19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

تأثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت کشت نیشکر

اکبر کریمی[1*]، الهام زنگنه یوسف‌آبادی[2]، حسین نوروزی[3]، شعبان زارعی[4]

۱- محقق گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران
*نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: akbar.karimi84@yahoo.com
۲- محقق گروه تحقیقات آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران
۳- مدیر گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران
۴- معاونت تحقیقات و پایش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران

چکیده

استفاده از اصلاح کننده‌های آلی خاک مانند کمپوست، می‌تواند در بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک و فراهمی عناصر غذایی برای گیاه مؤثر باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست تهیه شده از بقایای نیشکر بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت کشت نیشکر واریته CP69-1062 انجام شد. این پژوهش در شرایط مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل ۱- شاهد، ۲- کاربرد کمپوست در سطح ۱۵ تن در هکتار، ۳- کاربرد کمپوست در سطح ۳۰ تن در هکتار و ۳- کاربرد کمپوست در سطح ۴۵ تن در هکتار و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای کمپوست قبل از کشت نیشکر به خاک اضافه شدند. نه ماه پس از اعمال تیمارها ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل pH، هدایت الکتریکی (EC)، کربن آلی، فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل دسترس خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد کاربرد سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست سبب کاهش pH و افزایش معنی‌دار کربن آلی و غلظت قابل دسترس فسفر و پتاسیم در خاک شدند. بیش‌ترین افزایش کربن آلی و فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک مربوط به تیمار ۴۵ تن در هکتار بود. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست کمپوست می‌تواند در بهبود کربن آلی و افزایش فراهمی فسفر و پتاسیم برای نیشکر مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: بقایای نیشکر، ماده آلی، فراهمی عناصر غذایی

مقدمه

کم بودن ماده آلی یکی از چالش‌های اصلی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، که پیامدهای منفی بر حاصلخیزی خاک و عملکرد گیاهان در دارد. توجه به مدیریت مواد آلی، افزون بر بهبود کیفیت و حاصلخیزی خاک، سبب کاهش تصاعد کربن آلی به اتمسفر و پیامدهای نامطلوب ناشی از آن می‌شود (Karimi et al., 2020). در ایران جوان بودن خاک‌ها (عدم تکامل پروفیلی و عمق کم)، و سایر عوامل از جمله شوری، کربنات کلسیم زیاد، فراهمی کم عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک‌ها بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر منفی گذاشته و مقدار ذخیره کربن آلی خاک ها را کاهش داده است (Moshiri et al., 2017). کاربرد کمپوست به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی خاک می‌تواند ویژگی‌های شیمیایی و فراهمی عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار داده و به‌دنبال آن در بهبود رشد و عملکرد گیاهان مؤثر باشد (Lemming et al., 2019; Borges et al., 2019).

کاربرد کمپوست در خاک با توجه به ویژگی‌های آن و نوع خاک، می‌تواند وضعیت عناصر غذایی خاک و فراهمی آن‌ها برای گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. کمپوست فرآورده حاصل از تجزیه زیستی زیست‌توده‌های آلی در شرایط هوازی است که در مقایسه با زیست‌توده آن پایداری بالاتری در خاک دارد (Yang et al., 2024). Estrada-Bonilla و همکاران (۲۰۲۱) با انجام مطالعه‌ای در برزیل تأثیر کاربرد کمپوست بر فراهمی عناصر غذایی در خاک تحت کشت نیشکر را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد کاربرد کمپوست سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک شد.

در کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان سالانه مقادیر زیادی بقایای نیشکر تولید می‌شود که فرآوری این بقایای گیاهی و تبدیل آن‌ها به کمپوست یکی از راهکارهای مدیریت بقایای نیشکر می‌باشد. از طرف دیگر تعیین مقدار بهینه کاربرد کمپوست در مزارع نیشکر با توجه به ویژگی‌های کمپوست و خاک می‌تواند در مدیریت کاربرد کمپوست مؤثر باشد. بنابراین این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست تهیه شده از بقایای برداشت سبز نیشکر (۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار) بر ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت کشت نیشکر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرایط مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات نیشکر خوزستان، واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی اهواز انجام شد. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل ۱- شاهد (بدون کاربرد کمپوست)، ۲- کاربرد کمپوست بقایای نیشکر در سطح ۱۵ تن در هکتار، ۳- کاربرد کمپوست بقایای نیشکر در سطح ۳۰ تن در هکتار و ۴- کاربرد کمپوست بقایای نیشکر در سطح ۴۵ تن در هکتار و در سه تکرار (در مجموع ۱۲ کرت آزمایشی) انجام شد. کمپوست بقایای برداشت سبز نیشکر در سایت تولید کمپوست نیشکر کشت و صنعت حکیم فارابی تولید شد و ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های کمپوست مورد استفاده در این پژوهش

