

ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و زراعی تاتوره (*Datura stramonium* L.) تحت اثر باقیمانده سیستم‌های کشت متداول و کم‌نهاد

رقیه محمدپور وشوایی^۱، احمد قنبری^{۲*}، محمدرضا اصغری پور^۳، محمود رمرودی^۳ و مهدی دهمرده^۳
۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹)

چکیده

در راستای کشت گیاه دارویی تاتوره در نظام زراعی کم‌نهاد، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی باغ کلا (مازندران) در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. کرت اصلی شامل کوددهی در پنج سطح (کودهای شیمیایی (NPK)، کود دامی، کمپوست، ورمی‌کمپوست و عدم مصرف کود آلی و معدنی) و کرت فرعی شامل کودهای زیستی در پنج سطح (نیتروکسین، بیوسفات، نیتروکسین + بیوسفات، نانوبیومیک و عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی) بودند. نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۲/۲۱ سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته (۶۳/۵۹)، تعداد برگ در بوته (۲۳۰/۹۹)، سطح برگ کل بوته (۶۵۶۷/۹۳ سانتی‌مترمربع)، وزن خشک برگ (۴۷۷/۳۳ گرم در بوته)، کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (به ترتیب ۱/۸۰۶، ۱/۳۷۳ و ۰/۴۷۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کربوهیدرات کل برگ (۴۵/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، پروتئین دانه (۲۶/۱۰ درصد)، میزان الکلونید کل برگ و دانه (به ترتیب ۶۲/۰۴ و ۱۲/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، تعداد کپسول در بوته (۵۹/۵۷)، تعداد دانه در کپسول (۴۵۶/۸۴)، وزن هزار دانه (۹/۰۲ گرم) و عملکرد دانه (۷۹۲۷/۴ کیلوگرم در هکتار) به تلفیق کودهای ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک تعلق داشت. بنابراین با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی کم‌نهاد و کارایی بالای اثر تلفیق کودهای ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک، مصرف یک‌سال در میان این تیمار جهت بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و زراعی تاتوره توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: الکلونید کل، گیاهان دارویی، عملکرد، نانوبیومیک، نظام زراعی کم‌نهاد، ورمی‌کمپوست.

Evaluation of physiological, biochemical and agronomic characteristics of thorn apple (*Datura stramonium* L.) under residual effect of conventional and low input cropping systems

Roghayeh Mohammadpour Vashvaei^{*1}, Ahmad Ghanbari^{2*}, Mohammad Reza Asgharipour³, Mahmoud Ramroudi³ and Mehdi Dahmardeh³

1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Professor and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
(Received: Dec. 31, 2018 - Accepted: Jan. 9, 2019)

ABSTRACT

Towards the cultivation of datura medicinal herb in a low cropping system, an experiment was conducted on split plot based on a randomized complete block design with three replications, at the Research Station of Bayakola (Mazandaran), during 2016 and 2017. Experimental treatments were plant nutrition as a main plot at five levels (NPK, farmyard manure, compost, vermicompost and non-use of organic and inorganic fertilizers and biofertilizer as subplot at five levels (bio-phosphate, nitroxin, nitroxin + bio-phosphate, nano-biomiik and non-application of bio and nano bio-fertilizer). Results showed that the highest plant height (172.21 cm), number of branches per plant (63.59), number of leaves per plant (230.99), total plant leaf area (6567.93 cm²), leaf dry weight (477.33 g/plant), chlorophyll a, b and total carotenoid (1.806, 1.373 and 0.473 mg/g FW, respectively), total leaf carbohydrate (45.47 mg/g DW), seed protein (26.10 %), total alkaloids of leaf and seed (62.04 and 12.94 mg/g DW, respectively), number of fruits per plant (59.57), number of seeds per fruit (456.84), 1000 seeds weight (9.02 g) and seed yield (7927.4 Kg/ha) were belonged to the combination of vermicompost and nano-biomiik fertilizers treatments. Therefore, with respect to the necessity of producing medicinal plants in the low-input cropping systems and the high efficiency of vermicompost and nano biomiik combination treatment, using a load of it for two consecutive years are recommended for improving physiological, biochemical and agronomic characteristics of thorn apple.

Keywords: Low-input cropping system, medicinal plants, nano-biomiik, total alkaloids, vermicompost.

* Corresponding author E-mail: ganbari@uoz.ac.ir

مقدمه

تاتوره (*D. stramonium* L.) گیاهی علفی از تیره سیبزمینی (Solanaceae) می‌باشد. اغلب از این گیاه به‌عنوان یک علف هرز خطرناک در مزارع گیاهان صنعتی یاد می‌شود (Scott et al., 2000). تاتوره از مهم‌ترین گیاهان دارویی به‌شمار می‌رود (Singh & Singh, 2013; Al-Snafi, 2017). این گیاه دارای خاصیت ضدباکتریایی، حشره‌کشی، دفع‌کنندگی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، مسکن و تب‌بری، ضداسپاسم، ضدسرطانی، ضدباروری، آرام‌بخشی، ضدآسم، نشاط‌آوری و حفاظتی در مقابل سموم ارگانوفسفات می‌باشد (Singh & Singh, 2013; Al-Snafi, 2017) و برای درمان دیابت، آسم، تب‌خال، اسهال، بیماری‌های پوستی، صرع، روماتیسم، هموروئید، دردهای قاعدگی، زخم‌های پوستی و دردناک، تمدد اعصاب، التهاب معده، آبسه، آرتروز، جوش، سردرد، مارگزیدگی، تومور، گرفتگی عضلات، تورم، برونشیت، اسپاسم ناشی از پارکینسون و سوختگی استفاده می‌شود (Singh & Singh, 2013; Al-Snafi, 2017). عصاره برگ و بذرها این گیاه برای درمان جنون، صرع، افسردگی، تشنج، بی‌خوابی، دردهای شدید عصبی و بیماران اسکیزوئید (اختلال روانی) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pandey et al., 2011). این گیاه پایه و اساس پماد سوختگی و رماتیسم است (Paolo, 2001). برگ‌ها، گل‌ها و ریشه‌های خشک‌شده این گیاه به‌عنوان ماده مخدر و توهم‌زا (Al-Snafi, 2017) و از برگ‌ها و دانه‌های آن برای ساختن مسکن‌ها در صنایع داروسازی استفاده می‌شود (Singh & Singh, 2013).

افزایش نگرانی مصرف‌کنندگان درباره موضوعاتی همچون کیفیت غذا، حفظ محیط زیست و حفاظت خاک، باعث شده است تا به اصول کشاورزی پایدار برای رفع این نگرانی‌ها توجه بیشتری شود (Gliessman, 2014). بررسی‌ها نشان داده است استفاده از منابع ارگانیک مانند کودهای آلی و زیستی می‌تواند منجر به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول شوند. علاوه بر این، با توجه به تأکیدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد

دارد، در گیاهان دارویی که کیفیت محصولات آنها مهم می‌باشد، کودهای آلی و زیستی گزینه مناسبی برای این سیستم محسوب می‌شوند. زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاهان را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش می‌دهد (Cesarano et al., 2017). استفاده از کودهای آلی مانند دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست موجب افزایش رشد و عملکرد محصولات مختلف شده است (Darzi et al., 2011; Mohammadpour Vashvaei et al., 2015, 2017a,b). در تحقیقی Tahami-Zarandi (2010) در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گزارش کرد بیشترین ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی و عملکرد تر و خشک کل اندام‌های هوایی در گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد به‌دست آمد و بین تیمار کود شیمیایی با شاهد تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر محتوای کلروفیل a, b و کل برگ تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L. (Uma & Gutierrez et al., 2009). در بررسی دیگری (Malathi, 2009) بیان نمودند ورمی‌کمپوست موجب افزایش رشد، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) شد. در گزارشی Marajan et al. (2017) بیان نمودند تلفیق کود آلی کمپوست و کود زیستی از توپاکتر نسبت به شاهد (عدم کاربرد) و کاربرد منفرد آنها موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته و وزن تر و خشک ریشه گوجه‌فرنگی شد. 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. علاوه بر آن می‌توان کودهای شیمیایی زیست‌سازگار (Eco-friendly) ایجاد کرد و از آلودگی محیط زیست و شوری بیش از حد خاک پرهیز نمود (Subramanian et al., 2015). تحقیقات

Roppongi, 1993; Sikora & Szmidi, 2001; Ginting) *et al.*, 2003; Khan, 2009; Mohammadi *et al.*, 2009; Nejadhosseini & Astaracai, 2010; Nejadhosseini (Cesarano *et al.*, 2017). در تحقیقی Astaracai & (2010) بیان نمودند اثر باقیمانده کودهای آلی در خاک حداقل به مدت یک سال می‌تواند برای گیاه بعدی کارایی بالایی داشته باشد. در گزارشی دیگر Ginting *et al.* (2003) بیان کردند اثر باقیمانده کودهای دامی و کمپوست تا چهار سال بعد از کاربرد این کودها ادامه داشته و می‌تواند خصوصیات کیفی خاک را بهبود بخشد. در تحقیقی دیگر 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 پیاپی از میزان بالای کودهای آلی، به‌ویژه کودهای دامی و لجن فاضلاب، می‌تواند خطر آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را افزایش دهند. در گزارشی Mogle *et al.* (2013) بیان نمودند که اثر باقیمانده کمپوست گیاهی موجب افزایش عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) شد و کود کمپوست گیاهی اثر درازمدت نشان داد.

تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی کم‌نهاده امری بایسته است. علاوه بر این مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش تولید و پایداری آن و حفظ محیط زیست نیز بسیار ضروری می‌باشد. جهت نیل به این اهداف آگاهی از برهمکنش بین عناصر غذایی و عدم تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاهان، با کاربرد پیوسته مقادیر زیاد آنها (Cesarano *et al.*, 2017) و سایر کودهای آلی و غیرآلی مصرفی در خاک و اثر باقیمانده آنها جهت تدوین یک برنامه کودی معقول و صحیح، لازم می‌باشد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر باقیمانده کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و زراعی تاتوره طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بایع 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

زیادی در زمینه کاربرد کودهای نانو در تولید محصولات زراعی صورت گرفته است و نتایج ارزنده‌ای نیز به دست آمده است. در تحقیقی Hashemi Fadaki *et al.* (2018) گزارش نمودند محلول پاشی با کود نانوکلات آهن موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a, b و کل و کاروتنوئید)، کربوهیدرات و وزن تر و خشک کاسبرگ‌های چای ترش شد. در تحقیقی دیگر Rostami Ajirloo *et al.* (2015) گزارش نمودند کود نانو پتاسیم موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، وزن میوه و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی شد. در گزارشی Janmohammadi *et al.* (2016) بیان نمودند بیشترین تعداد غده در بوته، وزن غده در بوته، محتوای پروتئین غده و وزن خشک غده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) از گیاهان تحت تیمار کود نانو به دست آمد. این محققین بیان نمودند تغذیه متعادل بوته از طریق کارآمدی نانوذرات می‌تواند سبب بهبود بهره‌وری سیب‌زمینی شود.

