Plant Prod., 2025, 48(3), 383- 399
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48005.2209
Received: 23 September 2024
Accepted: 15 February 2025

Plant Productions

Research Article

The effect of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost on soil physicochemical properties and wheat grain yield under terminal heat stress in Ahvaz

Masoumeh Makvandi[1], Abdul Mahdi Bakhshandeh[2], Ali Moshatati[3*], Mohammad Reza Moradi Telavat[3], Aydin Khodaei Joghan[3]

1. Ph.D. graduate of Agrotechnology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Professor, Department of of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Citation: Makvandi, M., Bakhshandeh, A.M., Moshatati, A., Moradi Telavat, M.R., Khodaei Joghan, A. (2025). The effect of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost on soil physicochemical properties and wheat grain yield under terminal heat stress in Ahvaz. *Plant Productions,* 48(3), 383-399.

Abstract

Introduction

Under terminal heat stress conditions, several traits such as the number of spikes per unit area, the number of grains per spike, 1000-grains weight, and grain yield are significantly reduced. Nitrogen, the main limiting mineral nutrient in agricultural production, plays a fundamental role in enhancing yield by maintaining photosynthetic capacity. Therefore, nitrogen is widely applied as a chemical fertilizer to improve crop production. The excessive application of chemical fertilizers in recent decades has led to significant economic and environmental concerns. Sustainable agriculture increasingly relies on the incorporation of organic fertilizers to improve soil health, nutrient availability, and environmental compatibility. However, the slower nutrient release from organic amendments may limit plant growth. Thus, integrating organic and chemical fertilizers is recommended to create optimal growth conditions.

Materials and Methods

A field experiment was carried out during the 2021-2022 cropping season at the Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, using a split-plot randomized complete block design with three replications. The main plots consisted of three planting dates (21 November, 10 December, and 30 December). Subplots included six fertilizer treatments: control (no nitrogen or organic fertilizer), 100% nitrogen fertilizer, 75% nitrogen+ 25% compost fertilizer, 50% nitrogen + 50% compost, 25% Nitrogen f+ 75% compost, and 100% compost. Growth-stimulating bacteria were applied at two levels (with and without). After harvest, swheat

* **Corresponding Author** Ali Moshatati
E-mail: A.Moshatati@asnrukh.ac.ir

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

grain yield and key soil physicochemical properties, including electrical conductivity (EC), pH, bulk density, porosity, temperature, organic matter, and organic carbon were measured.

Results and Discussion

Planting date significantly affected all measured soil traits (EC, pH, and specific gravity). The combined application of nitrogen and compost, as well as the use of growth-stimulating bacteria, significantly influenced all measured parameters. Notable interactions were observed: The interaction of planting date and nitrogen/compost combination significantly influenced organic matter, soil temperature, and porosity, grains per square meter, 1000-grain weight, and grain yield. The interaction of planting date and bacterial inoculation significantly affected soil organic carbon and grain yield. The interaction of nitrogen/compost fertilizer and bacterial inoculation significantly affected soil organic carbon, pH and specific gravity. Ultimately, the three-way interaction of planting date, nitrogen/compost fertilizer and bacteria was significant for soil organic carbon and grain yield. The highest soil porosity (0.49), EC (4.56 dS .m $^{-1}$) and organic carbon (1.12 %) were obtained with 100% compost treatment. Delayed planting, and the associated increase in terminal heat stress, resulted in reduced grain yield. However, across planting dates, the integrated application of 50% nitrogen fertilizer+ 50% compost significantly enhanced wheat grain yield compared to 100% nitrogen fertilizer application.

Conclusion

The results of the experiment indicate the appropriate ability to use sugarcane compost as an organic fertilizer in combination with chemical fertilizers in wheat cultivation. In this experiment, the use of sugarcane compost increased wheat grain yield through its effect on the physical and chemical properties of the soil. Combined application of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost in the presence of growth-promoting bacteria, significantly improves soil properties and optimizes wheat grain yield under terminal heat stress. Sugarcane compost particularly enhances soil organic matter, porosity and EC.

Keywords: Organic fertilizer, Soil EC, Soil nitrogen, Soil organic carbon

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۴، ۴۸(۳)، ۳۸۳-۳۹۹
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48005.2209
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

اثر کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن،کمپوست بقایای نیشکر و باکتری محرک رشد بر صفات فیزیکوشیمیایی خاک و عملکرد گندم در شرایط تنش گرمای انتهای فصل اهواز

معصومه مکوندی[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲]، علی مشتطی[۳] *، محمد رضا مرادی تلاوت[۳]، آیدین خدایی جوقان[۱]

۱-دانش آموخته دکتری اگروتکنولوژی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۲-استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳-دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژنه با کمپوست بقایای نیشکر و باکتری محرک رشد بر صفات فیزیکوشیمیایی خاک و عملکرد گندم (رقم چمران ۲) در شرایط تنش گرمای آخر فصل اهواز، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت یک آذر، ۲۰ آذر و ۱۰ دی در کرت‌های اصلی، شش سطح مصرف تلفیقی نیتروژن با کمپوست شامل شاهد، ۱۰۰ درصد نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست (۷/۵ تن در هکتار)، ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست (۱۵ تن در هکتار)، ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست (۲۲/۵ تن در هکتار) و ۱۰۰ درصد کمپوست (۳۰ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی و دو سطح کاربرد و عدم کاربرد باکتری در کرت‌های فرعی فرعی بود. مقایسه میانگین نشان داد که مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ درصد کود کمپوست با باکتری محرک رشد باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن خاک و عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول (۵۸۶۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت سوم (۱۱۱۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد (بدون کود شیمیایی و آلی) به‌دست آمد. به طور کلی در تاریخ‌های کاشت مختلف، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ کود آلی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، موجب افزایش ۹ تا ۱۸ درصدی عملکرد دانه گندم شد. همچنین بیشترین مقدار کربن آلی (۱/۱۲ درصد) و هدایت الکتریکی (EC) خاک (۴/۵۶ دسی زیمنس بر متر)، با مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست و عدم کاربرد باکتری محرک رشد و کمترین میزان آن از تیمار شاهد حاصل شد. در رابطه با اثر کمپوست بر افزایش EC خاک، به دلیل شور بودن کمپوست نیشکر، EC خاک افزایش یافت. بیشترین تخلخل خاک (۰/۴۹)، با مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست و کاربرد باکتری محرک رشد و کمترین آن (۰/۳۰) از تیمار شاهد به‌دست آمد که با تیمار تلفیقی تفاوت معنی‌دار داشت. کودهای آلی با ایجاد منافذ درشت، باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی

نویسنده مسئول: علی مشتطی
رایانامه: A.Moshatati@asnrukh.ac.ir

خاک شد که این امر منجر به تسهیل نفوذ ریشه‌ها و آب و هوا و افزایش تخلخل خاک شد. به طور کلی نتایج نشان داد که کمپوست تهیه شده از بقایای نیشکر می‌تواند اصلاح کنندهٔ آلی مناسبی برای بهبود مادهٔ آلی و کیفیت خاک و افزایش عملکرد گیاه باشد. بنابراین در صورت تکرار این آزمایش و تأیید این نتایج، می‌توان این یافته‌ها را توصیه نمود.