ویژگی (واحد)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	کربن (C) ()	نیتروژن (N) (٪)	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	فسفر (P) (٪)	پتاسیم (K) (٪)
مقدار	۶/۸۲	۳/۳۸	۲۶/۱	۱/۱۲	۲۳/۳	۱/۰۸	۲/۳۴

قبل از انجام آزمایش نمونه‌برداری اولیه خاک از مزرعه محل انجام آزمایش به‌روش مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و کوبیدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و با ترکیب شدن زیرنمونه‌ها یک نمونه خاک مرکب تهیه شده و ویژگی‌های خاک در سه تکرار اندازه‌گیری شدند (Carter and Gregorich, 2008) که نتایج آن در جدول (۲) آمده است. خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم رسی، کربن آلی کم و کربنات کلسیم زیاد بود.

اندازه هر کرت آزمایشی ۲۷/۵ مترمربع (۵/۵×۵ متر) بود. تیمارهای سطوح مختلف کمپوست قبل از کشت قلمه نیشکر، اعمال شدند. پس از اعمال تیمارهای کمپوست، کشت نیشکر واریته CP69-1062 به‌صورت دوردیفه در کف جویچه انجام شد. کوددهی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	بافت خاک	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل خاک ($g\ kg^{-1}$)	کربنات کلسیم معادل (%)	غلظت قابل دسترس	
							فسفر ($g\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($g\ kg^{-1}$)
مقدار	لوم رسی	۷/۸۲	۲/۵۶	۰/۴۲	۰/۵۱	۴۶/۵	۵/۲۴	۱۲۴/۵

در این پژوهش، جهت ارزیابی و مقایسه سطوح مختلف کاربرد کمپوست، در زمان نه ماه پس از اعمال تیمارها و کشت قلمه نیشکر (ابتدای دوره رشد سریع نیشکر) نمونه‌برداری خاک به‌صورت مرکب (ترکیب ۵ نمونه ساده) انجام شد. جهت نمونه‌برداری خاک از هر کرت آزمایشی ۵ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری بر اساس روش استاندارد، تهیه شد. در نمونه‌های خاک تهیه شده، pH و هدایت الکتریکی (EC) (در عصاره گل اشباع)، غلظت فسفر قابل دسترس خاک به‌روش و غلظت پتاسیم قابل دسترس خاک در هر یک از تیمارهای آزمایشی، اندازه‌گیری شد (Carter and Gregorich, 2008).
آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار کمپوست بر pH، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک معنی‌دار بود اما اثر آن بر هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد تیمارهای کمپوست، pH خاک تا حدی (۰/۰۹ تا ۰/۲۱ واحد) ولی به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۱). کاهش pH خاک در تیمارهای کاربرد کمپوست (۳۰ و ۴۵ تن در هکتار) می‌تواند به این دلیل باشد که در اثر اکسیداسیون و تجزیه مولکول‌های آلی کوچک کمپوست، کربن آلی محلول خاک افزایش یافته و به‌دنبال آن افزایش فعالیت میکروبی و تولید اسیدهای آلی، سبب کاهش pH خاک در تیمارهای کاربرد کمپوست شده باشد.

