Vol 27, No. 1, Spring 2025

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

The Evaluation of the Effect of Integrated Organic Fertilizer Management Systems on the Quality Traits of Corn Forage and Soil Physico-chemical Indicators

Hassan Ali Pooresmael[1] | Mehdi Dahmardeh[2]✉ | Ahmad Ghanbari[3]

1. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: h.pooresmaiel@uoz.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: a.ghanbari@uoz.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 16 May 2024
Received in revised form
22 December 2024
Accepted 9 January 2025
Published online 5 March 2025

Keywords:
Cereal
Photosynthetically active radiation
Plant residues
Protein yield
Vermicompost

ABSTRACT

Objective: More than 60% of Iran's agricultural land consists of arid and semi-arid soils, which are poor in organic matter and subjected to severe degradation and erosion. Therefore, in order to evaluate the effect of the integrated organic fertilizer management systems on the quality forage of corn, the physicochemical characteristics of the soil and the environment in two stages of growth, an experiment was conducted in the research farm of Zabol University.

Methods: An experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications in the year 2016-17 cropping year. The first factor included 10 organic fertilization levels: (without fertilization, 30% wheat residue, 60% wheat residues, 90% wheat residues, 30% vermicompost, 60% vermicompost, 100% vermicompost, 10% vermicompost + 90% wheat residues, 40% of vermicompost + 60% of wheat residues and 70% vermicompost + 30% of wheat residues) and the second factor of harvesting time were at two levels: (harvest in milky and dough stages). In this study, traits were investigated in three sections including the qualitative characteristics of corn forage (percentage of protein and protein yield, water-soluble carbohydrates), ecological environment characteristics (percentage of volumetric moisture, photosynthetically active radiation, and soil temperature), and physicochemical properties of soil (EC, pH, and soil porosity).

Results: The results of analysis of variance showed that the effect of interaction between harvesting stage and integrated organic fertilizer management systems on water-soluble carbohydrates was significant. Also, the simple effect of harvesting stage and integrated organic fertilizer management system on crude protein and protein yield was significant. The highest crude protein (12.09%) and protein yield (629.51 kg ha^{-1}) were obtained in milk line stage, While the highest crude protein (11.55%) and protein yield (769 kg ha^{-1}) were obtained when applying of 70% vermicompost and 30% of wheat residues. Mean comparisons showed that the highest water-soluble carbohydrates (16.22%) were obtained in the dough stage of grain and under the application of 70% vermicompost and 30% of the wheat residues. The lowest soil temperature (33.64 °C) and the highest percentage of photosynthetically active radiation (81.79%) were observed under the application of 70% vermicompost+ 30% wheat residue, in the milk line and dough stage of corn kernels, respectively. Based on the results, the integrated system of 70% vermicompost+ 30% wheat residues caused a significant decrease in acidity (7.97) and soil electrical conductivity (2.18 ds m^{-1}). Application of 100% vermicompost and integrated system of 70% vermicompost+ 30% residues showed the highest percentage of soil porosity (46%).

Conclusion: In general, according to the results of this research, the integrated system of 70% vermicompost+ 30% plant residues was significantly superior compared to other fertilizer systems. Therefore, it is better to consider the application ratio of vermicompost double that of plant residues in the integrated system. Also, considering the importance of harvesting stage in the digestibility and palatability of forage, the most suitable time to harvest corn forage is the milk line stage of corn kernels.

Cite this article: Pooresmael, H. A., Dahmardeh, M., & Ghanbari, A. (2025). The Evaluation of the Effect of Integrated Organic Fertilizer Management Systems on the Quality Traits of Corn Forage and Soil Physico-chemical Indicators. *Journal of Crops Improvement*, 27 (1), 19-40. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2025.376610.2883

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2025.376610.2883

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی
Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

ارزیابی اثر سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر خصوصیات کیفی علوفه ذرت و شاخص‌های فیزیکوشیمیایی خاک

حسنعلی پوراسماعیل[۱] | مهدی دهمرده[۲]✉ | احمد قنبری[۳]

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: h.pooresmaiel@uoz.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir
۳. گروه زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: a.ghanbari@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

کلیدواژه‌ها:
بقایای گیاهی
تشعشع فعال فتوسنتزی
عملکرد پروتئین
غلات
ورمی‌کمپوست

چکیده

هدف: به‌منظور ارزیابی اثر سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر صفات کیفی ذرت، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و محیط در دو مرحله رشد، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل انجام شد.

روش پژوهش: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل سطوح مختلف سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی در ده سطح (عدم کوددهی، ۳۰ درصد بقایای گندم، ۶۰ درصد بقایای گندم، ۹۰ درصد بقایای گندم، ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۶۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم، ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۶۰ درصد بقایای گندم و ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم) و عامل دوم مرحله برداشت در دو سطح (شیری و خمیری) بودند. در این مطالعه صفات در سه بخش شامل خصوصیات کیفی علوفه ذرت (درصد پروتئین، عملکرد پروتئین و هیدرات‌های کربن محلول در آب)، خصوصیات اکولوژیکی محیط (درصد رطوبت حجمی، تشعشع فعال فتوسنتزی و دمای خاک) و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (هدایت الکتریکی، واکنش و تخلخل خاک) موردبررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: بیش‌ترین درصد پروتئین برگ (۱۱/۵۵ درصد) و عملکرد پروتئین (۷۶۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گیاهی بود. هم‌چنین مرحله شیری از میزان پروتئین بیش‌تری نسبت به مرحله خمیری دانه برخوردار بود. بیش‌ترین درصد هیدرات‌های کربن محلول در آب (۱۶/۲۲ درصد) در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم در مرحله برداشت خمیری مشاهده شد. درصد رطوبت حجمی خاک در مرحله برداشت شیری (۱۳/۸۴ درصد) بیش‌تر از مرحله خمیری بود و مقایسه بین سیستم‌های کوددهی نشان‌دهنده افزایش درصد رطوبت حجمی خاک در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم (۱۰/۱۴ درصد) بود. هم‌چنین استفاده از ماده آلی در سیستم کشت موجب افزایش معنی‌دار میزان دمای خاک (۳۸/۹۸ درجه سانتی‌گراد) و کاهش معنی‌دار درصد تشعشع فعال فتوسنتزی (۲۹/۵۳ درصد) در مرحله برداشت شیری دانه ذرت شد. سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم موجب کاهش معنی‌دار اسیدیته (۷/۹۷) و هدایت الکتریکی (۲/۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) و افزایش تخلخل (۴۶ درصد) خاک شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گیاهی در مقایسه با سایر سیستم‌های کودی از برتری قابل‌توجهی برخوردار بود. هم‌چنین با توجه به اهمیت مرحله برداشت در قابلیت هضم و خوش‌خوراکی علوفه، مناسب‌ترین زمان برداشت علوفه ذرت، مرحله شیری می‌باشد.

استناد: پوراسماعیل، حسنعلی؛ دهمرده، مهدی و قنبری، احمد (۱۴۰۴). ارزیابی اثر سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر خصوصیات کیفی علوفه ذرت و شاخص‌های فیزیکوشیمیایی خاک. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۷ (۱)، ۱۹-۴۰. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2025.376610.2883

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

۱. مقدمه

تولید جهانی غلات طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۰، ۶۴ میلیون تن (۲/۱ درصد) افزایش یافت که ناشی از افزایش ۴/۱ درصدی تولید ذرت بود. ذرت، گندم و برنج ۹۰ درصد از کل تولید غلات در سال ۲۰۲۱ را به خود اختصاص دادند. ذرت بالاترین تولید (۱/۲ میلیارد تن در سال ۲۰۲۱) و سریع‌ترین رشد را در این دوره (۱۰۴+ درصد از سال ۲۰۰۰) در مقایسه با غلات مذکور نشان داد (فائو[1] ۲۰۲۲). ذرت بیش‌ترین پتانسیل تولید در مناطق گرمسیری را دارد و امروزه برای تهیه سوخت زیستی و خوراک دام کاربرد فراوانی دارد (اسانگ[2] و همکاران، ۲۰۲۱؛ فائو، ۲۰۲۲)، به‌طوری‌که حدود ۵۶ درصد به‌عنوان خوراک دام، ۱۳ درصد در تغذیه انسان و یک پنجم از تولید آن مصارف صنعتی دارد (سرنا-سالدیوار[3] و همکاران، ۲۰۱۹). کشت این گیاه به‌دلیل اهمیت آن در تأمین امنیت غذایی، دوره رشد کوتاه، امکان رشد در فصول مختلف و منبع درآمد مناسب برای کشاورزان بسیار رایج است (منزوگول[4] و همکاران، ۲۰۲۳). بیش از ۶۰ درصد زمین‌های کشاورزی ایران را خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند که از نظر مواد آلی فقیر و در معرض تخریب و فرسایش شدید هستند، از همین رو جهت بهبود شاخص‌های فیزیکوشیمیایی این خاک‌ها، افزودن کودها با منشأ آلی از اهمیت فراوانی برخوردار است و با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه ذرت در میان گیاهان علوفه‌ای، بررسی کیفیت علوفه به‌منظور تجزیه و تحلیل اثر مدیریت تلفیقی کودهای آلی ضروری می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست، بقایای گیاهی، سیستم تلفیقی کاربرد آن‌ها و مرحله برداشت بر کیفیت علوفه ذرت و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و کارایی استفاده از منابع محیطی در شرایط آب‌وهوایی زابل می‌باشد.

