.*, 2008). همچنین گزارش شده است که برخی از ریزموجودات خاکزی باعث تحریک مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (Demir, 2004). (Leithy *et al.*, 2006) در آزمایشی به اثر مثبت استفاده از کود زیستی/ازتوباکتر در افزایش

با ۲۰ تن کمپوست در هکتار تیمار شده بود، نمونه- برداری کرد و در یک آزمایش شش ساله اثرات باقیمانده کمپوست را بررسی نمود. او ملاحظه کرد که اثرات معنی‌دار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب تا سومین، پنجمین و دومین کشت در محصول مشاهده شده است. در تحقیق دیگری دیده شد که اثر باقیمانده کمپوست کود گوسفندی همراه با کودشیمیایی به مدت سه سال متوالی توانست جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه ذرت را به طور معناداری افزایش دهد (Mirzashahi & Kiani, 2009). این محققین بیان نمودند که علت آن احتمالاً مربوط به سهل‌الوصول شدن عناصر مغذی موجود در کمپوست برای گیاه، بر اثر گذشت زمان می‌باشد که سبب می‌گردد تا کمپوست با فازهای فیزیکی و شیمیایی خاک به تعادل برسد. با توجه به نتایج می‌توان چنین نتیجه گرفت که احتمالاً اسید هیومیک موجود در کود ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک با بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک، از طریق افزایش نگهداری عناصر غذایی و رهايش به‌موقع موجب بهبود این ویژگی‌ها شده‌اند. علاوه بر این رهايش کنترل‌شده یا تأخیری عناصر موجود در کود نانوزیستی بیومیک به‌ویژه نانوکلات آهن و روی موجب بهبود این ویژگی‌ها در گیاهان تحت اثرات باقیمانده شده است. مزید بر این، به‌نظر می‌رسد که تلفیق کود آلی و زیستی با جلوگیری از آبلشویی نیتروژن و تأمین بیشتر آن (Jahan *et al.*, 2013)، تولید مواد محرک رشد، افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین افزایش دسترسی و جذب کارآتر عناصر غذایی، منجر به افزایش خصوصیات فوق شده‌اند. Hemantaranjan & Grag (1998) گزارش نمودند که اثر باقیمانده روی از کشت قبلی نسبت به شاهد، روند افزایشی در وزن ماده خشک گندم (*Triticum aestivum* L.) داشت. علاوه بر این محبوس‌بودن عناصر در ساختار مولکول‌های آلی و رهايش آنها در سال‌های بعدی می‌تواند دلیل بهبود ویژگی‌های فوق در اثرات باقیمانده باشد.

عدم اختلاف معنی‌دار اثرات تجمع‌ی و مستقیم و افزایش نامحسوس غلظت عناصر نیتروژن برگ و دانه،

شیمیایی بر غلظت عناصر، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس تاتوره معنی‌دار شد ($P \leq 0.05$) (جداول ۴، ۵، ۷، ۸، ۹ و ۱۰).

ماندگاری کودهای شیمیایی و آلی در خاک مسأله‌ای قابل‌توجه است، به‌طوری که در حدود ۹۰ درصد عناصر غذایی کودهای شیمیایی در همان سال اول مصرف و یا هدر می‌رود و حداکثر ۱۰ درصد آن برای استفاده گیاهان سال بعد در خاک باقی می‌ماند (Eghball *et al.*, 2004). مصرف کودهای شیمیایی ضمن ایجاد خسارات زیست محیطی، هر چند در سال اول آزمایش در شرایط مطلوب، عملکرد و اجزای عملکرد بیشتری را عاید می‌سازند، ولی در سال‌های بعدی، از دسترس گیاه خارج شده و تأثیر چندانی بر این ویژگی‌ها ندارند. بنابراین گیاهان تحت اثرات باقیمانده کود شیمیایی به‌علت کمبود مواد غذایی دارای غلظت عناصر غذایی، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس کمتری در مقایسه با تیمارهای کود آلی بودند. عدم اختلاف معنی‌دار اثرات باقیمانده و مستقیم و افزایش غلظت عناصر نیتروژن برگ و دانه، مس، منگنز، روی، آهن و کلسیم برگ، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه در تیمارهای تلفیق ورمی‌کمپوست و کود نانوبیومیک، عدم اختلاف معنی‌دار اثرات باقیمانده و مستقیم و افزایش نامحسوس غلظت عناصر فسفر و پتاسیم برگ و دانه در تیمارهای تلفیق کود دامی و نانوبیومیک و عدم اختلاف معنی‌دار اثرات باقیمانده و مستقیم و افزایش نامحسوس غلظت عنصر منیزیم برگ در تیمارهای تلفیق کود کمپوست و نانوبیومیک، حاکی از باقیماندن اثر مصرف کودهای آلی و زیستی در خاک و تأثیر بر خصوصیات گیاهان سال-های بعدی بود که با نتایج تحقیق سایر محققین (Mirzashahi & Kiani, 2009; Eghbal *et al.*, 2004; Roppongi, 1993) مطابقت داشت. Eghball *et al.* (2004) بیان داشتند که میزان تأثیرگذاری کودهای دامی بر رشد و عملکرد گیاه در سال اول حدود ۶۰ درصد و در سال‌های دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۴۵، ۳۰ و ۲۵ درصد است. Roppongi (1993) از خاکی که

