



## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۸۸۸-۸۶۹

### اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر ویژگی‌های رویشی، بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد تاتوره (*Datura stramonium L.*)

رقیه محمدپوروشوایی<sup>۱\*</sup>، احمد قنبری<sup>۲</sup>، محمدرضا اصغری‌پور<sup>۳</sup>، محمود رمرودی<sup>۴</sup>، مهدی دهمرده<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۲۹

#### چکیده

تاتوره گیاهی با پتانسیل دارویی زیاد و استفاده و کاربرد گسترده در طب است. در راستای کشت این گیاه در نظام زراعی کم-نهاد، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بایع‌کلا (شهرستان نکا) در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل کودهای شیمیایی، دامی، کمپوست، ورمی-کمپوست و عدم مصرف کود آلی و معدنی (شاهد) به‌عنوان عامل کرت اصلی و کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفات، نیتروکسین + بیوفسفات، نانوبیومیک و شاهد (عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی) به‌عنوان عامل کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش تیمارهای کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی در سطح احتمال یک-درصد معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۲/۹۹ سانتی‌متر)، تعداد شاخه جانبی در بوته (۶۴/۱۴)، تعداد برگ در بوته (۲۳۳/۰۹)، سطح برگ کل بوته (۶۶۰۵/۲۳ سانتی‌متر مربع)، وزن خشک برگ (۴۸۳/۷۸ گرم در بوته)، کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (به ترتیب ۱/۸۳۰، ۱/۳۹۵ و ۰/۴۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، هیدرات کربن کل برگ (۴۵/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، پروتئین دانه (۲۶/۴۱ درصد)، میزان اسانس برگ و دانه (به ترتیب ۶۲/۲۱ و ۱۳/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، تعداد کپسول در بوته (۶۰/۶۳)، تعداد دانه در کپسول (۴۵۹/۶۵)، وزن هزاردانه (۹/۰۵ گرم) و عملکرد دانه (۷۹۹/۶۶ گرم در متر مربع) در تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست در تلفیق با کود نانوزیستی بیومیک به‌دست آمد. نتایج تجزیه به عامل‌ها نیز تأییدکننده این مسأله بود. بنابراین باتوجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی کم‌نهاد، حفظ محیط زیست و نیل به اهداف کشاورزی پایدار تلفیق تیمار کود ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک جهت بهبود رشد، افزایش اسانس و عملکرد دانه تاتوره توصیه می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** اسانس، گیاهان دارویی، نانوبیومیک، نظام زراعی کم‌نهاد، ورمی‌کمپوست.

## مقدمه

تاتوره<sup>۱</sup> گیاهی دارویی، علفی و یکساله از خانواده بادمجانیان<sup>۲</sup> می‌باشد (Singh & Singh, 2013). این گیاه دارای خاصیت ضدباکتریایی، حشره‌کشی، دفع‌کنندگی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، مسکن و تب‌بری، ضداسپاسم، ضدسرطانی، ضدباروری، آرام‌بخشی، ضدآسم، نشاط‌آوری و حفاظتی ارگانوفسفات می‌باشد و برای درمان آسم، تب‌خال، بیماری‌های پوستی، صرع، روماتیسم، هموروئید، دردهای دردناک قاعدگی، تمدد اعصاب، التهاب معده، آبسه، جوش، سردرد، مارگزیدگی، تومور، گرفتگی عضلات، تورم، برونشیت، اسپاسم ناشی از پارکینسون و سوختگی استفاده می‌شود (Al-Snafi, 2017; Singh & Singh, 2013). پماد این گیاه برای درمان دردهای رماتیسم، سیاتیک و سوختگی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Singh & Singh, 2013). برگ‌ها، گل‌ها و ریشه‌های خشک‌شده آن به‌عنوان ماده مخدر و توهم‌زا استفاده می‌شود (Al-Snafi, 2017). آب برگ‌های آن در شیر گرم به‌صورت خوراکی برای دفع کرم روده و بذور آن به‌همراه روغن نخل با استعمال خارجی برای درمان حشره‌گزیدگی کاربرد دارد (Egharevba & Ikhatua, 2008).

مطالعات بلندمدت حاکی از آن است که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی سبب ایجاد مشکلاتی نظیر آلودگی‌های زیست‌محیطی، انباشت نمک‌ها، تغییر اسیدیته و در نتیجه کاهش باروری خاک، ایجاد کمپلکس‌های نامطلوب، کاهش میزان کربن آلی، تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش تنوع زیستی، کاهش عملکرد محصولات و فرسایش ژنتیکی می‌شوند (Liu et al., 2010). بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از منابع ارگانیک مانند کودهای آلی (ورمی‌کمپوست، کمپوست،

دامی و غیره) و زیستی (باکتری‌های اغواکننده رشد و تثبیت‌کننده نیتروژن، فسفر و غیره) می‌توانند منجر به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول شوند (Mohammadpour Vashvaei et al., 2017a & b). مواد آلی به‌علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، حاصلخیزی، افزایش ماده آلی، غنی‌سازی، تنظیم اسیدیته و بهبود ساختار خاک دارند، از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند. علاوه بر این، این کودها با رهايش آهسته و کنترل‌شده موجب رشد و نمو گیاه شده و آلودگی کمتری را در محیط زیست ایجاد می‌کنند (Ali et al., 2015).

ریزموجودات کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس، باسیلوس و غیره) با افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک، تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر غذایی، ساخت و ترشح اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، تولید سیدروفور، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه از قبیل اکسین‌ها و جیبرلین‌ها، ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه، تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته خاک به‌طور مستقیم در رشد گیاه نقش ایفا می‌نمایند (Gupta et al., 2015). نانوکودها نیز موجب افزایش متابولیسم گیاهان، جذب بیشتر و مؤثرتر عناصر و کودهای اصلی و همچنین رساندن هدفمند عناصر ریزمغذی به بافت‌های مشخص گیاهان می‌شوند (Subramanian et al., 2015).

باتوجه به ضرورت تولید تاتوره در نظام‌های زراعی کم‌نهاد، بر مبنای مدیریت پایدار تغذیه گیاهی در راستای افزایش تولید، پایداری و حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر ویژگی‌های رشد رویشی، بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد تاتوره طراحی شد.

1. *D. stramonium* L.
2. Solanaceae

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بایع‌کلا (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 سال ۱۳۹۵ اجرا شد. براساس داده‌های هواشناسی اداره کل هواشناسی استان مازندران، ایستگاه تحقیقات زراعی بایع‌کلا 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.

آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل کودهای شیمیایی، کمپوست، ورمی‌کمپوست، کود دامی و عدم مصرف کود آلی و معدنی (شاهد) به عنوان عامل اصلی و کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفات، نیتروکسین+ بیوفسفات، نانوزیستی بیومیک و عدم استفاده از کود زیستی و نانوزیستی (شاهد) به عنوان عامل فرعی بودند. میزان کود مورد استفاده براساس تجزیه خاک و نیاز گیاه تعیین شد. خصوصیات شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ ارائه شده است.

نیاز کودی این گیاه ۱۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار  $P_2O_5$  و ۵۹/۳ کیلوگرم در هکتار  $K_2O$  می‌باشد (Nassar et al., 2015). مقدار کود آلی (دامی) توصیه‌شده برای این گیاه نیز ۴۹/۴ تن در هکتار می‌باشد (Nassar et al., 2015). کودهای دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست 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  $K_2O$ ) مصرف شد. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفات و نانوبیومیک به ترتیب به مقدار دو، دو و یک لیتر در هکتار به صورت بذرمال (براساس نظر کارخانه سازنده) استفاده شد. کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس‌های *Azotobacter chroococcum*<sup>۱</sup>، *Azospirillum lipoferum*<sup>۲</sup> و حل‌کننده فسفات از جنس *Sodomonas putida*<sup>۳</sup> با  $10^8$  سلول زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی بیوفسفات شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های *Bacillus pasteurii*<sup>۴</sup> که با ترشح اسیدهای آلی و *Sodomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با  $10^8$  سلول زنده در هر گرم بود.