۲. پیشینه پژوهش

تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد جهان مستلزم افزایش سطح زیر کشت و عملکرد محصولات کشاورزی است که با توجه به محدودیت اراضی کشاورزی، کشاورزان به سیستم کشت فشرده روی آوردند (سادووسکی[5] و بائر-ناوروکا[6]، ۲۰۱۸)، این امر استفاده بی‌رویه از نهاده‌های شیمیایی و ناپایداری کشاورزی را به‌دنبال داشت (آدکیا[7] و آگبده[8]، ۲۰۱۷؛ خان[9] و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده بیش از حد سموم و کودهای شیمیایی و کاهش مصرف نهاده‌های آلی در سیستم کشاورزی مرسوم (دوران-لارا[10] و همکاران، ۲۰۲۰؛ نواز[11] و همکاران، ۲۰۱۹) با تأثیر مخرب بر محیط زیست (گو[12] و همکاران، ۲۰۱۷) منجر به آلودگی منابع غذایی و عدم تعادل زنجیره غذایی (هو[13] و همکاران، ۲۰۱۸؛ وانگ[14] و همکاران، ۲۰۱۸)، سمیت و کاهش کیفیت خاک (پیمنتال[15] و همکاران، ۱۹۹۶)، کاهش تنوع کشاورزی (لی[16] و همکاران، ۲۰۱۸)

1. FAO
2. Esang
3. Serna-Saldivar
4. Mnzughul
5. Sadowski
6. Baer-Nawrocka
7. Adekiya
8. Agbede
9. Khan
10. Dura´n-Lara
11. Nawaz
12. Gu
13. Hou
14. Wang
15. Pimental
16. Li

گردید. موارد ذکرشده به‌عنوان تهدید جدی برای سلامت انسان‌ها و هم‌چنین دام‌ها مطرح است (پیمنتال و همکاران، ۱۹۹۶). جهت غلبه بر این مخاطرات تغییر رویکردها به سمت روش‌های کشاورزی پایدار بر پایه کاربرد منابع کود آلی و یا به‌عبارت دیگر منابع تجدیدپذیر ضروری است. از جمله این روش‌ها می‌توان به اعمال تناوب زراعی، کود سبز، کشت بقولات، کود حیوانی، بقایای گیاهی و استفاده از پسماندهای آلی اشاره کرد (سوفرت[1] و همکاران، ۲۰۱۷) که نقش مهمی در افزایش کیفیت محصولات کشاورزی، افزایش حاصلخیزی خاک و ارتقای شاخص‌های زیست‌محیطی دارند. این تغییر رویکردها در بحث خاک، الگوهای مبتنی بر مدیریت یکپارچه حاصلخیزی خاک (ISFM)[2] را معرفی کرده است که شامل سه مؤلفه اصلی استفاده از کودهای زیستی، معدنی و آلی می‌باشد (سریواستاوا[3]، ۲۰۲۰). در این الگوها روش‌های حاصلخیزی خاک از جنبه صرفاً شیمیایی به تلفیقی و یا جایگزینی با انواع منابع کودی آلی تغییر یافته است (روسوس[4] و همکاران، ۲۰۱۷؛ مشیری و همکاران، ۱۴۰۱). در همین راستا بقایای گیاهی نیز به‌عنوان نهاده‌های آلی قابل‌دسترس و تجدیدپذیر مطرح می‌باشند. بقایای گیاهی قسمت‌های غیرقابل‌استفاده گیاهان هستند که پس از برداشت محصولات در مزرعه باقی می‌مانند. روش‌های رایج مدیریت بقایای محصول شامل دفن و آتش‌زدن بقایا، موجب تشدید آلودگی هوا از طریق انتشار ذرات و هم‌چنین افزایش انتشار CO_2 می‌شود، درحالی‌که از بقایای گیاهی می‌توان به‌عنوان یک راهکار مؤثر جهت جلوگیری از فرسایش اراضی کشاورزی استفاده کرد، به‌طوری‌که این مواد با افزایش میزان مواد آلی و بهبود ساختار خاک، میزان تبخیر از سطح خاک را کاهش داده و موجب تثبیت دی‌اکسیدکربن در خاک می‌شوند. علاوه بر این، می‌توان از این مواد در تولید سوخت زیستی نیز استفاده کرد (هو[5] و همکاران، ۲۰۱۹؛ لامرانی[6] و همکاران، ۲۰۱۷؛ رینوسو مورنو[7] و همکاران، ۲۰۱۹).

یکی دیگر از معضلات اساسی که با افزایش سریع جمعیت، جهان با آن مواجه است، تولید و بازیافت پسماندهای آلی است. تولید سالانه پسماندهای آلی در جهان را می‌توان حدود ۱/۳ میلیارد تن تخمین زد که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ به ۲/۲ میلیارد تن در سال برسد. تبدیل پسماندها به مواد با ارزش می‌تواند نقش مهمی در پاک‌سازی محیط زیست و بازیافت منابع داشته باشد (سینگ[8] و سینگ، ۲۰۱۷؛ یونس[9] و همکاران، ۲۰۲۱). در همین راستا یکی از مهم‌ترین راهبردهای مدیریت پسماندهای آلی جامد، فرایند کمپوست‌سازی است. در این فرایند تجزیه زیست اکسیداتیو مواد آلی می‌تواند محصولاتی با کیفیت بالا تولید کند که به‌دلیل مقرون‌به‌صرفه‌بودن، بهره‌برداری آسان و سازگاری با محیط زیست در سیستم‌های کشاورزی کارایی بالایی دارند (انور[10] و همکاران، ۲۰۱۵؛ پای[11] و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از این پسماندها کودهای دامی هستند که امروزه تولید آن به‌دلیل افزایش سریع صنعتی‌شدن و جمعیت انسانی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (کور[12] و همکاران، ۲۰۲۱؛ یاداو[13] و همکاران، ۲۰۲۱). ورمی‌کمپوست یک کود مناسب و

1. Seufert
2. Integrated Soil fertility management
2. Srivastava
3. Roussos
4. Hou
5. Laamrani
6. Reinoso Moreno
7. Singh
9. Younas
10. Anwar
11. Pai
12. Kour
13. Yadav

مقرون‌به‌صرفه برای مدیریت کودهای دامی است که در تهیه این کود کرم‌های خاکی ضایعات آلی را به کمپوست منتقل می‌نمایند. روش تهیه ورمی‌کمپوست سریع‌تر از فرایند کمپوست‌سازی است به این دلیل که مواد آلی در روده کرم‌های خاکی تجزیه می‌شوند (لیم[1] و وو[2]، ۲۰۱۶؛ یونس و همکاران، ۲۰۲۱). از جمله مزایای ورمی‌کمپوست می‌توان به فراهمی عناصر ضروری موردنیاز گیاه و تولید ماده آلی پایدار و قابل استفاده (اوبالوم[3] و همکاران، ۲۰۱۷؛ دیپتی[4] و همکاران، ۲۰۲۱)، کاهش جرم و میزان رطوبت، مهار عوامل بیماری‌زا، حذف بذر علف‌های هرز در کودهای دامی و در نتیجه کاهش آلودگی محیط زیست و جایگزین سالم برای کودهای شیمیایی (فاطیما[5] و همکاران، ۲۰۲۱؛ سنتوس[6] و همکاران، ۲۰۱۲)، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تهویه خاک، بهبود حاصلخیزی، ساختار و شرایط بیولوژیکی خاک (لیم و وو، ۲۰۱۶؛ کیم[7] و همکاران، ۲۰۱۵) اشاره کرد.

در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر کود معدنی، ورمی‌کمپوست و کود زیستی بر کیفیت و جذب مواد مغذی در ذرت شیرین نتایج نشان داد که محتوای پروتئین دانه و علوفه و هم‌چنین کربوهیدرات کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست قرار گرفت و بالاترین میزان پروتئین در تیمار ۴ تن ورمی‌کمپوست حاصل شد. پژوهش‌گران بیان کردند که این نتیجه می‌تواند به‌دلیل تأمین عناصر مغذی موردنیاز گیاه باشد، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز در همین تیمار مشاهده شد (محمدی[8] و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به این‌که علوفه ذرت بیش‌ترین استفاده جهت تولید سیلو در جهان را دارد، پژوهش‌گران اظهار نمودند که عملکرد ذرت به حاصلخیزی خاک بستگی دارد. در همین راستا در بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن بر ذرت سیلویی گزارش کردند که ورمی‌کمپوست سبب افزایش عملکرد و سایر خصوصیات رشدی گیاه ذرت شد و ضمن افزایش حاصلخیزی، ساختار خاک را نیز بهبود بخشید (توبای[9] و تان[10]، ۲۰۲۲). در پژوهشی نتایج حاصل از بررسی محتوای پروتئین دانه ذرت نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین (۸/۶ درصد) مربوط به تیمار تلفیقی کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست بود و کاربرد هر کدام از این کودها به‌تنهایی مقدار کم‌تری پروتئین داشتند، و این‌گونه بیان کردند که تلفیق هم‌زمان کودها موجب افزایش رشد رویشی اجزای عملکرد گیاه ذرت شد و در نتیجه بهبود جذب نیتروژن موجب افزایش درصد پروتئین شد (رفیعی و کونانی، ۱۳۹۸). نتایج مطالعه یونس و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که ویژگی‌های رشد ذرت به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر ورمی‌کمپوست قرار گرفت، درحالی‌که تیمار شاهد کم‌ترین مقدار این صفات را نشان داد، کاربرد ورمی‌کمپوست تحرک مواد مغذی را افزایش داد و گیاهان مواد مغذی بیش‌تری را جذب نمودند.

اسدی‌سریزدی و همکاران (۱۳۹۶) در آزمایشی به‌منظور بررسی خصوصیات خاک در کشت ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی گزارش کردند که بقایای گیاهی در کنترل کیفیت خاک از بعد هدایت الکتریکی و شوری نقش محوری و کلیدی را ایفا می‌کنند. در پژوهش مذکور کم‌ترین میزان هدایت الکتریکی خاک مربوط به تیمار گردآوری‌نکردن کاه و کلش و حداقل خاک‌ورزی بود که در مقایسه با سوزاندن بقایا ۷۱ درصد کاهش نشان داد. هم‌چنین

1. Lim
2. Wu
3. Obalum
4. Deepthi
5. Fatima
6. Santos
7. Kim
8. Mohammadi
9. Tobay
10. Tan

تیمار گردآوری‌نکردن کاه و کلش بیش‌ترین میزان رطوبت، نفوذپذیری و کم‌ترین اسیدیته خاک را نشان داد از این رو بیان نمودند که مدیریت صحیح بقایای گیاهی تأثیر مثبتی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. طبق نظر جوردائو[1] و همکاران (۲۰۰۹) ورمی‌کمپوست با داشتن ویژگی‌هایی مانند نفوذپذیری زیاد، تهویه و نگهداری رطوبت، سطح و قدرت جذب بالا بر خصوصیات فیزیکی خاک تأثیر گذار است و علاوه بر تأثیر روی غلظت عناصر غذایی موجود در خاک باعث تغییرات خصوصیات شیمیایی دیگر خاک مانند اسیدیته و هدایت الکتریکی نیز می‌گردد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل انجام شد. این مزرعه در ارتفاع ۴۸۳ متری از سطح دریا، با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی واقع شده است. این منطقه براساس طبقه‌بندی کوپن جزو اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. براساس آمار ایستگاه هواشناسی زابل میانگین درازمدت ۳۰ ساله بارندگی ۶۳ میلی‌متر، میانگین دمای منطقه ۲۳ درجه سانتی‌گراد و میزان تبخیر سالیانه به‌طور متوسط ۵۰۰۰-۴۵۰۰ میلی‌متر است (ایستگاه هواشناسی شهرستان زابل). تغییرات درجه حرارت، میانگین بارندگی و سرعت باد در فصل رشد ذرت در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی منطقه موردمطالعه در سال ۱۳۹۶

ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			بارش کل (میلی‌متر)	سرعت باد (میلی‌متر در ثانیه)
	حداکثر	حداقل	میانگین		
فروردین	۴۱/۲	۶/۷	۲۳/۹	۰	۶/۲
اردیبهشت	۴۶	۱۶/۳	۳۱/۶	۰	۴/۹
خرداد	۴۸/۸	۱۹/۶	۳۴/۸	۰	۷/۸
تیر	۴۶/۳	۲۶/۳	۳۵/۷	۰	۹/۵

