

Study of the Effect of Municipal Solid Waste Compost and Nitrogen on Spinach Yield, Soil and Spinach Nitrate Content and Evaluation of Its Risk Aversion for Human Health

Mohsen Seilsepour^{1*}

1- Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Varamin, Iran

*Corresponding author: mseilsep@yahoo.com

(Received: 23 May 2022

Revise: 23 July 2022

Accepted: 02 August 2022)

Extended Abstract

1. Introduction: Spinach (*Spinacea oleracea* L.) is one of the most important vegetables that is rich in minerals and vitamins, and according to the nutritional value of this vegetable in the household basket. Increasing the yield per unit area with emphasis on the health of the product from the position is necessary. In this regard, combining organic fertilizers with chemical fertilizers can increase the yield of this plant. The results of many researches show that urban waste compost has the ability to be used in agricultural lands and can be an affordable organic fertilizer that can replace part of chemical fertilizers and has a special position in sustainable agriculture. Among the nutrients required by plants, nitrogen is the most limiting factor for plant growth and the key nutrient in achieving optimal performance in most crops, especially in dry areas. The most important method of providing nitrogen required in agriculture is the use of nitrogen fertilizers. Therefore, the most widely used fertilizer among chemical fertilizers is nitrogen fertilizers. Despite the role of nitrogen fertilizers as a tool to achieve the maximum production per unit area, the management of fertilizer consumption should be in a way that does not cause the accumulation of pollutants such as nitrates in the consuming organs of the products. This research was conducted with the aim of field evaluation of urban waste compost in combination with nitrogen on spinach yield and nitrate content of the product and soil.

2. Materials and Methods: In order to investigate the effect of different levels of urban waste compost and nitrogen in spinach cultivation, a factorial field experiment based on a randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications under a calcareous soil in the research farm of the research and education center for agriculture and natural resources, and it was implemented in Tehran province in 2014. The waste compost factor included three levels of urban waste compost consumption (0, 10 and 20 tons per hectare) and the nitrogen factor included three levels of pure nitrogen consumption (zero, 100 and 200 kg per hectare). Each experimental plot consisted of six crop lines with a length of three meters and a distance between the rows of 60 cm. Planting operations were carried out in the second half of September with Varamin broadleaf spinach variety. Harvesting took place on November 30. The data obtained from the experiment were analyzed using F test and SAS software version 9.1. The average of the data was also performed using Duncan's multi-range test at the five percent probability level.

3. Results and Discussion: The results showed that the highest fresh yield of spinach was 67.3 ton.ha⁻¹ due to the use of 10 ton.ha⁻¹ of MSWC with 200 kg.ha⁻¹ nitrogen. Nitrate concentration in spinach and soil was increased by use of MSWC and nitrogen. Data showed that the highest nitrate concentration in spinach was 3200 mg.kg⁻¹ fresh weight due to the application of 20 tons per hectare of MSWC and 200 kg.ha⁻¹ nitrogen, which was more than the national standard of Iran. Assessing the health risk of nitrate in spinach showed that in the consumption of municipal waste compost at a rate of 10 tons per hectare with a consumption of 100 kg.ha⁻¹ nitrogen, the nitrate content of the spinach product is 1900 mg.kg⁻¹ fresh weight which was less than the maximum permissible standard for nitrate in national Iranian standard. The base of the results, the maximum daily intake of spinach was 137 g for the person and 47 g for the baby. Excessive amounts of these levels will endanger their health. Meanwhile, data showed that in 20 ton.ha⁻¹ MSWC with use of 200 kg.ha⁻¹ nitrogen treatment, the maximum allowed consumption of spinach was only 81 grams per day for adults and 28 grams per day for a child. Therefore, to order to maintain the health of the consumer, use of 10 ton.ha⁻¹ MSWC with 100 kg.ha⁻¹ nitrogen is recommended.

4. Conclusion: The results of this research showed that in the same soil conditions as the place where this research was carried out, the consumption of more than 10 tons per hectare of municipal waste compost and the consumption of more than 100 kg of pure nitrogen caused an increase in the nitrate limit in spinach and increased the risk for consumption. Therefore, it is recommended to use 10 tons per hectare of municipal waste compost and 100 kg per hectare of pure nitrogen to produce spinach while respecting the maximum allowed nitrate concentration.

Keywords: Consumer health, Maximum allowed consumption, Optimal consumption, Pollutant.

Citation: Seilsepour, M. (2022). Study of the Effect of municipal solid waste compost and nitrogen on Spinach yield, soil and spinach nitrate content and evaluation of its risk aversion for human health. Journal of Vegetables Sciences, 11(1), 158-175. doi: 10.22034/iuvs.2022.554290.1207

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





بررسی تأثیر کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد و محتوای نیترات در گیاه اسفناج و خاک و ارزیابی خطرپذیری آن برای انسان

محسن سیل‌سپور^{*۱}

۱- بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

*نویسنده مسئول: mseilsep@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲

چکیده

اثر کاربرد سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری (صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و نیتروژن خالص (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر محتوای نیترات خاک در یک آزمایش مزرعه‌ای فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ بر عملکرد اسفناج، محتوای نیترات اسفناج و غلظت نیترات خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد تازه اسفناج به میزان ۶۷/۳ تن در هکتار با مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. محتوای نیترات محصول اسفناج با غلظت نیترات خاک همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. محتوای نیترات محصول اسفناج در تیمار استفاده از ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر محصول رسید که بیشتر از استاندارد ملی ایران بود. در تیمار مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۱۰ تن در هکتار همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن میزان نیترات محصول اسفناج ۱۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود که کمتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی ایران بود. حداکثر مجاز مصرف روزانه اسفناج این تیمار برای فرد بالغ ۱۳۷ گرم و برای کودک ۴۷ گرم محاسبه شد. بنابراین در راستای حفظ سلامت جامعه مصرف‌کننده، تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، حداکثر مجاز مصرف، سلامت مصرف‌کننده، مصرف بهینه.

استناد: سیل‌سپور، م. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد و محتوای نیترات در گیاه اسفناج و خاک و ارزیابی خطرپذیری آن برای انسان. علوم سبزی‌ها، ۱۱(۱)، ۱۷۵-۱۵۸.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه:

زیاد تولید زباله برنامه‌ریزان مربوطه را به سمت مدیریت اصولی دفع زباله سوق داده است و یکی از روش‌های مورد استفاده در این راستا فرآیند تبدیل مواد آلی موجود در زباله به کود آلی یا همان کمپوست پسماند شهری می‌باشد (Kahbasia & Khoshgoftarmanesh, 2000). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که کمپوست پسماند شهری قابلیت کاربرد در اراضی کشاورزی دارد و می‌تواند به عنوان یک کود آلی مقرون-به‌صرفه جایگزین بخشی از کودهای شیمیایی باشد و در کشاورزی پایدار از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد (Sumare et al., 2003). علی‌رغم اثرات مثبت کاربرد کمپوست پسماند شهری بر عملکرد محصول، به دلیل وجود برخی ترکیبات آلاینده، مصرف این نهاده در خاک می‌بایست با دقت لازم صورت پذیرد (Seilsepour, 2018).

در بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، نیتروژن محدودکننده‌ترین عامل رشد گیاه و عنصر غذایی کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در بیشتر محصولات زراعی، به‌ویژه در مناطق خشک است (Seilsepour & Momayezi, 2004). مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی استفاده از کودهای نیتروژنی است. از همینرو پرمصرف‌ترین کود در میان کودهای شیمیایی، کودهای نیتروژن می‌باشد. در حال حاضر سالیانه حدود ۳۰ میلیون تن نیتروژن به صورت انواع کودهای شیمیایی در جهان مصرف می‌شود. در ایران نیز از ۴/۲ میلیون تن کود مصرفی، ۶۰ درصد آن را کودهای نیتروژنه تشکیل می‌دهند که کارایی پائینی دارند (Malakouti et al., 2013) به‌گونه‌ای که کارایی کودهای حاوی نیتروژن در کشورهای پیشرفته ۴۲ درصد و در کشورهای در حال توسعه ۲۹ درصد گزارش شده است (Keshavarz, 2013). باوجود نقش کودهای نیتروژنی به عنوان ابزاری برای نیل به بیشینه تولید در واحد سطح، مدیریت مصرف کود باید به‌نحوی باشد که موجب انباشتگی مواد آلاینده نظیر نترات در اندام‌های مصرفی محصولات نشود (Malakouti et al., 2004). تحقیقات نشان داده است که مصرف مقادیر

اسفناج با نام علمی (*Spinacea oleracea* L.) یکی از گیاهان مهم خانواده چغندرپیان (*Chenopodiaceae*) و یکی از مهم‌ترین سبزی‌ها از نظر میزان تولید (Imani, 2012) و سرشار از مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد (Kawazu et al., 2003; Alexander et al., 2008). باتوجه به ارزش غذایی این سبزی در سبب خانوار، افزایش عملکرد در واحد سطح با تأکید بر سلامت محصول از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Malakouti et al., 2013). مشخص شده است که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، راهکار مؤثری برای تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح مطلوب می‌باشد (Sharma et al., 2003). همچنین سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی (FAO) نیز در سال ۲۰۰۷ طرح توسعه نظام‌های تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نموده است (Ghalavand, 2007). بر این اساس تلفیق کودهای شیمیایی به همراه منابع آلی (مدیریت تلفیقی حاصل‌خیزی خاک) نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید فرآورده‌های کشاورزی داشته که خود می‌تواند راهی به سوی کشاورزی پایدار باشد (Badran & Safvat, 2004). از طرف دیگر متأسفانه وضعیت مواد آلی خاک-های کشور مناسب نیست، سوزاندن و خارج کردن بقایای گیاهی از زمین زراعی، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و عدم مصرف کودهای آلی موجب شده است که میزان مواد آلی در خاک‌های کشور روز به روز کمتر شود که این مسئله باعث کاهش حاصل‌خیزی خاک و به دنبال آن کاهش عملکرد محصول شده است. بنابراین جهت حفظ خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن و حفظ تعادل عوامل زیست‌محیطی، ضرورت مصرف مواد آلی و افزایش درصد آن در خاک‌های کشور امری اجتناب‌ناپذیر است (Seilsepour, 2018). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که روزانه معادل ۱۵ میلیون کیلوگرم زباله در کشور تولید می‌شود که از این مقدار پنج میلیون کیلوگرم آن قابل تبدیل به کمپوست پسماند شهری است (Samar et al., 1998). این حجم

آلودگی خاک‌های زراعی، آب آبیاری و نهایتاً محصولات کشاورزی شود (Kladivko *et al.*, 2004).

نتایج پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده است که بین غلظت نیترات در محیط و مقدار تجمع نیترات گیاهی رابطه مستقیمی وجود دارد و مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر تجمع نیترات مقدار یون نیترات قابل دسترس گیاهی می‌باشد (Darnell & Stutte, 2001). محققان نشان دادند که با افزایش کاربرد کود اوره، میزان باقی‌مانده نیترات در گیاهان روند افزایشی نشان داده است (Jelini & dousti, 2010). محققان در بررسی غلظت نیترات در گیاهانی از قبیل کلم (*Bracica oleracea*)، اسفناج (*Spinacea oleracea*) و شلغم (*Bracica napus*) نشان دادند که در غلظت‌های زیاد یون نیترات، مقدار تجمع نیترات تحت تأثیر مقدار نیترات خارجی بوده است و نقش عوامل ژنتیکی در تجمع نیترات در غلظت‌های کم نیترات محسوس و قابل چشم‌پوشی است (Chen *et al.*, 2004). همچنین محققان گزارش کردند که بین غلظت نیترات در محلول غذایی خاک و غلظت آن در اندام هوایی سبزی‌ها از جمله کاهو و اسفناج رابطه مستقیمی وجود دارد. به طوری که با گذشت زمان تجمع بیشتر نیترات در گیاه صورت می‌گیرد (Gheshlaghi *et al.*, 2015). از آنجایی که پژوهش مکفی در مورد اثر کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد اسفناج، محتوای نیترات آن و محتوای نیترات خاک انجام نشده است، لذا این پژوهش با هدف ارزیابی مزرعه ای کمپوست پسماند شهری در ترکیب با نیتروژن بر عملکرد اسفناج و محتوای نیترات محصول و خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری و نیتروژن در زراعت اسفناج، آزمایشی به صورت فاکتوریل مزرعه‌ای بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار تحت یک خاک آهکی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سال ۱۳۹۴ اجرا شد.

بیش از حد کودهای نیتروژنی سبب افزایش انباشتگی نیترات در گیاه می‌شود (Malakouti *et al.*, 2004). تحت شرایطی که مقدار زیادی کود نیتروژنی مصرف شود، ظرفیت احیای نیترات کاهش می‌یابد و در نهایت مقادیر مازاد نیترات به برگ‌ها انتقال می‌یابد (Malakouti *et al.*, 2013). یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر به منظور تشخیص میزان سلامت سبزی‌های برگی مثل اسفناج، عدم تجمع نیترات در آنها است. نیترات اغلب منبع اصلی نیتروژن قابل دسترس بیشتر گیاهان مخصوصاً سبزی‌ها است (Fallah Mortezaezhad *et al.*, 2014). طبق تحقیقات صورت گرفته حدود ۸۰ درصد از نیتراتی که وارد بدن انسان می‌شود از طریق سبزی‌ها و میوه‌ها است. اگرچه نیترات به تنهایی یک ماده سمی برای انسان محسوب نمی‌شود، اما پس از ورود به بدن به نیتريت احیا شده و به ترکیب نیتروزآمین که سمی و سرطان‌زا است تبدیل می‌شود (Kiani & Gheytasi, 2016).

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که نیترات موجود در مواد غذایی یکی از عوامل محیطی دخیل در ایجاد سرطان‌های دستگاه گوارش فوقانی است (Sadeghi *et al.*, 2015). به دلیل اثرات سوء نیترات بر سلامتی انسان، امروزه توجه زیادی به تجمع این یون در سبزی‌ها شده است و به عنوان یک شاخص بیولوژیک کیفی در سبزی‌ها در نظر گرفته شده است (Chen *et al.*, 2004). سبزی‌ها در بسیاری از کشورهای جهان به دلیل ارزش غذایی فراوانی که دارند از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشند، بنابراین تعیین یک برنامه جهت تعیین حد مجاز مصرف نیترات ناشی از محصولات غذایی، ارزش بسیار قابل توجه و انکارناپذیری دارد (Menard *et al.*, 2008). تجمع نیترات در گیاهان تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی مانند مدیریت متفاوت زراعی (مقدار، نوع و دفعات کوددهی، سیستم آبیاری)، شرایط اقلیمی (مقدار و شدت تابش نور) و رقم، جنس و گونه گیاه می‌باشد. در این میان عدم رعایت اصول صحیح مدیریت زراعی ممکن است منجر به

