

اثر سطح‌های مختلف نیتروژن، ورمی‌کمپوست و نیتراژین بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی،

شاخص سبزی‌نگی و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای

Effect of Different Levels of Nitrogen, Vermicompost, and Nitragin on Morphological Characteristics, Greenness Index, and Yield of Strawberry under Greenhouse Conditions

سیده فرزانه قائم مقامی، مهدی زارعی*، جعفر یثربی و سعید عشقی^۲

چکیده

استفاده از کودهای آلی و زیستی برای دستیابی به کشاورزی پایدار، کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و تولید محصول سالم مورد توجه است. آزمایشی گلخانه‌ای برای بررسی تاثیر ورمی‌کمپوست و نیتراژین و کود شیمیایی نیتروژن بر برخی شاخص‌های رشد توت‌فرنگی رقم آروماس به صورت فاکتوریل و در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل نیتروژن (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، به ترتیب معادل صفر، ۷۵، ۱۱۲/۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در هر گلدان)، ورمی‌کمپوست (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی) و کود زیستی نیتراژین (تلقیح و عدم تلقیح) بود. نیتراژین عملکرد کل میوه را ۸/۵٪ افزایش داد. بیشترین عملکرد کل میوه (۷۱/۸ گرم در گلدان) با کاربرد تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۰/۵ ورمی‌کمپوست و تلقیح با نیتراژین و کمترین آن (۱۳/۳ گرم در گلدان) از تیمار شاهد بود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۶/۰۶ گرم در گلدان) با کاربرد تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱٪ ورمی‌کمپوست و تلقیح با نیتراژین به دست آمد. رشد و عملکرد توت‌فرنگی، با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه نیتراژین و ورمی‌کمپوست، در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به تنهایی، مشابه بود. کاربرد کودهای زیستی می‌تواند ضمن افزایش عملکرد گیاه، باعث کاهش مصرف استفاده از کودهای شیمیایی به میزان ۲۵٪ شود.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، نیتروژن، کود زیستی، نیتراژین، ورمی‌کمپوست.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) متعلق به تیره *Rosaceae* و جنس *Fragaria* از میوه‌های نوبرانه است که در حالت معمولی و در مناطق معتدل، زمان برداشت میوه از اواخر اردیبهشت‌ماه تا اوایل تیرماه است. اما امروزه می‌توان با فناوری‌های خاص مانند کشت گلخانه‌ای اقدام به پیش‌رس کردن و تولید توت‌فرنگی در خارج از فصل کرد (۸). این محصول به دلیل عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین آن، جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در جهان پیدا کرده است (۱۱). افزایش سطح زیر کشت محصول توت‌فرنگی در کشور نشان دهنده اهمیت اقتصادی این محصول در بازار است (۱۰).

نیترژن از جمله عنصرهایی است که گیاهان در تمام دوره‌های فعالیت خود به آن نیاز دارند. کودهای نیترژن‌دار از راه گسترش اندام‌های هوایی و تولید ماده‌های کربوهیدراتی بیشتر با افزایش سطح کربن‌گیری، در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی نقش مهم‌یدارند. افزایش در مقدار نیترژن خاک نه تنها بر رشد گیاه، بلکه بر ریخت‌شناسی گیاهی نیز تأثیر دارد (۵). به‌منظور افزایش تولید محصول‌های کشاورزی در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی مانند مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد. نتیجه این فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر، بحران آلودگی‌های زیست محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع آب و خاک بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. کاهش این دغدغه‌های زیست محیطی، همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند به کارگیری روش‌های نوین است. از جمله این روش‌ها بررسی و ارزیابی جامعه زنده و فعال خاک به‌منظور شناسایی ریزجانداران خاکزی سودمند و استفاده از آن‌ها به‌عنوان کود زیستی است (۳۲). کودهای زیستی منحصر به ماده‌های آلی به‌دست‌آمده از کودهای دامی و پسمان‌های گیاهی اطلاق نمی‌شود، بلکه تولیدهای به‌دست‌آمده از فعالیت ریزجانداران در ارتباط با تثبیت نیترژن یا قابل دسترس شدن فسفر و دیگر عنصرهای غذایی که در خاک فعالیت می‌کنند را نیز شامل می‌شود (۱). یکی از راه‌های دستیابی به کشاورزی پایدار استفاده از ریزجاندارانی است که در تامین عنصرهای غذایی گیاه نقش مهمی ایفا می‌کنند (۱۴).

ریزوباکترهای محرک رشد گیاه مانند آزوسپریلیوم، ازتوباکتر، سودوموناس، باسیلوس و غیره اثرهای مثبتی بر بهبود عملکرد گیاه دارند (۲۱). یکی از کودهای زیستی که با استفاده از این باکتری‌ها تولید می‌شود، نیتراژین است. ماده موثره این کود شامل باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس است. گونه‌های مختلف سودوموناس در کنترل عوامل بیماری‌زا نقش دارند. آزوسپریلیوم و ازتوباکتر، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیترژن در محیط ریزوسفر ریشه هستند که توانایی ساخت و استخراج بعضی ماده‌های فعال زیستی را دارند که باعث افزایش رشد ریشه می‌شوند (۳۱). در پژوهشی Youssef و همکاران (۳۸) بیان داشتند که استفاده از کودهای زیستی حاوی آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در گیاه دارویی مریم گلی سبب افزایش ارتفاع بوته، عملکرد کل میوه و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه شد. بر اساس آزمایش خرم‌دل و همکاران (۴) تلقیح با کودهای زیستی نیتراژین، نیتروکسین و بیوفسفر به‌دلیل افزایش دسترسی به عنصرهای غذایی به ویژه نیترژن باعث افزایش شاخص سبزی‌نگی در کنجد شد. بیشترین و کمترین شاخص سبزی‌نگی کنجد به‌ترتیب با ۳۶/۴ و ۳۰/۴ در نیتراژین و شاهد مشاهده شد.