در کشور ایران طی کشت گیاهان مختلف به دلیل مدیریت ضعیف کوددهی مقدار زیادی کود استفاده می‌شود که همه عناصر غذایی موجود در کودهای مصرف‌شده در مزارع، ممکن است در طول دوره رشد گیاه مورد استفاده قرار نگیرند و منشأ آلودگی منابع آب شود. این پدیده، در صورت عدم توجه در کاربرد کودهای آلی که بخش زیادی از نیتروژن آنها در سال‌های بعد از مصرف به صورت معدنی آزاد می‌شود (Sikora & Szmidi, 2001)، می‌تواند شدت بیشتری داشته باشد، چراکه هم سرمایه تلف شده است و هم آلودگی زیست‌محیطی به وجود می‌آید. پژوهش‌های صورت گرفته، حاکی از آن است که علاوه بر نوع کود آلی مورد استفاده و ویژگی‌های آن، مدت‌زمان سپری‌شدن پس از کاربرد کود و نیز تکرار کوددهی در سال‌های بعد از عواملی هستند که بر خصوصیات خاک و رشد گیاه کشت‌شده در آن تأثیر دارند (Mohammadi *et al.*, 2009; Cesarano *et al.*, 2017). تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگارشدهن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک می‌گردد (Eghball *et al.*, 2004). اثر باقیمانده مثبت کودهای آلی و غیرآلی توسط محققان متعددی گزارش شده است

نیترژن، ۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۵۹/۳ کیلوگرم در هکتار K_2O بود (Nassar et al., 2015). مقدار کود آلی (دامی) توصیه شده برای این گیاه نیز ۴۹/۴ تن در هکتار می‌باشد (Nassar et al., 2015). کودهای دامی، 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 نیترژن)، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات ساده (۱۵/۵ درصد P_2O_5) و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K_2O) مصرف شد. کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفات و نانوبیومیک به ترتیب به میزان دو، دو و یک لیتر در هکتار به صورت بذرمال (طبق نظر شرکت سازنده) استفاده شد. کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیترژن از جنس‌های *Azotobacter* و *Azospirillum lipoferoum chorococum* 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 گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم بود.

ارتفاع ۴ متر از سطح دریای آزاد، در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. بر اساس داده‌های هواشناسی اداره کل هواشناسی استان مازندران، این ایستگاه دارای تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های نسبتاً سرد و مرطوب و دارای میانگین بارندگی سالانه ۶۸۵ میلی‌متر، متوسط دما ۱۷ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۷۰ درصد و متوسط تبخیر از تشتک تبخیر ۱۳۰۰ میلی‌متر بود. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شد. کرت اصلی شامل کوددهی در پنج سطح (کودهای شیمیایی (NPK)، کود دامی، کمپوست زباله شهری، ورمی کمپوست و عدم مصرف کود آلی و معدنی) و کرت فرعی شامل کودهای زیستی در پنج سطح (نیتروکسین، بیوفسفات، نیتروکسین + بیوفسفات، نانوبیومیک و عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی) بودند. خصوصیات شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ و خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. میزان کود مورد استفاده بر اساس نیاز گیاه تعیین شد. نیاز کودی این گیاه ۱۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1. 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

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

Table 2. Chemical properties of studied organic fertilizers

Organic fertilizer	pH	EC (dS/m)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	O.M (%)	O.C (%)	C/N	Ca (ppm)
Farmyard 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 شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

Continued Table 2. Chemical properties of studied organic fertilizers

Organic fertilizer	Na (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Al (ppm)	S (ppm)
Farmyard 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

ظرفیت زراعی ۳۱/۲ درصد حجمی خاک تعیین گردید. یک روز در میان درصد حجمی رطوبت خاک تعیین و زمان آبیاری به دست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۹۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گرفت. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت‌سنج (TDR Time Domain Reflectometry) مدل دلتا تی (Delta-T Devices Ltd. UK) انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در سه مرحله با فوکا صورت گرفت. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد.

ویژگی‌های ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ کل بوته (سانتی‌متر مربع)، وزن خشک برگ (گرم در بوته)، کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کربوهیدرات کل برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و میزان الکلونئید کل برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در مرحله رویشی (قبل از گل‌دهی) و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه (گرم)، پروتئین دانه و میزان الکلونئید کل دانه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در انتهای مرحله رسیدگی روی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه (دو ردیف کناری و نیم متر ابتدا و انتهای کرت) به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) پس از حذف اثرات حاشیه از تمام بوته‌های هر کرت به دست آمد. وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دیجیتال حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. بدین منظور نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت با آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و بلافاصله جهت اندازه‌گیری وزن خشک توزین شدند.

برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ از روش Porra (2002) و برای اندازه‌گیری کاروتنوئید کل برگ از روش Lichtenthaler & Wellburn (1983) استفاده شد. بدین ترتیب که ۵۰۰ میلی‌گرم برگ تر گیاه تاتوره با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و در هاون چینی با استن ۸۰ درصد به صورت تدریجی سائیده و هموژن شد. پس از انجام سانتریفوژ با سرعت ۱۳۰۰ دور در دقیقه و دمای چهار درجه سانتی‌گراد

کود نانو بیومیک حاوی ریزموجودات تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum lipoferous*) و حل‌کننده فسفر (*Pseudomonas putida* و *Bacillus lentus*) با ۱۰^۸ سلول زنده در هر گرم، پتاسیم (۱۲ درصد)، عناصر ریزمغذی آهن (۵/۹ درصد)، روی (۱۰ درصد)، منگنز (۴/۳ درصد)، منیزیم (۰/۳۶ درصد)، مولیبدن (۰/۱ درصد) و کلسیم (۰/۳۶ درصد)، نانوکلات آهن و روی، ترکیبات هیومیکی اسیدهیومیک (۳۲ درصد) و اسیدفولیک (۲ درصد) و انواع اسیدهای آمینه بود. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO) 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. برای بررسی اثر باقیمانده کودها تیمارها در سال اول (۱۳۹۵) اعمال شدند و کودهای شیمیایی و آلی پس از کاربرد (پیش از کاشت) تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. سپس زمین تحت کشت تاتوره قرار گرفت. در سال دوم (۱۳۹۶) زمین تحت کشت تاتوره قرار گرفت، ولی هیچ‌گونه تیمار کودی اعمال نشد و اندازه‌گیری صفات از گیاهان کشت شده در سال دوم انجام شد.

کاشت به صورت هیرم‌کاری در ۲۰ فروردین هر سال صورت گرفت. بدین منظور چهار بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متر به روش جوی و پشته در چهار ردیف چهار متری با فاصله ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۷۰ سانتی‌متر بین ردیف (۳۵۷۱۵ بوته در هکتار) کشت شدند (Nassar et al., 2015). میزان بذر مورد نیاز ۲۵۰ گرم در هکتار بود (Nassar et al., 2015) که با احتساب قرار دادن چهار بذر در یک کپه یک کیلوگرم در هکتار بذر مصرف شد. عملیات تنک‌کردن در مرحله دو الی چهار برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش بارانی انجام شد. بدین منظور رطوبت در

استاندارد رسم شده طی انجام آزمایش ۰/۹۹۴ بود. بعد از تهیه منحنی استاندارد، ۲۰ میکرولیتر از نمونه‌های عصاره آنزیمی با دو میلی‌لیتر از معرف برادفورد ۲۰ درصد مخلوط شد و بعد از پنج دقیقه میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و با منحنی استاندارد مقایسه شد.

جهت استحصال بیشترین درصد الکاوتید کل، برداشت برگ‌ها در مرحله رویشی (قبل از گل‌دهی) در اوایل تیرماه (۱۷ تیرماه) و دانه‌ها در مرحله رسیدگی انجام شد. برای حفظ کمیت و کیفیت مطلوب میزان الکاوتید کل، نمونه‌های برداشت شده در سایه و در دمای محیط خشک شدند. برای استخراج الکاوتید کل برگ‌های خشک شده و دانه، از روش Shamsa *et al.* (2008) استفاده شد. بدین منظور ابتدا ۶۹/۸ میلی‌گرم بروموکرزول سبز (Bromocresol green= BCG) با سه میلی‌لیتر NaOH دو نرمال و پنج میلی‌لیتر آب مقطر گرم شدند تا به‌طور کامل حل شوند و محلول حاصل با ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد تا محلول بروموکرزول سبز (1×10^{-1}) آماده گردد. pH سدیم فسفات دو مولار (۷۱/۶ گرم Na_2HPO_4 در یک لیتر آب مقطر) با اسید سیتریک ۰/۲ مولار (۴۲/۰۲ گرم اسید سیتریک در یک لیتر آب مقطر) تنظیم شد و به ۴/۷ رسید تا محلول بافر فسفات (pH ۴/۷) تهیه شود. محلول استاندارد آتروپین با حل نمودن یک میلی‌گرم آتروپین خالص (سیگما، آمریکا) در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر تهیه شد. پس از تهیه شدن محلول‌ها مواد گیاهی (۱۰۰ گرم) خرد شدند و استخراج با متانول به مدت ۲۴ ساعت با دستگاه استخراج مداوم (سوکسله) صورت گرفت. عصاره حاصل فیلتر شد و متانول در دستگاه تبخیرکننده روتاری تحت خلأ در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تا خشک شدن کامل، تبخیر شد. مواد ته‌مانده در اسیدکلریدریک دو نرمال حل و سپس فیلتر شد. یک میلی‌لیتر از این محلول به یک قیف جداسازی منتقل شد و با ۱۰ میلی‌لیتر کلروفرم (سه بار) شسته شد. pH این محلول با NaOH ۰/۱ نرمال خنثی شد. سپس پنج میلی‌لیتر محلول BCG و پنج میلی‌لیتر بافر فسفات به این محلول افزوده شد و مخلوط حاصل تکان داده شد. ترکیب ساخته شده با یک، دو، سه و چهار میلی‌لیتر کلروفرم با

به‌مدت ۱۵ دقیقه، محلول روشن‌تر برداشته و حجم محلول با استن ۸۰ درصد به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/Vis Model JASCO 7800) میزان جذب نور در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۶ و ۶۶۳/۶ نانومتر مشخص و در نهایت با استفاده از معادله‌های (۱)، (۲) و (۳) مقدار رنگیزه‌های نورساختی برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ محاسبه شد.

$$(1) \quad E^{663/6} - 2/55 (E^{666/6}) = 12/5 \text{ کلوویل } a$$

$$(2) \quad E^{666/6} - 4/91 (E^{663/6}) = 20/31 \text{ کلوویل } b$$

$$(3) \quad = \text{ کاروتنوئید}$$

$$[\text{کلوویل } (b) - 104 - 3/27 (a \text{ کلوویل}) - 3/27 (E^{470})] \times 1000$$

۲۲۹

که در این معادلات E میزان جذب نوری در طول موج داده شده است.