براساس آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O) مصرف شد (Seilsepour & momayezi, 2004). هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت به طول سه متر و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متری بود. فاصله بوته‌ها روی خطوط پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در نیمه دوم شهریورماه با رقم اسفناج برگ پهن ورامین انجام شد. کود نیتروژن در دو نوبت (یک سوم در مرحله کاشت و بقیه آن همزمان با آبیاری سوم در مرحله شش‌برگی) مصرف شد (Seilsepour & momayezi, 2004). برداشت در تاریخ ۳۰ آبان‌ماه صورت گرفت و محصول کرت‌های آزمایشی با ترازوی دیجیتالی وزن شد. در زمان برداشت از محصول اسفناج و خاک کرت‌های آزمایشی به تفکیک تیمار و تکرار نمونه تهیه شد و با استفاده از روش‌های رایج مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (Alihyaie, 1996; Emami, 1995). داده‌های حاصل از اجرای آزمایش با استفاده از آزمون F و نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه واریانس شد. میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

فاکتور کمپوست پسماند شامل سه سطح مصرف کمپوست پسماند شهری (۰، ۱۰، و ۲۰ تن در هکتار) و فاکتور نیتروژن شامل سه سطح مصرف نیتروژن خالص (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. قبل از کاشت از خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌برداری مرکب به عمل آمده و خاک حاصل با روش‌های متداول در مؤسسه تحقیقات خاک و آب نیتروژن با روش کج‌دال، کربن آلی با روش بلاک، فسفر با روش اولسن، پتاسیم با روش استات آمونیوم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس با روش DTPA و بافت خاک با روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد (Alihyaie, 1996) (جدول ۱). همچنین نمونه‌ای از کمپوست پسماند شهری مورد استفاده در آزمایش نیز برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. کود کمپوست پسماند شهری از کارخانه تولید کمپوست سازمان بازیافت شهرداری تهران تهیه شده و مطابق مقادیر مندرج در طرح قبل از کاشت به خاک کرت‌های آزمایشی اضافه شده و با دیسک به عمق ۱۵ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد. کودهای پایه فسفر و پتاسیم از منابع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در کلیه کرت‌های آزمایش به‌صورت یکنواخت و

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physico-chemical analysis of the site of the experiment

پارامتر Parameter	واحد Unite	مقدار Value
EC	$dS.m^{-1}$	1.2
pH	-	7.8
SP	%	35
OC	%	0.38
N	%	0.038
Ava.P	$mg.kg^{-1}$	6.4
Ava.k	$mg.kg^{-1}$	200
Ava.Fe	$mg.kg^{-1}$	3
Ava.Mn	$mg.kg^{-1}$	14.5
Ava.Zn	$mg.kg^{-1}$	0.6
Ava.Cu	$mg.kg^{-1}$	1.28
Clay	%	24
Silt	%	44
Sand	%	32

منابع کودی می‌باشد (Seilsepour & momayezi, 2004).

نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش نشان داد که خاک حاصله از نظر کربن آلی، فسفر، آهن و روی به شدت فقیر می‌باشد و نیازمند استفاده از

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی کمپوست پسماند شهری

Table 2- Physico-chemical analysis of the municipal solid waste compost

پارامتر Parameter	واحد Unite	مقدار Value	حداکثر مجاز Permitted Level*
EC (1:15)	dS.m ⁻¹	4.6	14
pH (1:15)	-	7	6-8
OC	%	24.1	15
Moisture	%	22	25
Total -N	%	1.54	1-1.5
Total P	%	0.39	0.3-3.8
Total k	%	0.92	0.5-1.8
Total Fe	mg.kg ⁻¹	8109	-
Total Mn	mg.kg ⁻¹	95	-
Total Zn	mg.kg ⁻¹	660	1300
Total Cu	mg.kg ⁻¹	204	650

* Iranian National Standard No.10716

بخشیدن خواص فیزیکی خاک که مربوط به افزایش کربن آلی خاک است، سبب افزایش قابل توجه مقادیر قابل جذب فسفر، پتاسیم و منیزیم خاک می‌گردد که اثر قابل توجهی بر رشد گیاه دارد (Weber *et al.*, 2007). همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کمپوست پسماند شهری باعث کاهش معنی‌دار واکنش خاک می‌شود که اثر قابل توجهی در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف برای گیاه دارد (Zheljakov *et al.*, 2006; Waramn *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2004). طی پژوهش دیگری، اثر سطوح مختلف مصرف نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد اسفناج مطالعه شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد اسفناج از تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تولید شد (Rezaie, 2012). همچنین نتایج تحقیق دیگری نشان داد که حداکثر محصول اسفناج از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی حاصل می‌گردد (Sadeghipour, 2014). افزایش عملکرد ناشی از افزایش کود نیتروژن، می‌تواند به علت اثر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و انجام فرایند فتوسنتز

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر کمپوست، اثر نیتروژن و اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر صفات عملکرد اسفناج، محتوای نیترات اسفناج و غلظت نیترات خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

عملکرد و محتوای نیترات محصول

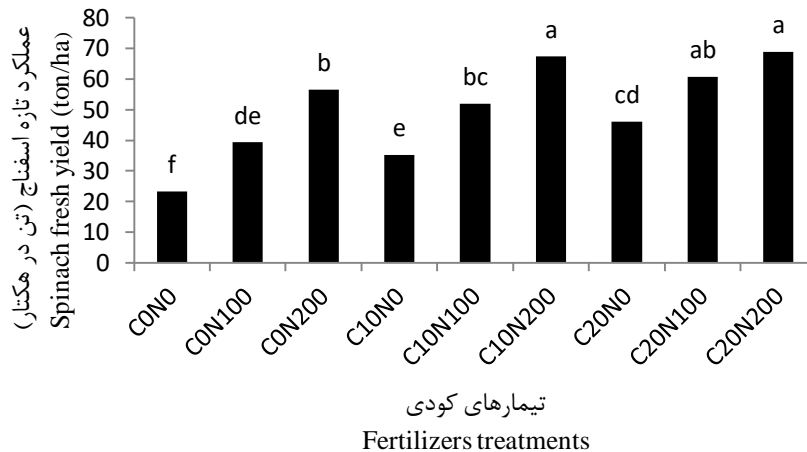
مقایسه میانگین صفت عملکرد تیمارها نشان داد که بالاترین میزان عملکرد اسفناج به میزان ۶۸/۶ تن در هکتار از مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به دست آمد (شکل ۱). عملکرد این تیمار با عملکرد تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ۶۷/۳ تن در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. بر اساس نظر پژوهشگران، افزایش عملکرد ناشی از کاربرد کمپوست پسماند شهری به نقش مثبت این نهاده در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش حاصلخیزی و قابلیت تولید خاک باز می‌گردد (Palaniyandi & Ramadass, 2007). از طرف دیگر گزارش شده است که کاربرد کمپوست پسماند شهری علاوه بر بهبود

تر از تیمار سطوح صفر کمپوست و نیتروژن حاصل می‌شود و بالاترین میزان نیترات محصول اسفناج به میزان ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد (شکل ۲) که بیشتر از حداکثر مجاز نیترات براساس استاندارد ملی ایران (۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد (Iranian national standardization organization, 2013). نتایج تحقیقات بیان‌گر این مطلب است که کاربرد کودهای حاوی نیتروژن، مشخص‌ترین عامل تجمع نیترات در تعداد زیادی از سبزیجات می‌باشد. به‌طور کلی نوع گیاه رقم اندام و مرحله رشد گیاه در میزان غلظت نیترات در گیاه موثر هستند، به گونه‌ای که تیره‌های *Compositae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae* و *Crusiferae* بیشتر از سایر گیاهان نیترات جذب می‌کنند (Moafpourian et al., 2008). مصرف مقادیر زیاد کودهای حاوی نیتروژن در خاک سبب افزایش غلظت نیترات خاک و افزایش جذب نیترات توسط ریشه گیاه می‌گردد، درحالی‌که احیای نیترات و اسیمیلایون آن در گیاه به همان نسبت بالا نمی‌رود، در نتیجه غلظت نیترات در اندام‌های گیاه افزایش پیدا می‌کند (Esfandiari et al., 2013). اگرچه نیترات به تنهایی یک ماده سمی برای انسان محسوب نمی‌شود، اما پس از ورود به بدن توسط فلور بدن و معده و در دهان با واکنش نیتریزاسیون به نیتريت که سمی و سرطان‌زا است تبدیل و جذب می‌شود (Sadeghi et al., 2013).

