Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

The effect of combined use of nitrogen fertilizer with sugarcane residue compost and growth promoting bacteria on wheat *cv.* 'Chmaran 2' grain yield under terminal heat stress conditions in Ahwaz

Masoumeh Makvandi[1], Abdul Mahdi Bakhshandeh[2], Ali Moshatati[3*], Mohammad Reza Moradi Telavat[4], Aydin Khodaei Joghan[5]

[1] Ph.D. student of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: Makvandi.2021@gmail.com
[2] Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: Amehdibakhshandeh@asunrukh.ac.ir
[3] Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: A.moshatati@asnrukh.ac.ir
[4] Associate professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: Moraditelavat@asnrukh.ac.ir
[5] Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: Email: Aydin.khodaei@asnrukh.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/10/29
Revised: 2023/09/28
Accepted: 2023/09/28

Keywords:
Bio-fertilizer
Integrated nutrition
Khuzestan
Sowing date
Urea

ABSTRACT

Background and objectives: In order to improve soil fertility, increase the capacity to hold water and nutrients in the soil, as well as improve the growth and yield of plants, the use of different organic fertilizers in the soil has great importance due to the problem of lack of organic matter in most soils of Iran. However, organic fertilizers alone are not able to meet the needs of plants and are not sufficiently available to farmers. On the other hand, the high consumption of chemical fertilizers causes environmental pollution and increases production costs. Therefore, in order to efficiently and effectively use organic and chemical fertilizers and achieve sustainable agriculture, combined use of organic and chemical fertilizers is recommended. Using the biological potential of the soil or beneficial microbial community, including bacteria and fungi, is considered as a promising solution in sustainable agriculture. Considering the effect of heat stress at the end of the season on the reduction of wheat production in Khuzestan, as well as the effect of reducing the use of chemical fertilizers and increasing the use of organic and biological fertilizers on the health of agricultural ecosystems, this experiment was designed and implemented with aim to investigate the effect of combined use of nitrogen chemical fertilizer with sugarcane residue compost and the application of plant growth promoting rhizobacteria in late season heat stress conditions on the growth and yield of wheat (*cv.* 'Chmaran 2').

Materials and methods: The experiment was carried out in the form of split-split plots in the form of a basic design of randomized complete blocks with three replications in the crop year of 2021-2022 in the research farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. The experimental factors include three planting dates on November 1, December 11 and December 31 in the main plots; Six levels of combined use of nitrogen chemical fertilizer (urea) with organic fertilizer, sugarcane residue compost, including control (without nitrogen and organic fertilizer), 100% nitrogen

fertilizer, 75% nitrogen fertilizer+ 25% organic fertilizer, 50% nitrogen fertilizer+ 50% organic fertilizer, 25% nitrogen fertilizer+ 75% organic fertilizer and 100% organic fertilizer in sub-plots and two levels of application and non-application of biofertilizers in sub-plots. Each sub-plot was 3 meters long and 2 meters wide (with an area of 6 square meters) and included 10 crop lines at a distance of 20 cm from each other. The distance between the main and sub plots was half a meter and the distance between the blocks was considered to be two meters. After harvest maturity, the plants were harvested and grain yield and yield components were measured.

Results: Analysis of variance showed that the effect of sowing date and the combined use of chemical fertilizer with organic fertilizer of sugarcane residue compost were significant on all measured traits. Also, the effect of plant growth promoting rhizobacteria was significant on all the measured traits except harvest index. The mean comparisons showed that on the first planting date (December 1), the highest grain yield (5663 Kg ha^{-1}) was in the combined use of 50% nitrogen+ 50% compost and the lowest amount (2821 Kg ha^{-1}) was in the control. On the second planting date (December 20), the highest grain yield (4874 Kg ha^{-1}) was in the combined use of 50% nitrogen+ 50% compost, and the lowest grain yield (2179 Kg ha^{-1}) was in the condition of not using nitrogen fertilizer and compost. Also, on the third planting date (December 10), the highest grain yield (3622 Kg ha^{-1}) was in the combined use of 50% nitrogen+ 50% compost and the lowest amount (1155 Kg ha^{-1}) was in the control. In general, the delay in planting and the occurrence of heat stress at the end of the season caused a decrease in grain yield, but in different planting dates, the combined use of 50% nitrogen fertilizer+ 50% organic fertilizer compared to the treatment of 100% nitrogen chemical fertilizer, increased the yield by 9 to 18 percentage of wheat grain yield.