کلیدواژه‌ها: کربن آلی خاک، کود آلی، نیتروژن خاک، هدایت الکتریکی خاک

مقدمه

در نواحی مدیترانه‌ای از جمله ایران، وقوع تنش گرما پس از گرده‌افشانی به دلیل وقوع دوره‌های کوتاه با دماهای بالا (بیش از ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد) در طی پر شدن دانهٔ گندم و تأخیر در کاشت و برخورد دوره پر شدن دانه با دمای بالای آخر فصل رشد، منجر به کاهش عملکرد دانه گندم می‌شود (Mojtabaie Zamani *et al.*, 2014). در اثر تنش گرمای انتهای فصل، دانه‌های چروکیده و کوچک تولید می‌شوند و صفات مختلفی مانند تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Hammam and Khaled, 2009). در آزمایشی کشت دیرهنگام و برخورد مرحلهٔ گلدهی ارقام گندم با تنش گرمای انتهای فصل و همچنین تأثیر پذیرفتن اجزای عملکرد از شرایط تنش، باعث کاهش ۴۶ درصدی عملکرد دانه شد (Musavi *et al.*, 2021).

نیتروژن، اصلی‌ترین عنصر معدنی محدود کننده تولیدات زراعی است که از طریق ایجاد و حفظ ظرفیت فتوسنتزی، در افزایش عملکرد نقش اساسی دارد، به همین دلیل به صورت کود شیمیایی در سطح وسیع استفاده می‌شود (Dou *et al.*, 2017). افزایش کاربرد کود نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی اصلاح شده نه تنها باعث افزایش هزینه‌های تولید شده و بار اقتصادی زیادی را بر دوش کشاورزان گذاشته است، بلکه اثر منفی زیادی بر محیط زیست می‌گذارد (Gaju *et al.*, 2016).

بروز مشکلات اقتصادی و زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی نیتروژنی در نتیجهٔ فرآیندهایی چون تصعید آمونیاک، دنیتریفیکاسیون و آبشویی نیترات سبب شده که کمپوست‌ها و سیستم‌های زیستی تثبیت کنندهٔ نیتروژن به عنوان بخشی از برنامه‌های کشاورزی پایدار به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی مدنظر باشند (Raei *et al.*, 2013). بقایای نیشکر با داشتن مواد مغذی می‌توانند به عنوان یک کود آلی در کشاورزی استفاده شوند (Chauhan *et al.*, 2011). یکی از روش‌های استفاده از پسماندهای نیشکر، کمپوست کردن آن‌ها است. در این فرآیند مواد زائد آلی با تبدیل شدن به یک مادهٔ سالم‌تر و تثبیت شده‌تر (کمپوست) می‌توانند به‌عنوان یک منبع مغذی و اصلاح کنندهٔ شرایط فیزیکی خاک، در کشاورزی استفاده شوند (Gabhane *et al.*, 2012). کمپوست نیشکر یک مادهٔ آلی پیت مانند است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب می‌شود. بنابر گزارشی، مصرف کمپوست و تلفیق کمپوست با کود شیمیایی در مقایسه با تیمار شیمیایی، میزان نیتروژن کل خاک را افزایش داد (Mengistu *et al.*, 2017). نتایج پژوهشی حاکی از کاهش pH خاک در اثر استفاده از کودهای آلی و شیمیایی است (Ebrahimian *et al.*, 2017). همچنین کربن آلی موجود در کمپوست، عناصر غذایی را به آرامی و به طور یکنواخت در خاک آزاد کرده و گیاه را قادر به جذب عناصر غذایی می‌نماید. پژوهشگران گزارش دادند که کاربرد بیوچار باگاس نیشکر موجب

افزایش کربن آلی خاک شد (Cui *et al.*, 2013). بنا بر گزارش محققان، کاربرد ورمی کمپوست در خاک باعث اسفنجی شدن خاک و افزایش درصد تخلخل و در نهایت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شد (MirzaeeTalarposhti *et al.*, 2009). بر اساس گزارشی؛ با مصرف ورمی کمپوست، دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی افزایش یافته و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد (Shahbazi *et al.*, 2015).

استفاده از پتانسیل زیستی خاک یا جامعهٔ مفید میکروبی اعم از باکتری‌ها و قارچ‌ها به‌عنوان یک راهکار امید بخش در کشاورزی پایدار مطرح است (Sarikhani and Amini, 2019). این راهبرد یعنی استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت افزایش تحمل گیاهان زراعی در برابر تنش‌های غیر زیستی از جمله تنش خشکی نه تنها آسان، بلکه کم هزینه و اقتصادی است (Kim *et al.*, 2012). کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (مخلوطی از گونه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و حل کنندهٔ فسفات (باسیلوس و سودوموناس) است. در این راستا نتایج آزمایشی نشان داد که استفاده تلفیقی از کودهای آلی و زیستی باعث افزایش نیتروژن خاک شد (Mohith *et al.*, 2011). پژوهشگران گزارش دادند که باکتری‌هایی همچون ازتوباکتر، سودوموناس و آزسپیریلوم موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Bilai *et al.*, 2017).

با توجه به اثر تنش گرمایی آخر فصل بر کاهش تولید گندم در خوزستان و همچنین مقادیر فراوان کمپوست نیشکر در مراکز تولید نیشکر و لزوم بهره‌گیری از این ماده به‌عنوان کود آلی در زراعت منطقه و احتمال تأثیرپذیری عملکرد و کیفیت گیاه و خاک از کاربرد این ماده و برهم‌کنش آن با کود شیمیایی و زیستی، پژوهش حاضر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیهٔ شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸۸ دقیقه و ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی بلند مدت، شهر ملاثانی با داشتن متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط دمای حداقل، میانگین و حداکثر به ترتیب ۹/۵، ۲۳ و ۳۶ درجهٔ سانتی گراد، از لحاظ اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه خشک است (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین ماهانه دمای حداقل، متوسط و حداکثر و بارندگی در دورهٔ رشد گندم در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Table 1. Monthly average of minimum, mean and maximum temperatures and precipitation during wheat growth cycle in growing season of 2021-2022

Month	Minimum temperature (°C)	Mean temperature (°C)	Maximum temperature (°C)	Precipitation (mm)
Dec.	10.7	17.2	23.7	44.1
Jan.	6.5	12.5	18.2	65.1
Feb.	7.8	13.6	20.6	13.4
Mar.	11.7	18.4	21.5	4.3
Apr.	14.7	23.6	32.5	0
May	20.1	27.7	36.3	0
Jun.	23.8	34.0	44.1	0

این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل تاریخ کاشت (جهت اعمال تنش گرمایی آخر فصل) در سه سطح ۱ آذر، ۲۰ آذر و ۱۰ دی به عنوان عامل اصلی در کرت‌های اصلی؛ عامل دوم نسبت‌های مختلف مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژنه (اوره) با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر در ۶ سطح شامل: شاهد (بدون کود نیتروژن و آلی)، ۱۰۰ درصد کود نیتروژن، ۷۵ درصد کود نیتروژن+ ۲۵ درصد کود آلی، ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ درصد کود آلی، ۲۵ درصد کود نیتروژن+ ۷۵ درصد کود آلی و ۱۰۰ درصد کود آلی در کرت‌های فرعی و عامل سوم شامل کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های محرک رشد (نیتروکسین) در ۲ سطح کاربرد و عدم کاربرد در کرت‌های فرعی فرعی بود. برای تلقیح بذرها، پس از محاسبهٔ میزان بذر برای هر تیمار و ریختن آن‌ها در یک کیسه پلی اتیلن، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر صمغ عربی به آن اضافه و برای مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شد تا سطح کلیه بذرها به طور یکنواخت چسبناک شود. پس از آن، مقدار ۲۰ گرم مایهٔ تلقیح به بذرهای چسبناک اضافه شد و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایهٔ تلقیح به بذرها، بذرهای آغشته به مایهٔ تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن شد تا بذرها خشک شوند. درصد جایگزینی کود شیمیایی نیتروژنه و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر بر مبنای نیاز گندم به نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) محاسبه و بر اساس تیمار، میزان مصرف کود نیتروژنه و کود کمپوست محاسبه و مصرف شد (LotfAli-Ayeneh *et al*., 2013). آماده‌سازی فیزیکی زمین شامل آبیاری قبل از شخم (ماخار)، شخم نیمه عمیق با گاوآهن برگردان‌دار، دو مرحله دیسک در جهت عمود بر هم و تسطیح زمین بود. قبل از کاشت، نمونه‌برداری از خاک جهت ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک صورت گرفت (جدول ۲). همچنین کود کمپوست بقایای نیشکر از شرکت کشت و صنعت کارون شوشتر تهیه و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