و ذخیره‌سازی بیشتر مواد فتوسنتزی باشد (Rezaie, 2012).

نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه، بازهای پورینی، آلکالوئیدها و کلروفیل وجود دارد و افزایش عملکرد گیاه در اثر نیتروژن به نقش مثبت این عنصر در فعالیت‌های متابولیسمی گیاه برمی‌گردد (Dordas & Sioulas, 2008). نتایج یک تحقیق در خصوص کاربرد انفرادی سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری (۰، ۵۰، ۱۰۰ تن در هکتار)، پنج سطح کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (بدون کود شیمیایی، مصرف کود شیمیایی براساس آزمون خاک، مصرف کود شیمیایی بر اساس نصف، دو سوم و یک‌سوم آزمون خاک) و مصرف تلفیقی کمپوست پسماند شهری و کودهای شیمیایی نشان داد که افزایش در مقدار کود شیمیایی و کمپوست زباله شهری باعث ارتقای خصوصیات کمی اسفناج (وزن تر و خشک، ارتفاع، سطح برگ و عملکرد) می‌شود. کاربرد مقدار کامل کود شیمیایی نسبت به کاربرد کمپوست عملکرد بیشتری ایجاد کرد. همچنین تیمارهای تلفیقی بیشترین اثر را بر خصوصیات کمی نسبت به کاربرد کود شیمیایی و کمپوست زباله شهری به تنهایی داشتند. نتایج نشان داد که کاربرد ۵۰ تن در هکتار کمپوست می‌تواند ۴۵ درصد و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست ۷۳ درصد جایگزین توصیه رایج کود شیمیایی در عملکرد اسفناج شود (Fallah Morteziie Nezhad Lialestani et al., 2011).

بررسی اثر متقابل نیتروژن و کمپوست در مقدار نیترات موجود در برگ نشان داد که کمترین میزان نیترات برگ به مقدار ۷۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده

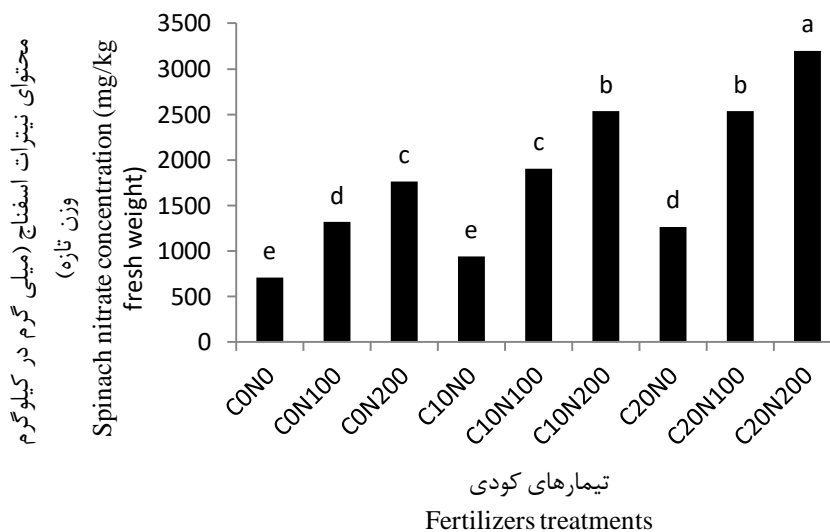


شکل ۱- اثر متقابل کمپوست پسماند شهری (C) و نیتروژن (N) بر عملکرد محصول اسفناج

CON0 (شاهد)، CON100 (بدون کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، CON200 (بدون کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C10N0 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، بدون نیتروژن)، C10N100 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C10N200 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C20N0 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، بدون نیتروژن)، C20N100 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C20N200 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)

Figure 1- Interaction between municipal solid waste compost (C) and nitrogen (N) on spinach yield

CON0 (control), CON100 (no compost, 100 kg / ha pure nitrogen), CON200 (no compost, 200 kg / ha pure nitrogen), C10N0 (10 t / ha compost, no nitrogen), C10N100 (10 t / ha compost , 100 kg / ha of pure nitrogen), C10N200 (10 t / ha of compost, 200 kg / ha of pure nitrogen), C20N0 (20 t / ha of compost, without nitrogen), C20N100 (20 t / ha of compost, 100 kg / ha of nitrogen Pure), C20N200 (20 tons per hectare of compost, 200 kg per hectare of pure nitrogen)



شکل ۲- اثر متقابل کمپوست پسماند شهری (C) و نیتروژن (N) بر غلظت نیترات محصول اسفناج

CON0 (شاهد)، CON100 (بدون کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، CON200 (بدون کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C10N0 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، بدون نیتروژن)، C10N100 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C10N200 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C20N0 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، بدون نیتروژن)، C20N100 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C20N200 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)

Figure 2- Interaction between municipal solid waste compost (C) and nitrogen (N) on spinach nitrate

CON0 (control), CON100 (no compost, 100 kg / ha pure nitrogen), CON200 (no compost, 200 kg / ha pure nitrogen), C10N0 (10 t / ha compost, no nitrogen), C10N100 (10 t / ha compost , 100 kg / ha of pure nitrogen), C10N200 (10 t / ha of compost, 200 kg / ha of pure nitrogen), C20N0 (20 t / ha of compost, without nitrogen), C20N100 (20 t / ha of compost, 100 kg / ha of nitrogen Pure), C20N200 (20 tons per hectare of compost, 200 kg per hectare of pure nitrogen)

همچنین بین محتوای نیترات اسفناج و مقدار مصرف نیتروژن نیز همبستگی مثبت معنی‌دار ($P < 0.01$) وجود داشت که معادله رگرسیون آن خطی با ضریب تبیین 0.98 بود (رابطه ۲، شکل ۴).

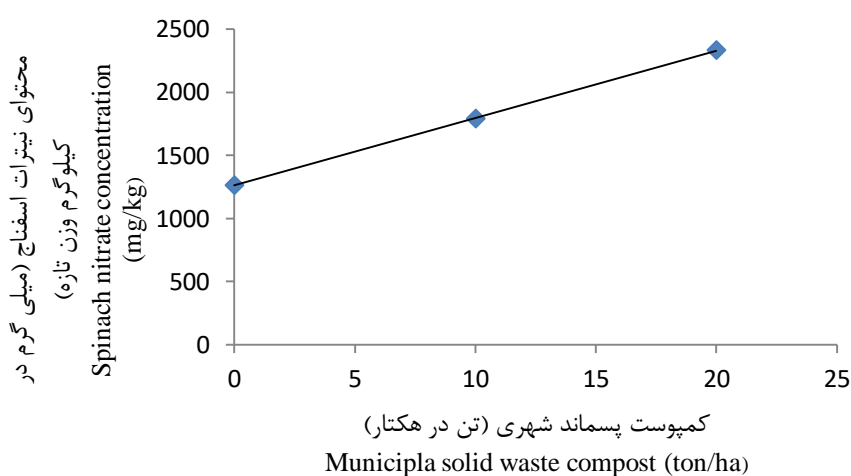
$$Y = 7.64 X + 1032 \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه، Y غلظت نیترات اسفناج بر حسب میلی‌گرم در لیتر و X مقدار مصرف نیتروژن خالص مصرفی بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

بین محتوای نیترات اسفناج و مقدار مصرف کمپوست پسماند شهری همبستگی مثبت معنی‌دار ($P < 0.01$) وجود داشت که معادله رگرسیون آن از نوع خطی با ضریب تبیین یک بود (رابطه ۱، شکل ۳).