ورمی‌کمپوست به کودی اطلاق می‌شود که از فضولات گونه‌ای خاص از کرم‌های خاکی به‌دست می‌آید و یک آمیخته زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد که سبب ادامه تجزیه ماده‌های آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌شود (۱۹). استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار افزون بر افزایش حمایت و فعالیت ریزجانداران مفید خاک (قارچ - ریشه و ریزجانداران حل‌کننده فسفات) در جهت فراهمی عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاهان مانند نیترژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل کرده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (۱۶). در پژوهش دیگر کاربرد ۳۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست غنی‌شده در گیاه لوبیا سبز باعث بهبود محتوای کلروفیل برگ و وزن خشک گیاهچه شد (۱۲). ورمی‌کمپوست وزن خشک گیاهان مختلف زراعی و باغی را به صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (۲۲). هم‌چنین مشاهده شده است که کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک توت‌فرنگی می‌شود (۱۶). به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده تلفیقی آن‌ها با کودهای زیستی، این آزمایش با هدف بررسی اثر سطح‌های مختلف نیترژن، ورمی‌کمپوست و نیتراژین بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و شاخص سبزی‌نگی توت‌فرنگی در یک خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به‌مدت شش ماه انجام گرفت. گیاهان توت‌فرنگی رقم آروماس در گلخانه در شرایط نور طبیعی ($800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) و دمای روزانه 25 ± 2 و دمای شبانه 16 ± 2 درجه

سلسیوس پرورش یافتند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی با ۳ تکرار و در جمع با ۷۲ گلدان اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به ترتیب معادل صفر، ۷۵، ۱۱۲/۵ و ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن در هر گلدان)، کود ورمی کمپوست شامل صفر، ۰/۵ و ۱٪ وزنی (به ترتیب معادل صفر، ۱۵ و ۳۰ گرم در هر گلدان) و کاربرد کود زیستی نیتراژین با دو سطح تلقیح (یک لیتر در هکتار) و عدم تلقیح با نشاء بود. کود نیتراژین از شرکت فرآوری شیمیایی زنجان خریداری شد. نیتراژین (ازتوباکتین) حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات است. ماده موثره آن شامل گونه‌های باکتری از جنس ازتوباکتر، سودوموناس و ازوسپریلیوم می‌باشد و تعداد یاخته زنده از هر یک از باکتری‌ها در یک میلی لیتر از محلول ده به توان هشت یاخته است (۶). این باکتری‌ها افزون بر دارا بودن قابلیت تثبیت نیتروژن اتمسفری و حل کنندگی فسفر تثبیت شده در خاک، با ترشح هورمون‌های محرک رشد، آنزیم‌های طبیعی، آنتی بیوتیک‌ها و ترکیب‌های سیدروفور موجب گسترش بخش هوایی، مقاومت به عوامل بیماری‌زا و نماتدها در گیاه می‌شود. گیاهان دختری ریشه‌دار شده توت فرنگی رقم آروماس از نهالستانی تجاری واقع در خفر شهرستان چهارم، تهیه شد. در این پژوهش از خاک سری دانشکده با نام علمی Fine, mixed (calcareous), mesic, Typic Calcixerepts استفاده شد که برخی ویژگی‌های خاک مزرعه مورد آزمایش مانند بافت خاک به روش هیدرومتر (۲۴)، ماده آلی به روش اکسایش با کرومیک اسید و سپس تیتتر کردن با فروآمونیم سولفات (۲۷)، pH در خمیر اشباع خاک به وسیله الکترود شیشه‌ای (۳۷) و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (۳۰)، فسفر قابل استفاده به وسیله بی‌کربنات سدیم (۲۹) و غلظت آهن، مس، منگنز و روی عصاره‌گیری شده با DTPA (۲۵) به وسیله دستگاه جذب اتمی و پتاسیم به وسیله قرائت توسط دستگاه شعله سنج مدل CORNING 40 تعیین شد که در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the studied soil.

pH	EC	منگنز	آهن	روی	فسفر	پتاسیم	بافت خاک	ماده آلی	رس	سیلت	شن
		Mn	Fe	Zn	P	K	Soil Texture	OM	Clay	Silt	Sand
	dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹						Percentage %			
7.4	1.1	2.05	2.09	0.59	6.4	620	لومی رسی	1.48	36	34	30

کود ورمی کمپوست با ماده‌های اولیه کود گاوی از مزرعه ورمی کمپوست واقع در دانشکده کشاورزی تهیه شد که پس از عبور از الک ۲ میلیمتری و هوا خشک شدن مورد استفاده قرار گرفت. یک گرم ورمی کمپوست در بوته چینی ریخته و در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شد. خاکستر به دست آمده را در ۵ میلی لیتر کلریدریک اسید دو نرمال حل نموده و از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس ماده‌های باقیمانده روی کاغذ صافی را با آب مقطر داغ شست و شو داده و در پایان به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. از محلول به دست آمده برای اندازه گیری آهن، روی، منگنز و مس به وسیله دستگاه جذب اتمی Shimadzu مدل AA-670G، استفاده شد. اندازه‌گیری نیتروژن کل به روش میکروکلدال با استفاده از دستگاه Kjeltac مدل 2300 ساخت شرکت FOSS (۱۸)، pH در عصاره ۱:۵ به وسیله الکترود شیشه‌ای (۳۷)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۵ (۳۰) و ماده آلی هم براساس روش اکسایش با کرومیک اسید و سپس تیتره کردن با فروآمونیم سولفات (۲۷) اندازه گیری شد که نتیجه‌های آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های ورمی کمپوست مورد آزمایش.

Table 2. Properties of the used vermicompost.