کربوهیدرات کل با هیدرولیز نمودن ۰/۱ گرم برگ خشک تانوره در مرحله رویشی (قبل از گل‌دهی) با اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال در حمام آب گرم در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. پس از سرد شدن محلول برای از بین رفتن پروتئین مقداری کربنات‌باریم به محلول اضافه شد. سپس محلول داخل یک بطری ۱۰۰ میلی‌لیتری فیلتر شد و با آب مقطر پر شد. کربوهیدرات کل موجود در این محلول به روش فنل-اسیدسولفوریک (Dubois *et al.*, 1956) تعیین شد. جهت تعیین درصد پروتئین دانه از روش Bradford (1979) استفاده شد. به این منظور ۳۵۰ میلی‌گرم از بافت بذر در نیتروژن مایع پودر شد و ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار با pH برابر ۷/۵ به آن افزوده شد. مخلوط حاصل بلافاصله پس از ورتکس، به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در ۱۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. بعد از این مرحله روشن‌تر برداشته شد و تا زمان اندازه‌گیری پروتئین در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. به‌منظور سنجش غلظت پروتئین نمونه‌های مورد آزمایش، با استفاده از غلظت‌های ۱۰۰، ۲۵۰، ۴۰۰، ۵۵۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم پروتئین آلبومین سرم گاوی (BSA) منحنی استاندارد رسم گردید. ضریب پیوستگی منحنی

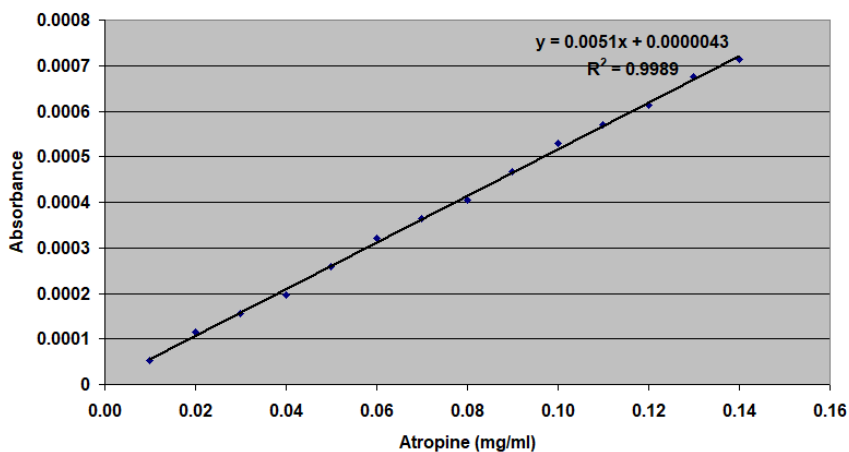
حرارت دید و مجدداً توزین گردید. کاهش وزن حاصل مربوط به رطوبت بافت بود که از وزن اولیه کسر شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC) و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

رشد رویشی اندام‌های هوایی

نتایج نشان داد برهمکنش اثر کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ کل بوته و وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۲/۲۱ سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته (۶۳/۵۹)، تعداد برگ در بوته (۲۳۰/۹۹)، سطح برگ کل بوته (۶۵۶۷/۹۳ سانتی‌متر مربع) و وزن خشک برگ (۴۷۷/۳۳ گرم در بوته) متعلق به تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک بود و پس از آن ارتفاع بوته (۱۵۷/۰۰ سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته (۵۰/۸۲) و وزن خشک برگ (۴۰۴/۲۰ گرم در بوته) متعلق به تیمار کمپوست توأم با نانوبیومیک و برای تعداد برگ در بوته (۱۸۶/۷۴) و سطح برگ کل بوته (۶۰۲۴/۱۴ سانتی‌متر مربع) تیمار ورمی‌کمپوست در تلفیق با نیتروکسین + بیوفسفات قرار داشت و تفاوت آنها نیز معنی‌دار بود (جدول ۴).

لرزش شدید، استخراج شد. سپس عصاره‌ها در یک فلاسک حجمی ۱۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری و برای تنظیم حجم با کلروفرم رقیق شدند. جذب ترکیب حاصل در کلروفرم در طول موج ۴۷۰ نانومتر با اسپکتروفوتومتر (Shimadzu UV-1800) اندازه‌گیری شد. برای آماده سازی منحنی استاندارد به‌دقت ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹، ۱/۰، ۱/۱، ۱/۲، ۱/۳ و ۱/۴ میلی-لیتر محلول استاندارد آتروپین وزن و به قیف جداکننده مختلف انتقال داده شدند. سپس پنج میلی‌لیتر بافر فسفات با pH ۴/۷ و پنج میلی‌لیتر محلول BCG به آنها اضافه شدند و مخلوط حاصل با یک، دو، سه و چهار میلی‌لیتر کلروفرم تکان داده شدند. سپس عصاره‌ها در یک فلاسک حجمی ۱۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری و برای تنظیم حجم با کلروفرم رقیق شدند. جذب ترکیب حاصل در کلروفرم در طول موج ۴۷۰ نانومتر در مقایسه با نمونه‌های تهیه شده به صورت بالا، اما بدون آتروپین اندازه‌گیری شد و منحنی استاندارد رسم گردید. معادله منحنی استاندارد $Y=0.0051X+0.0000043$ و ضریب تبیین آن ۰/۹۹۸۹ بود (شکل ۱). غلظت الکلئید کل نمونه‌ها با استفاده از معادله منحنی استاندارد تعیین شد (Harborne, 1973). به‌منظور محاسبه دقیق مقدار الکلئید کل نسبت به وزن خشک بافت، میزان رطوبت بافت نیز به‌دست آمد و از وزن بافت مورد آزمایش کسر گردید. به این منظور، مقدار معینی از پودر بافت خشک شده در دمای محیط به‌دقت توزین شد و به مدت ۴۸ ساعت درون دستگاه آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۱. منحنی استاندارد جذب در غلظت‌های متفاوت آتروپین در طول موج ۴۷۰ نانومتر
Figure 1. Absorption standard curve at different concentrations of atropine at 470 nm

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های رشد رویشی تاتوره

Table 3. Variance analysis effect of organic and inorganic fertilizers on vegetative growth characteristics of jimsonweed

Source of Variation	df	Plant height	Number of branches per plant	Number of leaves per plant	Total plant leaf area	Dry weight of leaf
R	2	19.15*	4.97*	17.73*	16124.0 ^{ns}	26.95 ^{ns}
A	4	13268.43**	3948.70**	46190.02**	16400760.7**	130276.23**
R × A	8	3.99	0.94	3.71	14476.1	74.35
B	4	1366.80**	529.74**	3242.13**	2747158.2**	53789.49**
A × B	16	46.77**	55.32**	230.02**	49059.2**	1149.75**
E	40	3.85	0.17	3.36	6632.0	63.71
C.V (%)		1.65	1.52	1.44	1.78	3.31

*، ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

R= تکرار، A= کود آلی و معدنی، B= کود زیستی و نانوزیستی و E= خطا.

*، **، ns: Significant differences at 5 and 1% if probability levels, and non-significantly differences, respectively.
R= replication, A= Organic and inorganic fertilizer, B= bio and nono biofertilizer and E= Error.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های رشد رویشی تاتوره

Table 4. Mean comparison effect of organic and inorganic fertilizers on vegetative growth characteristics of jimsonweed

Organic and inorganic Fertilizer	Bio and nono bio-fertilizer	Plant height (cm)	Number of branches per plant	Number of leaves per plant	Total plant leaf area (cm ²)	Dry weight of leaf (g/plant)
Control	Control	76.51	8.02	60.06	2674.07	83.21
	Biophosphate	81.81	8.26	62.52	3359.22	131.75
	Nitroxin	84.51	9.30	64.59	.00	140.86
	Nitroxin+ Biophosphate	86.61	9.63	65.83	3640.63	144.89
	Nano bioumik	93.56	11.64	75.55	3958.65	200.04
Chemical fertilizer (NPK)	Control	78.70	8.70	62.73	2864.26	89.76
	Biophosphate	85.84	9.92	67.33	3421.33	132.94
	Nitroxin	88.41	10.96	68.27	3581.22	143.99
	Nitroxin+ Biophosphate	91.13	11.41	70.60	3665.21	153.30
	Nano bioumik	97.34	13.34	80.45	4138.85	212.36
Animal manure	Control	123.77	28.40	140.48	4517.42	194.44
	Biophosphate	130.33	31.42	143.62	4626.24	238.70
	Nitroxin	132.62	32.56	151.97	4787.14	262.54
	Nitroxin+ Biophosphate	134.88	34.63	164.05	4959.46	293.11
	Nano bioumik	150.64	47.52	184.03	5507.01	362.27
Compost	Control	129.51	29.71	138.53	4857.42	203.62
	Biophosphate	135.92	33.07	143.88	4994.93	284.28
	Nitroxin	136.68	35.66	149.49	5127.17	307.24
	Nitroxin+ Biophosphate	138.20	38.41	157.88	5270.86	328.68
	Nano bioumik	157.00	50.82	183.54	5727.90	404.20
Vermi compost	Control	133.61	34.67	161.40	5193.14	262.82
	Biophosphate	138.83	39.21	176.69	5473.55	304.60
	Nitroxin	143.04	41.15	180.97	5703.77	326.95
	Nitroxin+ Biophosphate	144.66	44.33	186.74	6024.14	348.27
	Nano bioumik	172.21	63.59	230.99	6567.93	477.33
LSD _{5%}		3.241	0.691	3.028	134.390	13.172

تعداد شاخه در بوته و تعداد برگ در بوته (به ترتیب ۸/۲۶ و ۶۲/۵۲) تیمار عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوسفات قرار داشت (جدول ۴).