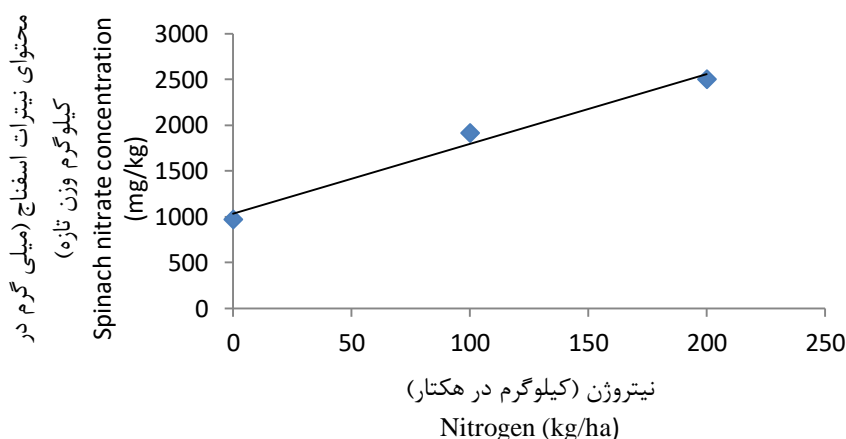
$$Y = 53.5 X + 1261 \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه Y غلظت نیترات اسفناج بر حسب میلی‌گرم در لیتر و X مقدار مصرف کمپوست پسماند شهری بر حسب تن در هکتار در خاک می‌باشد.



شکل ۳- رگرسیون بین غلظت نیترات اسفناج با مصرف کمپوست پسماند شهری

Figure 3- Regression between spinach nitrate concentration and municipal solid waste compost application



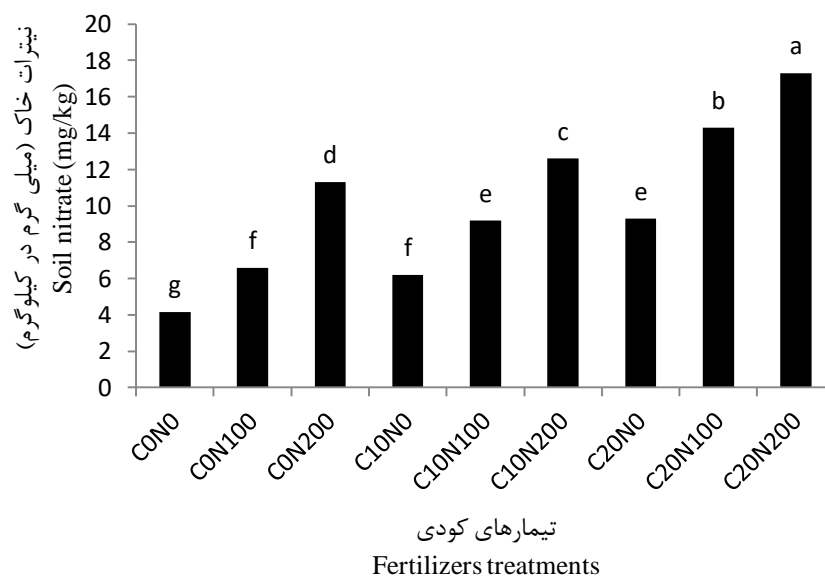
شکل ۴- رگرسیون غلظت نیترات اسفناج با مصرف نیتروژن

Figure 4- Regression between spinach nitrate concentration and nitrogen application

محتوای نیترات خاک

مقایسه میانگین صفت غلظت نیترات خاک در تیمارهای مختلف نشان داد که بیشترین میزان نیترات خاک (۱۷/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم) از تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد که ۳۱۶ درصد بیشتر از غلظت نیترات تیمار شاهد (بدون کمپوست پسماند شهری و نیتروژن) بود (شکل ۵). یکی از مهمترین پارامترهای که رشد گیاهان را در مناطق

خشک تحت تأثیر قرار می دهد نیتروژن خاک است. بخشی از نیتروژن که توسط گیاهان قابل جذب است فرم معدنی نیتروژن است. از بین فرم های معدنی نیتروژن، نیتروژن نیتراتی از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج پژوهش ها نشان می دهد اگر کمپوست استفاده شده به خوبی فرآوری شده باشد، کاربرد آن موجب افزایش فرم قابل جذب نیتروژن در خاک می گردد (Sullivan et al., 2005).



شکل ۵- اثر متقابل کمپوست پسماند شهری (C) و نیتروژن (N) بر غلظت نیترات خاک

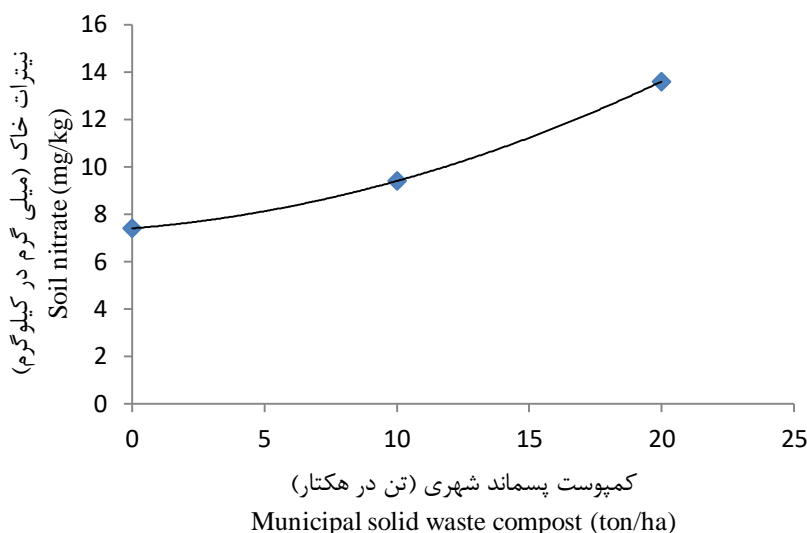
CON0 (شاهد)، CON100 (بدون کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، CON200 (بدون کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C10N0 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، بدون نیتروژن)، C10N100 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C10N200 (۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C20N0 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، بدون نیتروژن)، C20N100 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، C20N200 (۲۰ تن در هکتار کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)

Figure 5- Interaction between municipal solid waste compost (C) and nitrogen (N) on soil nitrate concentration
 CON0 (control), CON100 (no compost, 100 kg / ha pure nitrogen), CON200 (no compost, 200 kg / ha pure nitrogen), C10N0 (10 t / ha compost, no nitrogen), C10N100 (10 t / ha compost, 100 kg / ha of pure nitrogen), C10N200 (10 t / ha of compost, 200 kg / ha of pure nitrogen), C20N0 (20 t / ha of compost, without nitrogen), C20N100 (20 t / ha of compost, 100 kg / ha of (nitrogen Pure), C20N200 (20 tons per hectare of compost, 200 kg per hectare of pure nitrogen)

$$Y = 0.0011X^2 + 0.09X + 7.4 \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه فوق، Y غلظت نیترات خاک بر حسب میلی گرم در لیتر و X مقدار مصرف کمپوست پسماند شهری بر حسب تن در هکتار در خاک می باشد.