EC	pH	مس	منگنز	آهن	روی	نیتروژن کل	کربن آلی	ماده آلی
		Cu	Mn	Fe	Zn	TN	OC	OM
						Percentage %		
						mg.kg ⁻¹		
						dS.m ⁻¹		
1.16	7.9	236	7.14	139	110	2.9	33.75	58.18

نمونه‌های سه کیلوگرمی از خاک هوا خشک که از الک ۲ میلیمتری عبور داده شده بودند را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و پس از افزودن عنصرهای غذایی (به جز نیتروژن) به خاک بر اساس آزمون خاک شامل فسفر از منبع $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ به میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، روی از منبع $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، منگنز از منبع $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، مس از منبع $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ به میزان ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و آهن از منبع سکوسترن آهن به میزان ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک افزوده شد. تیمارهای نیتروژن و ورمی کمپوست اعمال شد. در هر گلدان سه کیلوگرمی با قطر و ارتفاع به ترتیب ۱۷ و ۲۰ سانتیمتر، یک بوته توت فرنگی ۲ برگی کاشته و نیتراژین به همراه آب آبیاری اضافه شد. تیمار نیتراژین در دو مرحله ابتدا و یک ماه پس از کشت اعمال شد. جهت اطمینان از موثر بودن کود نیتراژین در هر دو سری، کود تازه تهیه و جمعیت میکروبی آن بررسی گردید. آبیاری گیاهان در دوران داشت به وسیله آب مقطر و در حد ظرفیت مزرعه (FC) (به تقریب ۵۶۰ میلی لیتر) انجام شد. در مدت آزمایش میوه‌های رسیده به طور منظم برداشت و وزن تازه آن‌ها ثبت گردید. همچنین تعداد فندقه در هر میوه شمارش و یادداشت شد. تعداد گل آذین در هر بوته شمارش شد. شاخص سبزی‌نگی ۴ ماه پس از کاشت توت‌فرنگی به وسیله کلروفیل متر دستی مدل SPAD-502 اندازه‌گیری شد. شش ماه پس از تاریخ کاشت اندام هوایی گیاه برداشت و در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس، تا ثابت شدن وزن آن‌ها خشک و سپس توزین شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ و آزمون دانکن در سطح ۵٪ تجزیه و تحلیل آماری شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نیتروژن در سطح یک درصد و برهمکنش نیتروژن و ورمی کمپوست در سطح پنج درصد بر تعداد گل‌آذین معنی‌دار می‌باشد. تعداد گل در گل‌آذین فقط با کاربرد نیتروژن معنی‌دار شد (داده‌ها نشان داده نشده است). مقایسه اثر عامل‌های اصلی (جدول ۳) نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن در مقایسه با سطح صفر نیتروژن، میانگین تعداد گل‌آذین را افزایش داده است، اما بین سه سطح کاربردی نیتروژن، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. نیتروژن موجود در کود سبب تولید اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها و کاربرد بهینه آن همراه با سایر عنصرهای غذایی در افزایش گلدهی و باردهی گیاه تاثیر خواهد داشت (۲۳). تاج‌الدین و همکاران (۳۴) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد شاخه‌های گل‌دهنده گل‌محمدی در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۳۳/۴ افزایش یافت و بیشترین عملکرد گل با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. کاربرد ورمی کمپوست و نیتراژین نیز اثر معنی‌داری بر تعداد گل‌آذین نداشت. ولی در پژوهش دیگر مشخص شد که تیمارهای نیتروکسین، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، آمیخته کود زیستی نیتروکسین با باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش تعداد گل‌آذین در بابونه شد (۹). مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و نیتراژین بر تعداد گل‌آذین در جدول ۴ به خوبی نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن تعداد گل‌آذین در بوته توت‌فرنگی افزایش می‌یابد و تلقیح با کود زیستی نیتراژین موجب کاهش آن می‌شود. بیشترین تعداد گل‌آذین مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم تلقیح با نیتراژین (۳/۷۷) و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و تلقیح با نیتراژین (۲/۶۶) می‌باشد. مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و ورمی کمپوست بر تعداد گل‌آذین در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد گل‌آذین مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم کاربرد ورمی کمپوست و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و ورمی کمپوست است. با توجه به جدول ۶ برهمکنش عامل‌ها،

بیشترین تعداد گل آذین مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۰/۵٪ ورمی کمپوست و عدم تلقیح با نیتراژین با ۱۱۶/۵٪ افزایش نسبت به شاهد می باشد.

جدول ۳- اثر عامل های اصلی بر برخی ویژگی های مورفولوژیک و شاخص سبزینگی توت فرنگی.

Table 3. Effects of main factors on some morphologic features and greenness index of strawberry (cv. Aromas).

عامل ها	سطح ها	تعداد گل آذین در بوته	تعداد فندقه در میوه	عملکرد کل میوه (گرم در گلدان)	شاخص سبزینگی	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)
Factors	Levels	Number of inflorescence per plant	Number of achene per fruit	Total fruit yield (g per pot)	Greenness index	Shoot dry weight (g per pot)
نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار) N (kg ha ⁻¹)	0	2.72b	342b	20.9d	35.8b	2.20d
	50	3.50a	465a	44.9b	41.8a	3.94c
	75	3.61a	500a	51.7a	42.6a	4.58b
	100	3.66a	497a	41.6c	42.4a	5.22a
ورمی کمپوست Vermi compost (ww)	0	3.41a	457a	38.4b	40.1b	3.88b
	0.5	3.50a	435a	41.7a	40.0b	3.76b
	1	3.20a	467a	3902b	41.9b	4.32a
نیتراژین Nitragin	تلقیح inoculated	3.46a	437a	38.2b	39.9b	4.00a
	عدم تلقیح non inoculated	3.27a	464a	41.3a	41.4a	3.97a

*Means in each column with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (P<0.05)

* اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۰/۵٪ معنی دار نمی باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین بر همکنش اثر نیتروژن و نیتراژین بر برخی ویژگی های مورفولوژیک و شاخص سبزینگی توت فرنگی.

Table 4. Mean comparison of interaction between nitrogen and nitragin on morphologic features and greenness index of strawberry.