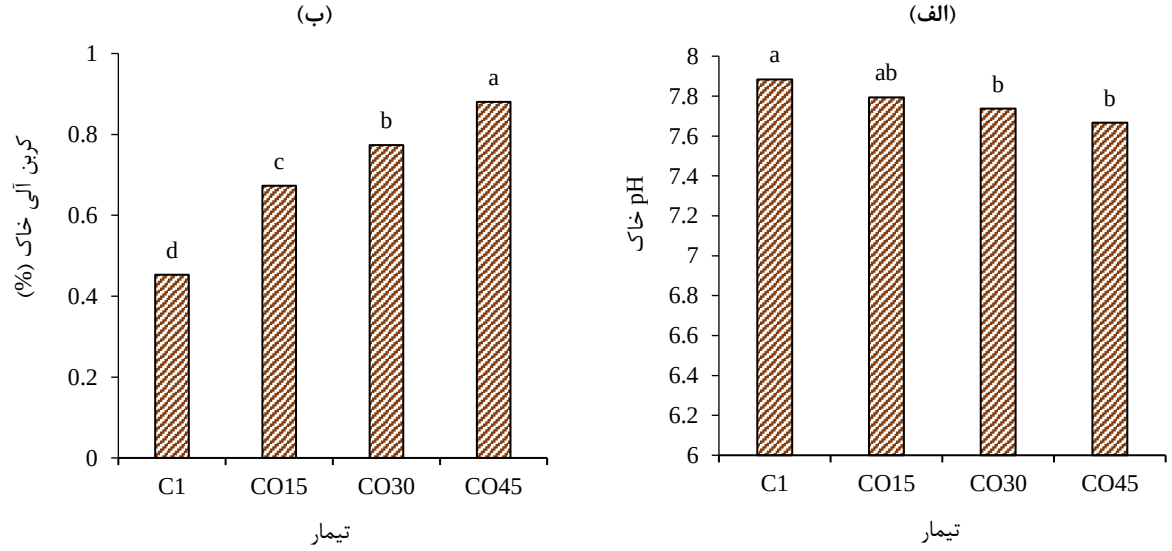
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارها بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		pH	EC	کربن آلی	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس
بلوک	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۹۸/۶^{ns}
تیمار	۳	۰/۰۲۵**	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۱۱۱**	۵۳/۲**	۱۳۰۰/۷*
خطا	۶	۰/۰۲	۰/۰۷۵	۰/۰۰۲	۰/۰۱۷	۵۱/۹
ضریب تغییرات (٪)		۱/۶۳	۱۰/۳	۵/۷	۷/۸	۶/۷

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کربن آلی خاک در همه سطوح کاربرد کمپوست به‌طور معنی‌داری بیش‌تر (۱/۴۸-۱/۹۶ برابر) از تیمار شاهد بود (شکل ۴-۳). افزایش کربن آلی خاک در اثر کاربرد سطوح مختلف کمپوست را می‌توان به مقدار نسبتاً زیاد کربن آلی کمپوست (جدول ۱) و اضافه شدن آن به خاک نسبت داد. افزایش کربن آلی خاک در تیمارهای کاربرد کمپوست به‌دلیل تأثیرپذیری از کربن کمپوست است، به‌طوری که بخشی از کربن آلی موجود در کمپوست به ذخیره کربن در خاک پیوسته و سبب افزایش سطح کربن آلی خاک خواهد شد و بخشی دیگر از آن پس از افزوده شدن به خاک اکسید می‌شود (Harindintwali et al., 2021).