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

بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	نیتروژن (درصد)	فسفر کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ماده آلی (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن
لومی رسی	۷/۶۸	۰/۷۱	۰/۱۲۷	۳۲/۴۷	۴۰۱/۶۶	۲/۷۹	۱/۷۵۵	۲۴/۵

1. *Azotobacter chroococcum*
2. *Azospirillum lipoferum*
3. *Pseudomonas putida*
4. *Bacillus lentus*

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

کود آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن (درصد)	فسفر کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	ماده آلی (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن/کربن	کلسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)
کود دامی	۷/۵	۸/۵۹	۰/۹۳۲	۷۵۰۰	۹۲۰۰	۳۲/۱۷	۱۶/۹۰	۱۸/۱۳	۹۵۶۱
کمپوست	۷/۳	۳/۶۰	۱/۳۵۰	۴۸۱۲	۴۸۲۶	۳۸/۱۸	۲۱/۷۰	۱۶/۰۷	۲۲۶۷۱
ورمی کمپوست	۶/۹	۳/۱۰	۱/۶۶۰	۵۳۶۰	۷۱۱۷	۴۹/۲۱	۲۶/۳۶	۱۵/۸۸	۴۳۰۴۲

ادامه جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

کود آلی	سدیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)	آلومینیوم (میلی گرم بر کیلوگرم)	گوگرد (میلی گرم بر کیلوگرم)
کود دامی	۵۰۳۲	۳۱۷۱	۳۷۸۰	۱۳۸	۶۱	۱۷	۱۱	۷۵۶۰	۷۸۱
کمپوست	۱۰۲	۵۳۲۴	۷۷۰۲	۱۴۱	۴۸۲	۲۹	۱۸	۷۰۱۲	۷۳۴
ورمی کمپوست	۲۱۵	۵۱۷۲	۱۲۵۱۰	۳۰۶	۵۱۲	۳۹	۲۹	۶۹۵۰	۵۴۸

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. کودهای شیمیایی و آلی پس از کاربرد (پیش از کاشت) تا عمق ۳۰ سانتی متری با خاک مخلوط شدند و تیمار کود شیمیایی نیز به همین ترتیب اجرا گردید. نصف کود اوره در زمان کاشت و نصف دیگر به صورت سرک در مرحله رویشی (یک ماه قبل از نمونه گیری) اعمال شد. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علف کش، آفت کش و یا قارچ کشی مصرف نشد.

کاشت به صورت هیرم کاری در ۲۰ فروردین صورت گرفت. به این منظور ۳-۴ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی متر به روش جوی و پشته در چهار ردیف چهارمتری با فاصله ۴۰ سانتی متر روی ردیف (۳۰ الی ۵۰ سانتی متر) و ۷۰ سانتی متر بین ردیف (۶۰ الی ۸۰ سانتی متر) کشت شدند (Nassar et al., 2015). عملیات تنک کردن در مرحله دو الی چهاربرگی انجام شد. آبیاری

کود نانوبیومیک حاوی میکروارگانیزم های تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر کروکوکوم و آزوسپریلوم لیوفروم) و حل کننده فسفر (سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لتوس) با  $10^8$  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 می باشد. کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن آوری زیستی مهرآسیا<sup>۱</sup> 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

1. MABCO=Mehr Asia Biotechnology Company

ساییده و هموزن شد. پس از انجام سانتریفیوژ با سرعت ۱۳۰۰ دور در دقیقه و دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه، محلول روشن‌آور برداشته و حجم محلول با استن ۸۰ درصد به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر<sup>۲</sup> (یو وی ویس مدل جاسکو، ژاپن) میزان جذب نور در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۶ و ۶۶۳/۶ نانومتر مشخص و در نهایت با استفاده از معادلات ۱، ۲ و ۳ مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ محاسبه شد (Porra, 2002; Lichtenthaler & Wellburn, 1983).

$$(1) \quad a = \frac{E^{646.6} - 2.05}{E^{663.6}} = \text{کلروفیل } a$$

$$(2) \quad b = \frac{E^{663.6} - 4.91}{E^{646.6}} = \text{کلروفیل } b$$

$$(3) \quad = \text{کاروتنوئید}$$

۲۲۹ / [(کلروفیل b) ۱۰۴ - (کلروفیل a) ۳/۲۷ - (E<sup>۴۷۰</sup>) ۱۰۰۰] که در این معادلات E میزان جذب نوری در طول موج داده شده است.

هیدرات‌کربن کل به‌روش فنل - اسیدسولفوریک تعیین شد (Dubois et al., 1956). جهت تعیین درصد پروتئین دانه از روش برادفورد استفاده شد (Bradford, 1979). جهت استحصال بیشترین درصد اسانس، برداشت برگ‌ها در مرحله رویشی (قبل از گلدهی) در اوایل تیر (۱۷ تیر) و برداشت دانه‌ها در مرحله رسیدگی انجام شد. برای حفظ کمیت و کیفیت مطلوب اسانس، نمونه‌های برداشت‌شده در سایه و در دمای محیط خشک شدند. برای استخراج الکلوئید کل (اسانس) برگ‌های خشک‌شده و دانه، از روش اسپکتروفوتومتری استفاده شد (Shamsa et al., 2008). تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS<sup>۳</sup> (نسخه ۹/۲) (SAS Institute, 2013, Cary, NC) و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج و

مزرعه به‌روش بارانی انجام شد. به این منظور رطوبت در ظرفیت زراعی ۳۱/۲ درصد حجمی خاک تعیین گردید. یک روز درمیان درصد حجمی رطوبت خاک تعیین و زمان آبیاری به‌دست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۹۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گرفت. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت‌سنج تی دی آر<sup>۱</sup> (مدل دلتا تی، انگلستان) انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در سه مرحله با فوکا صورت گرفت. ویژگی‌های ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ کل بوته (سانتی‌مترمربع)، وزن خشک برگ (گرم در بوته)، کلروفیل a, b و کاروتنوئید کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، هیدرات‌کربن کل برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و میزان اسانس برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در مرحله میوه‌دهی و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه (گرم)، پروتئین دانه (درصد) و میزان اسانس دانه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در انتهای مرحله رسیدگی روی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) پس از حذف اثرات حاشیه از تمام بوته‌های هر کرت به‌دست آمد. وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دیجیتال حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. به این منظور نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت با آن تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و بلافاصله جهت اندازه‌گیری وزن خشک توزین شدند.

برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی ۵۰۰ میلی‌گرم برگ تر گیاه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و در هاون چینی با استن ۸۰ درصد به‌صورت تدریجی

2. Spectrophotometer UV/Vis model JASCO 7800  
3. Statistical Analysis System

1. TDR=Time Domain Reflectometry, Delta T

در بوته (۸/۰۸)، تعداد برگ در بوته (۶۰/۲۳)، سطح برگ کل بوته (۲۷۱۵/۵۸ سانتی مترمربع) و وزن خشک برگ (۸۳/۴۰ گرم در بوته) به شاهد (عدم کاربرد کود) تعلق داشت و پس از آن برای ارتفاع بوته (۸۳/۰۲ سانتی متر) تیمار کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی و برای تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ کل بوته و وزن خشک برگ (به ترتیب ۹/۲۵ و ۶۵/۷۱ عدد، ۳۴۳۰/۶۷ سانتی مترمربع و ۱۴۲/۲۲ گرم در بوته) تیمار عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوفسفات قرار داشت (جدول ۴). تیمار کود ورمی-کمپوست توأم با نانوبیومیک نسبت تیمار شاهد (عدم-استفاده از کود) موجب بهبود ارتفاع بوته (۱/۲۴ برابر)، تعداد شاخه در بوته (۶/۹۳ برابر)، تعداد برگ در بوته (۲/۸۷ برابر)، سطح برگ کل بوته (۱/۴۳ برابر) و وزن خشک برگ (۴/۸۰ برابر) شد. تیمار ورمی کمپوست در تلفیق با نیتروکسین + بیوفسفات نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب ۱/۱۲، ۶/۶۲، ۲/۶۶ و ۱/۳۱ برابر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد برگ در بوته و سطح برگ کل بوته را افزایش داد. تیمار کمپوست در تلفیق با نانوبیومیک نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) ۳/۹۳ برابر وزن خشک برگ را بهبود بخشید.

یک درصد و با آزمون LSD انجام شد. برای تعیین بهترین ترکیب تیماری از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد.

## نتایج و بحث

### اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر رشد رویشی اندام‌های هوایی تاتوره

نتایج نشان داد که برهمکنش 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 (۱۷۲/۹۹ سانتی متر)، تعداد شاخه در بوته (۶۴/۱۴)، تعداد برگ در بوته (۲۳۳/۰۹)، سطح برگ کل بوته (۶۶۰۵/۲۳ سانتی مترمربع) و وزن خشک برگ (۴۸۳/۷۸ گرم در بوته) به تیمار کود آلی ورمی کمپوست توأم با کود نانوبیومیک تعلق داشت و پس از آن برای ارتفاع بوته (۱۶۳/۲۷ سانتی متر)، تعداد شاخه در بوته (۶۱/۶۰)، تعداد برگ در بوته (۲۲۰/۵۶) و سطح برگ کل بوته (۶۲۹۴/۶۸ سانتی مترمربع) تیمار ورمی کمپوست در تلفیق با نیتروکسین + بیوفسفات و برای وزن خشک برگ (۴۱۱/۷۸ گرم در بوته) تیمار کمپوست توأم با نانوبیومیک قرار داشت (جدول ۴). کمترین ارتفاع بوته (۷۷/۰۰ سانتی متر)، تعداد شاخه

جدول ۳. تجزیه واریانس ویژگی‌های رشد رویشی تاتوره تحت اثرات کودهای آلی و غیرآلی

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک برگ	سطح برگ کل بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد شاخه جانبی در بوته	ارتفاع بوته		
۷۰/۶۷ <sup>ns</sup>	۵۹۴۶۰/۱*	۱۳/۷۶ <sup>ns</sup>	۱۰/۴۲*	۱۵/۹۵ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۱۱۳۰۹۶/۹۴**	۱۵۴۵۳۲۲۴/۰**	۴۸۱۸۵/۶۳**	۵۵۹۵/۲۷**	۱۶۳۵۷/۹۷**	۴	کود آلی و معدنی
۶۲/۰۹	۱۳۱۷۷/۶	۶/۹۰	۲/۲۶	۷/۱۷	۸	تکرار × کود آلی و معدنی
۵۰۹۹۴/۱۴**	۱۸۵۶۸۶۱/۱**	۲۱۴۴/۷۸**	۲۳۲/۱۵**	۸۴۳/۸۸**	۴	کود زیستی و نانوزیستی
۱۵۷۳/۶۵**	۶۸۳۶۴/۷**	۱۱۴/۶۶**	۱۶/۳۳**	۴۹/۶۵**	۱۶	کود آلی و معدنی × کود زیستی و نانوزیستی
۵۷/۵۸	۶۲۱۱/۸	۳/۰۱	۰/۳۳	۵/۱۹	۴۰	خطا
۲/۸۸	۱/۶۳	۱/۱۷	۱/۶۳	۱/۷۳		ضریب تغییرات (درصد)

ns و \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار.

اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر ویژگی‌های رویشی، بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد تاتوره (*Datura stramonium* L.)

جدول ۴. مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد رویشی تاتوره تحت اثرات کودهای آلی و غیر آلی

وزن خشک برگ (گرم در بوته)	سطح برگ کل بوته (سانتی‌متر مربع)	تعداد برگ در بوته	تعداد شاخه جانبی در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	کود زیستی و نانوزیستی	کود آلی و معدنی
۸۳/۴۰	۲۷۱۵/۵۸	۶۰/۲۳	۸/۰۸	۷۷/۰۰	شاهد (عدم کاربرد کود)	عدم کاربرد کود
۱۴۶/۲۲	۳۴۳۰/۶۷	۶۵/۷۱	۹/۲۵	۸۴/۴۸	بیوفسفات	
۱۴۹/۶۴	۳۵۹۴/۵۴	۶۷/۲۴	۱۰/۲۷	۸۶/۰۸	نیتروکسین	
۱۵۶/۷۹	۳۸۵۵/۵۵	۶۹/۷۳	۱۰/۷۰	۸۷/۷۵	نیتروکسین + بیوفسفات	
۲۰۹/۲۵	۴۱۴۰/۶۳	۷۸/۳۶	۱۲/۶۴	۹۵/۲۵	نانوبیومیک	
۱۶۸/۰۸	۳۶۷۰/۶۷	۱۰۴/۳۱	۱۷/۹۸	۸۳/۰۲	شاهد (عدم کاربرد کود)	کود شیمیایی (NPK)
۱۷۵/۱۳	۳۹۴۱/۶۷	۱۱۶/۰۱	۱۹/۷۶	۱۰۶/۷۹	بیوفسفات	
۱۸۷/۶۷	۳۹۶۱/۰۲	۱۱۸/۳۴	۲۰/۸۰	۱۰۹/۵۷	نیتروکسین	
۱۹۹/۲۹	۴۱۴۶/۹۳	۱۱۹/۷۴	۲۱/۶۳	۱۱۴/۱۵	نیتروکسین + بیوفسفات	
۲۶۴/۸۰	۴۴۶۵/۲۲	۱۲۴/۵۳	۲۲/۰۹	۱۱۶/۴۱	نانوبیومیک	
۲۱۲/۰۰	۴۸۶۰/۱۱	۱۵۸/۶۳	۳۸/۰۳	۱۴۵/۲۸	شاهد (عدم کاربرد کود)	کود دامی
۲۴۹/۲۸	۴۹۶۴/۰۰	۱۶۱/۵۷	۴۱/۸۵	۱۴۶/۹۲	بیوفسفات	
۲۸۷/۰۱	۵۱۴۶/۳۴	۱۷۵/۱۱	۴۳/۳۶	۱۵۰/۰۲	نیتروکسین	
۳۳۰/۴۲	۵۳۲۸/۶۵	۱۹۰/۹۱	۴۵/۷۹	۱۵۱/۵۴	نیتروکسین + بیوفسفات	
۳۶۳/۷۴	۵۵۴۲/۴۲	۱۹۲/۸۲	۴۸/۹۰	۱۵۶/۴۹	نانوبیومیک	
۲۰۸/۲۰	۵۱۶۹/۰۴	۱۵۴/۲۹	۳۸/۴۹	۱۴۳/۸۲	شاهد (عدم کاربرد کود)	کمپوست
۲۸۹/۰۵	۵۲۵۵/۴۷	۱۵۹/۱۰	۴۳/۵۹	۱۵۰/۹۵	بیوفسفات	
۳۱۹/۷۰	۵۳۲۴/۹۷	۱۶۶/۷۴	۴۶/۱۹	۱۵۱/۷۹	نیتروکسین	
۳۵۳/۰۷	۵۴۶۵/۳۰	۱۷۷/۰۳	۵۰/۳۴	۱۵۳/۹۲	نیتروکسین + بیوفسفات	
۴۱۱/۷۸	۵۷۶۹/۴۳	۱۹۱/۷۴	۵۲/۷۱	۱۶۱/۱۷	نانوبیومیک	
۲۶۷/۴۱	۵۴۶۹/۶۰	۱۸۶/۷۶	۴۶/۹۸	۱۵۰/۵۱	شاهد (عدم کاربرد کود)	ورمی کمپوست
۳۱۴/۷۵	۵۷۰۸/۷۰	۲۱۱/۲۹	۵۴/۰۲	۱۵۷/۶۱	بیوفسفات	
۳۵۲/۸۹	۶۰۱۱/۹۰	۲۱۴/۵۵	۵۶/۰۸	۱۶۰/۹۲	نیتروکسین	
۳۷۶/۶۵	۶۲۹۴/۶۸	۲۲۰/۵۶	۶۱/۶۰	۱۶۳/۲۷	نیتروکسین + بیوفسفات	
۴۸۳/۷۸	۶۶۰۵/۲۳	۲۳۳/۰۹	۶۴/۱۴	۱۷۲/۹۹	نانوبیومیک	
۴۰۰/۳۸	۳۸۸۹/۶۵	۱۷۲/۸۶	۵۶/۰۵	۹۶/۰۰	مقدار شاهد- تیمار حداکثر = Dif	
۱۲/۵۲۲	۱۳۰/۰۶	۲/۸۶۶	۰/۹۵۶	۳/۷۵۹	LSD <sub>5%</sub>	
۱۶/۷۵۶	۱۷۴/۰۴	۳/۸۳۵	۱/۲۷۹	۵/۰۳۱	LSD <sub>1%</sub>	

اندام‌های هوایی شود. لذا تیمار شاهد به‌علت کمبود مواد غذایی در مقایسه با سایر تیمارها رشد کمتری داشته است (جدول ۴). تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست در تلفیق

در شرایط یکسان محیطی، فراهم‌آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و در پی آن افزایش ویژگی‌های رشد رویشی

شده است. اثر اسیدهیومیک شامل اثر مستقیم به عنوان ترکیبی شبههورمونی و اثر غیرمستقیم به صورت افزایش جذب عناصر غذایی از راه ویژگی کلات کنندگی و احیاء کنندگی، افزایش نفوذپذیری غشا، افزایش متابولیسم ریزجانداران، بهبود وضعیت فیزیکی خاک، افزایش رشد ریشه و ساقه می باشد که مجموع این اثرات موجب بهبود کارایی گیاه در فتوسنتز می شود (Ali et al., 2015).

#### اثر نظام های مختلف تغذیه ای بر رنگیزه های فتوسنتزی تاتوره

نتایج حاکی از آن بود که برهمکنش کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی بر ویژگی های کلروفیل a, b و کاروتنوئید کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۵). بیشترین کلروفیل a, b و کاروتنوئید کل (به ترتیب ۱/۸۳۰، ۱/۳۹۵ و ۰/۴۸۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) متعلق به تیمار کود آلی ورمی کمپوست توأم با کود نانوبیومیک بود و پس از آن تیمارهای تلفیق کمپوست با نانوبیومیک (به ترتیب ۱/۷۱۰، ۱/۲۹۸ و ۰/۴۶۰ میلی گرم بر گرم وزن تر) و ورمی کمپوست توأم با نیتروکسین + بیوفسفات (به ترتیب ۱/۶۹۲، ۱/۱۱۹ و ۰/۴۴۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) قرار داشت (جدول ۶).

با کود نانوبیومیک حداکثر رشد رویشی را حاصل نمود (جدول ۴). تلفیق ورمی کمپوست به عنوان یک کود آلی با کود نانوزیستی بیومیک می تواند تأثیری جبرانی و مکمل داشته باشد. در تیمار تلفیقی اثر مفید کود ورمی کمپوست و نانوبیومیک در افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن موجب شده است که ویژگی های رشد رویشی اندام های هوایی افزایش یابد. از طرفی افزایش سطح فتوسنتز کننده در نتیجه رهایش کنترل شده و فراهمی عناصر غذایی به خصوص نانوکلات آهن و روی موجود در کود نانوبیومیک موجب بیشتر شدن تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون های تحریک کننده رشد به مریستم های انتهایی و جانبی می شود و در نتیجه، مجموعه این عوامل باعث افزایش تحریک مریستم انتهایی و جانبی و افزایش ارتفاع بوته، تولید شاخه های فرعی و سطح سبز در تیمار تلفیقی می گردد (Fageria et al., 2010).