ویژگی Feature	نیتراژین Nitragin	نیتروژن Nitrogen (kg ha ⁻¹)			
		0	50	75	100
تعداد گل آذین در بوته No. of inflorescence per bush	عدم تلقیح Non inoculated	2.77bc	3.66a	3.77a	3.66a
	تلقیح Inoculated	2.66c	3.33ab	3.44a	3.66a
تعداد فندقه در میوه	عدم تلقیح Non inoculated	273d	442bc	527a	508ab

Number of achene per fruit	تلقیح Inoculated	410c	489ab	472abc	485ab
عملکرد میوه (گرم در گلدان)	عدم تلقیح Non inoculated	17.62f	48.34b	48.84b	38.29d
Total fruit efficiency (g pot ⁻¹)	تلقیح Inoculated	24.25e	41.49d	54.73a	45.08c
شاخص سبزی‌نگی	عدم تلقیح Non inoculated	35.70c	41.42b	41.12b	41.72ab
Greenness index	تلقیح Inoculated	35.99c	42.20ab	44.17a	43.25ab
وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	عدم تلقیح Non inoculated	2.36e	3.91d	4.56bc	5.17ab
Shoot dry weight(g pot ⁻¹)	تلقیح Inoculated	2.04e	3.97cd	4.60bc	5.26a

*Means in each row with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (P≤0.05)

* میامگین‌هایی که در هر ردیف دارای یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۰.۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین بر همکنش اثر نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و شاخص سبزی‌نگی توت فرنگی.

Table 5. Mean comparison of interaction between vermicompost and nitrogen on some morphologic features and greenness index of strawberry.

ویژگی Feature	نیتروژن ورمی‌کمپوست(درصد وزنی) N(kg ha ⁻¹)				
	Vermicompost	0	50	75	100
تعداد گل‌آذین	0	2.16d	4a	3.83ab	3.66abc
Number of inflorescence	0.5	3c	3.33abc	3.66ac	4a
	1	3c	3.16bc	3.33abc	3.33abc
عملکرد کل میوه (گرم در گلدان)	0	16.4g	19.3b	47.1c	38.9d
	0.5	19.3g	46.0c	67.3a	34.3e

Total fruit yield (g pot ⁻¹)	1	26.9f	37.5de	40.8d	51.7b
شاخص سبزیگی	0	36.22ef	42.8abc	42.1abc	40.7c
	0.5	33.9f	39.0cd	44.4a	44.1ab
Greenness index	1	37.3de	43.7ab	42.1abc	44.5a
وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	0	2.12fg	4.36cde	4.42cde	4.63bcd
	0.5	1.84g	3.68e	4.22de	5.29ab
Shoot dry weight (g pot ⁻¹)	1	2.64f	3.79de	5.11abc	5.74a

*Means in each row with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (P≤0.05)

میامگین‌هایی که در هر ردیف دارای یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی باشند.

جدول ۶- اثر نیتروژن، ورمی کمپوست و نیتراژین بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و شاخص سبزیگی توت فرنگی.

Table 6. Effect of nitrogen, vermicompost and nitragin on some morphologic features and greenness index of strawberry.

تیمار	تعداد گل آذین در بوته	تعداد فندقه در میوه	عملکرد کل میوه (گرم در گلدان)	شاخص سبزیگی	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)
	No of inflorescence per bush	No of achene per fruit	Total fruit yield (g pot ⁻¹)	Greenness index	(g pot ⁻¹)
N ₁ V ₁ Ni ⁻	2.00 ^e	205 ⁱ	13.30 ^j	35.61 ^{hi}	2.12 ^{hi}
N ₁ V ₁ Ni ⁺	2.33 ^{de}	384 ^{c-h}	19.62 ⁱ	36.84 ^{f-i}	2.11 ^{hi}
N ₁ V ₂ Ni ⁻	3.33 ^{a-d}	334 ^{gh}	17.01 ^{ij}	32.98 ⁱ	2.36 ^{ghi}
N ₁ V ₂ Ni ⁺	2.66 ^{cde}	393 ^{c-h}	21.76 ⁱ	35 ^{hi}	1.33 ⁱ
N ₁ V ₃ Ni ⁻	3.00 ^{b-c}	282 ^{hi}	22.56 ⁱ	38.53 ^{d-h}	2.60 ^{gh}
N ₁ V ₃ Ni ⁺	3.00 ^{b-c}	453 ^{b-g}	31.38 ^h	36.14 ^{ghi}	2.68 ^{gh}
N ₂ V ₁ Ni ⁻	4.33 ^a	392 ^{d-f}	49.80 ^d	40.56 ^{b-f}	4.08 ^{def}
N ₂ V ₁ Ni ⁺	3.66 ^{abc}	511 ^{a-e}	52.59 ^{cd}	43.79 ^{bc}	4.64 ^{b-f}
N ₂ V ₂ Ni ⁻	3.33 ^{a-d}	437 ^{b-g}	58.74 ^b	41.23 ^{b-e}	3.44 ^{efg}
N ₂ V ₂ Ni ⁺	3.33 ^{a-d}	468 ^{b-f}	33.32 ^{gh}	37.82 ^{e-h}	3.91 ^{def}
N ₂ V ₃ Ni ⁻	3.33 ^{a-d}	497 ^{a-f}	36.50 ^{e-h}	42.48 ^{bcd}	4.21 ^{c-f}
N ₂ V ₃ Ni ⁺	3.00 ^{b-c}	488 ^{a-f}	38.57 ^{efg}	45.01 ^{ab}	3.38 ^{fg}
N ₃ V ₁ Ni ⁻	4.00 ^{ab}	547 ^{ab}	36.14 ^{e-h}	40.43 ^{e-f}	4.66 ^{b-e}
N ₃ V ₁ Ni ⁺	3.66 ^{abc}	501 ^{a-f}	58.05 ^{bc}	42.16 ^{b-e}	4.19 ^{c-f}