در این مطالعه جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. نمونه‌ها براساس روش‌های استاندارد در آزمایشگاه خاک‌شناسی تجزیه و نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۲) نشان داده شده است. گیاهان با استفاده از منبع آب با هدایت الکتریکی ۳/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر با ۸ آبیاری شدند که نمونه آب تجزیه و سایر نتایج در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

بافت خاک	عمق (سانتی‌متر)	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	مواد خنثی شونده‌ی کل (درصد)	تخلخل (درصد)	کربن آلی (درصد)
لوم- رسی	۳۰-۰	۸/۱۲	۳/۰۹	۱۲/۵	۳۸/۰۶	۰/۶۰
نیتروژن (درصد)	**فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)**	**پتاسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**سولفات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**
۰/۰۴	۵/۸	۰/۲۹	۱۵/۱۹	۴/۹۹	۱۰/۲۶	۸/۴۷

1. Jordao

جدول ۳. ویژگی‌های شیمیایی آب مورداستفاده

pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	جامدات محلول در آب (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	نسبت سدیم محلول (درصد)	نسبت جذب سدیم	سختی کل (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	سولفات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۸	۳/۷۶	۸۳۳۴	۱۰۸/۱۶	۲۷/۶۸	۲۷۵۵	۲۸/۲۵
کربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	**بی کربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**کلرید (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	**منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)**	
۰	۴/۴۸	۹۳/۶	۷۲	۸/۸۷	۳۲/۴۸	

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل سطوح مختلف سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی در ۱۰ سطح (عدم کوددهی، ۳۰ درصد بقایای گندم، ۶۰ درصد بقایای گندم، ۹۰ درصد بقایای گندم، ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۶۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم، ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۶۰ درصد بقایای گندم و ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم) و عامل دوم مرحله برداشت در دو سطح (شیری و خمیری) بودند. در این مطالعه از بذر ذرت[1] رقم فجر (K.S.C 260) استفاده شد که از شرکت کشاورزی برکت جوین تهیه شد. مقدار ورمی‌کمپوست مورداستفاده بر مبنای ۱۰ تن در هکتار (نعمتی ثانی، ۱۳۹۰) و میزان بقایای گندم براساس ۵ تن در هکتار برآورد گردید (براساس میانگین عملکرد کاه و کلش گندم در منطقه). ویژگی‌های شیمیایی بقایای گندم مورداستفاده در جدول (۴) و ورمی‌کمپوست در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ٤. ویژگی‌های شیمیایی بقایای گندم مورداستفاده

نسبت کربن/ نیتروژن	پروتئین (درصد)	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)
۲۳/۰۴	۲/۵۳	۱/۷۹	۰/۲۷	۰/۴۲	۹/۶۷

جدول ۵. ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست مورداستفاده

پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)
۰/۶۴	۰/۳۵	۱/۷۲	۰/۸۱

جهت انجام آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین از اوایل پاییز سال ۱۳۹۶ آغاز گردید که شامل دو مرحله شخم، دیسک و لولر جهت تسطیح کامل زمین و آماده‌سازی بستر کاشت به‌صورت جوی و پشته بود. به‌منظور اعمال تیمارها ابتدا بستر کاشت براساس زمان برداشت در دو مرحله شیری و خمیری به دو قسمت مساوی تقسیم شد. سپس همه بلوک‌ها به‌صورت عمودی به ۱۰ کرت مساوی تقسیم شدند و در هر کدام از آن‌ها سطوح مختلف کود آلی در ۱۰ سطح اعمال شد. ابتدا بقایای کاه و کلش گندم با خاک مخلوط گردید. ورمی‌کمپوست به‌کاررفته در آزمایش (با استفاده از کود دامی و گونه‌ای کرم خاکی به نام *Eisenia foetida* از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل تهیه گردید. جهت اعمال تیمارها، در کنار هر خط کاشت شیاری در سراسر پشته به عمق پنج سانتی‌متر ایجاد نموده و کود ورمی‌کمپوست را داخل شیار ریخته و روی آن با خاک پوشانده شد. به‌منظور تأمین نیاز غذایی گیاه و با توجه به نتایج تجزیه خاک، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره به‌صورت یک‌سوم در زمان کاشت و دو سوم نیز طی دو مرحله ۸-۶ برگی و یک هفته مانده به ظهور تاسل‌ها به‌صورت سرک به خاک اضافه شد. هم‌چنین

1. *Zea mays* L.

سوپرفسفات‌تریپل به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات‌پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله آماده‌سازی زمین مصرف گردید. آزمایش شامل ۶۰ کرت بود که هر کرت از چهار خط کاشت به طول چهار متر تشکیل شده بود. فاصله بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مساحت هر کرت ۱۶ مترمربع، فواصل بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. کاشت به‌صورت هیرم‌کاری انجام و در مرحله چهار برگی نسبت به تنک‌نمودن بوته‌ها برای رسیدن به تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار اقدام گردید. آبیاری هر ۷–۶ روز یک‌بار و وجین علف‌های هرز در چند مرحله با توجه به تراکم علف‌های هرز در طول فصل رشد به‌صورت دستی انجام شد.

جهت اندازه‌گیری صفات موردنظر در زمان برداشت شیری و خمیری‌شدن دانه‌ها، بوته‌ها از سطح یک مترمربع برداشت و در آون (دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) خشک گردید. پروتئین خام (CP)[1] و هیدرات‌های کربن محلول در آب (WSC)[2] با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک NIRS[3] (سری اینفراماتیک ۸۶۲۰، ساخت کشور سوئد) اندازه‌گیری شدند. جهت به‌دست‌آوردن محتوی پروتئین از ضرب درصد پروتئین در عملکرد خشک اندام هوایی استفاده گردید. تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)[4] در روزهای آفتابی و در ظهر خورشیدی (ساعت ۱۳/۵–۱۲/۵ ظهر) با دستگاه تشعشع‌سنج (مدل Delta- ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. مقدار نهایی تشعشع فعال فتوسنتزی از نسبت تشعشع رسیده به پایین تاج پوشش (PAR_b) به تشعشع رسیده به بالای تاج پوشش (PAR_a) گیاهان با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (تسفای[5] و همکاران، ۲۰۰۶).

$$100\%\ PAR = \left[1 - \left(\frac{PAR_b}{PAR_a}\right)\right] \times \quad \text{رابطه ۱)}$$

دمای خاک با استفاده از دماسنج‌های مخصوص (مدل Dial Deep Frying Thermometer ساخت کشور فرانسه) در عمق ۱۵–۰ سانتی‌متری در بین ردیف‌های کاشت در ظهر خورشیدی اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری درصد رطوبت حجمی خاک، حجم مشخصی از خاک در عمق ۲۰–۰ سانتی‌متری توسط رینگ استوانه‌ای برداشت و پس از خشک‌کردن نمونه‌ها در آون (دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) با استفاده از رابطه دو مقدار نهایی رطوبت حجمی خاک محاسبه شد.

$$100Q_t = {V_m}/{V_t} \times \quad \text{رابطه ۲)}$$

که در معادله فوق، Q_t: درصد رطوبت حجمی خاک، V_m: حجم آب خاک (تفاوت وزن خاک خشک و مرطوب) و V_t: حجم کل نمونه خاک (۱۰۰ سانتی‌مترمکعب) می‌باشد. با توجه به‌این‌که فاصله بین مراحل برداشت (شیری و خمیری) کوتاه بود و خصوصیات خاک در کوتاه‌مدت تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای نداشتند، نمونه‌های خاک در یک مرحله پس از برداشت محصول در تیمارهای مختلف (سطوح مختلف کود آلی) جمع‌آوری شد و پس از طی مراحل هوا خشک و الک‌کردن (الک ۲ میلی‌متری)، خصوصیات فیزیکوشیمیایی مد نظر اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع (ریدوان[6]، ۲۰۰۴)، واکنش خاک در عصاره گل اشباع (توماس[7]، ۱۹۹۶) و تخلخل خاک با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده از جرم مخصوص حقیقی و ظاهری محاسبه گردید (گلیک[8] و همکاران، ۲۰۰۴). تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از اطمینان از نرمال‌بودن آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

1. CP
2. WSC
3. NIRS
4. Photosynthetically Active Radiation
5. Tesfaye
6. Ridvan
7. Thomas
8. Gelik

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. صفات کیفی علوفه ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی و مرحله برداشت بر درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین ذرت معنی‌دار بود. هم‌چنین براساس نتایج اثر ساده سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی و اثر متقابل سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی و مرحله برداشت بر درصد هیدرات‌های کربن محلول در آب معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۶).

جدول ٦. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین خام	عملکرد پروتئین	کربوهیدارت‌های محلول در آب
تکرار	۲	۰/۴۵	۲۰۵۳۳/۱۳	۰/۰۵
مرحله برداشت	۱	۱۹۳/۳**	۱۲۳۶۸۵/۲*	۰/۴۲ns
سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی	۹	۴/۲۸*	۵۴۵۰۹۴/۶*	۴/۹۲**
اثر متقابل سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی و مرحله برداشت	۹	۱/۴۰ns	۲۱۰۶۷/۸ns	۷/۲۳**
خطا	۳۸	۲/۵۸	۲۲۶۸۲/۹۴	۰/۲۵
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۵/۶۰	۲۵/۱	۶/۱۱

ns، *، **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

درصد پروتئین موجود در برگ‌های گیاه نسبت به ساقه‌ها بیش‌تر و درصد الیاف کم‌تر است که این موضوع از نظر کیفیت علوفه دارای اهمیت است. از این رو در این آزمایش میزان پروتئین برگ ذرت اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن است که بیش‌ترین درصد پروتئین خام (۱۲/۰۹) و عملکرد پروتئین (۶۲۹/۵۱ کیلوگرم در هکتار) در مرحله برداشت شیری مشاهده شد. مقایسه بین سیستم‌های تلفیقی مدیریت کود آلی نشان‌دهنده برتری کاربرد هم‌زمان بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست بر افزایش مقدار پروتئین ذرت و عملکرد پروتئین ذرت بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد پروتئین برگ (۱۱/۵۵ درصد) و عملکرد پروتئین (۷۶۹ کیلوگرم در هکتار) در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم مشاهده شد (جدول ۷). طبق نتایج مقایسه میانگین

بیش‌ترین و کم‌ترین درصد هیدرات‌های کربن محلول در آب به‌ترتیب مربوط به سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم (۱۶/۲۲ درصد) در مرحله برداشت خمیری و عدم کوددهی (۶/۸۸ درصد) در مرحله برداشت شیری بود (جدول ۸).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ساده مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر پروتئین خام و عملکرد پروتئین ذرت