Conclusion: According to the results, in areas with heat stress at the end of the season, it is possible to consider the combined use of 50% nitrogen chemical fertilizer+ 50% organic fertilizer of sugarcane residue compost and plant growth promoting bacteria to increase the growth and yield of wheat.

Cite this article: Makvandi, M., Bakhshandeh, A.M., Moshatati, A., Moradi Telavat, M.R., Khodaei Joghan, A. 2023. The effect of combined use of nitrogen fertilizer with sugarcane residue compost and growth promoting bacteria on wheat cv. 'Chmaran 2' grain yield under terminal heat stress conditions in Ahwaz. *Crop Production Journal*, 16 (2), 125-148.

© The Authors. DOI: 10.22069/ejcp.2023.20698.2543
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپـا چـاپـی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژنه با کمپوست بقایای نیشکر و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه گندم چمران ۲ در شرایط تنش گرمای آخر فصل اهواز

معصومه مکوندی[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲]، علی مشتطی[۳]*، محمد رضا مرادی تلاوت[۴]، آیدین خدایی جوقان[۵]

[۱] دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،
رایانامه: Makvandi.2021@gmail.com

[۲] استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،
رایانامه: Amehdibakhshandeh@asunrukh.ac.ir

[۳] استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،
رایانامه: A.moshatati@asnrukh.ac.ir

[۴] دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،
رایانامه: Moraditelavat@asnrukh.ac.ir

[۵] استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،
رایانامه: Aydin.khodaei@asnrukh.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۶

واژه‌های کلیدی:
اوره
تاریخ کاشت
خوزستان
تغذیه تلفیقی
کود زیستی

چکیده

سابقه و هدف: به منظور بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک و همچنین بهبود رشد و عملکرد گیاهان، مصرف کودهای آلی مختلف در خاک با توجه به مشکل کمبود مواد آلی در بیش‌تر خاک‌های کشور، اهمیت زیادی دارد. بااین‌حال، کودهای آلی به‌تنهایی قادر به تأمین نیاز گیاهان نبوده و به اندازه کافی در دسترس کشاورزان نیستند. از طرف دیگر مصرف زیاد کودهای شیمیایی باعث آلودگی محیط‌زیست و افزایش هزینه تولید می‌شود؛ بنابراین، جهت استفاده کارآمد و مؤثر از کودهای آلی و شیمیایی و دستیابی به کشاورزی پایدار، مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی توصیه‌شده است. همچنین استفاده از پتانسیل زیستی خاک یا جامعه مفید میکروبی اعم از باکتری‌ها و قارچ‌ها به عنوان یک راهکار امیدبخش در کشاورزی پایدار مطرح است. با توجه به اثر تنش گرمای آخر فصل بر کاهش تولید گندم در خوزستان و همچنین اثر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش مصرف کودهای آلی و زیستی بر سلامت بوم نظام‌های زراعی، این آزمایش با هدف بررسی اثر مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و کاربرد باکتری محرک رشد در شرایط تنش گرمای آخر فصل بر رشد و عملکرد گندم رقم چمران ۲ طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت یک آذر، ۲۰ آذر و ۱۰ دی در کرت های اصلی؛ شش سطح مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژنه با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر 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 دو سطح کاربرد و عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد در کرت‌های فرعی