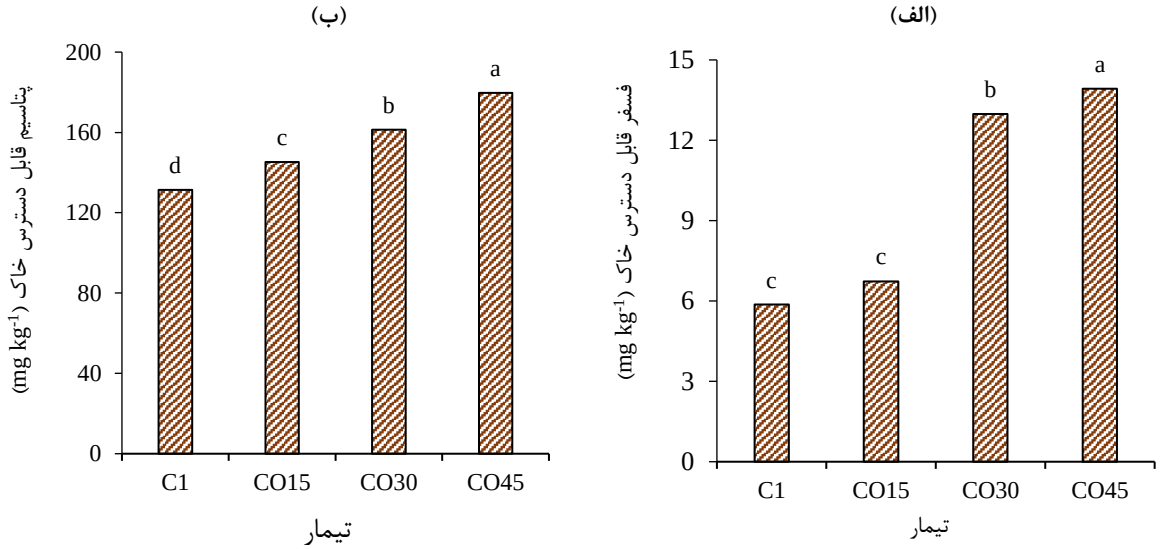
نتایج نشان داد در تیمارهای کاربرد ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست، غلظت فسفر قابل دسترس خاک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۲). همچنین در اثر کاربرد هر سه تیمار کمپوست پتاسیم قابل دسترس خاک به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۲). به‌طوری که در تیمارهای کاربرد ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کمپوست، غلظت پتاسیم قابل دسترس خاک به‌ترتیب ۲۲/۸ و ۳۶/۸ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۲). نتایج مقایسه تیمارهای کمپوست نشان داد اختلاف غلظت فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک در سه سطح کاربرد کمپوست معنی‌دار بود و بیش‌ترین غلظت قابل دسترس این دو عنصر غذایی مربوط به تیمار کاربرد کمپوست در سطح ۴۵ تن در هکتار بود (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین pH (الف) و کربن آلی (ب) خاک در تیمارهای مختلف

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) ندارند.

C، CO_{15}، CO_{30}،CO_{45}: به‌ترتیب شاهد (بدون کاربرد کمپوست) و کاربرد کمپوست در سطح ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار



شکل ۲- مقایسه میانگین فسفر (الف) و پتاسیم (ب) قابل دسترس خاک در تیمارهای مختلف

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) ندارند.

C، CO_{15}، CO_{30}،CO_{45}: به‌ترتیب شاهد (بدون کاربرد کمپوست) و کاربرد کمپوست در سطح ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار

به‌طور کلی نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت و چشم‌گیر کاربرد کمپوست (CO_{30} و CO_{45}) در افزایش فراهمی فسفر در خاک بود. این نتیجه می‌تواند به این دلیل باشد که مولکول‌های آلی کمپوست می‌توانند به‌طور اختصاصی توسط مواد معدنی خاک

جذب شوند و با فسفر برای مکان‌های جذب رقابت کنند. افزون بر این اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم حاصل از تجزیه کمپوست، می‌توانند از طریق ایجاد کلات با کلسیم، از تثبیت فسفر به شکل غیر قابل دسترس جلوگیری کنند (Nobile et al., 2020; Mengmeng et al., 2021). همچنین آزاد شدن فسفر و پتاسیم از کمپوست و اضافه شدن آن‌ها به خاک می‌تواند از جمله دلایل افزایش فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک در اثر کاربرد کمپوست باشد. افزایش کربن آلی خاک در اثر کاربرد تیمارهای کمپوست (شکل ۱) و افزایش احتمالی تشکیل اسیدهای آلی و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های حل‌کننده پتاسیم در خاک در اثر کاربرد کمپوست و در نتیجه انحلال ترکیبات نامحلول پتاسیم خاک می‌تواند از دیگر دلایل افزایش پتاسیم قابل دسترس خاک در تیمارهای کاربرد کمپوست باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد کمپوست بر کربن آلی و فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک بود. مقایسه تأثیر سطوح مختلف کاربرد کمپوست بر ویژگی‌های شیمیایی خاک نشان دهنده تأثیر بیش‌تر سطح کاربرد ۴۵ تن در هکتار کمپوست نسبت به سایر تیمارها بود. بر اساس این نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد کمپوست تهیه بقایای برداشت سبز نیشکر، می‌تواند در بهبود ماده آلی خاک و افزایش فراهمی فسفر و پتاسیم برای گیاه در سال اول پس از کاربرد آن مؤثر باشد. بنابراین فرآوری و تولید کمپوست بقایای نیشکر و کاربرد آن در خاک، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک، در کشت و صنعت‌های نیشکر مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