N ₃ V ₂ Ni ⁻	3.66 ^{abc}	515 ^{a-d}	62.95 ^b	40.2 ^{c-g}	4.41 ^{b-f}
N ₃ V ₂ Ni ⁺	3.66 ^{abc}	436 ^{b-g}	71.80 ^a	48.73 ^a	4.03 ^{def}
N ₃ V ₃ Ni ⁻	3.66 ^{abc}	521 ^{abc}	47.44 ^d	42.73 ^{bcd}	4.62 ^{b-f}
N ₃ V ₃ Ni ⁺	3.00 ^{b-e}	479 ^{a-f}	34.35 ^{fgh}	41.64 ^{b-e}	5.59 ^{bc}
N ₄ V ₁ Ni ⁻	3.33 ^{a-d}	589 ^a	40.92 ^e	41.05 ^{b-f}	4.53 ^{b-f}
N ₄ V ₁ Ni ⁺	4.00 ^{ab}	482 ^{a-f}	36.91 ^{e-h}	40.44 ^{c-f}	4.73 ^{bcd}
N ₄ V ₂ Ni ⁻	4.33 ^a	380 ^{fgh}	33.46 ^{gh}	40.05 ^{bc}	5.58 ^{a-b}
N ₄ V ₂ Ni ⁺	3.66 ^{abc}	482 ^{a-f}	35.23 ^{e-h}	44.34 ^{bc}	5.01 ^{a-d}
N ₄ V ₃ Ni ⁻	3.33 ^{a-d}	555 ^{ab}	40.49 ^{ef}	44.06 ^{bc}	5.43 ^{abc}
N ₄ V ₃ Ni ⁺	3.33 ^{a-d}	460 ^{b-f}	63.10 ^b	44.99 ^{ab}	6.06 ^a

*** Means in each column with the same letters are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test (P≤0.05). Nitrogen fertilizer consisted of N₁, N₂, N₃ and N₄ equal to 0, 50, 75, and 100 kg N ha⁻¹ respectively, vermicompost consisted of V₁, V₂ and V₃ equal to 0, 0.5%, and 1% w/w respectively and Nitragin (inoculation (Ni⁺) and non-inoculation (Ni⁻)).

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند. N_۱، N_۲، N_۳ و N_۴ به ترتیب برابر با ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، V_۱، V_۲ و V_۳ به ترتیب بیانگر ۰، ۰/۵ و ۱٪ وزنی ورمی‌کمپوست می‌باشد. Ni⁻ و Ni⁺ به ترتیب بیانگر عدم تلقیح و تلقیح با نیتراژین است.

تعداد فندقه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر نیتروژن بر تعداد فندقه میوه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. برهمکنش نیتروژن و نیتراژین نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی (جدول ۳) نشان داد که کاربرد نیتروژن در مقایسه با سطح صفر نیتروژن، باعث افزایش میانگین تعداد فندقه میوه شد و بالاترین آن مربوط به کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با ۴۶٪ افزایش نسبت به سطح صفر بود ولی بین سه سطح کاربردی نیتروژن معنی‌دار نبود. کاربرد ورمی‌کمپوست تا سطح یک درصد وزنی، تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. هم‌چنین نیتراژین اثر معنی‌داری بر تعداد فندقه میوه داشت و تلقیح با نیتراژین سبب افزایش این پارامتر به میزان ۶٪ شد (جدول ۳). همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در برهمکنش عامل‌ها، بیشترین تعداد فندقه میوه مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح با نیتراژین ۵۸۹ می‌باشد که ۱۸۷/۳٪ افزایش نسبت به شاهد نشان می‌دهد.

عملکرد کل میوه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نیتروژن، ورمی‌کمپوست و نیتراژین بر عملکرد کل میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش نیتروژن و ورمی‌کمپوست، نیتروژن و نیتراژین، ورمی‌کمپوست و نیتراژین و نیتروژن و ورمی‌کمپوست و نیتراژین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی (جدول ۳) نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن در مقایسه با سطح صفر نیتروژن، میانگین عملکرد کل میوه را افزایش داد، به طوری که با افزایش نیتروژن از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، بالاترین وزن کل میوه با ۱۴۷/۶٪ افزایش یافت و با افزایش سطح نیتروژن از ۷۵ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کاهش معنی‌داری مشاهده شد. با افزایش ورمی‌کمپوست از سطح صفر به ۰/۵٪ وزنی، عملکرد کل میوه افزایش یافت، ولی در سطح یک درصد مجدداً کاهش عملکرد مشاهده شد. در پژوهشی Nagavallema و همکاران (۲۶) نشان دادند که کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری در میزان عملکرد گوجه فرنگی (۵/۸ تن در هکتار) در مقایسه با شاهد (۳/۵ تن در هکتار) داشته است. افزایش در رشد و عملکرد می‌تواند به علت افزایش در فراهم بودن عنصرهای کم مصرف در ورمی‌کمپوست باشد (۱۷). نیتراژین اثر معنی‌داری بر

عملکرد کل میوه داشت و تلقیح با نیتراژین سبب افزایش عملکرد کل میوه شد. افزایش در عملکرد میوه کدو کاغذی نیز در سایر پژوهش‌ها گزارش شد (۳). مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و نیتراژین بر عملکرد کل میوه توت‌فرنگی در جدول ۴ به خوبی نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن و تلقیح کود زیستی نیتراژین، عملکرد کل میوه افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین عملکرد کل میوه مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تلقیح با نیتراژین و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و عدم تلقیح با نیتراژین می‌باشد. از طرف دیگر، مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و ورمی کمپوست بر عملکرد کل میوه در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد کل میوه مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۰/۵٪ وزنی ورمی کمپوست و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و ورمی کمپوست است. سینگ و همکاران (۳۳) اعلام کردند که استفاده از ورمی کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار عملکرد کل میوه توت‌فرنگی را به حداکثر رساند (۳۹۶/۲ گرم در هر بوته) در حالی که، کاربرد کود شیمیایی به تنهایی حداقل عملکرد میوه (۲۹۸/۴ گرم در هر بوته) را داشت. در تیمارهای با کاربرد سه‌تایی نیتروژن، نیتراژین و ورمی کمپوست بیشترین وزن تر میوه مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۰/۵٪ وزنی ورمی کمپوست و تلقیح با نیتراژین با ۳۷۴٪ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱۳/۳ گرم در هر بوته) است (جدول ۶).