کودهای ورمی کمپوست و نانوبیومیک دارای اسیدهیومیک، فولیک و دیگر اسیدهای آلی هستند. اسیدهیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین، ویتامین ها، تأثیر بر هورمون های رشد گیاهی و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه های مختلف فتوسنتز دارد، باعث رشد رویشی بیشتر

جدول ۵. تجزیه واریانس ویژگی های بیوشیمیایی تاتوره تحت اثرات کودهای آلی و غیرآلی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید کل	هیدرات کربن کل برگ	پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۲۲۷*	۰/۰۰۴۸۶۲*	۰/۰۰۰۹۴۷*	۴/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۷۷ <sup>ns</sup>
کود آلی و معدنی	۴	۰/۶۲۸۷۶**	۰/۳۲۴۱۶۴**	۰/۱۰۴۴۱۲**	۵۴۸/۱۸**	۱۵۵/۵۷**
تکرار × کود آلی و معدنی	۸	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۹۸۰	۰/۰۰۰۲۰۷	۱/۲۱	۰/۷۷
کود زیستی و نانوزیستی	۴	۰/۷۷۱۹۵**	۰/۵۷۶۲۸۰**	۰/۰۳۲۴۵۶**	۲۷۲/۹۸**	۵۹/۳۴**
کود آلی و معدنی × کود زیستی و نانوزیستی	۱۶	۰/۰۱۰۸۸**	۰/۰۰۳۲۶۰**	۰/۰۰۰۴۱۹**	۱۸/۰۸**	۱/۱۱**
خطا	۴۰	۰/۰۰۰۲۹	۰/۰۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۰۲۱	۰/۱۳	۰/۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۲۸	۱/۰۲	۱/۴۱	۱/۲۸	۰/۹۵

ns و \*\* و \* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی دار.



جدول ۶. مقایسه میانگین ویژگی‌های بیوشیمیایی تاتوره تحت اثرات کودهای آلی و غیرآلی

پروتئین	هیدرات کربن کل برگ	کاروتنوئید کل	کلروفیل b	کلروفیل a	کود زیستی و نانوزیستی	کود آلی و معدنی
(درصد)	(میلی گرم بر گرم وزن خشک)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)		
۱۳/۱۲	۱۷/۳۸	۰/۱۸۰	۰/۴۳۹	۰/۷۶۰	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)
۱۴/۸۹	۱۹/۳۵	۰/۱۹۴	۰/۶۳۳	۱/۰۵۲	بیوفسفات	
۱۵/۷۶	۲۰/۹۶	۰/۲۳۰	۰/۷۳۰	۱/۰۶۷	نیتروکسین	
۱۷/۸۴	۲۲/۳۰	۰/۲۴۰	۰/۷۷۰	۱/۱۱۵	نیتروکسین + بیوفسفات	
۱۹/۲۱	۲۶/۰۴	۰/۳۰۳	۱/۰۳۰	۱/۳۱۷	نانوبیومیک	
۱۵/۱۳	۲۱/۸۹	۰/۲۰۳	۰/۵۲۹	۰/۹۵۳	شاهد (عدم کاربرد کود)	کود شیمیایی (NPK)
۱۸/۵۰	۲۴/۰۸	۰/۲۶۵	۰/۷۴۰	۱/۱۰۵	بیوفسفات	
۱۹/۰۰	۲۵/۲۱	۰/۲۷۴	۰/۷۹۰	۱/۱۲۱	نیتروکسین	
۲۰/۷۸	۲۶/۰۸	۰/۳۰۶	۰/۸۶۵	۱/۲۱۳	نیتروکسین + بیوفسفات	
۲۱/۸۹	۲۸/۳۵	۰/۳۱۶	۱/۰۶۱	۱/۳۹۱	نانوبیومیک	
۱۹/۲۴	۲۳/۶۲	۰/۲۵۵	۰/۷۰۹	۱/۰۴۲	شاهد (عدم کاربرد کود)	کود دامی
۲۱/۳۳	۲۷/۳۶	۰/۳۲۷	۰/۸۵۸	۱/۳۹۵	بیوفسفات	
۲۱/۵۴	۲۹/۲۰	۰/۳۳۴	۰/۹۳۵	۱/۴۳۸	نیتروکسین	
۲۳/۶۷	۳۱/۰۴	۰/۳۵۲	۱/۰۳۷	۱/۶۱۱	نیتروکسین + بیوفسفات	
۲۴/۲۷	۳۳/۱۸	۰/۳۹۸	۱/۱۹۶	۱/۷۱۰	نانوبیومیک	
۲۰/۶۲	۲۴/۳۲	۰/۳۱۹	۰/۸۲۵	۱/۰۷۵	شاهد (عدم کاربرد کود)	کمپوست
۲۲/۶۴	۲۶/۳۲	۰/۳۸۰	۰/۸۸۸	۱/۳۸۵	بیوفسفات	
۲۳/۲۴	۲۹/۲۳	۰/۳۹۳	۰/۹۷۸	۱/۴۶۵	نیتروکسین	
۲۳/۹۳	۳۲/۲۸	۰/۴۲۹	۱/۱۱۲	۱/۶۳۰	نیتروکسین + بیوفسفات	
۲۴/۶۳	۳۳/۷۲	۰/۴۶۰	۱/۲۹۸	۱/۷۱۰	نانوبیومیک	
۲۲/۳۵	۲۵/۱۰	۰/۳۷۸	۰/۸۵۵	۱/۰۸۳	شاهد (عدم کاربرد کود)	ورمی کمپوست
۲۳/۱۹	۳۴/۶۵	۰/۴۱۲	۰/۹۳۹	۱/۵۰۳	بیوفسفات	
۲۳/۷۸	۳۷/۵۰	۰/۴۲۸	۱/۰۲۱	۱/۵۲۷	نیتروکسین	
۲۴/۵۷	۴۴/۳۱	۰/۴۴۹	۱/۱۱۹	۱/۶۹۲	نیتروکسین + بیوفسفات	
۲۶/۴۱	۴۵/۹۵	۰/۴۸۵	۱/۳۹۵	۱/۸۳۰	نانوبیومیک	
۱۳/۲۹	۲۸/۵۷	۰/۳۰	۰/۹۶	۱/۰۷	مقدار شاهد- تیمار حداکثر = Dif	
۰/۳۲۸	۰/۶۰۲	۰/۰۰۷۷	۰/۰۱۵۳	۰/۰۲۸۱	LSD <sub>5%</sub>	
۰/۴۳۹	۰/۸۰۵	۰/۰۱۰۳	۰/۰۲۰۵	۰/۰۳۷۶	LSD <sub>1%</sub>	

داشت و پس از آن برای کلروفیل a و b (به ترتیب ۰/۹۵۳ و ۰/۵۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) تیمار کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی و

کمترین کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل (به ترتیب ۰/۷۶۰، ۰/۴۳۹ و ۰/۱۸۰ میلی گرم بر گرم وزن تر) به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود آلی و غیرآلی) تعلق

از آنزیم‌های مسیر بیوستنز کلروفیل و تریپتوفان که یک پیش‌ماده ساخت اکسین است، نقش دارد و موجب افزایش در میزان کلروفیل و کاروتنوئید می‌شود. این افزایش می‌تواند حاکی از نقش عملکردی این فلز در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوستنز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر آسکوربات-پراکسیداز و گلوکاتایون‌ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد (Fageria et al., 2010).

باتوجه به افزایش قابل‌توجه جذب نیتروژن در حضور اسیدهیومیک، می‌توان چنین استنباط کرد که اسیدهیومیک موجود در کودهای ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک توانسته است، باعث افزایش جذب عناصر مغذی، به‌خصوص نیتروژن و به‌دنبال آن افزایش سبزیگی گیاه شود (Gomes de Melo et al., 2016). علاوه بر این اسیدهیومیک نفوذپذیری غشای سلولی را افزایش می‌دهد و ورود پتاسیم به‌داخل سلول را بسیار تسهیل می‌نماید که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلول، تقسیم سلول و افزایش انرژی در داخل آن، افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوستنز است. مزید بر این، اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوستنزی گیاه و سنتز کلروفیل می‌شود و یا تجزیه کلروفیل را در برگ‌های ابتدایی و انتهایی شاخه به تأخیر می‌اندازد (Gomes de Melo et al., 2016). دلیل دیگر افزایش مقدار کلروفیل در تغذیه با تیمار تلفیقی به‌علت ساخت بیشتر کلروپلاست می‌باشد که ناشی از فعالیت مناسب آنزیم کلروفیلاز است. زمانی‌که عناصر غذایی به‌مقدار کافی فراهم نباشد، ساخت کلروپلاست ناکافی بوده و گرانا آماس کرده و تعداد آنها کاهش می‌یابد (Gutierrez et al., 2007). یون‌های آمونیومی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به‌طور سطحی جذب می‌شوند و یا طی

برای کاروتنوئید کل (۰/۱۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) تیمار عدم کاربرد کود آلی به‌علاوه بیوفسفات قرار داشت (جدول ۶). تیمار کود ورمی‌کمپوست توأم با نانوبیومیک نسبت به تیمار شاهد (عدم‌کاربرد کود) به‌ترتیب ۱/۴۰، ۲/۱۷ و ۱/۶۹ برابر و تیمار کود کمپوست توأم با نانوبیومیک نسبت به شاهد (عدم‌استفاده از کود) به‌ترتیب ۱/۲۵، ۱/۹۵ و ۱/۵۵ برابر، ویژگی‌های کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل برگ را ارتقا دادند.