تیمارهای آزمایش	پروتئین خام (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
مرحله برداشت		
شیری	۱۲/۰۹a	۶۲۹/۵۱a
خمیری	۸/۵۰b	۵۳۸/۷b
سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی		
عدم کوددهی (شاهد)	۸/۶۱b	۴۹۰/۱۲c
۳۰ درصد بقایای گندم	۹/۸۹ab	۵۴۳/۱۷c
۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۱۰/۱۳ab	۴۵۶/۳c
۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۱۰/۴۳ab	۴۷۹/۳c
۶۰ درصد بقایای گندم	۱۰/۱۴ab	۵۶۵/۳bc
۹۰ درصد بقایای گندم	۱۰/۵۵ab	۵۶۹/۱bc
۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۱۱/۵۳a	۶۹۶/۸ab
۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۹/۸۷ab	۶۲۵/۷a-c
۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۱۱/۵۵a	۷۶۹a
۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۱۰/۲۶ab	۶۴۵/۹a-c

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر درصد هیدارت‌های کربن محلول در آب

مرحله برداشت	تیمارهای آزمایش: سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی	هیدارت‌های کربن محلول در آب (درصد)
شیری	عدم کوددهی (شاهد)	۶/۸۸c
	۳۰ درصد بقایای گندم	۸/۱۲bc
	۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۸/۴۳bc
	۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۸/۳۲bc
	۶۰ درصد بقایای گندم	۹/۵۸bc
	۹۰ درصد بقایای گندم	۹/۹۰bc
	۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۹/۰۰۳bc
	۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۸/۶۲bc
	۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۱۳/۱۸ab
	۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۱۱/۴۱bc
خمیری	عدم کوددهی (شاهد)	۷/۶۹c
	۳۰ درصد بقایای گندم	۸/۷۳c
	۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۱۰/۲۳bc
	۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۹/۲۳bc
	۶۰ درصد بقایای گندم	۹/۷۶bc
	۹۰ درصد بقایای گندم	۱۰/۱۹bc
	۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۱۰/۳۱bc
	۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۸/۷۷bc
	۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۱۶/۲۲a
	۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۱۱/۴۳bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. ۲. خصوصیات اکولوژیکی محیط

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر درصد رطوبت حجمی خاک معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل این دو عامل بر دمای خاک و درصد تشعشع فعال فتوسنتزی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۹).

جدول ۹. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر خصوصیات اکولوژیکی محیط

منبع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت حجمی خاک	دمای خاک	تشعشع فعال فتوسنتزی
تکرار	۲	۱/۱۰	۰/۳۲	۰/۵۳
مرحله برداشت	۱	**۱۳۰۰/۹	**۳۷/۴۹	**۱۱۰۱۵/۰۶
سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی	۹	*۸/۵۹۳	**۱۱/۳۶	**۴۶۵/۹۷
اثر متقابل سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی و مرحله برداشت	۹	ns۲/۴۲	**۴/۰۸	**۳۰۱/۸۵
خطا	۳۸	۳/۲۸	۰/۹۳	۱۵/۲۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۱/۳۳	۲/۶۱	۶/۴۶

ns، *، **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

درصد رطوبت حجمی خاک در مرحله برداشت شیری (۱۳/۸۴ درصد) بیش‌تر از مرحله خمیری بود و مقایسه بین سیستم‌های کوددهی نشان‌دهنده افزایش درصد رطوبت حجمی خاک در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم (۱۰/۱۴ درصد) بود. کم‌ترین مقدار رطوبت خاک مربوط به تیمار عدم کوددهی (۶/۶۹ درصد) بود که با مصرف ۳۰ درصد بقایای گندم تفاوت معنی‌داری نشان نداد، بر همین اساس به‌نظر می‌رسد که کاربرد مواد آلی در

سطوح پایین اثر چندانی بر ذخیره رطوبت خاک ندارد (جدول ۱۰). مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی و مرحله برداشت نشان داد که عدم استفاده از ماده آلی در سیستم کشت موجب افزایش معنی‌دار میزان دمای خاک (۳۸/۹۸ درجه سانتی‌گراد) و کاهش معنی‌دار درصد تشعشع فعال فتوسنتزی (۲۹/۵۳ درصد) در مرحله برداشت شیری دانه ذرت شد، در حالی‌که کم‌ترین دمای خاک (۳۳/۶۴ درجه سانتی‌گراد) در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم در مرحله شیری و بیش‌ترین درصد تشعشع فعال فتوسنتزی (۸۱/۷۹ درصد) در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم در مرحله خمیری دانه ذرت به‌دست آمد (جدول ۱۱).

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر درصد رطوبت حجمی خاک

تیمارهای آزمایش	رطوبت حجمی خاک
مرحله برداشت	
شیری	۱۳/۸۴a
خمیری	۱۳/۰۵b
سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی	
عدم کوددهی (شاهد)	۶/۶۹c
۳۰ درصد بقایای گندم	۶/۸۱c
۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۷/۳۴bc
۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۸/۷۱a-c
۶۰ درصد بقایای گندم	۸/۳۳a-c
۹۰ درصد بقایای گندم	۸/۷۰a-c
۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۹/۳۳ab
۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۹/۲۰ab
۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۱۰/۱۴a
۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۹/۶۹ab

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر میزان دمای خاک و تشعشع فعال فتوسنتزی

تیمارهای آزمایش		دمای خاک (درجه سانتی‌گراد)	تشعشع فعال فتوسنتزی (درصد)
مرحله برداشت	سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی		
شیری	عدم کوددهی (شاهد)	۳۸/۹۸a	۲۹/۵۳i
	۳۰ درصد بقایای گندم	۳۷/۹۳a-c	۳۱/۳۳hi
	۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۳۷/۱۲b-d	۴۰/۱۰fg
	۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۳۶/۱۹c-f	۴۴/۷۵f
	۶۰ درصد بقایای گندم	۳۶/۶۴c-f	۳۶/۷۶gh
	۹۰ درصد بقایای گندم	۳۶/۱۵c-e	۴۱/۷۴fg
	۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۳۵/۳۴d-g	۴۵/۵۰f
	۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۳۴/۶۲fg	۵۳/۶۹e
	۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۳۳/۶۴g	۷۳/۹۴b-d
	۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۳۴/۴۶fg	۷۱/۷۹cd
خمیری	عدم کوددهی (شاهد)	۳۹/۵۶a	۶۷/۶۴d
	۳۰ درصد بقایای گندم	۳۹/۰۴a	۷۰/۸۹cd
	۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۳۹/۴۳a	۷۰/۷۴cd
	۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۳۸/۵۸ab	۷۱/۶۱cd
	۶۰ درصد بقایای گندم	۳۷/۹۶a-c	۷۵/۷۳ac
	۹۰ درصد بقایای گندم	۳۷/۱۳b-d	۷۹/۲۹ab
	۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۳۶/۷۳cd	۷۵/۹۳a-c
	۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۳۷/۷۵a-c	۷۰/۳۳cd
	۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۳۴/۸۸e-g	۸۱/۷۹a
	۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۳۵/۸۲d-f	۷۶/۱۶a-c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. ۳. خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر میزان اسیدیته، هدایت الکتریکی و تخلخل خاک معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱۲). براساس نتایج مقایسه میانگین سیستم تلفیقی۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم موجب کاهش معنی‌دار اسیدیته (۷/۹۷) و هدایت الکتریکی خاک (۲/۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) شد. هم‌چنین در تیمار عدم کوددهی بیش‌ترین اسیدیته (۸/۲۹) و هدایت الکتریکی خاک (۴/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد. کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست و سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم بیش‌ترین درصد تخلخل خاک (۴۶ درصد) را نشان دادند. هم‌چنین عدم استفاده از مواد آلی موجب کاهش تخلخل خاک (۳۵ درصد) گردید (جدول ۱۳).

جدول ۱۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	تخلخل
تکرار	۲	۰/۰۰۲	۰/۲۹	۲/۶۳
سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی	۹	۰/۰۲۹**	۱/۶۱**	۱۲/۵۷**
خطا	۱۸	۰/۰۰۳	۰/۲۶	۱/۷۴
ضریب تغییرات (درصد)	–	۰/۷۶	۱۶/۶۶	۳/۴۶

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۱۳. مقایسه میانگین اثر سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

سیستم تلفیقی مدیریت کود آلی	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	تخلخل (درصد)
عدم کوددهی (شاهد)	۸/۲۹a	۴/۴۶a	۳۵/۰۰b
۳۰ درصد بقایای گندم	۸/۱۶bc	۲/۶۰cd	۳۷/۰۰b
۳۰ درصد ورمی‌کمپوست	۸/۲۴ab	۳/۲۰bc	۳۷/۰۰b
۶۰ درصد ورمی‌کمپوست	۸/۱۶bc	۳/۴۳bc	۳۶/۶۶b
۶۰ درصد بقایای گندم	۸/۱۶b-d	۲/۵۴cd	۳۷/۰۰b
۹۰ درصد بقایای گندم	۸/۱۳bc	۲/۶۳cd	۴۰/۰۰a
۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست	۸/۱۱cd	۳/۹۷ab	۴۰/۶۶a
۱۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۹۰ درصد بقایای گندم	۸/۰۴de	۲/۶۰cd	۳۶/۶۶b
۷۰ درصدورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گندم	۷/۹۷e	۲/۱۸d	۴۰/۶۶a
۴۰ درصد ورمی‌کمپوست+۶۰ درصد بقایای گندم	۸/۰۲de	۲/۵۱cd	۴۰/۰۰a

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

۵. بحث

۵. ۱. صفات کیفی علوفه ذرت

نتایج بیانگر آن است که بیش‌ترین درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین در مرحله شیری‌شدن دانه‌ها به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد ورمی‌کمپوست تأثیر بیش‌تری در افزایش مقدار پروتئین نسبت به بقایای گیاهی دارد، چرا که مقایسه سطوح مختلف کاربرد بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست نشان‌دهنده افزایش این صفات در تیمار ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست بود. افزایش درصد پروتئین خام علوفه با کاربرد سطوح بالاتر ورمی‌کمپوست توسط سایر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است که دلیل این امر را به آزادسازی تدریجی ترکیبات نیتروژنه موجود در ورمی‌کمپوست در طول فصل رشد گیاه نسبت دادند

که باعث افزایش محتوای پروتئین خام می‌شود (محمود[1] و همکاران، ۲۰۱۸). نیتروژن جذب‌شده در داخل گیاه به اسیدهای آمینه و سپس پروتئین تبدیل می‌شود. ترکیب پروتئین حقیقی و ترکیبات نیتروژنه غیرپروتئینی، پروتئین خام را تشکیل می‌دهند که در جیره غذایی دام جهت رشد مطلوب و تولید شیر ضروری است. افزودن کودها به شکل معدنی و آلی موجب افزایش میزان نیتروژن خاک و افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود. بخشی از نیتروژن جذبی صرف رشد رویشی و زایشی شده و مازاد آن به شکل پروتئین در گیاه تجمع می‌یابد (بهادر و همکاران، ۱۳۹۴؛ رائو[2] و سینگ[3]، ۱۹۹۰؛ یوسفیان‌قهفرخی و همکاران، ۱۴۰۰).