شاخص سبزی‌نگی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نیتروژن در سطح یک درصد و ورمی کمپوست و نیتراژین در سطح پنج درصد بر شاخص سبزی‌نگی معنی‌دار است. برهمکنش نیتروژن و ورمی کمپوست در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی برهمکنش نیتروژن و نیتراژین و ورمی کمپوست و نیتراژین بر شاخص سبزی‌نگی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی (جدول ۳) نشان داد که کاربرد سطح‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار شاخص سبزی‌نگی نسبت به سطح صفر شد. از سوی دیگر، کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش شاخص سبزی‌نگی شد. گرچه بین سطح صفر و ۰/۵٪ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مفاخری و همکاران (۱۳) عنوان کردند که کاربرد ورمی کمپوست در سطح یک درصد تاثیر معنی‌داری بر شاخص سبزی‌نگی برگ گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) داشت. تفاوت معنی‌داری بین سطح‌های مختلف ورمی کمپوست مشاهده نشد به گونه‌ای که شاخص سبزی‌نگی در سطح ۳۰٪ حجمی ورمی کمپوست، در مقایسه با شاهد و ۱۵٪ حجمی ورمی کمپوست به میزان ۴۸ و ۳۶٪ افزایش نشان داشت. فرناندز و همکاران (۲۳) در آزمایشی بر روی لوبیا مشاهده کردند که افزودن ۸/۲٪ وزنی ورمی کمپوست بیشترین افزایش در شاخص سبزی‌نگی برگ‌های لوبیا را داشت. چنین برگ‌هایی قادر به برداشت نور و تبدیل انرژی نورانی به انرژی مورد نیاز گیاه در طی فرایند فتوسنتز نمی‌باشد (۳۶). کلروفیل رنگدانه اصلی جذب نور و فتوسنتز در گیاه می‌باشد که در ساختار آن عناصر غذایی شرکت دارند (۲۰). عنصرهای غذایی مانند نیتروژن فسفر، پتاسیم، آهن و مس به راحتی از طریق ورمی کمپوست در دسترس گیاه قرار می‌گیرند و در تشکیل کلروفیل استفاده می‌شود که برای جمع آوری نور و تبدیل آن به انرژی شیمیایی مورد نیاز است (۳۵). هم‌چنین، مقایسه تلقیح و عدم تلقیح با نیتراژین نشانگر آنست که این کود باکتریایی توانسته اثر مثبت و معنی‌داری داشته باشد. این امر می‌تواند مربوط به افزایش فراهم نمودن و جذب عنصرهای غذایی به وسیله کاهش pH خاک و تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های افزایش دهنده رشد گیاه توت‌فرنگی باشد (۲۱). افزایش در شاخص کلروفیل نهال سیب نیز به وسیله تلقیح از توباکتر مشاهده شد (۷).

کاربرد نیتروژن و تلقیح با کود زیستی نیتراژین باعث افزایش شاخص سبزی‌نگی شد و بیشترین شاخص سبزی‌نگی در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تلقیح با نیتراژین (۴۴/۱۷) و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و عدم تلقیح با نیتراژین (۳۵/۷) بود. میرشکاری و همکاران (۱۵) نیز اعلام کردند که کاربرد نیتراژین همراه با ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین شاخص سبزی‌نگی را برای گیاه ذرت هیبرید داشت. از سوی دیگر، مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و ورمی کمپوست بر شاخص سبزی‌نگی در جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن و ورمی کمپوست، شاخص سبزی‌نگی افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین شاخص سبزی‌نگی مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱٪ وزنی ورمی کمپوست (۴۴/۵۲) و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و ورمی کمپوست (۳۶/۲۲) است. برهمکنش سه‌تایی بر شاخص سبزی‌نگی معنی‌دار بود. بیشترین

شاخص سبزی‌نگی مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۰/۵٪ ورمی‌کمپوست و تلقیح با نیتراژین با ۳۶/۸۴٪ افزایش نسبت به شاهد می‌باشد و کمترین آن مربوط به تیمار عدم کاربرد نیتروژن و نیتراژین و ۰/۵٪ ورمی‌کمپوست با ۷/۳٪ کاهش نسبت به شاهد می‌باشد (جدول ۶).

وزن خشک اندام هوایی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی معنی‌دار بود. در حالی که اثر نیتراژین و بر همکنش نیتروژن و ورمی‌کمپوست، نیتراژین و نیتروژن و نیتراژین و ورمی‌کمپوست معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی (جدول ۳) نشان می‌دهد که با افزایش سطح نیتروژن از صفر به صد کیلوگرم در هکتار، وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی افزایش معنی‌داری داشت. هنگامی که نیتروژن کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، نیاز به عنصرهای غذایی اصلی دیگر مانند فسفر و پتاسیم افزایش می‌یابد. این عنصر به رشد سریع کمک می‌نماید. بنابراین نیتروژن تمامی مشخصه‌های مؤثر بر عملکرد و عملکرد زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶). نست بای و همکاران (۲۸) نشان دادند که گیاهان توت‌فرنگی که در شرایط کمبود نیتروژن رشد کردند، کوچک با برگ‌های زرد رنگ بوده و همچنین عملکرد کمی داشتند، که دلیل آن نامتعادل بودن ماده‌های متابولیک است که در شرایط جذب کم‌تر نیتروژن، سنتز پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه محدود می‌شود و بر فتوسنتز، رشد و ترکیب شیمیایی بافت‌های گیاهی اثر می‌گذارد.

با افزایش سطح ورمی‌کمپوست، وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی روندی افزایشی و معنی‌دار داشته است. سینگ و همکاران (۳۳) نیز مشاهده کردند وزن خشک گیاه توت‌فرنگی در کرت‌هایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده بودند در مقایسه با کرت‌هایی که تنها کود شیمیایی دریافت کرده بودند، افزایش معنی‌دار داشت. این تأثیر ورمی‌کمپوست بر رشد توت‌فرنگی می‌تواند مربوط به در دسترس بودن بهتر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و هیومیک اسید در ورمی‌کمپوست باشد که به‌وسیله افزایش در فعالیت میکروبی خاک، تولید می‌شوند (۱۶).