به‌طور کلی هر چه 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. بنابراین تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها به‌علت کمبود موادغذایی میزان رنگیزه‌های فتوستنزی کمتری داشت (جدول ۶). تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوبیومیک حداکثر رنگیزه‌های فتوستنزی را حاصل نمود (جدول ۶). در تیمار تلفیقی اثر مفید کود ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک در افزایش فراهمی عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن و در نتیجه بهبود شرایط تغذیه‌ای و جذب بسیاری از ریزمغذی‌ها مانند روی و آهن که در چرخه‌های فتوستنزی و ساختمان سیتوکروم‌ها نقش دارند، موجب افزایش رنگیزه‌های فتوستنزی و فتوستنزی شده است. عنصر آهن برای ساخت کلروپلاست و کاروتنوئیدها لازم است و افزایش آن موجب افزایش ساخت کلروفیل و کاروتنوئید می‌شود (Shamloo & Roozbahani, 2015). احتمالاً علت افزایش مقدار کلروفیل به‌دلیل تأثیر نانوکلات آهن بر ساخت پیش‌سازهای ساخت کلروفیل است، زیرا آهن جز متابولیک آنزیم کاپروپورفینوژن اکسیداز است و این آنزیم در بیوستنز آلفا- آمینولینولینیک کلروفیل نقش دارد (Fageria et al., 2010). عنصر روی در راه‌اندازی برخی

گیاه رابطه مستقیمی با فراهمی نیتروژن دارند. به‌علت کمبود نیتروژن در تیمار شاهد، این تیمار از کمترین هیدرات‌کربن کل برگ برخوردار بود. در نتیجه کاربرد توأم کودهای ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک 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. اضافه‌کردن ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک به خاک باعث جذب نیتروژن توسط ریشه‌ها، افزایش رشد رویشی و تولید بیشتر برگ‌ها می‌شود که به‌نوبه خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی، ساخته‌شدن مواد هیدروکربنی (گلوکز پیش‌ماده مناسب در ساخت ترکیبات ثانویه) در برگ‌ها خواهد شد. علاوه بر این با افزایش رشد رویشی و تعداد برگ در گیاه، تعداد روزنه‌ها در بوته به‌عنوان مسیر ورودی دی‌اکسیدکربن و گلوکز تولیدی طی فتوسنتز بیشتر شده و انرژی لازم جهت ساخت ترکیبات ثانویه فراهم و میزان این ترکیبات افزایش می‌یابد (Naiji & Souri, 2015). مزید بر این فراهمی آهن نیز می‌تواند در تولید ترکیبات هیدروکربنی مؤثر باشد (Nasiri *et al.*, 2010). مصرف عنصر روی نیز 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 ساخته‌شدن مواد هیدروکربنی در برگ‌ها خواهد شد (Fageria *et al.*, 2010).

#### اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر پروتئین دانه تاتوره

نتایج نشان‌داد که درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک‌درصد تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۶/۴۱ درصد) به تیمار تلفیقی کود آلی ورمی‌کمپوست و نانوزیستی بیومیک تعلق داشت

فرایند نیتروفیکاسیون به نترات تبدیل می‌گردند (Atiyeh *et al.*, 2001). جذب ترکیبات نیتراته از یک‌طرف و افزایش میزان عناصری نظیر آهن، روی و منگنز در گیاهان تحت تیمار تلفیقی از طرف دیگر، خود دلیلی بر افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاه در این تیمار می‌باشد.

#### اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر هیدرات‌کربن کل برگ تاتوره

نتایج نشان‌داد که اختلاف هیدرات‌کربن کل برگ در سطح احتمال یک‌درصد تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای مختلف کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی قرار گرفت (جدول ۵). در مقایسه میانگین تیمارها بیشترین هیدرات‌کربن کل برگ (۴۵/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار تلفیق کود آلی ورمی‌کمپوست با کود نانوزیستی بیومیک حاصل شد و پس از آن تیمارهای ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین+ بیوفسفات (۴۴/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین (۳۷/۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و ورمی‌کمپوست توأم با بیوفسفات (۳۴/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشتند (جدول ۶). کمترین هیدرات‌کربن کل برگ متعلق به تیمار شاهد (۱۷/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود و پس از آن تیمارهای عدم کاربرد کود آلی به‌علاوه کود زیستی بیوفسفات (۱۹/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و عدم کاربرد کود آلی به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین (۲۰/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشت (جدول ۶). تیمارهای ورمی‌کمپوست در تلفیق با کود نانوبیومیک و ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین+ بیوفسفات نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) موجب بهبود هیدرات‌کربن کل برگ (به‌ترتیب ۱/۶۴ و ۱/۵۴ برابر) شدند. براساس نظر Marschner, 1995 هیدرات‌های کربن

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 احتمالاً موجب پروتئین سازی و افزایش درصد پروتئین دانه شده است.

#### اثر نظام های مختلف تغذیه ای بر میزان اسانس برگ و دانه تاتوره

نتایج حاکی از آن بود که میزان اسانس برگ و دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای کودهای آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی قرار گرفت (جدول ۷). بیشترین درصد اسانس برگ و دانه (به ترتیب ۶۲/۲۱ و ۱۳/۳۱ میلی گرم بر گرم وزن خشک) متعلق به تیمار تلفیق کود آلی ورمی کمپوست و نانوزیستی بیومیک بود و پس از آن برای میزان اسانس برگ تیمارهای کمپوست توأم با نانوبیومیک (۵۹/۷۰ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و کمپوست توأم با نیتروکسین + بیوفسففات (۵۱/۰۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و برای میزان اسانس دانه تیمارهای ورمی کمپوست توأم با نیتروکسین + بیوفسففات (۱۱/۹۱ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و ورمی کمپوست توأم با نیتروکسین (۱۱/۴۱ میلی گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشتند (جدول ۸). تیمارهای تلفیق کود ورمی کمپوست و کمپوست با نانوبیومیک نسبت به تیمار شاهد میزان اسانس برگ (به ترتیب ۲۲۸/۲۸ و ۱۵۱/۶۲ درصد) و تیمارهای کود ورمی کمپوست در تلفیق با نانوبیومیک و نیتروکسین + بیوفسففات نسبت به تیمار شاهد میزان اسانس دانه را (به ترتیب ۱۱۳/۲۶ و ۹۳/۶۴ درصد) افزایش دادند.

و پس از آن تیمارهای کمپوست توأم با نانوبیومیک (۲۴/۶۳ درصد) و ورمی کمپوست در تلفیق با نیتروکسین + بیوفسففات (۲۴/۵۷ درصد) قرار داشتند (جدول ۶). کمترین پروتئین دانه (۱۳/۱۲ درصد) از تیمار شاهد (عدم کاربرد کود آلی و غیرآلی) به دست آمد و پس از آن تیمارهای عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوفسففات (۱۴/۸۹ درصد) و تیمار کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۱۵/۱۳ درصد) قرار داشت (جدول ۶). تیمارهای کود ورمی کمپوست توأم با نانوبیومیک و تلفیق کمپوست با نانوبیومیک نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) بهبود قابل ملاحظه ای را برای پروتئین دانه (به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۸۷ برابر) نشان دادند.

به نظر می رسد که تثبیت نیتروژن توسط باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم موجود در کود زیستی نانوبیومیک و نیز آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی کمپوست در طول فصل رشد 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. Baeckstrom 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 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 آلی و نانوزیستی به بهبود تغذیه گیاه به ویژه از نظر روی و آهن نسبت داده می شود. نانوکلات آهن موجود در این کود با کمک در تثبیت نیتروژن موجب فراهمی آن و افزایش

جدول ۷. تجزیه واریانس محتوای اسانس، عملکرد و اجزای عملکرد دانه تاتوره تحت اثرات کودهای آلی و غیرآلی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		میزان اسانس برگ	میزان اسانس دانه	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در هزار	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۶/۸۶**	۱/۱۴ <sup>ns</sup>	۱۲/۸۶*	۳۴/۸۰ <sup>ns</sup>	۱۳۷۴/۵۳ <sup>ns</sup>
کود آلی و معدنی	۴	۶۶۳/۵۵**	۵۳/۵۹**	۲۰۷۸/۳۶**	۶۶۹۲۴/۹۸**	۴۵۴۴۹۶/۷۹**
تکرار × کود آلی و معدنی	۸	۲/۹۷	۰/۴۷	۲/۸۱	۱۲/۰۹	۴۸۲/۳۷
کود زیستی و نانوزیستی	۴	۹۷۳/۲۶**	۹/۳۰**	۶۵۹/۴۲**	۱۲۸۳۰/۸۳**	۱۸۹۶۶۵/۹۴**
کود آلی و معدنی × کود زیستی و نانوزیستی	۱۶	۱۷/۷۹**	۰/۳۳**	۵/۵۱**	۷۲/۸۸**	۴۵۱۸/۹۱**
خطا	۴۰	۱/۶۳	۰/۰۵	۱/۰۵	۱۴/۰۸	۱۷۴/۳۳
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۰۸	۲/۶۴	۲/۶۳	۱/۰۸	۳/۳۶

ns و \*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار.