در تأیید نتایج این مطالعه شیخی‌سنندجی و همکاران (۱۴۰۲) گزارش کردند که با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست درصد پروتئین خام علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین مقدار آن (۱۵/۵۱ درصد) در تیمار کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده شد. بهروزی و همکاران (۱۴۰۱) نیز در بررسی کیفیت علوفه ذرت اظهار نمودند که مصرف ۶ تن ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی منجر به حصول حداکثر پروتئین علوفه (۱۰/۲ درصد) و افزایش ۶/۳ درصدی این صفت شد و مطابق با نتایج مطالعه حاضر کم‌ترین درصد پروتئین مربوط به عدم مصرف کود در سیستم کاشت بود.

هیدرات‌های کربن محلول در آب به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم و تعیین‌کننده خوش‌خوراکی و کیفیت علوفه است که بخش عمده‌ای از کربوهیدرات‌های غیرساختمانی گیاه را تشکیل می‌دهند. نقش این پارامتر تأمین انرژی لازم برای ریزجانداران شکمبه و حفظ سلامت دستگاه گوارش دام‌ها می‌باشد (لیتورجیدیس[4] و همکاران، ۲۰۰۶؛ یوسفیان‌قهفرخی و همکاران، ۱۴۰۰). در مطالعه حاضر کاربرد نسبت متناسبی از ورمی‌کمپوست و بقایای گیاهی تأثیر بیش‌تری بر مقدار هیدرات‌های کربن محلول در آب داشت. استفاده از ورمی‌کمپوست و بقایای گیاهی حتی در سطوح پایین با افزایش میزان عناصر خاک به‌ویژه نیتروژن تأثیر مثبتی بر مقدار هیدرات‌های کربن در برگ نشان داد. نتایج میرلوحی و همکاران (۱۳۷۹)، وارد[5] و همکاران (۲۰۰۱) منطبق بر نتایج این آزمایش و حاکی از افزایش نیتروژن خاک ناشی از تجزیه بقایای گیاهی و در نتیجه افزایش میزان هیدرات‌های کربن محلول در آب بود. هم‌چنین در رابطه با اثر ورمی‌کمپوست بر این صفت شیخی‌سنندجی و همکاران (۱۴۰۲) اظهار داشتند که بالاترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه کینوا (۲۷/۶ درصد) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بود.

با توجه به این‌که زمان برداشت نقش اساسی در خوش‌خوراکی، قابلیت هضم و ارزش غذایی علوفه ذرت دارد، طبق نتایج به‌دست‌آمده، بیش‌ترین درصد پروتئین خام در مرحله شیری و بیش‌ترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در مرحله خمیری دانه ذرت مشاهده شد. افزایش کیفیت علوفه، موجب افزایش راندمان تغذیه می‌شود. از همین‌رو یکی ازعوامل تأثیرگذار بر عملیات زراعی در کشت گیاهان علوفه‌ای مرحله برداشت است. در تأیید نتایج این پژوهش دهمرده و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که برداشت علوفه ذرت در مرحله خمیری نسبت به مرحله شیری دانه دارای هیدرات‌های کربن محلول در آب بیش‌تری بود که دلیل افزایش هیدرات‌های کربن محلول در آب با افزایش سن را به کاهش نسبت برگ به ساقه نسبت دادند. هم‌چنین اظهار داشتند که برداشت در مرحله شیری نسبت به مرحله خمیری‌شدن دانه دارای پروتئین خام بالاتری بود و بیان نمودند که افزایش میزان رسیدگی محصول از طریق کاهش نسبت برگ به ساقه و افزایش هیدرات‌های کربن محلول می‌تواند علت کاهش میزان پروتئین خام در علوفه تازه باشد. در اکثر گیاهان علوفه‌ای حداکثر میزان پروتئین خام در اوایل مرحله گلدهی است و پس از آن کاهش می‌یابد. عبدلی (۱۳۹۹) گزارش کرد در

1. Mahmud
2. Rao
3. Singh
4. Lithourgidis
5. Ward

مرحله خمیری‌شدن دانه، ماده خشک تولیدی نسبت به مرحله شیری‌شدن دانه بیش‌تر است اما در مقابل از درصد پروتئین کاسته می‌شود. در تأیید نتایج این آزمایش سایر پژوهش‌گران با توجه به هدف تولید اظهار داشتند که جهت تغذیه دام‌ها در راستای تولید شیر بیش‌تر و باکیفیت‌تر بهتر است برداشت علوفه در مرحله شیری شدن دانه صورت گیرد (دهمرده و همکاران، ۱۳۸۹؛ عبدلی، ۱۳۹۹؛ قنبری و همکاران، ۱۳۸۹).

۵. ۲. خصوصیات اکولوژیکی محیط

در رابطه با تغییرات خصوصیات اکولوژیکی محیط، تلفیق ورمی‌کمپوست و بقایای گیاهی موجب افزایش درصد رطوبت خاک شد که در مقایسه با کاربرد هر کدام به‌تنهایی این افزایش محسوس بود. هم‌چنین طبق نتایج، کاربرد مواد آلی در مقدار کم تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد. در خصوص دمای خاک بیش‌ترین دما در تیمار عدم کوددهی در دو مرحله برداشت مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد تأثیر مثبت بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست بر افزایش رطوبت خاک، به‌دلیل افزایش ارتفاع و سطح برگ گیاه باشد که ضمن پوشش بیش‌تر و سریع‌تر سطح خاک با سایه‌اندازی موجب کاهش دمای خاک می‌شود. هم‌چنین اثر مثبت مواد آلی در فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه موجب گسترش تاج پوشش گیاه شده است که این امر می‌تواند منجر به جذب بیش‌تر نور و استفاده کارآمدتر از تشعشع فعال فتوسنتزی شود. قابل ذکر است که کم‌ترین دمای خاک در مرحله شیری و بیش‌ترین میزان تشعشع فتوسنتزی در مرحله خمیری دانه به‌دست آمد که می‌تواند به این دلیل باشد که در مرحله شیری سطح برگ گیاه بیش‌تر است و هرچه به سمت مراحل رسیدن نزدیک‌تر می‌شود، سطح برگ کاهش یافته و موجب نفوذ بهتر نور به لایه‌های پایین‌تر تاج پوشش گیاه می‌شود.

در سالیان اخیر تغییر اقلیم به‌عنوان یک موضوع مهم در پژوهش‌های علمی مطرح است که تأثیر زیادی بر امنیت غذایی و منابع آب دارد. بخش کشاورزی به‌دلیل وابستگی شدید به وضعیت منابع آب و درجه‌حرارت، بیش‌ترین آسیب را از تغییر اقلیم خواهد دید (رانوزی[1] و همکاران، ۲۰۱۲؛ مومنی و زیبایی، ۱۳۹۲). از سوی دیگر اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک به مخاطرات تغییر اقلیم حساسیت و آسیب‌پذیری بیش‌تری دارند، و از این رو چالش‌های متعددی در این مناطق ایجاد خواهد کرد (محمدی و ملکیان، ۱۳۹۹؛ باقری‌فهرجی و همکاران، ۱۴۰۰). شهر زابل در اقلیم گرم و خشک ایران قرار دارد که مخاطرات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی مانند بادهای ۱۲۰ روزه، خشکسالی و غیره، از معضلات مهم شهر می‌باشد (سعیدی و ذاکریان، ۱۴۰۰). تأثیر این تغییرات بر منابع آب و کشاورزی در این منطقه بسیار محسوس است. بنابراین استفاده از مواد آلی در سیستم‌های کاشت ضمن جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک موجب بهبود ساختار خاک، کاهش تبخیر و در نهایت منجر به حفظ رطوبت خاک می‌شود. در تأیید نتایج این پژوهش، نجفی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر مدیریت بقایای گندم و کلزا در کشت ذرت گزارش کردند که محتوای رطوبت خاک در تیمار نگهداری بقایای گندم و کلزا بیش‌تر از تیمارهای سوزاندن و جمع‌آوری بقایا بود و با توجه به درجه حرارت بالا در طی فصل رشد ذرت در منطقه ارزوئیه که منجر به تبخیر زیاد رطوبت از سطح خاک می‌شود، افزایش عملکرد و خصوصیات رشدی ذرت را به نقش مفید بقایای گیاهی در کاهش تلفات تبخیر از خاک و حفظ رطوبت خاک نسبت داده‌اند. هم‌چنین نتایج اسدی‌سریزدی و همکاران (۱۳۹۶) در افزایش رطوبت خاک در کشت ذرت علوفه‌ای (۲۸ درصد) در تیمار نگهداری بقایای گیاهی با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. در خصوص تأثیر ورمی‌کمپوست بر رطوبت خاک همسو با نتیجه این مطالعه، سایر پژوهش‌گران افزایش نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب درخاک در اثر استفاده از ورمی‌کمپوست را گزارش نمودند (احمدآبادی و همکاران،۱۳۹۰؛ میرزایی‌تختگاهی و قمرنیا، ۱۳۹۶؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۹۹).

1. Ranuzzi

ذرت یک گیاه با سیستم فتوسنتزی چهار کربنه است. اگرچه این گیاه در برابر گرما مقاوم است اما قرارگرفتن طولانی‌مدت در دمای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد منجر به تنش گرمایی و کاهش بهره‌وری آن می‌شود. نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که با تغییر اقلیم، امواج گرما در آینده احتمالاً شدیدتر و پایدارتر خواهد بود. تنش گرمایی باعث کاهش ارتفاع بوته، کاهش سطح برگ و تأخیر در گلدهی می‌گردد. این تنش در گیاه ذرت کارایی فتوسنتز را مختل و به فتوسنتز آسیب می‌رساند، در نتیجه موجب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (السپه[1] و همکاران، ۲۰۲۲؛ پودلا[2] و همکاران، ۲۰۲۳) بر همین اساس مدیریت صحیح عملیات زراعی شامل تاریخ کاشت و برداشت، استفاده از سیستم مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک با تأکید بر استفاده از منابع کودی آلی موجب کاهش اثرات تنش گرمایی از طریق کاهش دمای خاک و افزایش راندمان مصرف آب خواهد شد.

۵. ۳. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

با توجه به خصوصیات خاک شهر زابل، پایش میزان اسیدیته خاک ضروری است و اقدامات کشاورزی باید در راستای تنظیم و جلوگیری از افزایش pH در این منطقه باشد. شاخص اسیدیته خاک بیانگر میزان یون هیدروژن فعال در خاک است و تغییرات محدود و نزدیک به میزان خنثی (عدد ۷) جزو صفات مطلوب در این شاخص می‌باشد (فوث[3]، ۱۹۹۱). براساس نتایج به‌دست‌آمده، اسیدیته خاک تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی قرار گرفت. وضعیت اسیدیته خاک قبل از کاشت (اسفندماه ۱۳۹۶) نشان‌دهنده pH قلیایی (۸/۱۲) خاک مزرعه بود، اندازه‌گیری اسیدیته خاک پس از اتمام دوره کاشت نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست به‌تنهایی اثر چندانی بر مقدار اسیدیته خاک نداشته است، در حالی‌که استفاده ترکیبی از بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست منجر به کاهش ۰/۳۲ واحدی pH خاک نسبت به تیمار شاهد شد. از سوی دیگر کاربرد ۱۰۰ درصد مواد آلی اثر مثبت‌تری بر کاهش اسیدیته نسبت به سطوح پایین‌تر این تیمارها نشان داد. پژوهش‌گران اظهار نمودند که طی فرایند تجزیه ترکیبات آلی، اسید کربنیک و سایر اسیدهای آلی تولید می‌شود که منجر به کاهش pH خاک می‌گردد (باقری و همکاران، ۱۳۹۹؛ بیسواس[4] و نارایاناسامی[5]، ۲۰۰۶؛ پارتاسارتی[6] و همکاران، ۲۰۰۸). ابراهیمیان و همکاران (۱۳۹۵) در کاشت گندم و اسدی‌سریزدی و همکاران (۱۳۹۶) در کشت ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر مدیریت بقایای گیاهی به نتایجی مشابه با پژوهش حاضر دست یافتند.