تفاوت معنی‌دار برهمکنش اثر کودهای آلی، غیرآلی و تلفیق آنها نسبت به تیمار شاهد برای ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ کل بوته و وزن خشک برگ (جدول ۴)، حاکی از باقیماندن اثر مصرف این کودها در خاک و تأثیر بر رشد گیاهان سال‌های بعدی بود که با نتایج Eghball *et al.*

کمترین ارتفاع بوته (۷۶/۵۱ سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته (۸/۰۲)، تعداد برگ در بوته (۶۰/۰۶)، سطح برگ کل بوته (۲۶۷۴/۰۷۵۸ سانتی‌متر مربع) و وزن خشک برگ (۸۳/۲۱ گرم در بوته) به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی) تعلق داشت و پس از آن برای ارتفاع بوته (۷۸/۷۰ سانتی‌متر)، سطح برگ کل بوته (۲۸۶۴/۲۶ سانتی‌متر مربع) و وزن خشک برگ (۸۹/۷۶ گرم در بوته) تیمار کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی و برای

کودها با تأثیر بر هورمون‌های رشد گیاهی، افزایش فعالیت ریزموچودات (Arancon *et al.*, 2004)، افزایش تجمع نیتروژن، فسفر و سایر عناصر مورد نیاز گیاه، رشد رویشی گیاهان سال‌های بعد را بهبود بخشیده است (Arancon *et al.*, 2006). ره‌ایش کنترل‌شده یا تأخیری عناصر موجود در کود نانوزیستی بیومیک به‌ویژه نانوکلات آهن و روی نیز موجب رشد رویشی گیاهان تحت اثرات باقیمانده تیمار تلفیقی شده است. زیرا آهن نقش اساسی در فتوسنتز (Askary *et al.*, 2017) و روی نیز نقش بسزایی در ساخت پروتئین (Hossein *et al.*, 2008) دارد. آهن نقش مهمی در ساخت کلروفیل دارد و همچنین، به جذب سایر مواد مغذی کمک می‌کند، زیرا از اجزای اصلی کلروفیل، تنظیم‌کننده تنفس و فتوسنتز و کاهش‌دهنده نیترات و سولفات است. بنابراین در این کود با فراهمی این دو عنصر و ره‌ایش تدریجی آنها فتوسنتز و در نتیجه رشد رویشی نسبت به سایر کودهای زیستی بهبود یافته است. باتوجه به اینکه وجود عنصر روی در ساختمان اسیدآمینه تربیتوفان پیش‌ماده ساخت هورمون اکسین ضروری است (Amiri *et al.*, 2017)، بنابراین این کود می‌تواند با تأثیر بر ساخت هورمون‌ها به‌ویژه اکسین باعث افزایش رشد و متعاقب آن ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه، برگ و سطح برگ شود.

رنگیزه‌های نورساختی

نتایج نشان داد برهمکنش اثر تیمارهای کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی بر ویژگی‌های کلروفیل a و b و کاروتنوئید کل معنی‌دار ($P \leq 0.05$) شد (جدول ۵).

(2004) مطابقت داشت. تفاوت معنی‌دار اثر تیمارهای حاوی کودهای آلی نسبت به تیمارهای در برگیرنده کود شیمیایی برای ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ کل بوته و وزن خشک برگ (جدول ۴) نشان داد مصرف کودهای شیمیایی ضمن ایجاد خسارت زیست‌محیطی، هر چند ممکن است در سال اول آزمایش در شرایط مطلوب، رشد رویشی بیشتری را عاید سازد، ولی در سال‌های بعدی از دسترس گیاه خارج شده و تأثیر چندانی بر رشد گیاه نداشت. لذا گیاهان تحت اثرات کود شیمیایی در مقایسه با تیمارهای کود آلی، به‌علت کمبود مواد غذایی، رشد کمتری داشتند.

تفاوت معنی‌دار اثر تیمار تلفیق کود آلی ورمی-کمپوست و نانوزیستی بیومیک نسبت به سایر تیمارها حاکی از آن بود که این تیمار نسبت به سایر تیمارها دارای اثر باقیمانده بیشتری بوده است. به‌دلیل بالا بودن میزان عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی در کود ورمی‌کمپوست نسبت به کودهای کمپوست، دامی و شیمیایی (جدول ۲) و افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، تأمین تدریجی و مداوم عناصر غذایی و بهبود تغذیه گیاه، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، کاهش فشردگی خاک، افزایش خلل و فرج آن، تهویه مناسب خاک، بهبود ساختار خاک، این کود از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیک، موجب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی و در نتیجه افزایش رشد رویشی شده است (Archana *et al.*, 2009). از طرف دیگر اسیدهیومیک موجود در این

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک تاتوره

Table 5. Variance analysis effect of organic and inorganic fertilizers on physiological characteristics of jimsonweed

Source of Variation	df	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total carotenoids	Total leaf carbohydrate	Seed protein
R	2	0.00044 ^{ns}	0.00250 ^{**}	0.001689 ^{**}	1.01 ^{ns}	0.68 ^{**}
A	4	0.27539 ^{**}	0.16744 ^{**}	0.029260 ^{**}	536.33 ^{**}	123.11 ^{**}
R × A	8	0.00065	0.00017	0.000026	1.22	0.07
B	4	0.79191 ^{**}	0.71696 ^{**}	0.056103 ^{**}	309.28 ^{**}	74.87 ^{**}
A × B	16	0.01730 ^{**}	0.00425 ^{**}	0.001171 ^{**}	16.47 ^{**}	0.91 ^{**}
E	40	0.00041	0.00013	0.000019	0.28	0.06
C.V (%)		1.71	1.39	1.56	1.96	1.24

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

R= تکرار، A= کود آلی و معدنی، B= کود زیستی و نانوزیستی و E= خطا.

*, **, ns: Significantly differences at 5 and 1% if probability levels, and non-significantly differences, respectively.

R= replication, A= Organic and inorganic fertilizer, B= bio and nono biofertilizer and E= Error.

تیمارها به‌علت کمبود مواد غذایی میزان رنگیزه‌های نورساختی کمتری داشت. تفاوت معنی‌دار اثر کود آلی، غیرآلی و تلفیق آنها نسبت به شاهد برای ویژگی‌های کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (جدول ۶) حاکی از باقیماندن اثر مصرف کودهای فوق در خاک و مهیا بودن عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن و فسفر برای گیاه است. هرچند ممکن است عوامل دیگری مانند اضافه شدن مواد متنوع از جمله مواد هیومیکی به خاک و اثرات متقابل بین طیف وسیعی از یون‌های اضافه شده بر رنگیزه‌های نورساختی نیز نقش داشته باشند. تفاوت اثر تیمارهای حاوی کودهای آلی نسبت به تیمارهای در برگیرنده کود شیمیایی برای کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (جدول ۶) نشان داد کودهای آلی با جلوگیری از آبشویی نیتروژن و تأمین بیشتر آن، تولید مواد محرک رشد، افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین افزایش دسترسی و جذب کارآتر عناصر غذایی، منجر به افزایش ساخت و غلظت کلروفیل برگ شده‌اند (Jahan *et al.*, 2013)، ولی کودهای شیمیایی به‌علت آبشویی در سال‌های بعدی از دسترس گیاه خارج شده و تأثیر چندانی بر ساخت رنگیزه‌های نورساختی نداشته است.

بیشترین کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (به‌ترتیب ۱/۸۰۶، ۱/۳۷۳ و ۰/۴۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) متعلق به تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک بود و پس از آن تیمارهای تلفیق کمپوست با نانوبیومیک (به‌ترتیب ۱/۶۸۶، ۱/۲۵۳ و ۰/۴۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین + بیوفسفات (به‌ترتیب ۱/۳۶۶، ۰/۹۰۳ و ۰/۳۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) قرار داشتند، ولی تفاوت آنها معنی‌دار بود (جدول ۶). کمترین کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (به‌ترتیب ۰/۷۶۰، ۰/۴۳۶ و ۰/۱۸۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود آلی و غیرآلی) تعلق داشت و پس از آن تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (به‌ترتیب ۰/۷۷۶ و ۰/۴۴۳ و ۰/۱۹۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) قرار داشت (جدول ۶).

به‌طور کلی هرچه شرایط تغذیه‌ای و محیطی برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها بیشتر می‌شود، از این‌رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند، بر میزان کلروفیل نیز اثر دارند (Demir, 2004). تیمار شاهد در مقایسه با سایر

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک ناتوره

Table 6. Mean comparison effect of organic and inorganic fertilizers on physiological characteristics of jimsonweed

Organic and inorganic Fertilizer	Bio and nono bio-fertilizer	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Total carotenoids (mg/g FW)	Total leaf carbohydrate (mg/g DW)	Seed protein (%)
Control	Control	0.760	0.436	0.180	17.28	12.99
	Biophosphate	1.023	0.613	0.190	19.21	14.76
	Nitroxin	1.033	0.713	0.230	20.74	15.56
	Nitroxin+ Biophosphate	1.066	0.746	0.240	22.01	17.66
	Nano bioumik	1.263	1.023	0.300	25.69	18.96
Chemical fertilizer (NPK)	Control	0.776	0.443	0.190	18.12	13.71
	Biophosphate	1.036	0.633	0.203	20.18	15.76
	Nitroxin	1.046	0.726	0.240	21.98	16.95
	Nitroxin+ Biophosphate	1.073	0.763	0.254	23.05	18.68
	Nano bioumik	1.276	1.030	0.303	26.96	20.46
Animal manure	Control	0.983	0.606	0.220	22.38	17.03
	Biophosphate	1.080	0.730	0.260	25.78	19.46
	Nitroxin	1.146	0.803	0.280	27.46	19.73
	Nitroxin+ Biophosphate	1.270	0.853	0.300	29.36	20.60
	Nano bioumik	1.673	1.180	0.383	32.61	23.71
Compost	Control	1.020	0.696	0.230	23.38	19.12
	Biophosphate	1.136	0.780	0.290	24.44	20.88
	Nitroxin	1.193	0.866	0.296	26.83	21.53
	Nitroxin+ Biophosphate	1.276	0.893	0.310	30.62	22.66
	Nano bioumik	1.686	1.253	0.423	33.50	24.28
Vermi compost	Control	1.046	0.733	0.250	23.67	20.86
	Biophosphate	1.146	0.826	0.290	32.90	21.40
	Nitroxin	1.280	0.883	0.300	36.36	22.07
	Nitroxin+ Biophosphate	1.366	0.903	0.330	41.79	22.58
	Nano bioumik	1.806	1.373	0.473	45.47	26.10
LSD _{5%}		0.0334	0.0189	0.0072	0.8715	0.4001

افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز است (Giasuddin *et al.*, 2007). مزید بر این، اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و سنتز کلروفیل می‌شود و یا تجزیه کلروفیل را در برگ‌های ابتدایی و انتهایی شاخه به تأخیر می‌اندازد (Delfine *et al.*, 2005).