محصولات در راستای کشت ارگانیک و کشاورزی پایدار کمک نمود. Mohammadi *et al.* (2009) بیان نمودند که اثرات باقیمانده و تجمعی مصرف کودهای آلی بستگی به میزان، تعداد سال‌ها و نوع کود آلی مورد استفاده دارد و استفاده پی در پی از میزان بالای کودهای آلی، به‌ویژه کودهای دامی و لجن فاضلاب، می‌تواند خطر آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را افزایش دهند.

نتیجه‌گیری

برهمکنش تیمارهای کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی و نظام‌های تغذیه‌ای (مستقیم، تجمعی و باقیمانده) بر کلیه ویژگی‌های مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در هر سه نظام تغذیه‌ای، بیشترین غلظت عناصر نیتروژن برگ و دانه، مس، منگنز، روی، آهن و کلسیم برگ، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه از تلفیق کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک، بیشترین غلظت عناصر فسفر و پتاسیم برگ و دانه از تلفیق مصرف کود آلی دامی با نانوبیومیک و حداکثر مقدار عنصر منیزیم برگ از تلفیق کاربرد کود کمپوست و نانوبیومیک به‌دست آمد و بین سه اثر کوددهی نیز اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و نیز کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاد و با توجه به اثرات مثبت کودهای آلی در پایداری منابع خاک، حفظ تولید در درازمدت، جلوگیری از آلودگی محیط زیست و در نهایت عرضه محصول سالم و با کیفیت، استفاده از این نوع کودها به-تنهایی و یا در تلفیق با کودهای زیستی می‌تواند به-عنوان گزینه‌ای مناسب در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار مد نظر قرار گیرد. بنابراین استفاده از یک بار مصرف کود آلی به‌خصوص ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک برای دو سال متوالی جهت بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد رویشی و دانه تاتوره مناسب می-باشد.

مس، منگنز، روی، آهن و کلسیم برگ، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس برگ و دانه گیاهان در سال دوم در اثرات تجمعی نسبت به اثرات مستقیم در تیمارهای تلفیق ورمی‌کمپوست و کود نانوبیومیک، عدم اختلاف معنی‌دار اثرات تجمعی و مستقیم و افزایش نامحسوس غلظت عناصر فسفر و پتاسیم برگ و دانه در تیمارهای تلفیق کود دامی و نانوبیومیک و عدم اختلاف معنی‌دار اثرات تجمعی و مستقیم و افزایش نامحسوس غلظت عنصر منیزیم برگ در تیمارهای تلفیق کود کمپوست و نانوبیومیک، حاکی از آن بود که مصرف یک بار کود آلی ورمی-کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک، کود دامی و نانوبیومیک و کود کمپوست و نانوبیومیک موجب غنی‌شدن خاک محل آزمایش از عناصر غذایی شده است و اضافه‌کردن مجدد آن در سال بعد، نه تنها افزایش کمیت چشم‌گیری را به‌همراه نداشته است، بلکه با آبشویی از دسترس گیاه خارج شده‌اند و در صورت تکرار کوددهی امکان ثابت‌ماندن یا کاهش کمیت در تمامی ویژگی‌های ذکر شده را دارد؛ از این‌رو کاربرد پیاپی کودهای آلی در سال‌های متممادی توصیه نمی‌شود. علاوه بر این از آنجایی که واکنش گیاه به افزایش مقدار کود از نوع رابطه درجه دوم است (Razavi Nia *et al.*, 2015)، بنابراین ممکن است با افزایش کود بیش از حد نیاز گیاه، این پارامترها ثابت مانده و یا حتی کاهش یابند. از این‌رو باید اذعان داشت که حفظ تعادل بین میزان عناصر غذایی در تغذیه گیاهی، شرط لازم برای دستیابی به عملکردهای بالا و کیفیت مطلوب محصول می‌باشد. در بعضی مواقع اگر نسبت بین دو عنصر غذایی از حالت بهینه خارج شود، باعث ایجاد برهمکنش ضدیتی (آنتاگونیسمی) بین عناصر شده و در نتیجه نه تنها موجب افزایش ویژگی‌ها، بلکه باعث کاهش آنها می‌گردد. بنابراین پیشنهاد می-شود که قبل از کوددهی برای هر کشت، سوابق کشت و نیز مقادیر کود اعمال شده قبلی به خاک در نظر گرفته شود. سپس اقدام به توصیه کودی شود تا ضمن جلوگیری از اثرات سوء تجمع عناصر و سمیت آنها، بتوان ضمن حفظ و حراست از محیط زیست، به تولید