بین محتوای نیترات خاک و سطوح مصرف کمپوست پسماند شهری همبستگی مثبت معنی دار ($P < 0.01$) وجود داشت که معادله رگرسیون آن از نوع درجه دو با ضریب تبیین یک بود. (رابطه ۳، شکل ۶).



شکل ۶-رگرسیون بین نیترات خاک با مصرف کمپوست پسماند شهری در خاک

Figure 5-Regression of soil nitrate concentration with municipal solid waste compost application

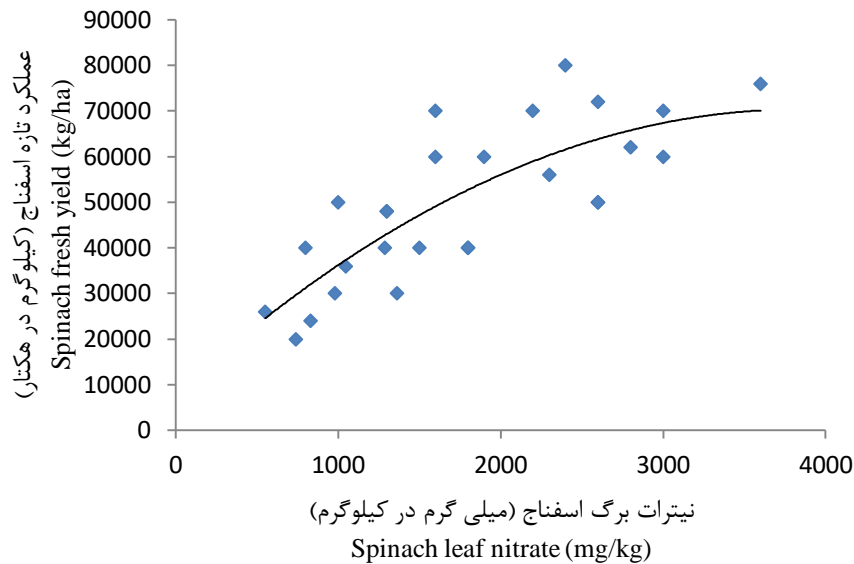
نیترات محصول (Y) نیز با نیترات خاک (X) دارای رابطه رگرسیونی از نوع خطی با ضریب تبیین ۰/۸۸ بود (رابطه ۶، شکل ۹). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بین غلظت نیترات در محیط و مقدار تجمع نیترات گیاهی رابطه مستقیمی وجود دارد و مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر تجمع نیترات مقدار یون نیترات قابل‌دسترس گیاهی می‌باشد، بدیهی است که هرچه غلظت نیترات محیط ریشه بیشتر باشد، جذب نیترات توسط ریشه نیز بیشتر خواهد بود و نهایتاً موجب انباشت نیترات در گیاه خواهد شد (Darnell & Stutte, 2001). نتایج پژوهش دیگر نیز نشان داد که بین نیترات محصول اسفناج (Y) نیز با نیترات خاک (X) همبستگی مثبت وجود دارد. این همبستگی از مدل رگرسیونی با معادله خطی $Y = 7.64X - 214$ پیروی می‌کرد. نتایج یک تحقیق دیگر که مقادیر مختلف نیتروژن را از صفر تا ۰/۶ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک مطالعه کرده بود نشان داد که با افزایش غلظت نیترات محیط ریشه، نیترات برگ اسفناج از ۱/۳۶ میکرومول نیترات در کیلوگرم وزن تازه اسفناج در تیمار صفر نیتروژن خاک به ۴۶/۱۷ میکرومول نیترات در کیلوگرم وزن تازه اسفناج در تیمار ۰/۶ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک رسید (Chen et al., 2004).

رگرسیون بین عملکرد اسفناج با محتوای نیترات خاک و محصول اسفناج نتایج نشان داد که بین عملکرد محصول اسفناج (Y) به عنوان متغیر وابسته و غلظت نیترات برگ (X) به عنوان متغیر مستقل رابطه رگرسیونی وجود دارد که این رابطه از معادله درجه دو با ضریب تبیین ۰/۶۳ پیروی می‌کرد (رابطه ۴، شکل ۷). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که میزان جذب نیترات معمولاً در گیاهان، به‌ویژه سبزی‌های برگ‌ی بالاست و زمانی‌که نیترات به میزان بالایی در محیط موجود است جذب آن به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Nazari Mamaghani & Tabatabai, 2016). مقادیر اضافی نیترات که به پروتئین تبدیل نشده‌اند، در واکوئل‌های گیاه انباشته می‌شوند و موجب بالا رفتن غلظت نیترات گیاه می‌شوند (Wang et al., 2002). همچنین عملکرد محصول (Y) با نیترات خاک (X) هم رابطه رگرسیونی داشت که از مدل درجه دو با ضریب تبیین ۰/۷۴ پیروی می‌کرد (رابطه ۵، شکل ۸). نتایج یک تحقیق که مقادیر مختلف نیتروژن را از صفر تا ۰/۶ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک مطالعه کرده بود، نشان داد که با افزایش غلظت نیترات محیط ریشه عملکرد اسفناج به صورت نمایی افزایش می‌یابد (Chena et al., 2004).

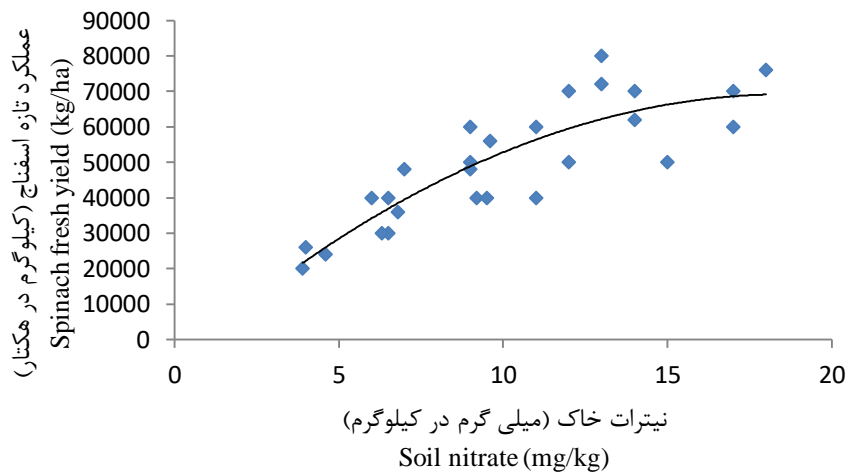
$Y = 218X^2 + 8145X - 6809$ رابطه ۵

$Y = 0.0047X + 1.78$ رابطه ۶

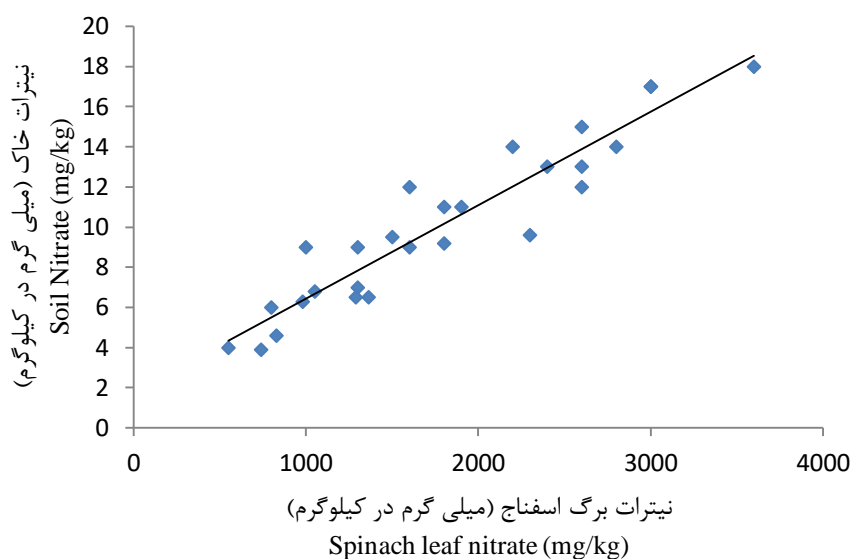
$Y = 0.0042X^2 + 32.5X + 7919$ رابطه ۴



شکل ۷- رگرسیون بین عملکرد محصول اسفناج با غلظت نیترات برگ
Figure 7- Regression of spinach yield with leaf nitrate concentration