می‌کنند. به دلیل این که اسانس تاتوره ترکیبات تریپنی می‌باشند و واحدهای سازنده ترین‌ها از جمله ایزوپنتنیل پیروفسفات<sup>۱</sup> و دی‌متیل‌آلیل پیروفسفات<sup>۲</sup> نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و باتوجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های فوق ضروری می‌باشد، از این رو تلفیق کودهای ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک از طریق افزایش زیست‌فراهمی فسفر و نیتروژن و جذب این عناصر موجب افزایش میزان اسانس گیاه شده‌اند. تأثیر مثبت کودهای زیستی و آلی روی درصد اسانس مرزه<sup>۳</sup> گزارش شده است (Najji & Souri, 2015; Anwar et al., 2005).

#### اثر نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه تاتوره

نتایج نشان داد که برهمکنش تیمارهای کود آلی و معدنی، زیستی و نانوزیستی بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین تعداد کپسول در بوته (۶۰/۶۳ کپسول)، تعداد دانه در کپسول (۴۵۹/۶۵ دانه)،

کمترین مقدار اسانس برگ و دانه (به ترتیب ۱۸/۹۵ و ۶/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) به دست آمد و پس از آن برای میزان اسانس برگ تیمارهای کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۲۵/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوفسفات (۳۲/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و برای میزان اسانس دانه تیمارهای عدم کاربرد کود آلی به علاوه بیوفسفات (۶/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کود شیمیایی NPK به علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۶/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) قرار داشتند (جدول ۸).

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 درصد اسانس 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

1. Isopentenyl pyrophosphate (IPP)
2. Dimethylallyl pyrophosphate (DMAPP)
3. *Satureja hortensis L.*

نیتروکسین+ بیوفسفات (به ترتیب ۵۷/۴۴ کپسول و ۶۹۲/۸۸ گرم در مترمربع) و برای تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه تیمار کمپوست توأم با کود نانوبیومیک (به ترتیب ۴۳۵/۵۷ دانه و ۸/۸۰۰ گرم) قرار داشتند (جدول ۸).

وزن هزاردانه (۹/۰۵ گرم) و عملکرد دانه (۷۹۹/۶۶ گرم در مترمربع) در تیمار کود آلی ورمی کمپوست در تلفیق با کود نانوبیومیک به دست آمد و پس از آن برای تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه تیمارهای ورمی کمپوست توأم با

جدول ۸. مقایسه میانگین محتوای اسانس، عملکرد و اجزای عملکرد تاتوره تحت اثرات کودهای آلی و معدنی

وزن و معدنی	کود آلی	کود زیستی و نانوزیستی	میزان اسانس برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	میزان اسانس بذر (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	۱۸/۹۵	۶/۱۵	۱۲/۰۹	۲۲۸/۹۱	۷/۱۲۵	۶۸/۲۵
	بیوفسفات	بیوفسفات	۳۲/۰۱	۶/۴۵	۱۸/۸۹	۲۴۵/۵۳	۷/۵۸۵	۱۲۹/۸۹
	نیتروکسین	نیتروکسین	۳۳/۸۸	۶/۷۸	۲۱/۳۰	۲۶۵/۳۴	۷/۶۹۳	۱۵۴/۴۲
	نیتروکسین+ بیوفسفات	نیتروکسین+ بیوفسفات	۳۷/۲۶	۶/۸۷	۲۲/۹۷	۲۷۴/۳۷	۷/۸۴۹	۱۶۹/۳۴
شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	۳۸/۴۲	۷/۶۸	۳۰/۵۴	۲۹۶/۳۰	۷/۹۳۴	۲۵۴/۵۳
	بیوفسفات	بیوفسفات	۲۵/۱۲	۶/۷۱	۲۶/۸۵	۲۴۸/۹۱	۷/۲۵۷	۱۶۷/۷۵
	نیتروکسین	نیتروکسین	۳۶/۵۹	۷/۰۳	۳۲/۶۳	۲۷۱/۷۸	۷/۷۰۵	۲۶۲/۰۱
	نیتروکسین+ بیوفسفات	نیتروکسین+ بیوفسفات	۳۸/۹۴	۷/۲۶	۳۴/۵۱	۲۸۴/۱۷	۷/۹۱۱	۲۸۷/۱۸
شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	۴۰/۶۳	۷/۴۵	۳۵/۷۳	۳۰۰/۶۱	۸/۰۰۲	۳۱۵/۰۹
	بیوفسفات	بیوفسفات	۴۳/۶۸	۷/۸۴	۴۳/۵۵	۳۲۸/۲۲	۸/۱۱۳	۴۱۷/۳۲
	نیتروکسین	نیتروکسین	۳۳/۶۲	۸/۵۶	۳۲/۳۶	۳۳۷/۳۲	۷/۶۶۳	۲۶۳/۴۹
	نیتروکسین+ بیوفسفات	نیتروکسین+ بیوفسفات	۴۳/۰۴	۹/۰۱	۳۹/۵۴	۳۶۱/۱۹	۷/۹۲۰	۳۹۰/۲۵
شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	۴۵/۱۶	۹/۱۸	۴۰/۵۱	۳۷۲/۹۹	۸/۱۴۳	۴۱۴/۷۷
	بیوفسفات	بیوفسفات	۴۶/۶۳	۹/۳۹	۴۲/۳۴	۳۹۰/۶۳	۸/۳۶۹	۴۵۵/۵۶
	نیتروکسین	نیتروکسین	۵۳/۹۹	۱۰/۵۹	۴۹/۴۳	۴۱۳/۱۸	۸/۶۴۲	۵۸۲/۰۸
	نیتروکسین+ بیوفسفات	نیتروکسین+ بیوفسفات	۳۴/۷۰	۸/۷۲	۳۸/۱۶	۳۵۸/۵۴	۷/۶۷۵	۳۴۷/۶۰
شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	۴۴/۱۷	۸/۹۶	۴۳/۶۸	۳۷۳/۶۷	۷/۹۳۰	۴۲۴/۱۲
	بیوفسفات	بیوفسفات	۴۷/۱۵	۹/۵۵	۴۶/۴۲	۳۸۱/۷۱	۸/۲۷۵	۴۸۹/۰۰
	نیتروکسین	نیتروکسین	۵۱/۰۲	۱۰/۱۶	۵۰/۱۶	۳۹۲/۲۶	۸/۴۷۵	۵۶۲/۱۳
	نیتروکسین+ بیوفسفات	نیتروکسین+ بیوفسفات	۵۹/۷۰	۱۱/۲۱	۵۵/۱۹	۴۳۵/۵۷	۸/۸۰۰	۶۹۲/۶۵
شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	شاهد (عدم کاربرد کود)	۳۵/۰۳	۱۰/۰۲	۳۹/۸۹	۳۷۳/۴۹	۷/۷۶۴	۳۸۳/۷۰
	بیوفسفات	بیوفسفات	۴۲/۹۸	۱۰/۵۵	۴۷/۵۳	۳۹۳/۴۳	۷/۹۸۱	۵۱۰/۹۶
	نیتروکسین	نیتروکسین	۴۴/۷۱	۱۱/۴۱	۵۱/۵۷	۴۱۱/۸۹	۸/۳۴۴	۵۹۱/۸۹
	نیتروکسین+ بیوفسفات	نیتروکسین+ بیوفسفات	۴۷/۶۸	۱۱/۹۱	۵۷/۴۴	۴۳۲/۷۹	۸/۴۴۷	۶۹۲/۸۸
مقدار شاهد-تیمار حداکثر Dif=	مقدار شاهد-تیمار حداکثر Dif=	مقدار شاهد-تیمار حداکثر Dif=	۶۲/۲۱	۱۳/۱۱	۶۰/۶۳	۴۵۹/۶۵	۹/۰۵۰	۷۹۹/۶۶
	LSD <sub>5%</sub>	LSD <sub>5%</sub>	۴۳/۲۶	۶/۹۶	۴۸/۵۴	۲۳۰/۷۵	۱/۹۳	۲۹/۱۵۶
	LSD <sub>1%</sub>	LSD <sub>1%</sub>	۲/۱۱۲	۰/۳۸۹	۱/۶۹۱	۶/۱۹۲	۰/۱۳۸۱	۰/۱۸۴۷
			۲/۸۲۶	۰/۵۲۰	۲/۲۶۲۸	۸/۲۸۶	۰/۱۸۴۷	

مواد هیومیکی مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی عمل نموده و از طریق اثرات بیوشیمیایی و شبه‌هورمونی، عامل افزایش جذب مواد غذایی و ریزمغذی‌ها در گیاهان می‌شوند (Gomes de Melo *et al.*, 2016). اسیدهیومیک با افزایش غلظت آهن باعث بهبود جذب عناصر غذایی شده و با افزایش فتوسنتز و مواد حاصل از آن باعث افزایش اجزای عملکرد و عملکرد می‌گردد. مواد هیومیکی موجب تحرک بخشیدن یون‌ها و نیز با تأثیر بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب یون‌ها و عناصر آهن و فسفر شده و این امر باعث افزایش وزن دانه می‌گردد (Sanchez-Sanchez *et al.*, 2006). اسیدهیومیک از طریق پیامدهای مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم درون سلول‌ها و همچنین افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها، سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها شده و در نتیجه بر میزان عملکرد تولیدی در گیاهان آلی افزوده می‌شود. اسیدهیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد می‌شود (Gomes de Melo *et al.*, 2016).