دلیل دیگر افزایش مقدار کلروفیل در تغذیه با تیمار تلفیقی به علت ساخت بیشتر کلروپلاست می‌باشد که ناشی از فعالیت مناسب آنزیم کلروفیلز است. زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی فراهم نباشد، ساخت کلروپلاست ناکافی بوده و گرانا آماس کرده و تعداد آنها کاهش می‌یابد (Gutierrez *et al.*, 2007). رهایش کنترل‌شده یا تأخیری عناصر موجود در کودهای ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک به‌ویژه نانوکلات آهن و روی موجب افزایش رنگیزه‌های نورساختی گیاهان تحت اثرات باقیمانده شده است. عنصر آهن برای ساخت کلروپلاست و کاروتنوئیدها لازم است. بنابراین افزایش آهن، ساخت کلروفیل و کاروتنوئیدها را افزایش و کمبود آهن در گیاه می‌تواند علاوه بر کاهش ساخت کلروپلاست، با کاهش محسوس کاروتنوئید همراه شود (Shamloo & Roozbahani, 2016)، چرا که این رنگدانه‌ها در غشای کلروپلاست جای دارند. احتمالاً علت افزایش مقدار کلروفیل در تیمار تلفیقی به دلیل تأثیر نانوکلات آهن بر ساخت پیش‌سازهای ساخت کلروفیل است، زیرا آهن جزو متابولیک آنزیم کاپروپورفینوژن‌اکسیداز است و این آنزیم در بیوسنتز آلفا-آمینو لینوولنیک کلروفیل نقش دارد (Marschner, 1995). عنصر روی نیز در بیوسنتز کلروفیل و تریپتوفان که یک پیش‌ماده ساخت اکسین است، نقش دارد. این عنصر موجب فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر آسکوربات‌پراکسیداز و گلوکاتیون‌ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌شود (Marschner, 1995).

کربوهیدرات کل برگ

نتایج نشان داد برهمکنش اثر کود آلی و معدنی،

Atiyeh *et al.* (2001) بیان کردند که یون‌های

آمونیمی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به‌طور سطحی جذب می‌شوند و یا طی فرایند نیتریفیکاسیون به نترات تبدیل می‌گردند. جذب ترکیبات نیتراته از یک طرف و افزایش میزان عناصری نظیر آهن، روی و منگنز در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی از طرف دیگر، خود دلیلی بر افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاهان تحت تیمار کود آلی نسبت به تیمار کود شیمیایی می‌باشد.

تفاوت معنی‌دار اثر تیمار تلفیق کود آلی ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک نسبت به سایر تیمارها (جدول ۶) برای ویژگی‌های رنگیزه‌های نورساختی حاکی از آن بود که این تیمار دارای اثر باقیمانده بیشتری بود. می‌توان این‌گونه استنباط کرد که ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی سرشار از مواد مغذی (جدول ۲) است، علاوه بر این نانوبیومیک نیز سرشار از عناصر غذایی است. بنابراین با مصرف توأم ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن به‌میزان کافی به خاک اضافه شده و در سال بعد در اختیار گیاه قرار گرفته است و در حضور نور میزان کلروفیل بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها ساخته شده است. به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست موجب تحریک مثبت ریزموجودات مفید کود نانوبیومیک شده و توانایی آنها در تثبیت و جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف را افزایش می‌دهد که پیامد آن بهبود در فرایند فتوسنتز می‌باشد. باتوجه به افزایش قابل‌توجه جذب نیتروژن در حضور اسیدهیومیک می‌توان چنین استنباط کرد که اسیدهیومیک موجود در ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک با بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک از طریق افزایش نگهداری عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن توانسته است، باعث افزایش جذب عناصر مغذی، به‌خصوص نیتروژن و به‌دنبال آن افزایش سبزیگی گیاه شود (Kausar & Azam, 1985). اسیدهیومیک نفوذپذیری غشای سلولی را افزایش و ورود پتاسیم به داخل سلول را بسیار تسهیل می‌نماید که نتیجه این امر افزایش فشار داخل سلولی، تقسیم سلول و افزایش انرژی در داخل سلول و در نتیجه

به صورت پیوند با دیگر عناصر، به‌خصوص با کربن و فرم‌های آلی دیگر ظاهر می‌گردد.

تفاوت معنی‌دار اثر تیمار تلفیق کود آلی ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک نسبت به سایر تیمارها برای کربوهیدرات کل برگ (جدول ۶) حاکی از اثر باقیمانده بیشتر این تیمار نسبت به سایر تیمارها بود. باتوجه به این‌که گیاهان زراعی تنها مقدار محدودی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف افزوده شده به خاک را جذب می‌نمایند، بنابراین کودهای مصرفی اثرات باقیمانده خواهند داشت. اثرات باقیمانده مثبت کودهای آلی و عناصر غذایی توسط محققان متعددی گزارش شده است (Sikora & Szmidt, 2001; Khan, 2009). با عنایت به تأمین عناصر غذایی گیاه به‌خصوص نیتروژن در اثر باقیمانده تیمار تلفیق ورمی‌کمپوست و کود نانوبیومیک، احتمالاً گیاه از لحاظ نیتروژن که عنصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد، در وضعیت بسیار مطلوبی قرار گرفته است و حداکثر رشد و مواد هیدروکربنی را داشته است. رهایش کنترل‌شده نانوکلات آهن و روی موجود در کود نانوبیومیک نیز موجب ساخت مواد هیدروکربنی در گیاهان سال بعدی شده است. چرا که نقش آهن به‌عنوان یک کاتالیزور در فرایند تنفس اثبات شده است، لذا فراهمی آهن می‌تواند در تولید ترکیبات هیدروکربنی مؤثر باشد (Nasiri *et al.*, 2010). عنصر روی نیز جهت تولید کلروفیل و فتوسنتز ضروری است (Pirzad *et al.*, 2013). عنصر روی تنها عنصری است که به‌عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور در هر شش گروه آنزیمی اکسیدردوکتاز، ترانسفراز، هیدرولاز، لیپاز، ایزومراز و لیگاز نقش دارد و مصرف آن میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و سبب رشد و توسعه پوشش گیاهی می‌شود که به‌نوبه خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی و ساخته شدن مواد هیدروکربنی در برگ‌ها خواهد شد (Fageria *et al.*, 2010).

پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش اثر کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین میزان

زیستی و نانوزیستی بر کربوهیدرات کل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین تیمارها بیشترین کربوهیدرات کل برگ (۴۵/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار تلفیق کود آلی ورمی‌کمپوست با کود نانوزیستی بیومیک حاصل شد و پس از آن تیمار ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین+ بیوفسفات (۴۱/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشت و تفاوت آنها نیز معنی‌دار بود (جدول ۶). کمترین کربوهیدرات کل برگ متعلق به تیمار عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی (۱۷/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود و پس از آن تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۱۸/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشت (جدول ۶).

براساس نظر Marschner (1995) کربوهیدرات‌های گیاه رابطه مستقیمی با فراهمی نیتروژن دارند. از این‌رو استفاده از نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی سبب افزایش مقدار آنها در گیاه شود. به‌علت کمبود نیتروژن در تیمار شاهد، این تیمار از کمترین کربوهیدرات کل برگ برخوردار بود. تفاوت معنی‌دار برهمکنش اثر کودهای آلی، غیرآلی و تلفیق آنها نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی) برای کربوهیدرات کل برگ (جدول ۶)، حاکی از باقیماندن اثر مصرف این کودها در خاک و تأثیر بر ساخت کربوهیدرات‌های گیاهان سال‌های بعدی است. تفاوت اثر کودهای آلی نسبت به تیمارهای در برگیرنده کود شیمیایی برای کربوهیدرات کل برگ (جدول ۶) حاکی از خارج شدن (تصعید و آبشویی) کود شیمیایی از دسترس گیاهان سال بعدی است. لذا گیاهان تحت اثرات کود شیمیایی به‌علت کمبود مواد غذایی در مقایسه با تیمارهای کود آلی کربوهیدرات کل برگ کمتری داشتند. Sikora & Szmidt (2001) بیان نمودند آزادسازی نیتروژن از کود کمپوست به سرعت آزادسازی کودهای شیمیایی نمی‌باشد. به‌طوری‌که در بیشتر مواقع در حدود ۲۵ درصد از نیتروژن در سال اول و در سال‌های بعد، هر سال ۱۰ درصد آن آزاد می‌گردد و این بدان خاطر است که بر خلاف کودهای شیمیایی، نیتروژن موجود در کودهای کمپوست، در جریان تجزیه

بیومیک موجب کاهش هدررفت نیتروژن و افزایش قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن شده است. یکی دیگر از دلایل افزایش درصد پروتئین دانه تاتوره با کاربرد تلفیقی کودهای ورمی کمپوست و نانوبیومیک به بهبود تغذیه گیاه به ویژه از نظر روی و آهن نسبت داده می شود. نانوکلات آهن موجود در نانوبیومیک با کمک در تثبیت نیتروژن موجب فراهمی آن و افزایش درصد پروتئین برگ و دانه شده است. عنصر روی نیز نقش اساسی در پروتئین سازی دارد. بر اثر کمبود روی، فعالیت آنزیم RNA پلیمرز و انتقال اسیدهای آمینه با کاهش مواجه شده و از طرف دیگر، تجزیه RNA شدت می یابد و در نتیجه میزان تشکیل پروتئین کاهش می یابد (Fageria *et al.*, 2010). نانوکلات روی موجود در این کود نیز احتمالاً موجب پروتئین سازی و افزایش درصد پروتئین دانه شده است.

میزان الكالوئید کل برگ و دانه

نتایج نشان داد میزان الكالوئید کل برگ و دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی قرار گرفت (جدول ۷).

بیشترین الكالوئید کل برگ و دانه (به ترتیب ۶۲/۰۴ و ۱۲/۹۴ میلی گرم بر گرم وزن خشک) متعلق به تیمار تلفیق کود آلی ورمی کمپوست و نانوزیستی بیومیک بود و پس از آن تیمارهای کمپوست توأم با نانوبیومیک (۵۸/۷۴ و ۱۰/۸۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و کمپوست توأم با نیتروکسین+ بیوفسفات (۴۵/۸۱ و ۸/۲۹ میلی گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشتند و تفاوت آنها نیز معنی دار بود (جدول ۸). کمترین مقدار الكالوئید کل برگ و دانه (به ترتیب ۱۸/۳۴ و ۶/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار شاهد (عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی) به دست آمد و پس از آن برای میزان الكالوئید کل برگ تیمار کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۱۹/۳۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و برای میزان الكالوئید کل دانه تیمارهای عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوفسفات (۶/۳۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشتند (جدول ۸).

تفاوت معنی دار برهمکنش اثر باقیمانده تیمارهای کودهای آلی، غیرآلی و تلفیق آنها نسبت به تیمار

پروتئین دانه (۲۶/۱۰ درصد) به تیمار تلفیق کود آلی ورمی کمپوست و نانوزیستی بیومیک تعلق داشت و پس از آن تیمارهای کمپوست توأم با نانوبیومیک (۲۴/۲۸ درصد) و ورمی کمپوست در تلفیق با نیتروکسین+ بیوفسفات (۲۲/۵۸ درصد) قرار داشتند و تفاوت آنها نیز معنی دار بود (جدول ۶). کمترین پروتئین دانه (۱۲/۹۹ درصد) از تیمار شاهد (عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی) به دست آمد و پس از آن تیمارهای کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۱۳/۷۱ درصد) و تیمارهای عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوفسفات (۱۴/۷۶ درصد) قرار داشتند (جدول ۶).