یکی از اصول کشاورزی پایدار، کنترل هدایت الکتریکی با استفاده از روش‌های اصلاح خاک می‌باشد. هدایت الکتریکی یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی شوری و مقدار یون‌های موجود در محلول اشباع خاک است که به‌طور مستقیم با مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها مرتبط است و شاخص مناسبی برای شناسایی مقادیر کل نمک‌ها در عصاره اشباع خاک می‌باشد. هرچه غلظت یون‌ها در محلول خاک بیش‌تر باشد، هدایت الکتریکی آن نیز افزایش خواهد یافت. مقایسه هدایت الکتریکی خاک محل آزمایش قبل از کاشت (۳/۰۹ دسی‌زیمنس بر متر) و پس از برداشت محصول نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار این پارامتر در سیستم‌های تلفیقی کاربرد کودها نسبت به کاربرد آن‌ها به‌تنهایی بود. بررسی روند تغییرات این صفت در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که کاربرد ورمی‌کمپوست به‌تنهایی از میزان هدایت الکتریکی بیش‌تری نسبت به بقایای گندم برخوردار بود که می‌تواند به‌علت وجود املاح بیش‌تر در ورمی‌کمپوست باشد (احمدآبادی و

1. El-Sappah
2. Poudela
3. Foth
4. Biswas
5. Narayanasamy
6. Parthasarathi

همکاران، ۱۳۹۰؛ آتیه[1] و همکاران، ۲۰۰۰؛ سریکانث[2] و همکاران، ۲۰۰۰). در همین راستا محققان اظهار داشتند که فعالیت کرم‌های خاکی در جهت تولید ورمی‌کمپوست باعث افزایش حلالیت و تحرک یون‌های حاصل از تجزیه مواد آلی و فرایند معدنی‌شدن آن‌ها می‌شود. به‌عبارت دیگر آزادسازی نمک‌های معدنی مانند فسفات، آمونیوم و پتاسیم از طریق ورمی‌کمپوست، موجب افزایش نسبی هدایت الکتریکی خاک می‌شود (باقری و همکاران، ۱۳۹۹؛ کفیل و همکاران، ۱۳۹۷) که این مسئله نشان‌دهنده اهمیت کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح مناسب و با درنظرگرفتن هدایت الکتریکی خاک مزرعه می‌باشد. در خصوص اثر بقایای گیاهی، ابراهیمیان و همکاران (۱۳۹۵) بیش‌ترین میزان هدایت الکتریکی خاک را در نتیجه کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد بقایای گندم گزارش کردند که علت آن را به آزادسازی عناصر در اثر تجزیه بقایای گیاهی نسبت دادند.

در این پژوهش افزایش سطح ورمی‌کمپوست در تیمارها موجب افزایش درصد تخلخل خاک شد و بنابر نتایج به‌دست‌آمده ورمی‌کمپوست تأثیر بیش‌تری در افزایش تخلخل خاک نسبت به بقایای گیاهی نشان داد. در مجموع کاربرد کودهای آلی به شکل معنی‌داری موجب افزایش تخلخل خاک نسبت به تیمار عدم کوددهی شد. کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک منجر به افزایش اندازه خلل و فرج خاک و افزایش منافذ ریز و متوسط می‌شود. افزایش این شاخص در خاک زراعی به‌علت بهبود تهویه خاک و هم‌چنین نگهداری آب دارای اهمیت می‌باشد. حیدری و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی اثر مدیریت بقایای گیاهی بر ویژگی‌های خاک در کاشت ذرت علوفه‌ای و جو بیان کردند که وضعیت مطلوب دانه‌بندی در خاک‌هایی که ماده آلی بیش‌تری دارند، باعث می‌شود این خاک‌ها از لحاظ ساختمانی نیز بهبود پیدا کرده و در نتیجه از حالت متراکم خارج شوند. بنابراین، تخلخل کل خاک در تیمار برگرداندن بقایای گیاهی به‌علت افزایش معنی‌دار ماده آلی نسبت به تیمارهای شاهد و سوزاندن بقایای گیاهی، افزایش معنی‌داری پیدا کرد. هم‌چنین کم‌تربودن تخلخل کل خاک در تیمار سوزاندن بقایا را معلول کم‌تربودن مقدار ماده آلی در این تیمار دانستند. اسدی‌سریزدی و همکاران (۱۳۹۶) بالاترین میزان تخلخل خاک را در تیمار گردآوری‌نکردن کاه و کلش گندم و کود شیمیایی (۴۹/۲ درصد) و کم‌ترین را در تیمار آتش‌زدن کاه و کلش (۳۶/۷) گزارش کردند. در نتیجه بیان کردند که میزان تخلخل با مدیریت بقایای گیاهی و افزایش فعالیت میکروبی خاک به‌منظور ایجاد خلل و فرج و تشکیل ساختار خاکدانه‌ها ارتباط مستقیم دارد. کوچکی و همکاران (۱۳۹۹) در ارزیابی تأثیر بقایای گیاهی در کشت گندم اظهار نمودند که بقایای گیاهی با افزایش مواد آلی در خاک باعث دانه‌بندی بهتر خاک و افزایش تخلخل خاک شده است. همسو با نتایج مطالعه حاضر، سایر پژوهش‌گران افزایش تخلخل خاک را با کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک گزارش نمودند (جات[3] و احلوات[4]، ۲۰۰۶؛ ریدوان[5]، ۲۰۰۴).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این آزمایش نشان داد که سیستم‌های تلفیقی کاربرد بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست در مقایسه با کاربرد بقایای گیاهی و ورمی‌کمپوست به‌تنهایی و هم‌چنین عدم کوددهی، تأثیر بهتری بر خصوصیات کیفی علوفه ذرت، ویژگی‌های اکولوژیکی محیط و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک داشتند. بیش‌ترین میزان پروتئین، عملکرد پروتئین، هیدرات‌های کربن محلول در آب، رطوبت حجمی خاک، تشعشع فعال فتوسنتزی، تخلخل خاک و کم‌ترین میزان دمای خاک، اسیدیته

1. Atieh
2. Srikanth
3. Jat
4. Ahlawat
5. Ridvan

و هدایت الکتریکی خاک در سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گیاهی مشاهده شد. این نتیجه می‌تواند به‌علت تجزیه بقایای گیاهی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست باشد که منجر به افزایش و بهبود خصوصیات کیفی علوفه ذرت شد. هم‌چنین میزان پروتئین در مرحله برداشت شیری به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از مرحله خمیری بود. کاربرد کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست و بقایای گیاهی به‌صورت تلفیقی می‌تواند علاوه بر افزایش کیفیت علوفه و بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش راندمان استفاده از منابع محیطی گردد. البته استفاده از کودهای آلی و بررسی تأثیر آن‌ها بر خصوصیات خاک در مطالعات طولانی‌مدت بهتر قابل ارزیابی و استناد می‌باشد. هم‌چنین جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی منجر به کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد. اثرات بلندمدت این کودها در بهبود ساختار خاک و افزایش حاصلخیزی، موجب افزایش عملکرد و تولید پایدار می‌گردد که می‌تواند گام مهمی در جهت دست‌یابی به اهداف کشاورزی پایدار باشد. در مجموع با توجه به نتایج، سیستم تلفیقی ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست+ ۳۰ درصد بقایای گیاهی در مقایسه با سایر سیستم‌های کودی از برتری قابل‌توجهی برخوردار بود. از این‌رو، بهتر است در سیستم تلفیقی کوددهی، نسبت کاربرد ورمی‌کمپوست دو برابر بقایای گیاهی در نظر گرفته شود. هم‌چنین با توجه به اهمیت مرحله برداشت در قابلیت هضم و خوش‌خوراکی علوفه، مناسب‌ترین زمان برداشت علوفه ذرت، مرحله شیری‌شدن دانه می‌باشد.

۷. تشکر و قدردانی

از کارکنان امور پشتیبانی دانشگاه زابل به‌خاطر همکاری در اجرای پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

ابراهیمیان، الناز؛ کوچکی، علیرضا؛ نصیری محلاتی، مهدی؛ خرم دل، سرور و بهشتی، علیرضا (۱۳۹۵). اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و سطوح بقایای گندم بر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک. *به زراعی کشاورزی*، ۱۸(۴)، ۸۹۳-۹۰۵.

احمدآبادی، زهرا؛ قاجارسپانلو، مهدی و رحیمی‌آلاشتی، سپیده (۱۳۹۰). اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. *علوم آب و خاک*، ۱۵ (۵۸)، ۱۲۵-۱۳۷.

اسدی‌سریزدی، عباس؛ ویسی، هادی؛ میرزایی‌تالارپشتی، رضا؛ لیاقتی، هومان و خوشبخت، کورس (۱۳۹۶). ارزیابی عملکرد و پایداری کشت ذرت علوفه‌ای تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا. *مجله کشاورزی بوم‌شناختی*، ۷(۱)، ۱-۱۶.

باقری‌فهرجی، رضا؛ قربانی، مهدی؛ خلیقی سیگارودی، شهرام و علم‌بیگی، امیر (۱۴۰۰). تحلیل مؤلفه‌های اثرگذار بر تاب‌آوری جوامع محلی در مواجهه با نوسانات اقلیمی در حوزه آبخیز ندوشن یزد. *مرتع و آبخیزداری*، ۷۴(۲)، ۳۲۱-۳۰۳.

باقری، حسین؛ زارع ابیانه، حمید و ایزدی، عزیزالله (۱۳۹۹). نقش ورمی‌کمپوست در تغییر مؤلفه‌های فیزیکی، شیمیایی، هیدرولیکی و آبشویی یک خاک لومی‌شنی. *نشریه آب و خاک*، ۳۴(۳)، ۶۰۹-۶۲۲.

بهادر، محمود؛ ابدالی مشهدی، علیرضا؛ سیادت، سیدعطاءالله؛ فتحی، قدرت الله و لطفی جلال‌آبادی، امین. (۱۳۹۴). اثر پوشش بذر با زئولیت و پرایم با کلات آهن بر عملکرد پروتئین و دانه ارقام ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط اهواز. *پژوهش‌های حبوبات ایران*، ۶(۱)، ۳۲-۴۱.