سپاسگزاری

آزمایش، نهایت همکاری را مبذول داشتند، کمال تشکر
و قدردانی را دارد.

بدین وسیله از پرسنل زحمت کش ایستگاه تحقیقات
کشاورزی بایع کلا که در طول انجام مراحل این

REFERENCES

1. Abdel-Aziz, M., Pokluda, R. & Abdel-Wahab, M. (2007). Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35(1), 86-90.
2. Ahmadinezhad, R. (2012). *Integrated effect of organic fertilizers and nitrogen on nutrition, growth and yield of wheat (Triticum aestivum cv. Alvand)*. M.Sc. Thesis, University of Tabriz, Iran. 121p.
3. Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S. & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36 (13-14), 1737-1746.
4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93, 145-153.
5. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S. & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, 65-69.
6. Asadi, G. H., Momen, A., Khorramdel, S. & Nurzadeh Nameghi, A. (2014). Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on yield and nitrogen efficiency indices in (*Plantago ovata* Forsk.). *Journal of Agroecology*, 5(4), 373-382. (In Farsi)
7. Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A. & Neamati, H. (2008). The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of german chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.) C.V. Goral. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(1), 82-93. (In Farsi)
8. Badr, M. A. (2006). Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. *Journal and Applied Sciences Research*, 2, 1191-1198.
9. Banchio, E., Xie, X., Zhang, H. & Pare, P. W. (2009). Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 653-657.
10. Bhattacharyya, P., Chakrabarti, K., Chakraborty, A., Nayak, D. C., Tripathy, S. & Powell, M. A. (2007). Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere*, 66, 1789-1793.
11. Brussard, L. & Ferrera-Cenato, R. (1997). *Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems*. New York: Lewis publishers, USA. 168p.
12. Chapman, H. D. & Pratt, P. F. (1961). *Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters*. University of California, Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA. 309p.
13. Darzi, M. T., Hadjseyed Hadi, M. R. & Atarpoor, R. (2016). Effects of different manure and vermicompost rates on yield and essential oil contents of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 46(4), 4711-721. (In Farsi)
14. Darzi, M. T., Hadjseyed Hadi M. R. & Rejali, F. (2011). Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(4), 452-465. (In Farsi)
15. Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*, 28, 85-90.
16. Earnapalli, V. N. (2005). *Screening of antagonistic microorganisms for biological control of early blight of tomato caused by Alternaria solani*. MSc. Thesis, University of Agricultural Science, Dharwad, India.
17. Eghball, B., Ginting, D. & Gilley, J. E. (2004). Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96, 442-7.
18. Fernandez-Luqueno, F., Reyes-Varela, V., Martinez-Suarez, C., Salomon-Hernandez, G., Yanez-Meneses, J., Ceballos-Ramerez, J. M. & Dendooven, L. (2010). Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource Technology*, 101, 396-403.
19. Gaire, B. P. & Subedi, L. (2013). A review on the pharmacological and toxicological aspects of *Datura stramonium* L. *Journal of Integrative Medicine*, 11(2), 73-79.
20. 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 (*Marjorana hortensis* L.). *Journal of Agriculture*