تفاوت معنی دار برهمکنش اثر کودهای آلی، غیرآلی و تلفیق آنها نسبت به تیمار شاهد برای پروتئین دانه (جدول ۶)، حاکی از باقیماندن اثر مصرف این کودها در خاک بود. تفاوت معنی دار اثر کودهای آلی نسبت به تیمارهای در برگرفته کود شیمیایی برای پروتئین دانه (جدول ۶) حاکی از خروج (تصعید و آبشویی) کودهای شیمیایی از دسترس گیاهان در سال دوم می باشد. بنابراین گیاهان تحت اثرات باقیمانده کود شیمیایی در مقایسه با تیمارهای کود آلی پروتئین دانه کمتری داشتند. تفاوت معنی دار اثر کود ورمی کمپوست توأم با کود نانوبیومیک نسبت به سایر تیمارها برای پروتئین برگ و دانه (جدول ۶) احتمالاً به دلیل مهیا بودن عناصر غذایی بیشتر به خصوص نیتروژن و فسفر برای گیاه در این تیمار است. به نظر می رسد که تثبیت نیتروژن توسط باکتری های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* موجود در کود نانوبیومیک و نیز آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی کمپوست در طول فصل رشد گیاهان سال دوم باعث افزایش قابل توجه میزان پروتئین در تیمار تلفیقی نسبت به سایر تیمارها شده است. علاوه بر این افزایش غلظت پروتئین دانه تاتوره با تلفیق کود ورمی کمپوست با نانوبیومیک احتمالاً به بهبود تغذیه گیاه و برطرف شدن کمبود نیتروژن کودهای آلی مربوط است. Baekstrom *et al.* (2004) گزارش دادند که در نظام های ارگانیک که در آنها فقط کود آلی مصرف می شود، کمبود نیتروژن موجب محدود شدن تولید محصول می شود. به نظر می رسد که کاربرد ورمی کمپوست در کنار کود نانوزیستی

خارج شده و تأثیر چندانی بر محتوای الكالوئید کل ندارند. ماندگاری کودهای شیمیایی و آلی در خاک مسأله‌ای قابل توجه است. بیشترین راندمان کودهای آلی زمانی به دست می‌آید که مقدار کم آن همیشه استفاده شود (Gibberd, 1995). چراکه اثرات مفید کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی در مدت زمان طولانی‌تری به دست می‌آید (Eghball *et al.*, 2004). بنابراین گیاهان تحت اثرات باقیمانده کود شیمیایی در مقایسه با تیمارهای کود آلی به علت کمبود مواد غذایی دارای میزان الكالوئید کل کمتری بودند.

شاهد برای میزان الكالوئید کل برگ و دانه (جدول ۸)، حاکی از باقیماندن اثر مصرف این کودها در خاک و تأثیر بر محتوای الكالوئید کل گیاهان سال‌های بعدی بود. تفاوت معنی‌دار اثر کودهای آلی نسبت به تیمارهای در برگیرنده کود شیمیایی برای میزان الكالوئید کل برگ و دانه (جدول ۸) نشان داد مصرف کودهای شیمیایی ضمن ایجاد خسارت زیست محیطی، هرچند در سال اول آزمایش در شرایط مطلوب احتمالاً میزان الكالوئید کل بیشتری را عاید می‌سازند، ولی در سال‌های بعدی، از دسترس گیاه

جدول ۷. تجزیه واریانس اثر کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و زراعی تاتوره

Table 7. Variance analysis effect of organic and inorganic fertilizers on biochemical and agronomic characteristics of jimsonweed

Source of Variation	d.f	Total alkaloids of leaf	Total alkaloids of seed	Number of fruits per plant	Number of seeds per fruit	1000 weight of seeds	Seed yield
R	2	20.69**	0.213 ^{ns}	18.88*	36.14 ^{ns}	0.0011 ^{ns}	118590.8*
A	4	432.89**	9.642**	1611.81**	64086.62**	0.1849**	26207759.5**
R×A	8	1.56	0.131	3.17	90.57	0.0098	22613.6
B	4	1238.15**	24.319**	967.54**	14598.03**	1.3963**	25997676.8**
A×B	16	35.82**	2.272**	17.21**	157.19**	1.0534**	1507194.6**
E	40	1.43	0.087	1.46	73.02	0.0093	22220.1
C.V (%)		3.18	3.91	1.80	2.55	1.21	5.16

*، **، ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

R= تکرار، A= کود آلی و معدنی، B= کود زیستی و نانوزیستی و E= خطا.

*، **، ns: Significant differences at 5 and 1% if probability levels, and non-significantly differences, respectively.

R= replication, A= Organic and inorganic fertilizer, B= bio and nono biofertilizer and E= Error.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و غیرآلی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و زراعی تاتوره

Table 8. Mean comparison effect of organic and inorganic fertilizers on biochemical and agronomic characteristics of jimsonweed

Organic and inorganic fertilizer	Bio and nono bio-fertilizer	Total alkaloids of leaf (mg/g DW)	Total alkaloids of seed (mg/g DW)	Number of fruits per plant	Number of seeds per fruit	1000 weight of seeds (g)	Seed yield (Kg/ha)
Control	Control	18.34	6.14	12.15	228.69	7.11	683.9
	Biophosphate	31.36	6.32	17.34	241.09	7.56	1192.8
	Nitroxin	33.21	6.52	19.31	256.25	7.66	1417.9
	Nitroxin+ Biophosphate	36.60	6.62	20.25	264.50	7.79	1518.2
	Nano bioumik	37.79	7.43	27.91	285.99	7.87	2356.7
Chemical fertilizer (NPK)	Control	19.36	6.46	14.01	239.23	7.21	762.4
	Biophosphate	32.25	6.73	19.38	261.27	7.67	1313.4
	Nitroxin	34.57	6.96	21.79	274.34	7.86	1527.2
	Nitroxin+ Biophosphate	37.58	7.15	23.89	290.18	7.95	1729.2
	Nano bioumik	38.99	7.54	31.21	318.06	8.04	2451.3
Animal manure	Control	27.88	6.53	26.24	322.03	7.42	1746.4
	Biophosphate	36.09	6.81	33.00	345.04	7.71	2700.9
	Nitroxin	38.79	7.06	34.91	358.63	7.95	2969.0
	Nitroxin+ Biophosphate	40.64	7.26	35.93	375.70	8.24	3194.0
	Nano bioumik	52.55	9.94	48.69	410.10	8.58	5701.3
Compost	Control	28.20	6.72	29.06	344.53	7.52	2098.5
	Biophosphate	37.14	6.99	36.20	358.08	7.74	3300.3
	Nitroxin	39.38	7.31	39.15	367.39	8.10	3455.8
	Nitroxin+ Biophosphate	40.97	7.68	40.42	382.61	8.30	3935.0
	Nano bioumik	58.74	10.82	54.20	431.49	8.70	6831.4
Vermi compost	Control	30.43	6.97	29.46	358.27	7.72	2251.6
	Biophosphate	39.24	7.19	39.12	384.70	7.95	3311.1
	Nitroxin	41.66	7.87	39.89	399.20	8.31	3795.2
	Nitroxin+ Biophosphate	45.81	8.29	41.82	426.04	8.40	4025.1
	Nano bioumik	62.04	12.94	59.57	456.84	9.02	7927.4
LSD _{5%}		1.9762	0.4866	1.997	14.102	0.160	245.99

لازم را دارد و هم شرط دوم و گیاه با توجه به عدم محدودیت‌های محیطی اقدام به تولید ترکیبات هیدروکربنی سازنده اسانس‌ها می‌کند. به عبارت دیگر تلفیق کودهای آلی و زیستی با فراهمی عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر هم موجب رشد و افزایش پیکره رویشی و هم موجب افزایش فتوسنتز و تشکیل مواد هیدروکربنی سازنده اسانس‌ها می‌شوند. Naiji & Souri (2015) و Rezvani Moghaddam *et al.* (2013) تأثیر مثبت کودهای بیولوژیک و آلی را بر درصد اسانس مرزه گزارش کردند.

تفاوت معنی‌دار اثر کود آلی ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک نسبت به سایر تیمارها حاکی از باقیماندن بیشتر اثر مصرف این تیمار در خاک و تأثیر بر خصوصیات گیاهان سال‌های بعدی بود که با نتایج تحقیق سایر محققین (Eghbal *et al.*, 2004; Roppongi, 1993) مطابقت داشت. تحقیقات نشان داده است که CO₂ و گلوکز به‌عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارند. تلفیق کودهای ورمی‌کمپوست و 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 میزان الکلوئید کل شده است (Sangwan *et al.*, 2001). عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس (تعداد غده‌های ترشحی) و بیوسنتز اسانس (بیوسنتز مونوترپن‌ها) گیاهان دارویی نقش مهمی ایفا می‌کنند. به دلیل این‌که اسانس تاتوره ترکیبات ترپنی می‌باشند و واحدهای سازنده ترپن‌ها از جمله ایزوپنتیل پیروفسفات (Isopentenyl pyrophosphate=IPP) و دی متیل آلیل پیروفسفات (Dimethylallyl pyrophosphate =DMAPP) 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 ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک از طریق افزایش

استفاده از تلفیق کودهای آلی و زیستی افزایش معنی‌داری را در میزان الکلوئید کل نسبت به عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی (شاهد) نشان داد (جدول ۸). دلیل این افزایش، فراهمی عناصر غذایی در تلفیق این تیمارها بوده است. دلایل اثبات شده‌ای مبنی بر نحوه واکنش متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی به شرایط محیطی وجود ندارد. تنها دو فرضیه در مورد نحوه تأثیر شرایط محیطی بر متابولیت‌های ثانویه این گیاهان تکوین یافته است. فرضیه اول تحت عنوان موازنه کربن عناصر غذایی (CNB) می‌باشد و میزان هزینه کربن برای تولید متابولیت‌های ثانویه را به‌عنوان موازنه بین فتوسنتز و رشد توضیح می‌دهد (Gershenzon *et al.*, 1984; Tuomi *et al.*, 1984). براساس این فرضیه زمانی که عناصر غذایی در دسترس باشند، گیاه کربن را برای رشد اختصاص می‌دهد. کمبود عناصر غذایی رشد را بیشتر از فتوسنتز تحت تأثیر قرار داده و آن را محدود می‌کند و منجر به تشکیل هیدرات‌های کربنی می‌شود که متابولیت‌های ثانویه کربن‌دار را تولید می‌کنند. Herms & Mattson (1992) عنوان کردند که هر کمبودی که رشد را بیشتر از فتوسنتز محدود کند، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد. فرضیه دوم تحت عنوان موازنه رشد- تمایز بیان شده است. این فرضیه عنوان می‌کند، تا زمانی که شرایط اجازه تقسیم و گسترش سلولی را بدهد، کربن صرف رشد می‌شود. با وقوع تنش‌های محیطی (کمبود عناصر) رشد متوقف شده، سلول‌ها تمایز یافته و مخازن متابولیت‌های ثانویه را تشکیل می‌دهند و گیاه کربن را به تولید مواد مؤثره دارویی اختصاص می‌دهد (Lorio, 1986). گیاهان تحت تیمار کودهای آلی و زیستی هم رشد لازم را داشتند و هم دارای میزان الکلوئید کل بالایی بودند. خاطر نشان می‌گردد که این دو فرضیه زمانی صدق می‌کنند که محدودیت‌های محیطی وجود داشته باشد و گیاه یک شرط را برای احقاق شرط دیگر کنار بگذارد. زمانی که هر دو شرط (رشد و تولید متابولیت-های ثانویه) برای گیاه فراهم باشد، گیاه نیاز به ترجیح یکی و یا کنار گذاشتن یکی به نفع دیگری ندارد. در این شرایط هم شرط اول محقق شده است و گیاه رشد