کود کمپوست بقایای نیشکر توزین و در مرحلهٔ قبل از کاشت در کرت‌های آزمایشی مورد نظر پخش شده و توسط دستگاه کولتیواتور با خاک مخلوط شد. باکتری‌های محرک رشد مورد استفاده در این آزمایش (با نام تجاری نیتروکسین)، شامل باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (مخلوطی از گونه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و حل کنندهٔ فسفات (باسیلوس و سودوموناس) است که از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه شد. تعداد سلول زنده در هر گرم مایهٔ تلقیح ترکیب نیتروکسین 10^8 عدد باکتری زنده است. در تیمارهای کاربرد باکتری‌های محرک رشد، بذور در زمان قبل از کاشت با مایهٔ تلقیح باکتری طبق راهنمای محصول آغشته شد. مقدار مصرف نیتروژن در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) بود که به صورت یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحلهٔ پنجه زنی و یک سوم در مرحلهٔ ساقه رفتن مصرف شد (LotfAli-Ayeneh *et al*., 2013). هر کرت فرعی به طول سه متر و عرض دو متر (با مساحت شش متر مربع) و شامل ۱۰ خط کشت به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم بود. فاصلهٔ بین کرت‌های اصلی و فرعی نیم متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. بذرهای گندم (رقم چمران ۲) با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع به روش دستی در عمق حدود سه سانتی‌متری به صورت مسطح در کف شیار قرار گرفت. رقم چمران ۲؛ بهاره، نسبتا زودرس و نسبت به خوابیدگی، ریزش دانه، زنگ زرد و قهوه‌ای و گرمای آخر فصل متحمل بوده و برای مناطق گرم و خشک جنوب کشور مثل استان خوزستان مناسب است (Malihipoor *et al*., 2020). آبیاری متناسب با نیاز گیاه، رطوبت خاک و شرایط آب و هوایی انجام شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی

و بدون استفاده از علف کش انجام شد. پس از رسیدن گیاه به مرحلهٔ رسیدگی کامل، برداشت با در نظر گرفتن اثر حاشیه از دو متر مربع انجام و عملکرد دانه در متر مربع و در هکتار بر اساس رطوبت ۱۴ درصد از طریق توزین نهایی عملکرد دانه در سطح برداشتی و تبدیل آن به هکتار اندازه‌گیری شد. درصد نیتروژن خاک به روش هضم، تقطیر و تیتراسیون با دستگاه کجلدال مدل WDO- Hannon (Hufman *et al*., 1991)، درصد کربن آلی خاک به روش Walkley and Black (1934)، هدایت الکتریکی خاک توسط دستگاه هدایت سنج به روش Black *et al*. (1965)، pH خاک توسط دستگاه pH متر به روش Black *et al*. (1965)، دمای خاک توسط دماسنج ترموکوبل در مرحلهٔ گرده‌افشانی، وزن مخصوص ظاهری خاک به روش Blake and Hartage (1986) و تخلخل خاک با استفاده از چگالی ظاهری و حقیقی به روش Blake and Hartage (1986) اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین صفات به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) از نرم‌افزار آماری (SAS9.4) استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن خاک

تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت، مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست، باکتری محرک رشد و برهم‌کنش مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست با باکتری محرک رشد بر نیتروژن خاک معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن خاک (۱/۱۷ درصد) در تاریخ کاشت سوم و کمترین مقدار آن (۱/۱۵ درصد) در تاریخ کاشت اول به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج آزمایش حاکی از آن بود که افزایش دما در تاریخ کاشت سوم باعث افزایش نیتروژن خاک شد. در شرایط تنش گرما، ریشهٔ گیاهان دسترسی کمتری به آب داشته و این امر باعث کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه و افزایش غلظت آن در خاک می‌شود. نتایج آزمایش نشان داد که تنش آبی سبب افزایش نیتروژن خاک شد (Choopan *et al*., 2018)، که این امر می‌تواند به دلیل کاهش رطوبت و انحلال نیتروژن در خاک و عدم استفاده آن توسط گیاه باشد (Sharma *et al*., 2007). مقایسه میانگین مصرف تلفیقی کود شیمیایی و کود کمپوست در باکتری محرک رشد نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن خاک (۱/۳۸ درصد) و کمترین میزان آن (۰/۹۳ درصد) به ترتیب از مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست با باکتری محرک رشد و تیمار شاهد و عدم کاربرد باکتری محرک رشد به دست آمد (جدول ۵). در تیمارهای تلفیقی ورمی کمپوست، کود مرغی و کود زیستی، افزایش نیتروژن به‌دلیل معدنی شدن نیتروژن آلی موجود در کود، حفظ نیتروژن بیشتر در خاک و کاهش هدر رفت آن به واسطه آلی شدن، آبشویی و دنیتریفیکاسیون (نیترات زدایی) است (Timsina, 2018).

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی متر) و کمپوست بقایای نیشکر

Table 2. Physical and chemical properties of soil (0-30 cm) and sugarcane residue compost

Physical and chemical properties	Soil	Sugarcane residue compost
EC (dS m^{-1})	2.6	4.1
pH	7.9	8.8
Organic matter (%)	0.4	53.5
N (%)	0.03	0.95
P (mg kg^{-1})	12	50
K (mg kg^{-1})	119	1050
Bulk density (g cm^{-3})	1.21	-
Soil texture	Loam silty clay	-

جدول۳- تجزیه واریانس اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کمپوست نیشکر و باکتری محرک رشد در شرایط تنش گرمای آخر فصل برای نیتروژن خاک، ماده آلی خاک، هدایت الکتریکی خاک، pH خاک، دمای خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک، تخلخل خاک و عملکرد دانه

Table 3. Variance analysis for the effect of a combination of nitrogen with sugarcane residue compost and plant growth stimulating rhizobacteria under terminal heat stress conditions for soil nitrogen, soil organic carbon, soil EC, soil pH, soil specific gravity, soil porosity and grain yield