بهروزی، دنیا؛ دیانت، مرجان؛ مجیدی، اسلام؛ میرهادی، محمدجواد وشیرخانی، علی (۱۴۰۱). تأثیر کم‌آبیاری، کودهای شیمیایی و ورمی‌کمپوست بر ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.). *به زراعی کشاورزی*، ۲۴(۴)، ۱۰۶۹-۱۰۸۴.

حیدری، فرشید؛ رسول‌زاده، علی؛ سپاس‌خواه، علیرضا؛ اصغری، علی و قویدل، اکبر (۱۳۹۲). اثر مدیریت بقایای گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک و عملکرد ذرت علوفه‌ای و جو. *علوم آب و خاک*، ۱۷(۶۵)، ۲۳۳-۲۴۸.

دهمرده، مهدی؛ قنبری، احمد؛ سیاه‌سر، براتعلی و رمرودی، محمود (۱۳۸۹). بررسی اثر نسبت کاشت و زمان برداشت بر کیفیت علوفه ذرت در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۱(۳)، ۶۳۳-۶۴۲.

رفیعی، مسعود و کونانی، عبدالرضا (۱۳۹۸). تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۰(۱)، ۱۵۱-۱۵۹.

سعیدی، حسنیه و ذاکریان، ملیحه. (۱۴۰۰). سنجش عوامل مؤثر بر تاب‌آوری اقلیمی در شهر زابل. *فصل‌نامه آینده‌پژوهی شهری*، ۱(۳)، ۱۳۰-۱۴۶.

شیخی سنندجی، دیبا؛ حیدری، غلامرضا؛ فتحی، پرویز؛ شریفی، زاهد و خداوردیلو، حبیب (۱۴۰۲). بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه کینوا (*Chenopodum qunoa* Willd.). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۳(۲)، ۱۵-۲۹.

عبدلی، م (۱۳۹۹). بهبود خصوصیات زراعی و مرفولوژیکی ذرت علوفه‌ای با تغییر در تاریخ کاشت و تعیین مناسب‌ترین زمان برداشت در منطقه ورامین. *دوفصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی*، ۱۰(۱)، ۱-۱۳.

قنبری، احمد؛ احمدیان، احمد؛ میر، بهروز و رزمجو، الیاس (۱۳۸۹). بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمّی و کیفی علوفه ذرت. *مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز*، ۳(۱۵)، ۴۱-۵۴.

کفیل، محبوبه؛ معاضد، هادی و مرادزاده، مصطفی (۱۳۹۷). کاربرد روش‌های تحلیلی و عددی در شبیه‌سازی آبشویی یون‌های نیترات و آمونیوم در یک خاک شنی. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۵(۳)، ۲۵۵-۲۶۷.

کوچکی، علیرضا؛ نصیری محلاتی، مهدی و عظیم‌زاده، سیدجواد (۱۳۹۹). تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) و خصوصیات فیزیکی خاک در تناوب آیش-گندم در شرایط دیم. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۲(۲)، ۳۱۷-۲۹۹.

محمدی، پروین و ملکیان، آرش (۱۳۹۹). سنجش و تحلیل ظرفیت سازگاری جوامع محلی به مخاطرات اقلیمی (منطقهٔ تحقیق: روستاهای سفیدبرگ و بیوندسفلی، شهرستان جوانرود). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۷(۱)، ۵۴-۳۹.

مشیری، فرهاد؛ بلالی، محمدرضا؛ رجالی، فرهاد و صداقت، آزاده (۱۴۰۱). چارچوب مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران. *مدیریت اراضی*. ۱۰(۱)، ۱۷-۳۵.

مومنی، سکینه و زیبایی، منصور (۱۳۹۲). اثرات بالقوه‌ی تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس. *اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۷(۳)، ۱۶۹-۱۷۹.

میرزایی تختگاهی، حسین و قمرنیا، هوشنگ (۱۳۹۶). تأثیر هم‌زمان ورمی‌کمپوست و آب نامتعارف بر روی خصوصیات فیزیکی خاک. *مدیریت آب و آبیاری*، ۷(۲)، ۱۹۷-۲۱۰.

میرلوحی، آقافخر؛ بزرگوار، ناصر و بصیری، مهدی (۱۳۷۹). اثر مقادیر مختلف کود ازته بر رشد، عملکرد و کیفیت سیلویی سه هیبرید سورگوم علوفه‌ای. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*،۴ (۲)، ۱۰۵-۱۱۶.

نجفی‌نژاد، حمید؛ رشیدی، ناصر؛ رستمی، محمدعلی و جواهری، محمدعلی (۱۳۹۶). اثر مدیریت بقایای گندم و کلزا و روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت و برخی خصوصیات خاک. *به زراعی نهال و بذر*، ۳۳(۱)، ۶۱-۸۳.

نعمتی ثانی، ابراهیم (۱۳۹۰). اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد ذرت. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، به‌راهنمایی علی درخشان شادمهری. شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی.

یوسفیان‌قهفرخی، حبیب الله؛ اسماعیلی، محمد علی؛ دانش شهرکی، عبدالرزاق و قاجارسپانلو، مهدی (۱۴۰۰). بررسی اثر کاربرد کود آلی و نیتروژن بر کیفیت علوفه رازیانه (*Onobrychis viciifolia* Scop.) و اسپرس (*Foeniculum vulgare* L.) در شرایط کشت مخلوط. *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۳(۱)، ۵۶۳-۵۷۹.

References

Abdoli, M. (2020). Improving agronomic and morphological characteristics of forage maize by changing planting date and determining the most suitable harvest time in Varamin region. *Journal of Plant Production Sciences*, *10*(1), 1-13. (In Persian).

Adekiya, A. O., & Agbede, T. M. (2017). Effect of methods and time of poultry manure application on soil and leaf nutrient concentrations, growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(4), 383-388.

Ahmad Abadi, Z., Ghajar Sepanlou, M., & Rahimi Alashti, S. (2012). Effect of vermicompost on physical and chemical properties of soil. *Journal of Water and Soil Science*; *15* (58), 125-137. (In Persian).

Anwar, Z., Irshad, M., Fareed, I., & Saleem, A. (2015). Characterization and recycling of organic waste after co-composting-A review. *Journal of Agricultural Science*, *7*(4), 68-79.

Asadi saryazdi, A., Veisi, H., Mirzai Talarposhti, R., Liaghati H., & Khoshbakt, K. (2017). A performance assessment of the agroecosystem of forage Maize under different tillage methods and crop residue management. *Journal of Agroecology*, *7*(1), 1-16. (In Persian).

Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S., & Metzger, J. D. (2000). Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science & Utilization*, *8*(3), 215-223.

Bagheri Fahragi, R., Ghorbani, M., Khalighi Sigaroudi, S., & Alambeigi, A. (2021). Analysis of factors affecting resilience of local communities in the face of climate fluctuations in Yazd. *Journal of Range and Watershed Managment*, *74*(2), 303-321. (In Persian).

Bagheri, H., Abyaneh, H. Z., & Izady, A. (2020). The role of vermicompost on the change of physical, chemical, hydraulic and leaching components of a sandy loam soil. *Journal of Water and Soil*, *34*(3), 609-622(In Persian).

Bahador, M., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S. A., Fathi, G., & Lotfi Jalal-abadi, A. (2015). Effect of seed pelleting with zeolite and priming with Iron chelate on protein and seed yield of Mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties in Ahvaz. *Iranian Journal Pulses Research*, *6*(1), 32-41. (In Persian).

Behrouzi, D., Diyanat, M., Majidi, E., Mirhadi, M. J., & Shirkhani, A. (2022). Effect of Deficit Irrigation, Fertilizers and Vermicompost on Forage Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Crops Improvement*, *24* (4), 1069-1084. (In Persian).

Biswas, D. R., & Narayanasamy, G. (2006). Rock phosphate enriched compost: an approach to improve low-grade Indian rock phosphate. *Bioresource Technology*, *97*(18), 2243-2251.

Celik, I., Ortas, I., & Kilic, S. (2004). Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, *78*(1), 59-67.

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., SiyahSar, B. A., & Ramroudi, M. (2010). Effect of planting ratio and harvest time on forage quality of maize in maize-cowpea intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *41*(3), 633-642. (In Persian).

Deepthi, M. P., Nivethitha, S., Saminathan, K., Narendhirakannan, R. T., Karmegam, N., & Kathireswari, P. (2021). Effect of vermiwash prepared from livestock biowaste as vermiponics medium on the growth and biochemical indices of Amaranthus viridis L. *Environmental Technology & Innovation*, *21*, 1-12.

Durán-Lara, E. F., Valderrama, A., & Marican, A. (2020). Natural organic compounds for application in organic farming. *Agriculture*, *10*(2), 1-22.

Ebrahimian, E., Koochaki, A., Mahalati, M. N., Khorramdel, S., & Beheshti, A. (2017). Influence of tillage systems and wheat stubble levels on the physical, chemical and biological properties of soil. *Journal of Crops Improvement*, *18*(4), 893-905. (In Persian)

El-Sappah, A. H., Rather, S. A., Wani, S. H., Elrys, A. S., Bilal, M., Huang, Q., Dar, Z. A., Elashtokhy, M. M. A., Soaud, N., Koul, M., Mir, R. R, Yan, K., Li, J., El-Tarabily, K. A., & Abbas, M. (2022). Heat stress-mediated constraints in maize (Z*ea mays*) production: challenges and solutions. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1-23.

Esang, D. M., Akata, O. R., & Ikeh, A. O. (2021). Adaptability of Seven Maize (*Zea mays* L.) Varieties in High Humid Rainforest Zone of Nigeria. American Journal of Agricultural Science, *Engineering, and Technology*, *5*(2), 92-101.

FAO. (2022). FAOSTAT: Production: Crops and livestock products. In: FAO. Rome. Cited December 2022.

Fatima, S., Riaz, M., Al-Wabel, M. I., Arif, M. S., Yasmeen, T., Hussain, Q., Roohi, M., Fahad, Sh., Ali, K., & Arif, M. (2021). Higher biochar rate strongly reduced decomposition of soil organic matter to enhance C and N sequestration in nutrient-poor alkaline calcareous soil. Journal of Soils and Sediments, *21*, 148-162.

Foth, H.D. (1991). Fundamentals of Soil Science, (8th Ed.) John Wiley and Sons. Michigan State University, USA.

Ghanbari, A., Ahmadian, A., Mir, B., & Arazmjo, E. (2010). Study of the effect Harvest time on quantitative and qualitative characteristics of corn (*Zea mays* L.) forage. *Journal of Crop and Weed Ecophysiology*, *3*(15), 41-54. (In Persian).

Gu, B., Ju, X., Chang, S. X., Ge, Y., & Chang, J. (2017). Nitrogen use efficiencies in Chinese agricultural systems and implications for food security and environmental protection. *Regional Environmental Change*, *17*, 1217-1227.