سال دوم ۱۱۶ گرم در بوته بود (Nassar *et al.*, 2015). که در توافق با یافته‌های این تحقیق بود. تفاوت معنی‌دار برهمکنش اثر کودهای آلی، غیرآلی و تلفیق آنها نسبت به تیمار شاهد برای عملکرد و اجزای عملکرد (جدول ۸)، حاکی از باقیماندن اثر مصرف این کودها در خاک و تأثیر بر رشد گیاهان سال‌های بعدی بود که با نتایج Eghball *et al.* (2004) مطابقت داشت. به‌علت عدم تأمین عناصر کافی لازم در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها، این تیمار دارای عملکرد و اجزای عملکرد دانه کمتری بود. تفاوت معنی‌دار اثر کودهای آلی نسبت به تیمارهای در برگ‌برنده کودهای شیمیایی برای عملکرد و اجزای عملکرد تاتوره (جدول ۸) می‌تواند ناشی از آزاد شدن تدریجی عناصر از کودهای آلی و اثر درازمدت آنها باشد. 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 می‌شود و حداکثر ۱۰ درصد آن برای استفاده گیاهان سال بعد در خاک باقی می‌ماند (Eghball *et al.*, 2004). مصرف کودهای شیمیایی ضمن ایجاد خسارت زیست‌محیطی، هرچند در سال اول آزمایش در شرایط مطلوب، عملکرد و اجزای عملکرد بیشتری را عاید می‌سازند، ولی در سال‌های بعدی به‌دلیل تصعید و آبشویی، از دسترس گیاه خارج شده و تأثیر چندانی بر این ویژگی‌ها ندارند. نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی به‌صورت معدنی است و تحت شرایط مناسب خاک در معرض فرآیند نیترات‌سازی قرار می‌گیرد و به اعماق پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد، درحالی‌که این واکنش در تیمارهای کود آلی آهسته‌تر صورت می‌گیرد (Kolata *et al.*, 1992). لذا گیاهان تحت اثر کود شیمیایی در مقایسه با تیمارهای کود آلی به‌علت کمبود مواد غذایی عملکرد و اجزای عملکرد کمتری داشتند. علاوه بر این محبوس‌بودن عناصر در ساختار مولکول‌های آلی و رهایش آهسته و کنترل‌شده آنها در سال‌های بعدی می‌تواند دلیل بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در اثرات باقیمانده آنها باشد. همچنین برخلاف کودهای آلی، کود شیمیایی هیچ نقشی در بهبود خواص فیزیکی،

زیست‌فراهمی فسفر و نیتروژن و جذب این عناصر موجب افزایش میزان الکلونید کل گیاه شده‌اند. احتمالاً اسیدهیومیک موجود در کود ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک با بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک از طریق افزایش نگهداری عناصر غذایی و رهایش به‌موقع موجب بهبود میزان الکلونید کل شده است. علاوه بر این رهایش 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. محبوس‌بودن عناصر در ساختار مولکول‌های آلی و رهایش آنها در سال‌های بعدی نیز می‌تواند دلیل دیگر بهبود ویژگی‌های فوق در اثرات باقیمانده باشد.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی قرار گرفتند (جدول ۵). بیشترین تعداد کپسول در بوته (۵۹/۵۷)، تعداد دانه در کپسول (۴۵۶/۸۴)، وزن هزار دانه (۹/۰۲ گرم) و عملکرد دانه (۷۹۲۷/۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست در تلفیق با کود نانوزیستی بیومیک به‌دست آمد و پس از آن تیمار کمپوست توأم با نانوبیومیک (به‌ترتیب ۵۴/۲۰ عدد، ۴۳۱/۴۹، ۸/۷۰ گرم و ۶۸۳۱/۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین + بیوفسفات (به‌ترتیب ۴۱/۸۲ عدد، ۴۲۶/۰۴، ۸/۴۰ گرم و ۴۰۲۵/۱ کیلوگرم در هکتار) قرار داشتند (جدول ۸). کمترین تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه (به‌ترتیب ۱۲/۱۵ عدد، ۲۲۸/۶۹ عدد، ۷/۱۱ گرم و ۶۸۳/۹ گرم در مترمربع) به تیمار شاهد (عدم مصرف کود آلی و غیرآلی) تعلق داشت و پس از آن تیمار عدم کاربرد کود آلی به‌علاوه بیوفسفات (به‌ترتیب ۱۴/۰۱ عدد، ۲۳۹/۲۳ عدد، ۷/۲۱ گرم و ۷۶۲/۴ گرم در مترمربع) قرار داشت (جدول ۸). در تحقیقی عملکرد دانه تاتوره تحت مقدار کامل توصیه شده کود شیمیایی در سال اول ۱۳۵/۸۲ و در

دارای مقادیر بیشتری عناصر غذایی هستند که به راحتی به شکل‌های قابل استفاده برای گیاه مانند نیتروژن نیتراتی، فسفر و پتاسیم قابل تبادل، کلسیم و منیزیم محلول تبدیل می‌شوند. مزید بر این می‌توان دلیل مزیت نسبی ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست و کود دامی در افزایش رشد گیاه را به علت تولید مواد محرک رشد نظیر هورمون‌های رشد گیاهی و آنزیم‌ها در طول فرآیند تولید ورمی‌کمپوست توسط ریزموجودات و در نتیجه افزایش زیست‌توده، فعالیت و تنوع زیستی میکروبی و بهبود حاصلخیزی خاک دانست (Uma & Malathi, 2009). علاوه بر این رهایش کنترل شده یا تأخیری عناصر موجود در کود نانوزیستی بیومیک به ویژه نانوکلات آهن و روی موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان تحت اثرات باقیمانده تیمار تلفیقی شده است. Hemantaranjan & Garge (1998) گزارش نمودند اثر باقیمانده روی از کشت قبلی نسبت به شاهد، روند افزایشی در وزن ماده خشک گیاه گندم داشت که احتمالاً این مسأله به دلیل نقش روی در افزایش کلروفیل برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز در گیاه باشد. مصرف عنصر روی میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه، برگ و عملکرد گیاه می‌شود (Pirzad *et al.*, 2013). با توجه به نقشی که عنصر روی در ساخت اکسین و تشکیل نشاسته دارد، این عنصر از طریق افزایش کربوهیدرات‌ها و مواد حاصل از همانندسازی و افزایش میزان اکسین در افزایش وزن دانه مؤثر است. باتوجه به نقش آهن در ساختمان کلروفیل و سیستم فتوسنتزی گیاه، نانوکلات آهن با افزایش دسترسی گیاه به آهن موجب بهبود فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه شده و در نهایت عملکرد و اجزای عملکرد را افزایش داده است. محبوس بودن نیتروژن در ساختار مولکول‌های آلی بزرگ در کودهای کمپوست و دامی نسبت به ورمی‌کمپوست نیز دلیل دیگری برای کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه تاتوره است. علاوه بر این قسمت اعظم نیتروژن داخل کودهای دامی قابل حل در آب بوده و به صورت تصعید و آب‌شویی از دسترس خارج می‌شوند (Warman & Anglopez,

شیمیایی و بیولوژیکی خاک و اصلاح ساختار آن ندارند. 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 با ۲۰ تن کمپوست در هکتار تیمار شده بود، نمونه‌برداری کرد و در یک آزمایش شش ساله اثرات باقیمانده کمپوست را بررسی نمود. او ملاحظه کرد که نیتروژن، فسفر و پتاسیم باقیمانده به ترتیب تا سومین، پنجمین و دومین کشت متوالی، موجب افزایش معنی‌دار محصول شد. در تحقیق دیگری Mirzashahi & Kiani (2009) بیان نمودند اثر باقیمانده کمپوست کود گوسفندی همراه با کود شیمیایی به مدت سه سال متوالی توانست جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه ذرت را به طور معنی‌داری افزایش دهد. 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.

اثر باقیمانده تیمار تلفیق ورمی‌کمپوست با کود نانوبیومیک، موجب رشد معنی‌دار گیاهان سال دوم شد (جدول ۸). این مسأله حاکی از آن بود که مصرف سال گذشته کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک موجب غنی‌شدن خاک محل آزمایش از عناصر غذایی اصلی شده است. به عبارت دیگر فراهمی بیشتر عناصر غذایی (جدول ۲) و نیز کیفیت بالاتر مواد هیومیکی موجود در ورمی‌کمپوست موجب برتری تیمارهای حاوی آن شده است. احتمالاً اسیدهیومیک موجود در کود ورمی‌کمپوست با بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک از طریق افزایش نگهداری عناصر غذایی و همچنین افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (Arancon *et al.*, 2006) باعث افزایش فعالیت ریزموجودات (Arancon *et al.*, 2004)، افزایش تجمع نیتروژن، فسفر و سایر عناصر مورد نیاز گیاه شده است و رشد رویشی گیاهان سال‌های بعد را بهبود بخشیده است. Duminguez *et al.* (1997) بیان کردند که ورمی‌کمپوست‌ها، نسبت به کمپوست‌ها

ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت ریزموجودات و تولید مواد محرک رشد موجب بهبود رشد، آسیمیلاسیون و در نهایت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

برای کلیه ویژگی‌های مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک به‌دست آمد. باتوجه به غنی‌شدن خاک محل آزمایش از عناصر غذایی اصلی و کارایی بالای تیمار تلفیق کود ورمی‌کمپوست با کود نانوزیستی بیومیک در رشد گیاهان سال دوم، استفاده از یک‌بار مصرف آن برای دو سال متوالی جهت بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و زراعی تاتوره توصیه می‌گردد. با عنایت به اینکه مصرف یک‌بار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک موجب غنی‌شدن خاک محل آزمایش از عناصر غذایی اصلی و کارایی بالا برای رشد گیاهان سال بعدی شده است و اضافه کردن مجدد آن در سال بعد ممکن است ضمن به‌هم خوردن تعادل نسبت بین عناصر غذایی، با ایجاد برهم‌کنش منفی بین عناصر موجب کاهش ویژگی‌های گیاهی گردد. بنابراین پیشنهاد می‌شود 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 محصولات در راستای کشت ارگانیک و کشاورزی پایدار کمک نمود.