فرعی بود. هر کرت فرعی به طول ۳ و عرض ۲ متر (با مساحت ٦ مترمربع) و شامل ۱۰ خط کشت بـه فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم بود. فاصله بین کرت‌های اصلی و فرعی نیم متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، گیاهان برداشت و صفات عملکرد و اجـزای عملکـرد اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و اثر مصرف تلفیقی کـود نیتـروژن بـا کـود آلـی کمپوست بقایای نیشکر بر تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمـال یـک درصـد معنـی‌دار شـد، همچنین اثر باکتری محرک رشد بر تمامی صفات موردبررسی به‌جز شاخص برداشت معنـی‌دار گردیـد. مقایسه میانگین نشان داد که در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، بیشترین عملکـرد دانـه (٥٦٦٣ کیلـوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۲۸۲۱ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. در تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر)، بیشترین عملکرد دانه (٤٨٧٤ کیلوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین میزان آن (۲۱۷۹ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد عدم مصرف کـود نیتـروژن و کمپوست به دست آمد. همچنین در تاریخ کاشت سوم (۱۰ دی)، بیشترین عملکرد دانه (۳٦۲۲ کیلوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتـروژن+ ۵۰ درصـد کمپوسـت و کمتـرین مقـدار آن (۱۱۵۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. به‌طورکلی تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمای آخر فصل، باعث کاهش عملکرد دانه شد ولـی در تـاریخ‌هـای کاشـت مختلف، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ کود آلی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شـیمیایی نیتروژن، موجب افزایش ۹ تا ۱۸ درصدی عملکرد دانه گندم گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله، در مناطق دارای تنش گرمایی آخر فصل، می‌توان مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن+ ۵۰ درصد کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و همچنین باکتری‌های محرک رشد گیاه را برای افزایش رشد و عملکرد گندم مدنظر قرار داد.

استناد: مکوندی، م.، بخشنده، ع.م.، مشتطی، ع.، مرادی تلاوت، م.ر.، خدایی جوقـان، آ. (۱٤۰۲). اثـر مصـرف تلفیقـی کـود نیتروژنـه بـا کمپوست بقایای نیشکر و باکتری‌های محرک رشد برعملکرد دانه گندم چمـران ۲ در شـرایط تـنش گرمـای آخـر فصـل اهـواز. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱٦ (۲)، ۱٤۸-۱۲۵.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20698.2543

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

© نویسندگان.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین، سازگارترین و پرمصرف‌ترین گیاه زراعی ایران و جهان است که با تأمین بیش از ۵۰ درصد انرژی غذایی و پروتئین موردنیاز بدن، اهمیت زیادی در تغذیه انسان دارد (۱). بر اساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، سطح زیر کشت گندم ۵/۲۶ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۱۱/۱۳ میلیون تن بود که استان خوزستان با تولید ۱/۳۶ میلیون تن، مقام اول تولید را داشت (۲).

گندم مهم‌ترین گیاه در منطقه جنوب غرب ایران است که در طول دوره پر شدن دانه، با دمای بالا و بارندگی اندک مواجه می‌شود (۳). کاشت گندم به‌استثنای چند منطقه در فصل پاییز انجام می‌شود. تحت چنین شرایطی، دوره رویشی گندم با بارش‌های پاییز و زمستان مصادف شده و در نتیجه معمولاً محدودیت‌های محیطی چندانی بر گیاه تحمیل نمی‌شود. بااین‌حال، آخر فصل رشد گندم هم‌زمان با افزایش دمای هوا و کمبود آب است که در نتیجه رشد گیاه تحت اثر تنش‌های گرما و خشکی قرارگرفته و پتانسیل تولید کاهش می‌یابد (٤). در اثر تنش گرمایی انتهای فصل، دانه‌های چروکیده و کوچک تولید می‌شود و صفات مختلفی مانند ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت کاهش می‌یابد (۵). در این راستا امیدی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر تنش گرمای آخر فصل بر رشد و عملکرد گندم در اهواز گزارش کردند که با تأخیر در کاشت و افزایش میانگین دمای فصل رشد، میانگین عملکرد دانه ارقام گندم حدود ٤٣ درصد کاهش یافت (٦).

نیتروژن اصلی‌ترین عنصر معدنی محدودکننده 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 (۷). افزایش کاربرد کود نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی اصلاح‌شده نه‌تنها باعث افزایش هزینه‌های تولیدشده و بار اقتصادی زیادی را بر دوش کشاورزان گذاشته است، بلکه اثر منفی زیادی بر محیط‌زیست می‌گذارد (۸).