تلقیح و عدم تلقیح با نیتراژین اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی نداشت ولی، امیرآبادی و همکاران (۲) گزارش کردند که کاربرد ازتوباکتر باعث افزایش رشد اندام هوایی گیاه و در نهایت عملکرد ماده خشک ذرت علوفه‌ای شد. در واقع باکتری ازتوباکتر با تولید متابولیت‌های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین و جیبرلین می‌تواند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام هوایی را افزایش دهد. همچنین این باکتری با تثبیت نیتروژن و کاهش pH خاک می‌تواند جذب عنصرهای غذایی به‌وسیله گیاه را افزایش دهد. مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و نیتراژین بر وزن خشک اندام هوایی در جدول ۴ به خوبی نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن و تلقیح کود زیستی نیتراژین، وزن خشک اندام هوایی افزایش می‌یابد، به‌طوری که بالاترین وزن خشک مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تلقیح با نیتراژین (۵/۲۶ گرم در گلدان) و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و تلقیح با نیتراژین (۲/۰۴ گرم در گلدان) می‌باشد. از طرف دیگر، مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی در جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن و ورمی‌کمپوست، وزن خشک اندام هوایی افزایش می‌یابد، به‌طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱٪ وزنی ورمی‌کمپوست (۵/۷۴ گرم در گلدان) و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد نیتروژن و ۰/۵٪ وزنی ورمی‌کمپوست (۱/۸۴ گرم در گلدان) است. سینگ و همکاران (۳۳) مشاهده کردند، وزن خشک گیاه توت‌فرنگی در پلات‌هایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده بودند، در مقایسه با پلات‌هایی که تنها کود شیمیایی دریافت کرده بودند، افزایش معنی‌دار داشت. این تأثیر ورمی‌کمپوست بر روی رشد توت‌فرنگی می‌تواند مربوط به در دسترس بودن بهتر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و هیومیک‌اسید در ورمی‌کمپوست باشد که به‌وسیله افزایش در فعالیت میکروبی خاک، تولید می‌شوند (۱۶). برهمکنش سه تایی عامل‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، یک درصد وزنی ورمی‌کمپوست و تلقیح با نیتراژین با ۱۸۵/۸٪ افزایش نسبت به شاهد بود (جدول ۶).

نتیجه گیری

کاربرد کودهای ورمی کمپوست و تلقیح نیتراژین تأثیر مثبت و معنی دار بر برخی ویژگی های مورد ارزیابی دارد. به طوری که در بعضی از ویژگی های بیان شده کاربرد کودهای زیستی به همراه کاهش ۲۵ درصدی در مقدار کود شیمیایی نیتروژن، توانست عملکرد کل میوه را معادل و حتی بالاتر از کاربرد به تنهایی کود شیمیایی داشته باشد. بنابراین می توان اظهار داشت که در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و رسیدن به هدف های کشاورزی پایدار بخشی از نیاز نیتروژن گیاه توت فرنگی را می توان با کاربرد کودهای زیستی تأمین کرد.

سپاس گذاری

از دانشگاه شیراز برای تامین امکانات و تسهیلات لازم قدردانی می شود.

References

منابع

۱. آستارایی، ع.، و. ع. کوچکی. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاه مشهد. ۱۹۴ صفحه.
۲. امیرآبادی، م.، ف. رجالی، م.، ر. اردکانی و م. برجی. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر و قارچ میکوریزی بر جذب برخی عنصرهای معدنی توسط ذرت علوفه ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در سطح های مختلف سفره. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). ۱۱۵-۱۰۷:۱(۲۳).
۳. جهان، م.، م. نصیری محلاتی، م. د. سالاری، و ر. قربانی. ۱۳۸۹. اثرات زمان استفاده از کود دامی و کاربرد انواع کودهای زیستی بر ویژگی های کمی و کیفی کدو پوست کاغذی. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۷۳۷-۷۲۶:۴(۸).
۴. خرم دل، س.، ا. امین غفوری، پ. رضوانی مقدم، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۹. تاثیر رژیم های مختلف آبیاری همراه با مصرف کودهای بیولوژیک بر عملکرد دانه، میزان کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی کنگد، اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. صفحه ۸۳.
۵. خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۸۲ صفحه.
۶. سجادی نیک، ر.، و. ع. یدوی، ح. ر. بلوچی، و ه. فرجی. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی (نیتروژن)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنگد (*Sesamum indicum* L.). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۱۰۱-۸۷:۲(۲۱).
۷. سمر، س. م. و ه. خسروی. ۱۳۸۶. بررسی اثرات چهار سویه ازتوباکتر بر رشد و جذب عنصرهای غذایی در نهال سیب، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. ۱۸۱-۱۸۲.
۸. طاووسی، م. و پ. شاهین رخسار. ۱۳۸۹. اثر چهار نوع ماده ی بستری بر عملکرد و برخی پارامترهای رشد توت فرنگی در کشت بدون خاک، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۸۳-۹۴:۱۳.
۹. فلاحی، ج. ع. ر. کوچکی، و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*)، مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۷، شماره ۱.
۱۰. قادرزاده، ح. و م. حاج رحیمی. ۱۳۸۷. بررسی وضعیت بازار رسانی محصول توت فرنگی در استان کردستان، مجله اقتصاد کشاورزی. ۲۱۵-۲۰۷:۱(۳).
۱۱. کاشی، ع.، و ج. حکمتی. ۱۳۷۰. پرورش توت فرنگی. چاپ اول. انتشارات تهران.
۱۲. متقیان، آ. ه. پیردشتی، و م. ع. بهمینار. ۱۳۸۸. واکنش ظهور و رشد گیاهچه ای لوبیا سبز به مقادیر مختلف ورمی کمپوست، نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۱۱۴-۱۰۳:۱(۱)