2010). مزید بر این کاهش عملکرد در سیستم آلی کود دامی و کمپوست نسبت به ورمی‌کمپوست را نیز می‌توان به افزایش فعالیت ریزموجودات در خاک به‌واسطه افزایش کربن خاک و افزایش نسبت کربن به نیتروژن (جدول ۲) و در نتیجه مصرف نیتروژن معدنی موجود و آزادسازی آهسته نیتروژن در این دو تیمار نسبت داد.

مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در کودهای آلی و غیرآلی (جدول ۴) نشان داد کودهای زیستی و آلی به‌تنهایی قادر به تأمین کلیه نیازهای گیاه نبوده، اما با تلفیق کودهای آلی و زیستی بخش زیادی از نیازهای غذایی گیاه برطرف شده است. طبق نظر Mooleki *et al.* (2004) افزایش عملکرد در سیستم‌های تلفیقی را می‌توان ناشی از مطابقت بیشتر بین عناصر قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه دانست، به‌طوری که در اوایل رشد که نیاز غذایی گیاه کم است. میزان عناصر معدنی کودهای آلی و زیستی کمتر است، ولی در مراحل رشد زایشی به‌علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند و تأمین مطلوب عناصر غذایی به‌ویژه رهاسازی نیتروژن و فسفر از کود آلی و نانوزیستی در مراحل بحرانی موجب تولید و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به مقصدهای فیزیولوژیک و بالطبع افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌شود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی کود آلی با نانوبیومیک آزادسازی و تأمین مطلوب عناصر، رهایش کنترل‌شده عناصر، برقراری تعادل در جذب عناصر، جلوگیری از آبسویی و هدررفت عناصر غذایی، افزایش

REFERENCES

1. Al-Snafi, A. E. (2017). Medical importance of *Datura fastuosa* (syn: *Datura metel*) and *Datura stramonium* - A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 7(2), 43-58.
2. Amiri, H., Ismaili, A. & Hosseinzadeh, S. R. (2017). Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). *Compost Science and Utilization*, 25(3), 152-165.
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. Archana, P. P., Theodore, J. K. R., Ngyuen, V. H., Stephen, T. T. & Kristen, A. K. (2009). Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2383-2392.
7. Askary, M., Amirjani, M. R. & Saber, T. (2017). Comparison of the effects of nano-iron fertilizer with iron-chelate on growth parameters and some biochemical properties of *Catharanthus roseus*. *Journal of Plant Nutrition*, 40(7), 974-982.
8. Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. & Metzger, J. D. (2001). The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, 81(2), 103-108.
9. Baeckstrom, L. G., Hanell, U. & Svensson, G. (2004). Baking quality of winter wheat grown in different cultivating systems, 1992-2001: A holistic approach. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24, 53-79.
10. Bradford, M. M., (1979). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual of Biochemistry*, 72, 248-254.
11. Cesarano, G., De Filippis, F., La Stora, A., Scala, F. & Bonanomi, G. (2017). Organic amendment type and application frequency affect crop yields, soil fertility and microbiome composition. *Applied Soil Ecology*, 120, 254-264.
12. Darzi, M. T., Had Seyed 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), 452-456. (in Farsi)
13. Delfine, S., Tognetti, R., Desiberio, E. & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 183-191.
14. Demir, S. (2004). Influence of *Arbuscular mycorrhiza* on some physiological growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*, 28, 85-90.
15. Dubois, M., Smith, F., Gillers, K. A., Hamilton, J. K. & Robers, P. A. (1956). Colorimetric methods for determination of sugar and related substances. *Annual Chemistry*, 28, 350.
16. Duinguez, J. C., Edwards, A. & Suber, S. (1997). A comparison of vermicomposting and composting. *Biocycle*, 38, 57-59.
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, 442-447.
18. Fageria, N. K., Baligar, V. C. & Jones, C. A. (2010). *Growth and mineral nutrition of field crops* (3rd ed.). CRC Press, 586p.
19. Gershenzon, J. (1984). Changes in levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In: Timmermann, B. N., Steelink, C. and Leowus, F. A. (eds.). *Phytochemical adaptation to stress*. Plenum Press, New York. pp. 273-320.
20. Giasuddin, A. B. M., Kanel, S. & Choi, H. (2007). Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Environmental Science and Technology*, 41(6), 2022-2027.
21. Gibberd, V. (1995). Yield responses of food crops to animal manure in semi-arid Kenya. *Tropical Sciences*, 35, 418-426.
22. Ginting, D., Kessavalou, A., Eghball, B. & Doran, J. W. (2003). Greenhouse gas emissions and soil indicators four years after manure and compost applications. *Journal of Environmental Quality*, 32, 23-32.
23. Gliessman, S.R. (2014). *Agroecology: The Ecology of sustainable food systems* (3rd ed.). CRC Press, 405p.
24. Gutierrez, F. A., Santiago, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud, M., Llaven, M. A. O., Rincon, R. & Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato. *Bioresource Technology*, 98, 2781-2786.
25. Harborne, J.B. (1973). *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis*. Chapman and Hall. 288 p.
26. Hashemi Fadaki, S. E., Fakheri, B. A., Mahdinezhad, N. & Mohammadpour Vashvaei, R. (2018). Effects of nano and nano bio-fertilizer on physiological, biochemical characteristics and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under drought stress. *Journal of Agricultural Crops Production*, 20 (1), 45-66.
27. 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.
28. Herms, D. A. & Mattson, W. J. (1992). The dilemma of plants: To grow or defend. *Quarterly Review of Biology*, 67, 283-335.
29. Hossein, M. A., Jahiruddin, M., Islam, M. R. & Mian, M. H. (2008). The requirement of zinc for improvement of crop yield and mineral nutrition in the maize-mung bean-rice system. *Plant and Soil*, 306, 13-22.
30. 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.

31. Janmohammadi, M., Pornour, N., Javanmard, A. & Sabaghnia, N. (2016). Effects of bio-organic, conventional and nanofertilizer on growth, yield and quality of potato in cold steppe. *Botanica Lithuanica*, 22(2), 133-144.
32. Kauser, A. & Azam, F. (1985). Effect of humic acid on wheat seeding growth. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 25, 245-252.
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. Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielski, L. & Slow, O. (1992). Slow releases fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. *Acta-Horticulturea*, 339, 241-249.
35. Lichtenthaler, H. K. & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11, 591-592.
36. Lorio, P. L. (1986). Growth - differentiation balance: A basis for understanding southern pin beetle-tree interaction. *Forest Ecological Management*, 14, 259-273.
37. Marajan, W. A., Hadad, M. A., Gafer, M. O., Khalifa, K. M., Hatim, S. A. & Abdelrhman, M. A. (2017). Influence of bio-organic fertilizers on tomato plants growth under deep tillage preparation in Western Omdurman soil. *Journal of Agriculture and Research*, 3(8), 61-73.
38. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed.). Academic Press, London, 889p.
39. 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)
40. Mogle, U. P., Naikwade, P. V. & Patil, S. D. (2013). Residual effect of organic manure on growth and yield of *Vigna unguiculata* (L) Walp and *Lablab purpureus* L. *Science Research Reporter*, 3(2), 135-141.
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. Mooleki, S. P., Schoenau, J. J., Charles, J. L. & Wen, G. (2004). Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, 84, 199-210.
46. Najji, 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.
47. Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S. N., Najafi, N. & Ghassemi-Golezani, K. (2010). Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(17), 1733-37.
48. 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.
49. Nejadhosseini, T. & Astaracai, A. R. (2010). Residual effects of organic manures, boron and zinc elements on soil properties, wheat (*Triticum aestivum* L.) dry weight and chemical composition. *Journal of Agroecology*, 2(2), 215-224. (in Farsi)
50. Pandey, M., Debnath, M., Gupta, M. & Chikara, S. K. (2011). Phytomedicine: An ancient approach turning into future potential source of therapeutics. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 3(3), 27-37.
51. Paolo, M. G. (2001). Traditional antihelmintic, antiparasitic and repellent uses of plants in central Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, 68(1-3), 183-192.
52. Pirzad, A. R., Tousi, P. & Darvishzadeh, R. (2013). Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(1), 12-23. (in Farsi)
53. Porra, R. J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 73, 149-156.

54. 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)
55. Rostami Ajirloo, A., Shaaban, M. & Rahmati Motlagh, Z. (2015). Effect of K nano-fertilizer and N bio-fertilizer on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 3 (1), 138-143.
56. 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.
57. 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.
58. Scott, G. H., Askew, S. D., Wilcut, J. W. & Brownie, C. (2000). *Datura stramonium* interference and seed rain in *Gossypium hirsutum*. *Weed Science*, 48(6), 613-617.
59. Shamloo, A. & Roozbahani, A. (2016). Effect of amino acids and microelements on the rate of photosynthetic pigments content and yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Ecophysiology*, 7(21), 136-50. (in Farsi)
60. Shamsa, F., Monsef, H., Ghamooshi, R. & Verdian-rizi, M. (2008). Spectrophotometric determination of total alkaloids in some Iranian medicinal plants. *Thai Journal Pharmaceutical Sciences*, 32, 17-20.
61. Sikora, L. & Szmids, R. A. K. (2001). Nitrogen sources, mineralization rates and plant nutrient benefits from compost. In: Stoffella, P.J., and Kahen, B.A. (Eds.), *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. CRC Press Pub., USA. 430p.
62. Singh, L. R. & Singh, O. M. (2013). *Datura stramonium*: An overview of its phytochemistry and pharmacognosy. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(3), 143-148.
63. Subramanian, K. S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. & Sharmila Rahale, C. (2015). Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. In: Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L. & Duran, N. (eds.) *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer International Publishing, Switzerland, 347p.
64. Tahami Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghaddam, P. & Jahan, M. (2010). Comparing the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology*, 2(1), 63-74. (in Farsi)
65. Tuomi, J., Niemela, P., Haukioja, E. & Neuvonen, S. (1984). Nutrient stress an explanation for plant antiherbivore responses to defoliation. *Oecologia*, 61, 208-210.
66. Uma, B. & Malathi, M. (2009). Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranthus* species. *Research Journal of Agricultural and Biological Science*, 5, 1054-1060.
67. Warman, P. R. & Anglopez, M. J. (2010). Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*, 101, 4479-4483.