S.O.V	DF	Means of squares (MS)							
		Soil nitrogen	Soil organic carbon	Soil EC	Soil pH	Soil temperature	Specific gravity of soil	Soil porosity	Grain yield
Block (R)	2	0.0002	0.004	0.003	0.05	0.30	0.001	0.0001	3148
Sowing date (SD)	2	0.006**	0.18**	0.01^{ns}	0.006^{ns}	409**	0.0001^{ns}	0.00002^{ns}	19644945**
Error (a)	4	0.00005	0.0002	0.009	0.0002	0.08^{ns}	0.0001	0.00001	3560
Nitrogen×compost (NC)	5	0.44**	0.99**	3.55**	5.8**	61.54**	0.72**	0.10**	19980879**
SD×NC	10	0.00002^{ns}	0.0008**	0.009^{ns}	0.0003^{ns}	0.43**	0.00004^{ns}	0.000005^{ns}	256507**
Error (b)	30	0.0001	0.0001	0.009	0.004	0.15	0.0002	0.00003	4830
Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)	1	0.03**	0.05**	0.47**	1.10**	27.50**	0.05**	0.007**	965828**
SD×PGPR	2	0.0002^{ns}	0.001**	0.008^{ns}	0.0001^{ns}	0.009^{ns}	0.0009^{ns}	0.00001^{ns}	61478**
NC×PGPR	5	0.0004**	0.0006**	0.01^{ns}	0.009*	0.12^{ns}	0.003**	0.0004**	2685^{ns}
SD×NC×PGPR	10	0.00005^{ns}	0.0001**	0.009^{ns}	0.0004^{ns}	0.08^{ns}	0.00001^{ns}	0.000002^{ns}	16315*
Error (c)	36	0.00009	0.00004	0.009	0.003	0.12	0.00007	0.00001	6924
CV (%)	-	0.83	0.89	2.41	0.83	2.54	0.55	0.77	2.36

Ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns، * و **: به ترتیب نشان دهنده اختلاف غیر معنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول۴- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت برای نیتروژن خاک

Table 4. Mean comparison for the effect of planting date for soil nitrogen

Sowing date	Soil nitrogen (%)
22 Nov.	1.15^{a}
11 Dec.	1.16^{b}
31 Dec.	1.17^{c}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست و باکتری محرک رشد گیاه برای نیتروژن خاک، pH، وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک

Table 5. Mean comparison for the average effect of combined application of nitrogen and compost fertilizers with plant growth stimulating bacteria for soil nitrogen, pH, specific gravity and soil porosity

Combined use of nitrogen with compost	Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)	Soil nitrogen (%)	pH	Specific gravity of soil (gcm^{-3})	Soil porosity
Control	Application	0.96^{l}	7.57^{b}	1.81^{b}	0.31^{j}
	Not application	0.95^{k}	7.84^{a}	1.83^{a}	0.30^{k}
100% nitrogen	Application	1.18^{f}	7.16^{d}	1.74^{d}	0.34^{h}
	Not application	1.22^{e}	7.37^{c}	1.76^{c}	0.33^{i}
75% nitrogen+ 25% compost	Application	1.26^{d}	6.84^{f}	1.51^{f}	0.42^{f}
	Not application	1.31^{c}	7.01^{e}	1.60^{e}	0.39^{g}
50% nitrogen+ 50% compost	Application	1.35^{b}	6.57^{g}	1.41^{h}	0.46^{d}
	Not application	1.38^{a}	6.80^{f}	1.48^{g}	0.44^{e}
25% nitrogen+ 75% compost	Application	1.11^{h}	6.27^{i}	1.35^{j}	0.48^{b}
	Not application	1.15^{g}	6.48^{h}	1.40^{i}	0.47^{c}
100% compost	Application	1.02^{j}	6.11^{j}	1.32^{k}	0.49^{a}
	Not application	1.05^{i}	6.24^{i}	1.35^{j}	0.49^{b}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test

کربن آلی خاک

اثر تاریخ کاشت، مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست و باکتری محرک رشد و همچنین برهم‌کنش تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست، تاریخ کاشت در باکتری محرک رشد و تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست و باکتری محرک رشد بر کربن آلی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست در باکتری محرک رشد نشان داد که بیشترین درصد کربن آلی خاک در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم (به ترتیب ۱/۱۲، ۱/۰۴ و ۰/۹۶ درصد)، از تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست و عدم کاربرد باکتری محرک رشد و کمترین مقدار آن (به ترتیب ۰/۴۳، ۰/۳۹ و ۰/۳۲ درصد) از تیمار شاهد با کاربرد باکتری محرک رشد به دست آمد (جدول ۶). کاهش ذخیره کربن آلی خاک به دلیل افزایش سرعت تجزیهٔ مواد آلی ناشی از افزایش دما توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Zhou, 2019). در رابطه با اثر مثبت کود کمپوست بر صفت کربن آلی خاک نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد کود کمپوست به تنهایی نسبت به کاربرد تلفیقی و کود شیمیایی، کربن آلی خاک بیشتری داشت. دلیل این امر به فعالیت آنزیمی بیشتر (دی هیدروژناز، فسفاتاز و غیره) و میکروارگانیسم‌های فعال‌تر خاک نسبت داده شده است (Adak *et al.*, 2014) در پژوهشی با افزایش کاربرد کود کمپوست، میزان کربن آلی خاک افزایش یافت (Kapoor *et al.*, 2004). در رابطه با باکتری محرک رشد این نتیجه کاملاً قابل انتظار بود چرا که منبع تأمین انرژی میکروارگانیسم‌ها، کربن آلی موجود در خاک است (Mohith *et al.*, 2011). بنابراین، به نظر می‌رسد که کودهای زیستی از طریق تولید هورمون و تشدید فعالیت میکروارگانیسم‌ها، موجب تسریع تجزیهٔ کربن آلی خاک و کاهش آن شده باشند. همچنین باکتری‌های محرک رشد بخشی از مواد آلی افزوده شده به خاک را به صورت زیست تودهٔ میکروبی در خود ذخیره می‌کنند. مواد آلی خاک ارتباط و همبستگی بالایی با فعالیت‌های میکروبی دارد. میکروارگانیسم‌ها نقش مهمی در تجزیه و تخریب مواد آلی خاک و معدنی شدن آن دارند و با ادامهٔ فرآیند معدنی شدن، ترکیبات پایدارتر مواد آلی در خاک تجمع می‌یابند. زیست تودهٔ میکروبی خاک به واسطه فعالیت خود، اغلب کنترل کننده تغییر و تحول کربن خاک هستند (Enayati Zamir *et al.*, 2020). نتایج آزمایشی نشان داد که بیشترین درصد مادهٔ آلی خاک (۱/۵۳ درصد) در ۱۰۰ درصد فیلتر کیک و عدم مصرف کود زیستی (به دلیل افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی و تجزیهٔ کربن) مشاهده شد (Manjezi *et al.*, 2014).