1. Borges, B. M. M. N., Abdala, D. B., de Souza, M. F., Viglio, L. M., Coelho, M. J. A., Pavinato, P. S., and Franco, H. C. J. (2019). Organomineral phosphate fertilizer from sugarcane byproduct and its effects on soil phosphorus availability and sugarcane yield. Geoderma, 339, 20-30.
2. Carter M.R., and Gregorich E.G. 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis (2nd Ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, 1204p.
3. Estrada-Bonilla, G. A., Durrer, A., and Cardoso, E. J. (2021). Use of compost and phosphate-solubilizing bacteria affect sugarcane mineral nutrition, phosphorus availability, and the soil bacterial community. Applied Soil Ecology, 157, 103760.
4. Yang, K., Hu, J., Ren, Y., Zhang, Z., Tang, M., Shang, Z., Zhen, Q., Zheng, J. (2024). Enhancement of soil organic carbon, water use efficiency and maize yield (*Zea mays* L.) in sandy soil through organic amendment (Grass peat) incorporation. Agronomy, 14(2), 353.
5. Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M., and Enayatizamir, N. (2020). Application of biochar changed the status of nutrients and biological activity in a calcareous soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(2), 450-459.
6. Lemming, C., Oberson, A., Magid, J., Bruun, S., Scheutz, C., Frossard, E., and Jensen, L. S. (2019). Residual phosphorus availability after long-term soil application of organic waste. Agriculture Ecosystem and Environment, 270–271, 65–75.
7. Mengmeng, C., Shirong, Z., Lipeng, W., Chao, F., and Xiaodong, D. (2021). Organic fertilization improves the availability and adsorptive capacity of phosphorus in saline-alkaline soils. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(1), 487-496.
8. Moshiri, F., Samavat, S. and Balali, M. R. (2017). Soil organic carbon: A key factor of sustainable agriculture in Iran. Global symposium on soil organic carbon. 21-23, FAO, Rome, Italy.
9. Nobile, C. M., Bravin, M. N., Becquer, T., and Paillat, J. M. (2020). Phosphorus sorption and availability in an andosol after a decade of organic or mineral fertilizer applications: Importance of pH and organic carbon modifications in soil as compared to phosphorus accumulation. Chemosphere, 239, 124709.

Impact of different levels of compost on some chemical attributes of soil under sugarcane cultivation

Akbar Karimi[2], Elham Zanganh-Yusefabadi[2*], Hossein Noroozi[3], Shaban Zarei[4]

1. Researcher, Department of Agronomy, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute, Ahvaz, Iran
*Corresponding Author, Email: akbar.karimi84@yahoo.com
2. Researcher, Department of Irrigation and Drainage, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute, Ahvaz, Iran
3. Director of Department of Agronomy, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute, Ahvaz, Iran
4. Deputy of Agricultural Monitoring and Research, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute, Ahvaz, Iran

Abstract

The application of soil organic amendments such as compost can be effective in improving soil chemical attributes and nutrient availability. The present study aimed to investigating the effect of different levels of sugarcane straw compost application on chemical attributes of soil under sugarcane (cv. CP69-1062) cultivation. This study was carried out under field conditions based on a randomized completely blocks design with four treatments including 1- control, 2- application of sugarcane residue compost at level of 15 ton ha^{-1}, 3- application of compost at level of 30 ton ha^{-1} and 4. application of compost at level of 45 ton ha^{-1} and in three replications. Compost treatments were applied before planting. At the end of the plant growth period, soil pH, EC, organic carbon and soil available P and K were measured. The results indicated that the application of compost (30 and 45 ton ha^{-1}) decreased soil pH and significantly increased the organic carbon and soil available concentration of P and K. In general, the results revealed that the application of compost (at levels of 30 and 45 ton ha^{-1}) can be effective in improving the organic carbon and increasing P and K availability to sugarcane.

Keywords: Sugarcane straw, Organic matter, Nutrient availability