شکل ۸- رگرسیون بین عملکرد محصول اسفناج با غلظت نیترات خاک
Figure 8- Regression of spinach yield with soil nitrate concentration



شکل ۹- رگرسیون بین نیترات اسفناج با نیترات خاک

Figure 9- Regression of spinach nitrate with soil nitrate concentration

مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه با ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن برای یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی تنها ۸۱ گرم در روز و برای یک کودک ۲۸ گرم در روز می‌باشد. طبق تحقیقات صورت گرفته حدود ۸۰ درصد از نیتراتی که وارد بدن انسان می‌شود از طریق سبزی‌ها و میوه‌ها است. اگرچه نیترات به تنهایی یک ماده سمی برای انسان محسوب نمی‌شود اما پس از ورود به بدن توسط جمعیت میکروبی ساکن در روده‌ها به نیتريت که سمی و سرطان‌زا است تبدیل و جذب می‌شود (Sindelar & Milkowski, 2013). علاوه بر این، افزایش نیترات باعث تجمع اگزالات در سبزی‌های برگی نظیر اسفناج می‌شود. این ماده با عناصر معدنی زیادی مانند کلسیم، آهن، منیزیم و مس نمک‌های نامحلول اگزالات تشکیل می‌دهد که موجب بروز کمبود عناصر مذکور و افزایش خطر تشکیل سنگ‌های کلیه می‌شود (Zhang *et al.*, 2005). بنابراین در راستای حفظ سلامت جامعه مصرف کننده تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌گردد.

ارزیابی خطرپذیری نیترات برای مصرف کننده باتوجه به رهنمود سازمان بهداشت جهانی که حد مجاز مصرف روزانه نیترات برای انسان را کمتر از ۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن مشخص کرده است (Human Health Fact Sheet, 2005) و متوسط غلظت نیترات در تیمارهای مختلف مورد مطالعه، حداکثر مقدار مصرف مجاز روزانه اسفناج در هر تیمار برای یک فرد بالغ به وزن ۷۰ کیلوگرم و یک کودک به وزن ۲۵ کیلوگرم، برای پیشگیری از مصرف بیش از حد نیترات و خطر آن محاسبه شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در تیمار مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۱۰ تن در هکتار همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، میزان نیترات محصول اسفناج ۱۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که کمتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی ایران است. حداکثر مجاز مصرف روزانه اسفناج این تیمار برای فرد بالغ ۱۳۷ گرم و برای کودک ۴۷ گرم محاسبه شد. مقادیر مصرف بیش از این مقدار موجب به خطر افتادن سلامتی این افراد خواهد شد. این در حالی است که حداکثر مجاز مصرف اسفناج تیمار

جدول ۳- حداکثر مجاز مصرف اسفناج تحت تأثیر کمپوست و سطوح نیتروژن برای فرد بالغ و کودک بر اساس

استاندارد ملی ایران

Table 3- Maximum allowable spinach consumption of different fertilizer treatments for adult and child based on Iranian national standard

تیمار Treatment	محتوای نیترات اسفناج (میلی گرم در کیلوگرم) Spinach nitrate content(mg/kg)	حداکثر میزان مجاز جذب روزانه نیترات در بزرگسالان (میلی گرم در روز) Maximum allowable daily intake of nitrate in adult body(mg/day)	حداکثر میزان مجاز جذب روزانه نیترات در کودکان (میلی گرم در روز) Maximum allowable daily intake of nitrate in child body(mg/day)	حداکثر میزان مصرف اسفناج در بزرگسالان (گرم در روز) Maximum consumption of adult spinach(g/day)	حداکثر میزان مصرف اسفناج در کودکان (گرم در روز) Maximum consumption of child spinach(g/day)
بدون کمپوست و نیتروژن CON0	706	260	90	368	127
بدون کمپوست + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن CON100	1317	260	90	197	68
بدون کمپوست + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن CON200	1766	260	90	147	51
بدون نیتروژن + ۱۰ تن در هکتار کمپوست C10N0	943	260	90	276	95
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۱۰ تن در هکتار کمپوست C10N100	1900	260	90	137	47
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۱۰ تن در هکتار کمپوست C10N200	2533	260	90	103	36
بدون نیتروژن + ۲۰ تن در هکتار کمپوست C20N0	1266	260	90	205	71
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲۰ تن در هکتار کمپوست C20N100	2533	260	90	103	36
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲۰ تن در هکتار کمپوست C20N200	3200	260	90	81	28

نتیجه‌گیری کلی

کمپوست پسماند شهری و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

نتایج این پژوهش، بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی " بررسی و تعیین اثرات کمپوست زباله و نیتروژن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و خصوصیات کمی و کیفی اسفناج " مصوب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که بدین‌وسیله از موسسه

نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط خاک‌های مشابه محل اجرای این پژوهش، مصرف بیش از ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و مصرف بیش از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص موجب افزایش بیش از حد مجاز نیترات در اسفناج و افزایش خطر برای مصرف‌کننده می‌گردد. بنابراین برای تولید اسفناج با رعایت حداکثر مجاز غلظت نیترات، مصرف ۱۰ تن در هکتار

تهران برای فراهم آوردن امکانات اجرای این پژوهش
قدردانی می‌گردد.

تحقیقات خاک و آب و سازمان تحقیقات، آموزش و
ترویج کشاورزی تشکر می‌گردد. همچنین از مرکز
تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

References

- Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J. P., Dogliotti, E. & Domenico, A. (2008). Nitrate in vegetables: Scientific opinion of the panel on contaminants in food chain. *The EFSA Journal*. 689,1-79.
- Aliehyaie, M. & Behbahani Zadeh, A.A. (1992). *Methods of chemical analysis of soil and water (Vol. I)*.(Technical Bulletin 893). Ministry of Agriculture Jihad. Soil and Water Research Institute. (In Farsi)
- Badran, F. S. & Safwat. M. S. (2004). Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 82, 247-256.
- Barnes D. G., & Dourson, M. (1988). Reference Dose (RfD): Description and use in health risk assessments. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 8, 471-486.
- Chena, B., Wang, Z., Li, S & Wang, G. (2004). Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science*. 167, 635-643
- Darnell, R.L. & Stutte, G.W. (2001). Nitrite concentration effects on NO₃-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 126(5), 560-563.
- Dordas, C. A. & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*. 27(1), 75-85.
- Esfandiari Bayat, A., Eftekhari, S.A. & Heidari, M. (2013). Effect of nitrogen on nitrate accumulation and nitrate reductase enzyme in some spinach populations of Iran. *Journal of plant Productions*. (37) 1, 22-32
- Fallah Mortezaei Nejad Layalestani, M. Peyvast, G., Olfati, J. & Sumak Mohammadi, B. (2011). *The effect of conventional and organic fertilizer (municipal waste compost) on growth, yield and quality of spinach (Spinacia oleracea L.)*. Master's thesis, University of Guilan, Rasht, Iran, (In Farsi).
- Fallah Mortezaezhad S.M., Peyvast, Gh.A, Olfati J.A. & Sammak, B. (2014). Effects of chemical and organic fertilizers on yield and nitrate accumulation in spinach (*Spinacia oleracea L.*). *Journal of Plant Production Research*. 21(1), 49-68, (In Farsi).
- Ghalavand, A., Hamidi, A., Malakooti, M. G., Asgharzadeh, A. & Chogun. R. (2007). Application of biofertilizers. *Proceeding of the 9th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*, 27-29 August, Karaj, Iran. 200-225, (In Farsi).
- Gheshlaghe, Z., Khorasane, R., Haghnia, G.H., & Kafe, M. (2015). The effect of nitrate concentration and harvest time on the concentration of iron, zinc, copper, potassium and nitrate reductase activity in lettuce and spinach. *Journal of Crop Production and Processing*, 16(5), 315-330.
- Imami, A. (1995). *Plant chemical analysis Procedures (Volume I)*,(Technical Report No. 982). Ministry of Agricultural Jihad, Soil and Water Research Institute. (In Farsi)
- Imani, M.R. (2012). The effect of fall planting and cultivation methods on yield and yield components spinach Varamin