EC خاک

تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست و همچنین اثر باکتری محرک رشد بر EC خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست نشان داد که بیشترین EC خاک (۴/۵۶ دسی زیمنس بر متر) و کمترین آن (۳/۳۷ دسی زیمنس بر متر) به ترتیب از مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست و شاهد به دست آمد (جدول ۸). در هر سه تاریخ کاشت؛ با افزایش مقدار کمپوست، EC خاک افزایش یافت. موافق با نتایج به دست آمده، Manjezi *et al.* (2014) گزارش کردند که با افزایش سطوح فیلتر کیک نیشکر نسبت به سطوح شیمیایی، شوری خاک افزایش یافت. با توجه به این که گندم گیاهی نیمه متحمل به شوری است، احتمالاً افزایش شوری خاک به این نسبت، عملکرد گندم را چندان تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. افزایش هدایت الکتریکی خاک با مصرف کمپوست و کودهای آلی گزارش شده است و بر شستشوی کافی این مواد تا حدی که شوری را به حد قابل تحمل گیاه برساند، تأکید شده است (Ighball, 2002). مقایسه میانگین باکتری محرک رشد نشان داد که بیشترین EC خاک (۴/۱۱ دسی زیمنس بر متر) و کمترین آن (۳/۹۸ دسی زیمنس بر متر) به ترتیب از عدم کاربرد و کاربرد باکتری محرک رشد به دست آمد (جدول ۹). نتایج به دست

آمده نشان داد که کاربرد باکتری محرک رشد باعث کاهش EC خاک شد که با نتایج Motileji *et al.* (2019) مطابقت داشت، ایشان گزارش نمودند که بیشترین EC خاک مربوط به کاربرد ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار فیلتر کیک که فاقد باکتری بودند اتفاق افتاد و هر دو باکتری باسیلوس و انتروباکتر، باعث کاهش هدایت الکتریکی خاک شدند. این موضوع می‌تواند به دلیل رشد بهتر گیاه در این تیمارها و جذب بیشتر عناصر غذایی و نیز ایجاد تعادل بهتر در خاک توسط گیاه و باکتری باشد.

pH خاک

اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست و اثر باکتری محرک رشد بر pH خاک در سطح احتمال یک درصد و همچنین برهم‌کنش مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست در باکتری محرک رشد در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست در باکتری محرک رشد نشان داد که بیشترین pH خاک (۷/۸۴) و کمترین آن (۶/۱۱) به ترتیب در تیمار شاهد و مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست با کاربرد باکتری محرک رشد به دست آمد (جدول ۵). نتایج نشان داد که با افزایش مصرف نسبت‌های کمپوست به نیتروژن نسبت به شاهد، pH خاک کاهش معنی‌داری داشت که احتمالاً می‌تواند به علت حضور اسیدهای معدنی و آلی نظیر اسید لاکتیک، اسید استیک، اسیدهای آمینه و غیره باشد (Khoshgoftar Ahmedabadi *et al.* Manesh and Kalbasi, (2001 (2011) گزارش دادند که کاربرد ورمی کمپوست در خاک، بر واکنش خاک اثر گذاشته و آن را کاهش داد که بیشترین کاهش pH در ۴۰ تن در هکتار ورمی کمپوست (۲/۸۷ درصد) و ۴۰ تن در هکتار ورمی کمپوست غنی شده با کود شیمیایی (۲/۵ درصد) نسبت به شاهد به دست آمد. در رابطه با اثر باکتری‌های محرک رشد بر pH خاک، نتایج آزمایش Shahdi Komleh, (2020) نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب کاهش pH خاک از ۶/۷ به ۶ شد که می‌توان این کاهش را به کلونیزه شدن باکتری‌ها در خاک و تولید اسیدهای آلی و متابولیت‌های ثانویه توسط آن‌ها نسبت داد. در بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی و تلفیقی آن‌ها بر درصد کلوانیزاسیون سورگوم گزارش شد که کود تلفیقی مایکوریزا و کود شیمیایی NPK، پس از تیمار بدون تلقیح قارچ (شاهد)، کمترین درصد کلوانیزاسیون ریشه را داشت و بیشترین آن در تیمار تلفیقی مایکوریزا و نیتروکسین مشاهده شد (Kamaei *et al.*, 2016).

دمای خاک

تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت، مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست و باکتری محرک رشد و همچنین برهم‌نش تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست بر دمای خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی نیتروژن با کمپوست نشان داد که در تاریخ کاشت اول؛ بیشترین دمای خاک (۱۲/۷۵ درجهٔ سانتی گراد) و کمترین آن (۷/۶۶ درجهٔ سانتی گراد) به ترتیب از شاهد و مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست به‌دست آمد. در تاریخ کاشت دوم و سوم بیشترین مقدار (۱۵/۳۳ و ۱۹/۶۶ درجهٔ سانتی گراد) و کمترین مقدار آن (۱۰/۶۶ و ۱۳/۵۸ درجهٔ سانتی گراد) به ترتیب از تیمار شاهد و مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست به‌دست آمد (جدول ۷). در توجیه کاهش دمای خاک در تاریخ کاشت اول می‌توان اظهار داشت که با توجه به شرایط آب و هوایی مناسب در تاریخ کاشت اول (۱ آذر) و در نتیجه شاخص سطح برگ بالاتر و ایجاد سایه انداز بیشتر و همچنین پوشش بیشتر خاک توسط گیاه و کاهش تبخیر از سطح خاک، دمای خاک نسبت به تاریخ‌های کاشت تأخیری کمتر بود. نتایج به دست آمده با گزارش Mazllom Aliabadi *et al.* (2019) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد در تیمار تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست، نگهداری بیشتر آب در خاک و توسعه بیشتر کانوپی گیاه باعث کاهش دمای خاک شده است. در آزمایشی با کاربرد کود شیمیایی، ۲۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و ۲۵

تن در هکتار کود دامی، افزایش مقدار رطوبت را به تیمار ۲۵ تن در هکتار کمپوست نسبت دادند که نسبت به شاهد ۱۶/۶ درصد رطوبت بیشتری داشت (Gelik *et al.*, 2004). به نظر می‌رسد که مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست با افزایش رطوبت خاک و کاهش تلفات رطوبت در اثر تبخیر و داشتن درصد نیتروژن قابل توجه، باعث افزایش شاخص‌های رشدی مانند شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش دمای خاک شده است. بر اساس مقایسه میانگین باکتری محرک رشد، بیشترین دمای خاک (۱۴/۱۲ درجهٔ سانتی گراد) و کمترین آن (۱۳/۱۱ درجهٔ سانتی گراد) به عدم کاربرد و کاربرد باکتری محرک رشد تعلق داشت (جدول ۹). در رابطه با اثر باکتری محرک رشد، به نظر می‌رسد که کاربرد این باکتری‌ها به‌دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی و همچنین اثرات ثانویه باکتری‌ها در فراهم کردن تنظیم کننده‌های رشد می‌تواند در افزایش شاخص سطح برگ و به دنبال آن کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش رطوبت خاک، در کاهش دمای خاک مؤثر باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت، مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست و باکتری محرک رشد گیاه برای ماده آلی خاک و عملکرد دانه

Teble 6. Mean comparison for the average interaction effect of planting date and nitrogen and compost fertilizers with plant growth promoting bacteria for soil organic carbon and grain yield