- and Biological Science*, 10, 381-387.
21. Gunes, A., Ataoğlu, N., Turan, M., Esitken, A. & Ketterings, Q. M. (2009). Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 385-392.
 22. Han, H. S. & Lee, K. D. (2006). Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*, 52, 130-136.
 23. Hay, R. K. M. & Walker, A. J. (1989). *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*. Longman Scientific and Technical. 292p.
 24. Hellal, F. A., Zewainy, R. M., Khalil, A. A. & Ragab, A. A. M. (2014). Effect of organic and bio-fertilizer management practices on nutrient availability and uptake by faba bean- maize sequence. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 8 (5), 35-42.
 25. Hemantaranjan, A. & Garge, O. K. (1998). Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum sativum* L. *Plant Nutrition*, 11, 1439-1450.
 26. Hossaini, S. M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F. & Ghalavand, A. (2015). Vegetative and essential oil yields of savory (*Satureja sahendica* Bornm.) affected by vermicompost and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31, 342-356. (In Farsi)
 27. Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H. & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92.
 28. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B. & Ehyayi, H. R. (2013). Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products*, 43, 606- 611.
 29. Jackson, M. L. (1973) *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, 498p.
 30. Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G. M. A. & Deiveekasundaram, M. (2008). Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 62(1), 143-145.
 31. Khalesro, Sh., Ghalavand, A., Sefidkon, F. & Asgharzadeh, A. (2012). The effect of biological and organic inputs on quantity and quality of essential oil and some elements content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4), 551-560. (In Farsi)
 32. Khalid, A. K., Hendawy, S. F. & El-Gezawy, E. (2006). *Ocimum basilicum* L., production under organic farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(1), 25-33.
 33. Khan, R., Gurmani, A. R., Khan, M. S. & Gurmani, A. H. (2009). Residual, direct and cumulative effect of zinc application on wheat and rice yield under rice-wheat system. *Soil and Environment*, 28, 24-28.
 34. Kumar, V. & Singh, K. P. (2001). Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresour Technology*, 76(2), 173-175.
 35. Leithy, S., El-Meseiry, T. A. & Abdallah, E. F. (2006). Effect of bio-fertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(10), 773-779.
 36. 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(4), 361-366.
 37. Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F. & Rejali, F. (2012). Effect of vermicompost, biophosphate and azotobacter on quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4), 590-605. (In Persian with English Abstract)
 38. Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., & Ranganathan, L.S. (2009). Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Environmental Biology*, 30, 275-281.
 39. Migahed, H. A., Ahmed, A. E. & Abd El-Ghany, B. F. (2004). Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolense* under Calcareous soil. *Journal of Agricultural Sciences*, 12, 511-525.
 40. Mirzashahi, K. & Kiani, Sh. (2009). The effect of sheep manure compost on application rate of chemical fertilizers in grain corn planting. *Journal of Research in Agricultural Science*, 4(2), 174-186. (In Farsi)
 41. Mohammadi, S., Kalbasi, M. & Shariatmadari, H. (2009). Cumulative and residual effects of organic fertilizer application on selected soil properties, water soluble P, olsen-p and P sorption index. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11, 487-497.