۱۳. مفاخری، س. ر. امید بیگی، ف. سفیدکن، و ف. رجالی. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد کودهای زیستی بر برخی فاکتورهای فیزیولوژیکی مورفولوژیکی و مقدار اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*)، مجله علوم باغبانی ایران. ۲۵۴-۲۴۵: ۳.
۱۴. ملکوتی، م. ج.، و م. م. طهرانی. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی «عصرهای خرد با تاثیر کلان». چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۳۲۸ صفحه.
۱۵. میر شکاری، ب. س. باصر کوچه باغ، ع. جوانشیر. ۱۳۸۸. تاثیر کود زیستی نیتراژین و سطح‌های مختلف کود اوره بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد بیولوژیک ذرت هیبرید 704 در مناطق نیمه خشک سرد، یافته‌های نوین کشاورزی. ۴۱۱-۴۰۳: ۴.
16. Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, and J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicompost on field strawberries: I. Effects on growth and yields. *Bior. Technol.* 93(2):145-153.
17. Atiyeh, R. M., N. Q. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bior. Technol.* 75(3):175-180.
18. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Sparks, D. L. (Ed.). Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 1085-1121.
19. Bremness, L. 1999. *Herbs. Eyewitness Handbook*. London. 176p.
20. Chapin, F. S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Systematics* 11(1): 233-260.
21. Das, K., R. Dang, and T. N. Shivananda. 2008. Influence of bio-fertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of *Stevia rebaudiana* grown in South India. *Inter. J. Appl. Res. Natu. Prod.* 1(1): 4-20
22. Edwards, C. A. 1995. Historical overview of vermicomposting. *Biocycle*, 36:56- 58.
23. Fernandez-Luqueno, F., V. Reyes-Varela, C. Martinez-Suarez, G. Salomon- Hernandez, J. Yanez-Meneses, J.M. Ceballos-Ramirez, and L. Dendooven. 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bior. Technol.*, 101: 396-403.
24. Gee, G.W., and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. A. Klute (ed.), *Methods of Soil Analysis*. 9(1): 383-411. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition, American Society of Agronomy, Madison, WI.
25. Lindsay, W. L., and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42(3): 421-428.
26. Nagavallema, K. P., S. P. Wani, S. Lacroix, V. V. Padmaja, C. Vineela, M. BabuRao, and K. L. Sahrawat. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on Agrecosystems? Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: Inter. Crops Res. Institute. Semi-Arid Tropics*, p. 20.
27. Nelson, D.W., and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. 9: 961-1010. Part 2, 2nd Edition, A.L. Page et al., (Eds). *Agronomy. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, WI*.
28. Nestby, R., F. Lieten, D. Pivot, C. Raynal-Lacroix and M. Tagliavini. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: A review. *Inter. J. Fruit Sci.* 5(1): 141-158.
29. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. P: 939. U.S. Dep. of Agric. Circ.
30. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids, In: *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*, Sparks, D. L. (Ed.). Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison WI. 417-435.
31. Rouzbeh, R., J. Daneshian, and H. Aliabadi Farahani. 2009. Super nitro plus influence on yield and yield components of two wheat cultivars under NPK fertilizer application. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 1(8): 293-297.
32. Singh, S., and K. K. Kapoor. 1998. Inoculation with phosphate solubilization microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol. Fertile. Soils.* 28(2): 139-44.
33. Singh, R., R. Sharma, K. Satyendra, R. Gupta, and R. Patil. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bior. Technol.* 99(17): 8507-8511.
34. Tajuddin, A., M. Yaseen, S. Sharma, M. L. Saproo, and A. Husain. 1995. Effect of fertilizer application on the flowering pattern of *Rosadamascena*. *J. Medical Plants Res.* 17:173-176.
35. Tanaka, A. H., R. Tanaka, N. K. Tanaka, K. Yoshida, and K. Okada. 1998. Chlorophyll *a* oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll *b* formation from chlorophyll *a*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 95(21): 12719-12723.
36. Theunissen, J. P., A. Ndakidemi, and C. P. Laubscher. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *Inter. J. Physical. Sci.* 5(13): 1964-1973.
37. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. In J. M. Bigham (ed). *Methods of soil analysis: Part 3. Chemical methods*. Soil Science Society of America Book Series No. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 475-490.
38. Youssef, A. A., A. E. Edris, and A. M. Goma. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. *Plant. Ann. Agri. Sci.* 49: 299-311.

Effect of Different Levels of Nitrogen, Vermicompost, and Nitragin on Morphological Characteristics, Greenness Index, and Yield of Strawberry under Greenhouse Conditions

S.F. Ghaemmaghami, M. Zarei*, J. Yasrebi, and S. Eshghi¹

The use of organic and biological fertilizers is important for achieving sustainable agriculture, reducing the application of chemical fertilizers and the production of healthy crops. A greenhouse experiment was carried out to study the effects of vermicompost, Nitragin, and nitrogen on some growth parameters of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv. Aromas). Treatments were arranged in a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. Treatments consisted of nitrogen fertilizer (0, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹ nitrogen equal to 0, 75, 112.5 and 150 mg N pot⁻¹), vermicompost (0, 0.5%, and 1% w/w), and Nitragin (inoculation and non-inoculation). Nitragin application increased total fruit yield by 8.5 percent. The highest total fruit yield (71.8 g pot⁻¹) obtained by application of 75 kg ha⁻¹ along with 0.5% vermicompost and inoculation with Nitragin and the lowest one (13.3 g pot⁻¹) obtained in control treatment. The highest dry matter (6.06 g) obtained with co-application of 100 kg ha⁻¹ nitrogen, 1% vermicompost, and inoculation with nitragin. The effects of the application of 75 kg ha⁻¹ nitrogen fertilizer with vermicompost and nitragin were similar to the single application of 100 kg ha⁻¹ nitrogen. Biofertilizers application may increase plant yield and reduce nitrogen fertilizer usage (up to 25%).

Keywords: Biofertilizers, Nitragin, Nitrogen, Strawberry, Vermicompost.

1. Former M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor of Soil Science, Department of Soil Science, Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (mehdzarei@shirazu.ac.ir).