Sowing date	Combined use of nitrogen with compost	Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)	Soil organic carbon (%)	Grain yield (kg ha^{-1})
22 Nov.	Control	Application	0.43^{l}	2936^{j}
		Not application	0.47^{k}	2705^{k}
	100% nitrogen	Application	0.61^{j}	4942^{c}
		Not application	0.65^{i}	4636^{e}
	75% nitrogen+ 25% compost75% nitrogen+ 25% compost (F3)	Application	0.70^{h}	5007^{c}
		Not application	0.77^{g}	4800^{d}
	50% nitrogen+ 50% compost	Application	0.84^{f}	5864^{a}
		Not application	0.91^{e}	5462^{b}
	25% nitrogen+ 75% compost	Application	1.00^{d}	3864^{f}
		Not application	1.04^{c}	3627^{g}
	100% compost	Application	1.07^{b}	3277^{h}
		Not application	1.12^{a}	3069^{i}
11 Dec.	Control	Application	0.39^{l}	2291^{f}
		Not application	0.42^{k}	2066^{g}
	100% nitrogen	Application	0.58^{j}	4438^{c}
		Not application	0.62^{i}	4483^{bc}
	75% nitrogen+ 25% compost	Application	0.64^{h}	4632^{b}
		Not application	0.71^{g}	4443^{c}
	50% nitrogen+ 50% compost	Application	0.79^{f}	4873^{a}
		Not application	0.85^{e}	4873^{a}
	25% nitrogen+ 75% compost	Application	0.94^{d}	3245^{d}
		Not application	0.97^{c}	3161^{d}
	100% compost	Application	0.99^{b}	2718^{e}
		Not application	1.04^{a}	2564^{e}
31 Dec.	Control	Application	0.32^{l}	1193^{i}
		Not application	0.34^{k}	1115^{j}
	100% nitrogen	Application	0.48^{j}	3393^{c}
		Not application	0.51^{i}	3173^{d}
	75% nitrogen+ 25% compost	Application	0.57^{h}	3694^{a}
		Not application	0.61^{g}	3410^{c}
	50% nitrogen+ 50% compost	Application	0.71^{f}	3723^{a}
		Not application	0.72^{e}	3520^{b}
	25% nitrogen+ 75% compost	Application	0.87^{d}	2699^{e}
		Not application	0.89^{c}	2423^{f}
	100% compost	Application	0.93^{b}	2235^{g}
		Not application	0.96^{a}	2089^{h}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای دمای خاک

Teble 7. Mean comparison for the average interaction of planting date and the combined consumption of nitrogen fertilizer with compost fertilizer for soil temperature

Sowing date	Combined use of nitrogen with compost	Soil temperature (°C)
22 Nov.	Control	12.75[a]
	100% nitrogen (F2)	9.83[d]
	75% nitrogen+ 25% compost (F3)	9.66[d]
	50% nitrogen+ 50% compost (F4)	7.66[e]
	25% nitrogen+ 75% compost (F5)	10.66[c]
	100% compost (F6)	11.83[b]
11 Dec.	Control	15.33[a]
	100% nitrogen (F2)	12.66[d]
	75% nitrogen+ 25% compost (F3)	12.66[d]
	50% nitrogen+ 50% compost (F4)	10.66[e]
	25% nitrogen+ 75% compost (F5)	13.91[c]
	100% compost (F6)	14.66[b]
31 Dec.	Control	19.66[a]
	100% nitrogen (F2)	16.66[d]
	75% nitrogen+ 25% compost (F3)	16.58[d]
	50% nitrogen+ 50% compost (F4)	13.58[e]
	25% nitrogen+ 75% compost (F5)	17.66[c]
	100% compost (F6)	18.58[b]

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای هدایت الکتریکی خاک

Table 8. Mean comparison for the effect combined use of nitrogen fertilizer with compost fertilizer for soil EC

Combined use of nitrogen fertilizer with compost fertilizer	EC (dSm)
Control	3.37[f]
100% nitrogen 100% nitrogen	3.70[e]
75% nitrogen+ 25% compost	4.03[d]
50% nitrogen+ 50% compost	4.26[c]
25% nitrogen+ 75% compost	4.35[b]
100% compost	4.56[a]

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر باکتری محرک رشد گیاه برای هدایت الکتریکی و دمای خاک

Table 9. Mean comparison for the average effect of plant growth stimulating bacteria for soil EC and soil temperature

Plant growth promoting rhizobacteria	EC (dSm^{-1})	Soil temperature (°C)
Application	3.98[b]	13.11[b]
Not application	4.11[a]	14.12[a]

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test

وزن مخصوص ظاهری خاک

اثر مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست و باکتری محرک رشد و همچنین برهم‌کنش مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست در باکتری محرک رشد بر وزن مخصوص ظاهری خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). طبق مقایسه میانگین برهم‌کنش مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست در باکتری محرک رشد، بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۸۳ گرم بر سانتی متر مکعب) در شاهد و کمترین مقدار آن (۱/۳۲ گرم بر سانتی متر مکعب) در ۱۰۰ درصد کمپوست با کاربرد باکتری محرک رشد مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که در کاربرد تلفیقی کود آلی و کود زیستی، به دلیل افزایش مادهٔ آلی خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و نیتروژن خاک و همچنین افزایش رشد ریشه؛ فشردگی و وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت. محققان در آزمایشی با کاربرد ورمی کمپوست در خاک بیان نمودند که این نوع کود باعث اسفنجی شدن خاک و افزایش درصد تخلخل و در نهایت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شد (Mirzaee Talaposhti *et al.*, 2009). در آزمایشی کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای قارچ مایکوریزا آربسکولار گزارش شد (Farhadi *et al.*, 2017). مایکوریزا از طریق اتصال ذرات خاک به یکدیگر، باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها و در نتیجه بهبود ساختمان خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (Milleret *et al.*, 2009).

تخلخل خاک

تجزیه واریانس نشان داد که مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست و باکتری محرک رشد و همچنین برهم‌کنش مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست در باکتری محرک رشد بر تخلخل خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش مصرف تلفیقی نیتروژن و کمپوست با باکتری محرک رشد نشان داد که بیشترین تخلخل خاک (۰/۴۹) و کمترین مقدار آن (۰/۳۰)، به ترتیب از مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست با کاربرد باکتری محرک رشد و شاهد به دست آمد (جدول ۵). نتایج آزمایش Ahmad Abadi and Ghajar Sepanlou (2011) نشان داد که کاربرد کمپوست، ورمی کمپوست و لجن فاضلاب، بر میزان تخلخل خاک اثر معنی‌دار داشت و بیشترین مقدار تخلخل در ۴۰ تن در هکتار کمپوست و ۴۰ تن در هکتار لجن فاضلاب بود که نسبت به شاهد به ترتیب ۳۲ و ۳۰/۸۱ درصد افزایش داشت. کاربرد کمپوست به عنوان یک مادهٔ آلی موجب افزایش فعالیت ریشه و ماکروفون خاک از جمله کرم‌های خاکی شده که در نهایت موجب افزایش تخلخل خاک و کاهش وزن ویژه ظاهری خاک می‌شود (Salimpour, 2020). در رابطه با اثر مثبت باکتری محرک رشد بر تخلخل خاک نتایج تحقیقی نشان داد که تیمارهای مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزا، تخلخل خاک را افزایش دادند (Hidayat *et al.*, 2017) پژوهشگران گزارش نمودند که دلیل افزایش تخلخل خاک از طریق ایجاد منافذ ریز و متوسط فراوان در تیمارهای قارچی در مقایسه با تیمار شاهد به علت کاهش چشمگیر در وزن مخصوص ظاهری خاک بوده است (Heydari *et al.*, 2020).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه نشان داد که اثر تاریخ کاشت، مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست و باکتری محرک رشد و همچنین برهم‌کنش عامل‌های تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست و تاریخ کاشت در باکتری محرک رشد بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و همچنین بر هم‌کنش سه گانه تاریخ کاشت در مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود کمپوست با باکتری محرک رشد در سطح احتمال پنج درصد بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها به روش برش‌دهی فیزیکی در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم به ترتیب بیشترین مقدار عملکرد دانه (۵۸۶۴،۴۸۷۳ و ۳۷۲۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن (۲۷۰۵، ۲۰۶۶ و ۱۱۱۵