88. *Journal of Seed and Seedlings*. (4): 449-457
- Iranian national standardization organization, (2013). *Maximum level of nitrate in agricultural products*. Standard No. 16596.
 - Jillian, M. & Dousti, F. (2010). Study of nitrate accumulation in potato and tomato products. *Journal of Environmental Studies*. 50, 62-71
 - Kawazu Okimura, Y. M., Ishii, T., & Yui, S. (2003). Varietals and seasonal difference in oxalate content of spinach. *Scientia Horticulturae*. 97, 203-210.
 - Keshavarz, P. (2013). Management Strategies to Increase Nitrogen Efficiency in Agriculture. *Journal of Land Management*, (1)1, 47-53. (In Farsi).
 - Khoshgoftarmanesh, A.H & Kahbasia, M. (2000). Effect of municipal waste leach ate on soil properties and growth and yield of rice. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 33, 2011-2020.
 - Kiani, Sh. & Gheytsi, M. (2016). Evaluation of nitrate and nitrite accumulation in vegetables exposed on ShahreKord's markets. *Journal of Food Hygiene* 5(4), 67-79. (In Farsi).
 - Kladvko, E.J., Frankenberger, J.R., Jaynes, D.B., Meek, D.W., Jenkinson, B.J. & Fausey, N.R. (2004). Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. *Journal of Environmental Quality*. 33(5), 1803-1813.
 - Malakouti M. J. (1996). *Sustainable Agriculture and Yield Increase through Balanced Fertilization*. Ministry of Agriculture Press. Karaj, Iran, 350p. (In Farsi)
 - Malakouti, M. J., Bybordi A., & Tabatabaei S. J. (2004). *Balanced Fertilization of Vegetable Crops: An Approach to Enhance the Yield and Quality of Vegetables, Reduce Contaminants and Improve Human Health*. Ministry of Jihad-e-Agriculture Press, Tehran, Iran, 338p. (In Farsi).
 - Malakouti, M.J., Ladan, S. & Tabatabaee S.J. (2013). *Nitrate in leafy vegetables: Toxicity and safety measures*. In: Umar S., Anjum N.A., & Khan N.A. (Ed.), *Content in the edible parts of vegetables: Origin, safety, toxicity limits and the prevalence of cancer in Iran*. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi, India. pp. 93-122.
 - Menard, C., Heraud, F., Volatier, J. L. & Leblanc, J.C. (2008). Assessment of dietary exposure of nitrate and nitrite in France. *Food Additives and Contaminants*. 25(8), 971-988.
 - Moafpourian, Gh., Moradi, H. & Tedin, M. (2009). Effect of different amounts of urea fertilizer on the performance and accumulation of nitrate in the organs consumed by spinach. *11th Iranian Soil Science Congress*.
 - Nazari Mamaghani, H & Tabatabai, S. J. (2016). Effect of urea and nickel on growth, nitrate concentration and mineral elements of lettuce in Sياهو cultivar in Aqueduct. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Technology)*. 69. (30): 79-86
 - Ramadass, K & Palaniyandi, S. (2007). Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. *Archives of Argonomy and Soil Science*. 53: 497-506.
 - Rezaei, H. (2012). A review of research on the application of animal husbandry in agricultural soil of Iran. *Scientific Journal of Land Management*. (1), 68-55
 - Sadeghi, E, Hashemian, A, Mohammadi, M, Bohlouli, Oskoi S, Meskini H, & Mohammadi, R. (2013). Study on the effect of boiling and freezing process on nitrate and nitrite levels in abundant consumed vegetables. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 8(3), 201-208, (In Farsi).
 - Sadeghi, E., Sharafi, K., Almasi, A., Dayhim, M., Azizi, E. & Ghayebzadeh, M. (2015). Study on the nitrite and nitrate levels changes by drying and frying. *Iran. Journal of. Health and Environment*.

- 7(4), 491-98, (In Farsi).
- Sadeghipourourvi, M. (2014). Effect of different amounts of animal and Nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of spinach, *Applied Crop Researh*. (28), 108.53-63. (In Farsi).
 - Seilsepour, M & momayezi, M. (2004). *Nitrogen management in vegetables*. Marze Danesh Press. Tehran. Iran.
 - Seilsepour, M. (2018) Field Evaluation of municipal solid waste compost and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of varamin cotton cultivar. *Iranian cotton research journal*. (6) 2, 95-116. (In Farsi).
 - Sharma, R.K, Agrawal, M, & Marshall, F.M. (2006). Heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*. 77, 312-318.
 - Sharma, A. K. (2003). *Biofertilizer for sustainable agriculture*. Agrobios Publication, India.
 - Sindelar, J.J. & Milkowski, A.L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*. 26(4), 259-66.
 - Soumare, M., Tack, F., & Verloo, M. (2003). Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste Management*. 23, 517-522.
 - Sullivan, D. M., Bary, A. I., Thomas, D. R., Fransen, S. C. & Cogger, C. G. (2002). Food waste compost effect on fertilizer nitrogen effectively, available nitrogen and tall fescue yield. *Soil Science Society of American Journal*. 66, 154-161.
 - Tabandeh, L. & Safarzadeh Shirazi, S. (2017). Investigation of nitrate accumulation and its effective factors on some leafy vegetables in Zanjan. *Soil Science Resaerches*, 32 (25), 212-226, (In Farsi).
 - USEPA. (2000). *Risk-based concentration table*. Office of Health and *Environmental Assessment*, Washington, DC, USA.
 - Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz & A. Kocowicz. (2007). Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*. 39, 1294-1302.
 - Wang Z. H., Zong Z. Q., Li, S. X., and Chen, B. M. (2002), Nitrate accumulation in vegetables and its residual in vegetable fields. *Environment Science*. 23: 79-83.
 - Zhang Y, Lin X, Zhang Y, Zhang S.J. & Du. S. (2005). Effects of nitrogen levels and nitrate/ammonium ratio on oxalate concentration of different forms in edible parts of spinach.. *Journal of Plant Nutrition*. 28(11), 2011-25.
 - Warman, P.R., Murphy, C., Burnham, J. & Eaton, L. (2004). Soil and plant response to MSW compost applications on lowbush blueberry fields in 2000 & 2001. *Small Fruit Review*. 3, 19-31.
 - Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E. & Bittner, E. (2006). A fouryear study on influence of biosolids cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Science Utility*. 14 (1), 68-80.
 - Zheljakov, V., Astatkie, T., Caldwell, C.D., MacLeod, J. & Grimmett, M. (2006). Compost, manure, and gypsum application to timothy/red clover forge. *Journal of Environment Quality*. 35, 2410-2418.