Heydari, F., Rasoulzadeh, A., Sepaskhah, A. R., Asghari, A., & Ghavidel, A. (2013). Effect of crop residue management on soil physical and biological properties, and forage corn and barely yield. *Journal of Water and Soil Science*, *17*(65), 233-248.

Hou, L., Chen, X., Kuhn, L., & Huang, J. (2019). The effectiveness of regulations and technologies on sustainable use of crop residue in Northeast China. *Energy Economics*, *81*, 519-527.

Hou, Y., Wei, S., Ma, W., Roelcke, M., Nieder, R., Shi, S., Wu, J., & Zhang, F. (2018). Changes in nitrogen and phosphorus flows and losses in agricultural systems of three megacities of China, 1990–2014. Resources, Conservation and Recycling, *139*, 64-75.

Jat, R. S., & Ahlawat, I. P. S. (2006). Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture*, *28*(1), 41-54.

Jordao, C. P., Fernandes, R. B. A., de Lima Ribeiro, K., de Souza Nascimento, B., & Barros, P. M. (2009). Zn (II) adsorption from synthetic solution and kaolin wastewater onto vermicompost. *Journal of Hazardous Materials*, *162*(2-3), 804-811.

Kafil, M., Moazed, H., & Moradzadeh, M. (2018). Simulation of nitrate and ammonium ions leaching in a sandy loam soil using analytical and numerical models. *Journal of Water and Soil Conservation*, *25*(3), 255-267. (In Persian)

Khan, T. U., Jan, M. T., Khan, A., Ahmad, G., Ishaq, M., Afridi, K., Ali, M., Qureshi, M. A., Ahmad, I., & Saeed, M. (2018). Integrated management of fertilizer nitrogen and poultry manure enhance wheat production. Pakistan *Journal of Agricultural Research*, *31*(3), 207-215.

Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Hong, S. J., Park, J. H., Han, E. J., ... & Kim, S. C. (2015). Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The Plant Pathology Journal*, *31*(3), 259-268.

Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., & Azimzadeh, J. (2020). Effect of different tillage systems on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and some soil physical characteristics in a fallow-wheat rotation under rainfed condition. *Journal of Agroecology*, *12*(2), 299-317. (In Persian)

Kour, D., Kaur, T., Devi, R., Yadav, A., Singh, M., Joshi, D., Singh, J., Suyal, D. C., Kumar, A., Rajput, V. D., Ajar Nath Yadav, A. N., Singh, K., Singh, J., Riyaz, Z., Sayyed, R. Z., Arora, N. K., & Saxena, A. K. (2021). Beneficial microbiomes for bioremediation of diverse contaminated environments for environmental sustainability: present status and future challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 24917-24939.

Laamrani, A., Joosse, P., & Feisthauer, N. (2017). Determining the number of measurements required to estimate crop residue cover by different methods. *Journal of Soil and Water Conservation*, *72*(5), 471-479.

Li, W., Guo, S., Liu, H., Zhai, L., Wang, H., & Lei, Q. (2018). Comprehensive environmental impacts of fertilizer application vary among different crops: Implications for the adjustment of agricultural structure aimed to reduce fertilizer use. *Agricultural Water Management*, *210*, 1-10.

Lim, S. L., & Wu, T. Y. (2016). Characterization of matured vermicompost derived from valorization of palm oil mill byproduct. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(8), 1761-1769.

Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Dhima, K. V., Dordas, C. A., & Yiakoulaki, M. D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, *99*(2-3), 106-113.

Mahmud, M., Abdullah, R., & Yaacob, J. S. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy*, *8*(9), 183.

Mirlohi, A., Bozorgvar, N., & Bassiri, M. (2000). Effect of nitrogen rate on growth, forage yield and silage quality of three sorghum hybrids. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 4* (2), 105-116. (In Persian).

Mirzaei-Takhtgahi, H., & Ghamarnia, H. (2017). The concurrent effect of vermicompost and unconventional water on soil physical properties. *Water and Irrigation Management*, *7*(2), 197-210. (In Persian)

Mnzughul, N. S., Esang, D. M., & Ikeh, A. O. (2023). Variability of elite maize (*Zea mays* L.) varieties at different row spacing in Guinea Savannah Region of Nigeria. *Open Global Scientific Journal*, *2*(2), 81-93.

Mohammadi, N. K., Pankhaniya, R. M., & Joshi, M. P. (2017). Effect of inorganic fertilizer, vermicompost and bio-fertilizer on quality, content and uptake of nutrients in sweet corn (*Zea mays* L. var. saccharata). *International Journal of Science and Research*, *6*(5), 670-675.

Mohammadi, P., & Malekian, A. (2020). Evaluation and analyses of adaptation aapacity of local communities to climate hazards (study area: sefidbarg and bivandsofla villages, javanroud county). *Environmental Management Hazards*, *7*(1), 39-54. (In Persian)

Momeni, S., & Zibaei, M. (2013). The potential impacts of climate change on the agricultural sector of Fars province. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *27*(3), 169-179. (In Persian).

Moshiri, F., Balali, M. R., Rejali, F., & Sedaghat, A. (2022). A framework for integrated soil fertility and plant nutrition management in Iran. *Land Management Journal*, *10*(1), 17-35. (In Persian)

Nawaz, A., Sufyan, M., Gogi, M. D., & Javed, M. W. (2019). Sustainable management of insect-pests. Innovations in sustainable agriculture, Springer. 287-335.

Nemati sani, E. (2012). Interaction effect of vermicompost and humic acid on corn yield. Master Dissertation. With Ali Derakhshan Shadmehri.Shahrood: Shahrood University of Technology, Faculty of Agriculture. (In Persian).

Obalum, S. E., Chibuike, G. U., Peth, S., & Ouyang, Y. (2017). Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental Monitoring and Assessment*, *189*, 1-19.

Pai, S., Ai, N., & Zheng, J. (2019). Decentralized community composting feasibility analysis for residential food waste: A Chicago case study. *Sustainable Cities and Society*, *50*, 101683, 1-13.

Parthasarathi, K., Balamurugan, M., & Ranganathan, L. S. (2008). Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, *5*(1), 51-58.

Pimentel, D., Culliney, T. W., & Bashore, T. (1996). Public health risks associated with pesticides and natural toxins in foods. The Radcliffes's IPM World Textbook. University of Minnesota, St. Paul.

Poudela, M., Poudelb, M. R., & Dhunganab, B. (2023). Effects and Management Practices of Heat Stress in Maize (*Zea mays* L.): A Review. *INWASCON Technology Magazine (i-TECH MAG)*, *5*, 22-25.

Rafiei, M., & Koonani, A. R. (2019). Effect of application of vermicompost and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *50*(1), 151-159. (In Persian)

Ranuzzi, A., & Srivastava, R. (2012). Impact of climate change on agriculture and food security. *ICRIER Policy series*, 16(2).

Rao, M. R., & Singh, M. (1990). Productivity and risk evaluation in constrasting intercropping systems. *Field Crops Research*, *23*(3-4), 279-293.

Reinoso Moreno, J. R., Pinna-Hernández, G., Fernández, M. F., Molina, J. S., Díaz, F. R., Hernández, J. L., & Fernández, F. A. (2019). Optimal processing of greenhouse crop residues to use as energy and CO_2 sources. *Industrial Crops and Products*, *137*, 662-671.

Ridvan, K. (2004). Cu and Zn accumulation in earthworm Lumbricus terrestris L. in sewage sludge amended soil and fractions of Cu and Zn in casts and surrounding soil. *Ecological Engineering*, *22*(2), 141-151.

Roussos, P. A., Gasparatos, D., Kechrologou, K., Katsenos, P., & Bouchagier, P. (2017). Impact of organic fertilization on soil properties, plant physiology and yield in two newly planted olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, *220*, 11-19.

Sadowski, A., & Baer-Nawrocka, A. (2018). Food and environmental function in world agriculture-Interdependence or competition? Land Use Policy, *71*, 578-583.

Saeedi, H., & Zakerian, M. (2022). Assessing the factors affecting climate resilience in Zabol city. *Urban Futurology*, *1*(3), 130-146. (In Persian)

Santos, V. B., Araújo, A. S., Leite, L. F., Nunes, L. A., & Melo, W. J. (2012). Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems. *Geoderma*, *170*, 227-231.

Serna-Saldivar, S. O., Perez-Carrillo, E., & Heredia-Olea, E. (2019). Soybean-fortified wheat flour tortillas. In Flour and breads and their fortification in health and disease prevention (pp. 291-306). Academic Press.

Seufert, V., Ramankutty, N., & Mayerhofer, T. (2017). What is this thing called organic? How organic farming is codified in regulations. *Food Policy*, *68*, 10-20.

Sheikhi Sanandaji, D., Heidari, G., Fathi, P., Sharifi, Z., & Khodaverdiloo, H. (2023). Investigating the effects of different levels of vermicompost and irrigation on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) forage. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(2), 15-29. (In Persian).

Singh, A., & Singh, G. S. (2017). Vermicomposting: A sustainable tool for environmental equilibria. *Environmental Quality Management*, *27*(1), 23-40.

Srikanth, K., Srinivasamurthy, C. A., Siddaramappa, R., & Parama, V. R. (2000). Direct and residual effect of enriched composts, FYM, vermicompost and fertilizers on properties of an Alfisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, *48*(3), 496-499.

Srivastava, A. K. (2020). Climate-smart integrated soil fertility management in fruit crops: An overview. *Fruit Crops*, 521-540.

Tesfaye, K., Walker, S., & Tsubo, M. (2006). Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European journal of Agronomy*, *25*(1), 60-70.

Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. Methods of soil analysis: part 3 chemical methods, *5*, 475-490.

Tobay, Y., & Tan, M. (2022). Yield and some properties of silage corn as influenced by dieeerent nitrogen and vermicompost rates. In proceedings of IV. International Agricultural, Biological & Life Science Conference, Edirne, Turkey, 29-31 September 2022. P. 697-703.

Ward, J. D., Readfern, D. D., McCormick, M. E., & Cuomo, G. J. (2001). Chemical composition, ensiling characteristics, and apparent digestibility of summer annual forages in a subtropical double-cropping system with annual ryegrass. *Journal of Dairy Science*, *84*(1), 177-182.

Yadav, P., Jaiswal, D. K., & Sinha, R. K. (2021). Climate change: Impact on agricultural production and sustainable mitigation. In Global climate change, Elsevier, pp. 151-174.

Younas, M., Zou, H., Laraib, T., Abbas, W., Akhtar, M. W., Aslam, M. N., Amrao, L., Hayat, Sh., Abdul Hamid, T., Hameed, A., Kachelo, G. A., & Elseehy, M. (2021). The influence of vermicomposting on photosynthetic activity and productivity of maize (*Zea mays* L.) crop under semi-arid climate. *PLoS One*, *16*(8), e0256450.

Yousefyan Ghahfarokhi, H., Esmaeili, M. A., Danesh Shahraki, A., & Ghajar Sepanlu, M. (2021). Evaluation of organic and nitrogen fertilizers application on quality of forage of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) under intercropping system. *Journal of Agroecology*, *13*(3), 563-579. (In Persian)