به دلیل اثرات هم‌افزایی کود ورمی‌کمپوست و نانوبیومیک گیاهان تحت تیمار تلفیقی دارای عملکرد و اجزای عملکرد بالایی بودند. کود نانوبیومیک از طریق توسعه اندام‌های هوایی و تولید مواد کربوهیدراتی بیشتر با افزایش سطح کربن‌گیری، در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا می‌کند. از طرفی ورمی‌کمپوست موجب افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد می‌گردد. علاوه بر این به واسطه رهایش کنترل‌شده و تدریجی عناصر در این دو کود، 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. عملکرد دانه ارتباط مستقیم با ذخیره مواد فتوسنتزی در بافت‌های رویشی گیاه و انتقال مجدد آن به دانه‌ها دارد (Jun-Hua *et al.*, 2010). باتوجه به مناسب‌تر بودن فتوسنتز

کمترین تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه و عملکرد دانه (به ترتیب ۱۲/۰۹ کپسول، ۲۲۸/۹۱ دانه، ۷/۱۲۵۰۵ گرم و ۶۸/۲۵ گرم در مترمربع) به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تعلق داشت و پس از آن برای تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه تیمار عدم کاربرد کود آلی به‌علاوه بیوفسففات (به ترتیب ۱۸/۸۹ کپسول، ۲۴۵/۵۳ دانه و ۱۲۹/۸۹ گرم در مترمربع) و برای وزن هزار دانه تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی (۷/۲۵۷ گرم) قرار داشت (جدول ۸). در تحقیقی عملکرد دانه تاتوره تحت مقدار کامل توصیه‌شده کود شیمیایی در سال اول ۱۳۵/۸۲ و در سال دوم ۱۱۶ گرم در بوته بود (Nassar *et al.*, 2015) که در توافق با تحقیق حاضر بود. تیمار کود ورمی‌کمپوست در تلفیق با نانوبیومیک موجب افزایش قابل‌ملاحظه تعداد کپسول در بوته (۴/۰۱ برابر)، تعداد دانه در کپسول (۱/۰۱ برابر)، وزن هزاردانه (۰/۲۷ برابر) و عملکرد دانه (۱۰/۷۱ برابر) شد. تیمار ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین+ بیوفسففات افزایش قابل‌ملاحظه‌ای را برای تعداد کپسول در بوته (۳/۷۵ برابر) و عملکرد دانه (۹/۱۵ برابر) و تیمار کمپوست توأم با کود نانوبیومیک بهبود چشم‌گیری را برای تعداد دانه در کپسول (۰/۹۰ برابر) و وزن هزار دانه (۰/۲۳ برابر) نشان دادند.

از آنجایی‌که اساسی‌ترین عامل تعیین‌کننده رشد گیاه، قابل‌دسترس بودن عناصر غذایی است، بنابراین تیمار شاهد به‌علت کمبود عناصر غذایی نسبت به سایر تیمارها رشد کمتری و بالطبع عملکرد و اجزای عملکرد کمتری داشت (جدول ۸). تیمار ورمی‌کمپوست در تلفیق با کود نانوبیومیک نسبت به سایر تیمارها رشد گیاهان را بهتر تحریک نمود و موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد (جدول ۸) که این مسأله احتمالاً به‌دلیل فراهمی عناصر غذایی و اثرات مستقیم و غیرمستقیم مواد هیومیکی موجود در آنها است.

کمر بودن عملکرد و اجزای عملکرد در سیستم شیمیایی نسبت به آلی (جدول‌های ۴، ۶ و ۸) نیز به دلیل آزاد شدن تدریجی عناصر از کودهای آلی، تصعید و آبشویی مواد معدنی از خاک و عدم کافی بودن عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی است که توسط سایر پژوهش‌گران نیز تأیید گردیده است (Bhattacharyya *et al.*, 2008). نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی به صورت معدنی است و تحت شرایط مناسب خاک در معرض فرآیند نیترات‌سازی قرار می‌گیرد و به اعماق پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد، در حالی که این واکنش در تیمارهای کود آلی آهسته‌تر صورت می‌گیرد (Kolata *et al.*, 1992). علاوه بر این کودهای شیمیایی نقشی در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ندارند. در پژوهشی در گیاه زیره سبز گزارش شد که تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار کود شیمیایی و شاهد دارای عملکرد و اجزای عملکرد دانه بیشتری است (Saeidnejad & Rezvani Moghaddam, 2011).

کودهای آلی و غیرآلی به تنهایی قادر به تأمین کلیه نیازهای گیاه نبوده اما در تلفیق با یکدیگر توانستند نیازهای غذایی گیاه را برطرف نمایند (جدول‌های ۴، ۶ و ۸). افزایش عملکرد در سیستم تغذیه تلفیقی را می‌توان به فراهمی بیشتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در طول فصل رشد به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از کودهای آلی و نانوزیستی، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک نسبت داد. افزایش عملکرد در سیستم‌های تلفیقی را می‌توان ناشی از مطابقت بیشتر بین عناصر قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه دانست (Mooleki *et al.*, 2004)، به طوری که در اوایل رشد که نیاز غذایی گیاه کم است، میزان عناصر معدنی کودهای آلی و زیستی کمتر است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرآیند معدنی‌شدن، جذب تا مدت‌زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند و تأمین مطلوب

در طول فصل رشد به دلایل ذکر شده در سیستم تلفیقی و ذخیره آن در بافت‌های گیاه، این عامل از دلایل افزایش عملکرد در سیستم تلفیقی محسوب می‌شود. باکتری‌های محرک رشد موجود در کود نانوبیومیک احتمالاً در حضور عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست موجب تثبیت و جذب بهتر عناصر غذایی و از طریق افزایش تولید هورمون‌های گیاهی به‌خصوص جیبرلین و سیتوکینین و تشدید فعالیت آنزیم‌هایی نظیر گلوتامات‌دهیدروژناز و گلوتامین‌سنتتاز از طریق تحریک تقسیم سلولی اندام‌های گیاهی، ایجاد جوانه گل و نمو آن و تولید گل باعث افزایش ظرفیت مخزن در گیاه شده‌اند (Rivera-Cruz *et al.*, 2008).

علت افزایش ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و زراعی در تیمار ورمی‌کمپوست در مقایسه با سایر کودهای آلی (جدول‌های ۴، ۶ و ۸)، فراهمی بیشتر عناصر غذایی و نیز کیفیت بالاتر مواد هیومیکی در ورمی‌کمپوست می‌باشد. ورمی‌کمپوست‌ها نسبت به کمپوست‌ها 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 (جدول ۲). علاوه بر این برتری ورمی‌کمپوست نسبت به سایر کودهای آلی در وجود آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد بیان شده است (Duminguéz *et al.*, 1997). محبوس بودن نیتروژن در ساختار مولکول‌های آلی در کودهای کمپوست و دامی نیز دلیل دیگری برای کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه است (Warman & Anglopez, 2010). علاوه بر این کاهش عملکرد در سیستم آلی کود دامی و کمپوست نسبت به ورمی‌کمپوست را نیز می‌توان به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک به واسطه افزایش کربن خاک و افزایش نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه مصرف نیتروژن معدنی موجود و آزادسازی آهسته نیتروژن در این دو تیمار نسبت داد (جدول ۲).

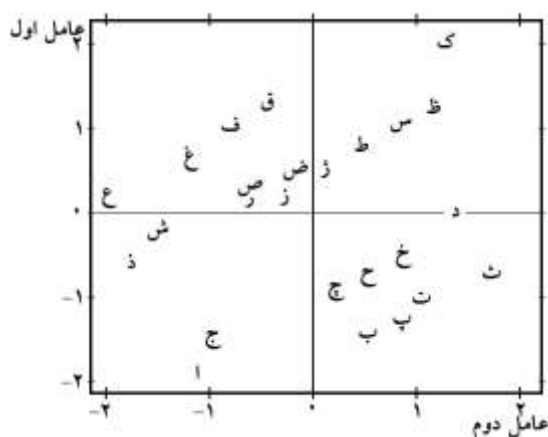


ویژه بزرگ‌تر از یک (به ترتیب ۱۰/۹۳ و ۱/۷۳) بودند، لذا دو عامل برای توجیه تغییرات کل داده‌ها مناسب است. این دو عامل به ترتیب ۹۰/۶۳ و ۵/۵۳ و در مجموع ۹۶/۱۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند. برای تعیین بهترین ترکیب تیماری از نمودار بای‌پلات حاصل از دو عامل (شکل ۱) استفاده شد. باتوجه به این که ۹۶/۱۶ درصد از تغییرات داده‌ها توسط دو عامل اول تبیین شده است، بنابراین تیمارهایی که از نظر این عوامل دارای مقادیر بیشتری هستند، بهترین ترکیب تیماری جهت حصول حداکثر کمیت و کیفیت می‌باشند. تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوبیومیک (ک) بالاترین مقدار عوامل اول و دوم را به خود اختصاص داد و بهترین ترکیب تیماری بود و پس از آن تیمار کود آلی کمپوست توأم با کود نانوبیومیک (ظ) و تیمار تلفیق کود دامی و نانوبیومیک (س) قرار داشتند.