کیلوگرم در هکتار) به ترتیب مربوط به تیمار مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ درصد کود کمپوست با کاربرد باکتری محرک رشد و تیمار شاهد بود (جدول ۶). به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که وقوع تنش گرمای آخر فصل منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گندم شد. به دلیل برخورد مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه با تنش گرمای انتهای فصل، تعداد و وزن دانه‌ها کاهش یافته و در مجموع عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Mojtabaie Zamani *et al*., 2014). تنش گرما باعث اختلال در جوانه‌زنی، کاهش تشکیل پنجه‌ها، افزایش مرگ و میر پنجه‌ها، کاهش طول عمر برگ‌ها، فعالیت ریشه‌ها، طول دورهٔ نموی گیاه، متابولیسم نیتروژن، تعداد برگ‌ها و گلچه‌ها، کاهش وزن دانه، افزایش تنفس نوری و تنفس میتوکندریایی در گیاه، افزایش نسبت هورمون آبسیزیک اسید به هورمون سیتوکنین، انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و سرعت مراحل نموی در گندم می‌شود که در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Farooq *et al*., 2011). کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر، با بهبود شرایط تغذیه‌ای و فراهمی عناصر غذایی از جمله نیتروژن، باعث افزایش رشد و اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه شده است. در آزمایشی گزارش شد که استفادهٔ مناسب از ترکیب کود کمپوست و کود معدنی (بر اساس ترکیب شیمیایی آن‌ها) می‌تواند نتایج مشابه کاربرد فقط کودهای شیمیایی داشته باشد (Goda, 2019). کاربرد کود کمپوست غنی شده با کودهای شیمیایی باعث می‌شود که کود کمپوست از تلفات عناصر غذایی جلوگیری کرده (بهبود کارایی جذب عناصر غذایی) که نتیجهٔ آن بهبود بهره‌وری تولید (عملکرد دانه) گیاه گندم و همچنین بهبود سلامت محیط زراعی خواهد بود. سایر پژوهشگران گزارش داده‌اند که بیشترین عملکرد دانه در تیمار مصرف همزمان کودهای زیستی (نیتروکسین+ مایکوریزا)+ ۵۰ درصد کود شیمیایی با میانگین ۴۰۹۳/۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (Chaharlang Badil *et al*., 2022). باکتری‌هایی همچون ازتوباکتر، سودموناس و آزوسپیریلوم با داشتن خاصیت تثبیت کنندگی نیتروژن، حل‌کنندگی فسفر و تولید برخی ویتامین‌ها، جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه تسهیل نموده، لذا تلقیح بذر با این باکتری‌ها موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Bilal *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش بیانگر قابلیت مناسب به کارگیری کمپوست نیشکر به‌عنوان کود آلی در تلفیق با کود شیمیایی در زراعت گندم است. در این آزمایش مصرف کمپوست نیشکر از طریق اثر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سبب افزایش عملکرد دانه گندم شد به طوری که بیشترین عملکرد دانه گندم از تیمار مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نیشکر به‌دست آمد. همچنین ویژگی‌های خاک به طور معنی‌داری تحت اثر عوامل آزمایشی قرار گرفتند. در آزمایش حاضر؛ با کاربرد کمپوست نیشکر، مادهٔ آلی خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت. از طرفی، علیرغم وجود اثر مثبت کاربرد کمپوست نیشکر بر افزایش مادهٔ آلی خاک، به علت وجود املاح فراوان در ترکیب این کود آلی، شوری خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج این آزمایش نشان دهندهٔ پتانسیل بالای مصرف کمپوست نیشکر در مزارع گندم است. بنابراین در صورت تکرار آزمایش و تأیید این نتایج، می‌توان این یافته‌ها را توصیه نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده و در مطالعهٔ کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشد؛ عواملی مثل نوع خاک، طول مدت آزمایش و غیره و صفاتی مثل کلونیزاسیون باکتری‌ها، تولید ترکیبات شیمیایی مختلف در خاک، فعالیت میکروبی، تغییرات ساختار خاک و غیره مد نظر قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Adak, T., Singha, A., Kumar, K., Shukla, S.K., Singh, A., & Kumar Singh, V. (2014). Soil organic carbon, dehydrogenase activity, nutrient availability and leaf nutrient content as affected by organic and inorganic source of nutrient in mango orchard soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition,* 2, 394-406. https://doi.org/:10.4067/S0718-95162014005000031

Ahmad Abadi, Z., & Ghajar Sepanlou, M. (2011). Effect of organic matter application on some of the soil physical properties. *Journal of Water and Soil Conservation*, 19(2), 99-116. https://doi.org/: 20.10011.23222069.1391.19.2.6.9. [In Persian]

Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M., & Nadeem, M.A. (2017). Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3), 236-241. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.08.002

Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., & Clark, F.E. (1965). Methods of soil analysis, part 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy.

Blake, G.R., & Hartage, K.H. (1986). Bulk density in methods of soil analysis part 1 Ed. A Klute. Pp 364-366. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Chauhan, M.K., Chaudhary, S., & Kumar, S. (2011). Life cycle assessment of sugar industry: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(7), 3445-3453. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.033

Choopan, Y., Emami, S., & Hesam, M. (2018). Study the effect of irrigation with industrial wastewater on soil chemical properties (Case study: Torbat-Heydarieh). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 4(12), 862-871. [In Persian]

Chaharlang Badil, F., Azizi, K., Eisvand, H.R., Nasrollahi, A.H., & Ismaili, A. (2022). Effect of biological and chemical fertilizers and salicylic acid spraying on yield and some physiological traits of wheat under drought stress. *Plant Productions*, 45(2), 397-408. https://doi.org/10.22055/ppd.2022.40567.2026 [In Persian]

Cui, L., Yan, J., Yang, Y., Li, L., Quan, G., Ding, C., Chen, T., Fu, Q., & Chang, A. (2013). Biochar for heavy metals in soil. *Bioresources*, 8, 5536-5548. https://doi.org/10.15376/biores.8.4.5536-5548

Dou, Z., Tang, S., Li, G., Liu, Z., Ding, C., Chen, L., Wang, S., & Ding, Y. (2017). Application of nitrogen fertilizer at heading stage improves rice quality under elevated temperature during grain-filling stage. *Crop Science*, 57(4), 2183-2192. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2016.05.0350

Ebrahimian, E., Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., 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. https://doi.org/10.22059/jci.2017.56661

Eghball, B. (2002). Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen-based manure and compost application. *Agronomy*, 94, 128-135. https://doi.org/10.2134/agronj2002.1280

Enayati Zamir, N., Norouzi Masir, M., & Ghadamkhani, A. (2020). The effect of growth promoting bacteria on some biological indicators and soil organic carbon forms under wheat cuitivation. *Journal of Water ad Soil Science*, 23(4), 171-181. http://dx.doi.org/10.47176/jwss.23.4.37642

Farhadi, A., Enayatizamir, N., Farrokhian Firouzi, A., & Howeizeh, H. (2017). The effect of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on glomalin content and some physical and mechanical properties of soil under blue panic grass cultivation (*Panicum antidotal*). *Water and Soil Conservation*, 23(5), 267-280. https://doi.org/10.22069/jwfst.2017.10471.2493 [In Persian]

Farooq, M., Bramley, H., Palta, J.A. &Siddique, K.H.M. (2011). Heat Stress in wheat during Reproductive and grain-Filling phases. *Critical Reviws in Plant Scences,* 30(6), 491-507. https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687

Gabhane, J., Prince William, S.P.M., Bidyadhar, R., Bhilawe, P., & Anand, D. (2012). Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost. *Bioresource Technology*, 114, 382-388. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.040

Gaju, O., DeSilva, J., Carvalho, P., Hawkesford, M.J., Griffiths, S., Greenland, A., & Foulkes, M.J. (2016). Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic derived lines and cultivars in wheat. *Field Crop Research*, 193, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.018

Goda, D. (2019). Response of wheat to integrated nutrient management. *Journal of Plant Science and Research*, 6(1), 1-8.