42. Mohammadpour Vashvaei, R. Ghanbari, A. & Fakheri, B. A. (2017a). Effect of bio-fertilizers in combination with different rates of chemical fertilizers on the growth characters and sepals yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Agroecology*, 9(2), 276-295. (In Farsi)
43. Mohammadpour Vashvaei, R. Ghanbari, A. & Fakheri, B. A. (2017b). Effect of different fertilization systems (chemical, biological and integrated) on nitrogen and phosphorus concentration, biochemical attributes and sepals dry weight of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Agroecology*, 9(3), 652-674. (In Farsi)
44. Mohammadpour Vashvaei, R. Ghanbari, A. & Fakheri, B. A. (2015). Effect of combined feeding system on N, P and K concentration, biochemical characteristics and calyxes yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 46(3), 497-517. (In Farsi)
45. Mona, Y., Kandil, A.M. & Swaefy Hend, M. F. (2008). Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. *Biological Sciences*, 4, 34-39.
46. Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A. & Nejadali, A. (2011). The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science*, 25(1), 25-33. (In Farsi)
47. Mowaghatian, A., Fateh, E., Aynehband, A. & Siahpoosh, A. (2014). Investigation of integrated mineral nutrient management on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of The Plant Production (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 37(2), 113-126. (In Farsi)
48. Najafi, N., Mardomi, S. & Oustan, S. (2012). Influence of waterlogging, sewage sludge and manure on the heavy metals concentrations in roots and shoots of sunflower in a loamy sand soil. *Journal of Science and Technology Agriculture and Natural Resources-Water and Soil*, 15(58), 139-157. (In Farsi)
49. Najafi, N., Mardomi, S. & Oustan, S. (2013). The effect of waterlogging sewage sludge and manure on selected macronutrients and sodium uptake by sunflower plant in a loamy sand soil. *Journal of Water and Soil*, 26(3), 619-636. (In Farsi)
50. Naiji, M. & Souri, M. K. (2015). Evaluation of growth and yield of Savory (*Satureja hortensis*) under organic and biological fertilizers toward organic production. *Plant Protection journal*, 38(3), 93-103.
51. Nassar, R. M. A., Boghdady, M. S. & Selim, D. A. (2015). Effect of mineral and bio-fertilizers on vegetative growth, mineral status, seed yield, tropane alkaloids and leaf anatomy of thorn apple plant (*Datura stramonium* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(4), 754-768.
52. Nelson, D. W. & Sommers, L. E. (1972). Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65, 109-111.
53. Ordoorkhani, K., Khavazi, K., Moezzi, A. & Rejali, F. (2010). Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. *African Journal of Agricultural Research*, 5(10), 1108-1116.
54. Prajapati, K. B. & Modi, H. A. (2012). Isolation and characterion of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. *Journal of Microbiology*, 1(2-3), 8-14.
55. Ranjbar, M., & Shams, Gh. A. (2009). Using of nano technology. *Ecological Green Journal*, 3, 29-34.
56. Rasouli, F. & Maftoon, M. (2010). Residual effect of organic matter with or without nitrogen on the growth and chemical composition of wheat and some soil chemical properties. *Journal of Water and Soil*, 24(2), 262-273. (In Farsi)
57. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N. & Gautam, S. P. (2001). Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiology Research*, 156, 145-149.
58. Razavi Nia, M., Aghaalikhani, M. & Naghdi Badi, H. (2015). Effect of vermicompost and chemical fertilizers on quantitative and qualitative properties of *Echinaceae pursuerea* (L.) Moench. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2), 357-373. (In Farsi)
59. Rezaenejad, Y. & Afyuni, M. (2001). Effect of organic matter on soil chemical properties and corn yield and elemental uptake. *Journal of Science and Technology Agriculture and Natural Resources*, 4(4), 19-29. (In Farsi)
60. Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshes, S. & Jafari, L. (2013). The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*, 5, 105-112. (In Farsi)
61. Roppongi, K. (1993). Residual effects of rice straw compost after continuous application to upland alluvial soil. *Japanese Soil Science and Plant Nutrition*, 64, 417-422.
62. Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F. & Asgharzade, A. (2011). The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and*

- Aromatic Plants*, 27(2), 188-201. (In Farsi)
63. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F. & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
 64. SAS Institute. (2013). The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Institute. Cary, NC.
 65. Saydi, Z., Fateh, E. & Aynehband, A. (2017). Effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on yield and yield components of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Journal of Agroecology*, 9(1), 115-128. (In Farsi)
 66. Sayyed, A. & Shah, M. (2014). Phytochemistry, pharmacological and traditional uses of *Datura stramonium* L.: review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(5), 123-125.
 67. Shahzad, S. M., Khalid, A., Arif, M. S., Riaz, M., Ashraf, M., Iqbal, Z. & Yasmeen, T. (2014). Co-inoculation integrated with P-enriched compost improved nodulation and growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed farming systems. *Biology and Fertility of Soils*, 50(1), 1-12.
 68. Sharma A. K. (2002). *A Handbook of Organic Farming*. Agrobios, India. 627p.
 69. Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S. & Vasudevan, P. (2005). Potentiality of earthworms for waste management and in other uses: a review. *The Journal of American Science*, 1, 4-16.
 70. Singh, M. V. & Abrol, I. P. (1985). Direct and residual effect of fertilizer zinc application on the yield and chemical composition of rice-wheat crops in an alkali soil. *Fertilizer Research*, 8, 179-191.
 71. Subramanian, K. S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. & Sharmila Rahale, C. (2015). Nanofertilizers for balanced crop nutrition. In: Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L. & Duran, N. (Eds.). *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer International Publishing, Switzerland. pp, 69-80.
 72. Vildova, A., Stolcova, M. & Kloucek Orsak, P. M. (2006). Quality characterization of chamomile (*Matricaria recutita* L.) in organic and traditional agricultures. *International Symposium on Chamomile Research, Development and Production*. Presov, p, 81-82.
 73. Youssef, A. A., Edris, A. E. & Gomaa, A. M. (2004). A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. *Plant Annals of Agricultural Science*, 49, 299-311.