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 دانه می‌شود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی کود زیستی و آلی با آزادسازی و تأمین مطلوب عناصر، رهایش کنترل‌شده عناصر، برقراری تعادل در جذب عناصر، جلوگیری از آبشویی و هدررفت عناصر غذایی، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت ریزوموجودات و تولید مواد محرک رشد موجب بهبود رشد، آسیمپلاسیون و در نهایت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌گردد.

### تجزیه به عامل‌ها

به‌منظور تعیین بهترین تیمار کودی از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. در تجزیه به عامل‌ها، دو عامل اول دارای مقادیر



شکل ۱. نمودار تجزیه به عامل‌ها تیمارهای کود آلی و غیر آلی برای ویژگی‌های رشد رویشی، بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه تاتوره: الف) عدم کاربرد کود، ب) عدم کاربرد کود آلی و معدنی + بیوفسفات، پ) عدم کاربرد کود آلی و معدنی + نیتروکسین، ت) عدم کاربرد کود آلی و معدنی + نیتروکسین + بیوفسفات، ث) عدم کاربرد کود آلی و معدنی + نانوبیومیک، ج) کود شیمیایی NPK + عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی، چ) کود شیمیایی NPK + بیوفسفات، ح) کود شیمیایی NPK + نیتروکسین، خ) کود شیمیایی NPK + نیتروکسین + بیوفسفات، د) کود شیمیایی NPK + نانوبیومیک، ذ) کود دامی + عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی، ر) کود دامی + بیوفسفات، ز) کود دامی + نیتروکسین، ژ) کود دامی + نیتروکسین + بیوفسفات، س) کود دامی + نانوبیومیک، ش) کمپوست + عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی، ص) کمپوست + بیوفسفات، ض) کمپوست + نیتروکسین، ط) کمپوست + نیتروکسین + بیوفسفات، ظ) کمپوست + نانوبیومیک، ع) ورمی‌کمپوست + عدم کاربرد کود زیستی و نانوزیستی، غ) ورمی‌کمپوست + بیوفسفات، ف) ورمی‌کمپوست + نیتروکسین، ق) ورمی‌کمپوست + نیتروکسین + بیوفسفات، ک) ورمی‌کمپوست + نانوبیومیک.

## نتیجه گیری

برای تمامی ویژگی‌های مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست توأم با کود نانوزیستی بیومیک به دست آمد. تجزیه به عامل‌ها نیز تأییدکننده این مسأله بود. باتوجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و نیز کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاد و باتوجه به اثرات مثبت کودهای آلی در پایداری منابع خاک، حفظ تولید در درازمدت، جلوگیری از آلودگی محیط زیست و درنهایت عرضه محصول سالم، 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 مدنظر قرار گیرد. بنابراین باتوجه به کارایی بالای تیمار تلفیق کود ورمی‌کمپوست با کود نانوزیستی بیومیک در رشد گیاهان، استفاده از آن جهت بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد رویشی و دانه تاتوره توصیه می‌گردد.

## منابع

1. 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.
2. Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Rabbani, M.M., Syed, J.H. & Malik, R.N. (2015). A review on vermicomposting of organic wastes. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 34(4), 1050-1062.
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. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S. & Metzger, J. (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1), 11-20.
5. 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.
6. Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V. & Gupta, H.S. (2008). Sustainability under combine application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybean-wheat system of the Indian Himalayas. *European Journal of Agronomy*, 28, 33-46.
7. 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.
8. Duminguez, J.C., Edwards, A. & Suber, S. (1997). A comparison of vermicomposting and composting. *Biocycle*, 38, 57-59.
9. Egharevba, R.K.A. & Ikhatua, M.I. (2008). Ethno-medical uses of plants in the treatment of various skin diseases in Ovia North East, Edo State, Nigeria. *Research Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(1), 58-64.
10. Fageria, N.K., Baligar, V.C. & Jones, C.A. (2010). *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*, 3<sup>rd</sup> Ed. CRC Press, 586P.
11. Gomes de Melo, B.A., Lopes Motta, F. & Andrade Santana, M.H. (2016). Humic acids: structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Materials Science and Engineering*, 62, 967-974.
12. Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K. & Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 7, 96-102.
13. 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.
14. Jun-Hua, Z., Jian-Li, L., Jia-Bao, Z., Fu-Tao, Z., Ya-Nan, C. & Wei-Peng, W. (2010). Effects of nitrogen application rates on translocation of dry matter and nitrogen utilization in rice and wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 36(10), 1736-1742.

15. Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielski, L. & Slow, O. (1992). Slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. *Acta Horticulturae*, 339, 241-249.
16. 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.
17. Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S. & Fan, T. (2010). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158, 173-180.
18. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, New York, 890P.
19. 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 Persian with English Abstract)
20. 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 Persian with English Abstract)
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Rivera-Cruz, M.C., Narca, A.T., Ballona, G.C., Kohler, J., Caravaca, F. & Rold, A. (2008). Poultry manure and banana wastes are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 3092-3095.
27. Saeidnejad, A.H. & Rezvani Moghaddam, P. (2011). Investigation the Effect of Compost, Vermicompost, Cow and Sheep Manures on Yield, Yield Components and Essence Percentage of Cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Horticulture Science*, 24(2), 142-148. (In Persian with English Abstract)
28. Sanchez-Sanchez, A., Sanchez-Andreu, J., Juarez, M., Jorda, J. & Bermudez, D. (2006). Improvement of iron uptake in table grape by addition of humic substances. *Journal of Plant Nutrition*, 29(2), 259-272.
29. 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.
30. SAS Institute. (2013). The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Institute. Cary, NC.
31. Shamloo, A. & Roozbahani, A. (2015). Effect of amino acids and microelements on the rate of photosynthetic pigments content and yield of red bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 7(21), 136-150. (In Persian with English Abstract)
32. 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.
33. 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.
34. 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, pp. 69-80.
35. Warman, P.R. & Anglopez, M.J. (2010). Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*, 101, 4479-4483.



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 4 ■ Winter 2019

### Impact of Different Nutritional Systems on Vegetative and Biochemical Characteristics, Yield, and Yield Components of Thorn Apple

(*Datura stramonium* L.)

Roghayeh Mohammadpour Vashvaei<sup>1\*</sup>, Ahmad Ghanbari<sup>2</sup>, Mohammad Reza Asgharipour<sup>3</sup>, Mahmood Ramroudi<sup>3</sup>, Mehdi Dahmardeh<sup>3</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

Received: May 19, 2018

Accepted: November 5, 2018

#### Abstract

*Datura* is an herb with great pharmacological potentials and prominent usage in medicine. To cultivate this plant under a low cropping system, an experiment has been conducted as split plot, based on a randomized complete block design with three replications, at the research station of Bayakola (city of Neka), in 2016. Experimental treatments entail nutritional treatments with NPK, animal manure, compost, vermicompost, and control (i.e., without organic and chemical fertilizer) as main plot and bio-phosphate, nitroxin, nitroxin + bio-phosphate, nano bioumik, and control (i.e., without bio and nano bio-fertilizer) as subplot. Results show that the interaction of organic and inorganic as well as bio and nano bio-fertilizer treatments has been significant ( $P \leq 0.01$ ) for all studied traits. The highest plant height (172.99 cm), number of lateral branches per plant (64.14), number of leaves per plant (233.09), total plant leaf area (6605.23 cm<sup>2</sup>), leaf dry weight (483.78 g/plant), chlorophyll a, b, and total carotenoid (1.830, 1.395, and 0.485 mg/g FW, respectively), total leaf carbohydrate (45.95 mg/g DW), seed protein (26.41 percent), essential oil from leaf and seed (62.21 and 13.11 mg/g DW, respectively), number of fruits per plant (60.63), number of seeds per fruit (459.65), 1000-seed weight (9.05 g) and seed yield (g/m<sup>2</sup>) have been obtained from vermicompost in combination with nano-bioumik fertilizers treatment. The result of factor analysis also confirms this. Therefore, with respect to the production of medicinal plants in the low-input cropping systems, it is recommended to improve plant growth and increase essential oil and seed yield of thorn apple so as to achieve sustainable agricultural and environmental protection by means of vermicompost in combination with nano-bioumik treatment.

**Keywords:** Essential oil, low-input cropping system, medicinal plants, nano-bioumik, vermicompost