Gelik, I., Ortas, I., & Kilik, S. (2004). Effect of compost, mycorhiza, manure and fertilizer on some physical properties of chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, 78(1), 59-67. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(04)00049-2

Hamam, K.A., & Khaled, A.G.A. (2009). Stability of wheat genotypes under different environments and their evaluation under sowing dates and nitrogen fertilizer levels. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(1), 206-217.

Hoffmann, P.C., Grummer, R.R., Shaver, R.D., Broderick G. A., & Drendel, T.R. (1991). Feeding supplemental fat and undegraded intake protein to early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Sciences*, 74, 3468-3472. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78537-8

Hidayat, C., Rosdiana, R., Frasetya, B., & Hasani, S. (2017). Improvement of physical properties of inceptisols and yield of sweet corn affected by arbuscular mycorrhizal fungi and manure applications. *KnE Life Sciences*, 2(6), 158-163. https://doi.org/10.18502/kls.v2i6.1033

Kapoor, R., Giri, B., & Mukerji, K. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculum vulgare mill on mycorrhiza inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93, 307-311. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.028

Khoshgoftar Manesh, A., & Kalbasi, M. (2001). Residual effect of municipal solid waste leachate on soil properties, growth and yield of wheat. *Agricultural Science and Technology and Environmental Resources*, 6(3), 141-149. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24763594.1381.6.3.11.2 [In Persian]

Kim, Y.C., Glick, B.R., Bashan, Y., & Ryu, C.M. (2012). Enhancement of plant drought tolerance by microbes. PP 383-413 in Plant Responses to Drought Stress. Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_15

Kamaei, R., Rajari Sharifabadi, H., Parsa, M., Jahan, M. & Naerian, A. (2016). The effect of applying biological fertilizer, chemical, and manure on some of qualitative characteristics of forage sorghum under greenhouse condition. *Plant Production Technology,* 8(1), 69-80. https://doi.org/10.22084/ppt.2016.1763 [In Persian].

LotfAli-Ayeneh, G.A., Naderi, A., & Andarzian, B. (2013). A Guide to planting, growing and harvesting of wheat in Khuzestan province. Khuzestan Agriculture and Natural Resources Research Center, Ahwaz. [In Persian]

Monjezi, H, Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Kochak Zadeh, A., & Hamdi, H. (2014). The effect of using sugarcane filter cake, chemical fertilizer and biofertilizers on yield and quality of rapeseed and some soil properties. *Agricultural Journal*, 16(2), 445-457. https://doi.org/10.22059/jci.2014.53054 [In Persian]

Mazllom Aliabadi, U., Vaezi, A.L., & Nikbakht, J. (2019). Temporal variations of soil moisture in relation to precipitation and temperature under fallow and planted conditions in rainfed land. *Journal of Water and Soil Resources Protection*, 8(2), 135-148 [In Persian]

Milleret, R., Le Bayon, R.C., & Gobat, J.M. (2009). Root, mycorrhiza and earthworm interactions: their effects on soil structuring processes, plant and soil nutrient concentration and plant biomass. *Plant and Soil*, 316(1), 1-12. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9753-7

MirzaeeTalarposhti, R., Kambozia J., Sabahi H., & Damghany A. (2009). Effect of organic fertilizer on physical and chemical properties of soil, the yield and dry matter of tomato. *Journal of Farm Research*, 7(1), 257-267 [In Persian]

Motilji, S., Landi, A., & Zalqi, R. (2019). The effect of filter cake, biochar and growth promoting bacteria as organic and biological fertilizers on some quality indicators of soil and wheat growth. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 9(1), 151-163. https://doi.org/10.22069/ejsms.2019.15145.1822 [In Persian]

Mohith, A., Shahsavani, S., & Gholami, A. (2011). Effect of cow manure, urea fertilizer and Nitroxine manure on some physical and chemical properties of soil and yield of forage corn. MSc. Thesis of Shahrood University [In Persian]

Musavi, S.F., Siahpoosh, M.R., & Sorkheh, K. (2021). Influnce of sowing date and terminal heat strees on phonological featurs and yield components of bread wheat genotypes. *Plant Productions*, 44(2), 157-170. https://dx.doi.org/10.22055/ppd.2019.28957.1744 [In Persian]

Malihipoor, A., Esmaeilzade Moghadam, M., & Najafian, G. (2020). Iranian Wheat Cultivars. Ministry of Agriculture Jahad. Tehran. P.186 [In Persian]

Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M., & Meskarbashee, M. (2014). Resposes of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling period Ahvaz conditions. *Journal of Plant Productions*, 37(4), 119-130 [In Persian]

Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K.W., Oldetsadik, K., Shimelis, B., & Yadav, H. (2017). The integrated use of excreta -based vermicompost and inorganic NP fertilizer on tomato (Solanum lycopersicum L.) fruit yield, quality and soil fertility. *International. Journal of Recycling of Organic Waste Agriculture*, 6, 63 –77.

Mudhaj, A., Naderi, A., & Syadat, S.A. (2013). Investigating the effects of heat stress after pollination on wheat and barley cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(2), 393-403 [In Persian]

Mudhaj, A., & Fathi, A. (2017) Physiology of wheat. Shushtar Islamic Azad University Publications. pp,317

Raei, Y., Eshaghi Sardroud, S.N., & Pirouz, A. (2013). The effect of chemical and biological fertilizers on the yield of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L.), Speedfeed cultivar, in different Chinas. *Journal of Agricultural Ecology*, 5(3), 231-242. https://doi.org/10.22067/jag.v5i3.28993 [In Persian]

Shahdi Kumleh, A. 2020. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on soil chemical properties in a clover- rice cropping system. *Journal of Water and Soil Resources Protection*, 9(4), 89-106. [In Persian]

Sharma, R., Agrawal, M., & Marshall, F. (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66(2), 258-266. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.11.007

Shahbazi, S., Fateh, E., & Aynehband, A. (2015). Evaluation of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. *Journal of Plant Production*, 38, 103-113. https://doi.org/10.22055/ppd.2015.11323 [In Persian]

Sayahi, S.S., & Kamaei, F. (2017). Evaluation of 38 varieties of bread wheat in heat stress tolerance is calculated based on the season of the untamed STI farm. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 13(3), 39-49 [In Persian]

Salispour, M. (2020). Field evaluation of the application of municipal waste compost and nitrogen on the yield of fodder corn and some physical and chemical characteristics of the soil. *Journal of Agricultural Research*, 23(3), 471-484. https://doi.org/10.22059/jci.2021.299430.2366

Shirkhani, A, Nasralzadeh, S., & Zahtab Salmasi, S. (2019). The effect of biological and chemical fertilizers on the yield and quality of corn seeds under conditions of full irrigation and drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(3), 781-791. https://doi.org/10.22077/escs.2018.542.1332 [In Persian]

Timsina, J. (2018). Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand? *Agronomy*, 8, 221-234.

Walkley, A., & Black I.A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38. http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

Zhou, Y., Hartemink, A.E., Shi, Zh., Liang, Z., & Lu, Y. (2019). Land use and climate change effects on soil organic carbon in North and Northeast China. *Science of the Total Environment*, 647, 1230-1238. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.016