بروز مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی نیتروژنی در نتیجه فرآیندهایی چون تصعید آمونیاک، دنیتریفیکاسیون و آبشویی نیترات سبب شده است که کمپوست‌ها و سامانه‌های زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن به عنوان بخشی از برنامه‌های کشاورزی پایدار به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی مدنظر باشند (۹). بقایای نیشکر با داشتن مواد مغذی می‌توانند به‌عنوان یک کود آلی در کشاورزی استفاده شوند (۱۰). یکی از روش‌های استفاده از پسماندهای نیشکر، کمپوست کردن آن‌ها است. کمپوست نیشکر یک ماده آلی پیت مانند است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب می‌شود. کربن آلی موجود در کمپوست، عناصر غذایی را به‌آرامی و به‌طور یکنواخت در خاک آزادکرده و گیاه را قادر به جذب عناصر غذایی می‌نماید (۱۱). در آزمایشی با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر؛ شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن تر بلال و عملکرد زیستی ذرت شیرین افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین وزن بلال تر (۲۵۰۷٤ کیلوگرم در هکتار) در تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار فیلترکیک نیشکر به‌دست آمد (۱۲). در پژوهشی محققان گزارش دادند که افزایش کمپوست نیشکر به خاک، ظرفیت نگهداری و حرکت آب در خاک را افزایش داده و در نتیجه عملکرد دانه ذرت افزایش یافت همچنین کاربرد کمپوست نیشکر، میزان تولید ذرت را تا ۸/۲ درصد در کشت بهاره و ۷/۳ درصد در

کشت تابستانه افزایش داد که معادل کاربرد حدود ۱۲ درصد آب آبیاری است (۱۳). محققان در بررسی اثر سطوح فیلتر کیک نیشکر بر صفات مرفولوژیک و عملکرد ذرت دانه‌ای گزارش کردند که با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر؛ ارتفاع بوته و عملکرد دانه افزایش یافت و حداکثر عملکرد دانه (۶۱۷۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار مصرف ۵۰ تن در هکتار فیلتر کیک نیشکر حاصل شد (۱۴).

استفاده از پتانسیل زیستی خاک یا جامعه مفید میکروبی اعم از باکتری‌ها و قارچ‌ها به‌عنوان یک راهکار امیدبخش در کشاورزی پایدار مطرح است (۱۵). اخیراً به نقش ریز جانداران در سازگاری گیاهان نسبت به تنش خشکی توجه بیشتری شده است (۱۶). این راهبرد یعنی استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه[1] جهت افزایش تحمل گیاهان زراعی در برابر تنش‌های غیرزنده از جمله تنش خشکی نه‌تنها آسان، بلکه کم‌هزینه و اقتصادی است (۱۷). باکتری‌های محرک رشد گیاه سبب تثبیت نیتروژن و انحلال فسفات نامحلول در خاک شده و از طریق تولید هورمون‌های طبیعی محرک رشد گیاه، سبب گسترش ریشه‌ها و جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شوند (۱۸). باکتری‌های محرک رشد گیاه پتانسیل بالا و خوبی جهت تعدیل و تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه در برابر تنش خشکی داشته و به همین دلیل سبب افزایش بقای گیاه تحت شرایط سخت و متنوع محیطی می‌شوند (۱۹).

در این راستا آزادی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دوروم گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح با کودهای زیستی به دست آمد (۲۰). در پژوهشی طی بررسی اثر ورمی کمپوست بر کاهش اثر سوء تنش آبی بر رشد ذرت گزارش شد که در شرایط تنش آبی، با افزایش مقدار کاربرد کود ورمی کمپوست، وزن خشک ذرت افزایش یافت (۲۱). در آزمایشی با مطالعه اثر کود ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود تحت شرایط تنش خشکی گزارش شد که در شرایط اعمال تنش خشکی از مرحله غلاف دهی، بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی+ ۵۰ درصد ورمی کمپوست حاصل شد (۲۲). همچنین در مطالعه‌ای طی ارزیابی اثر کود دامی و زئولیت بر عملکرد گندم نان تحت شرایط تنش کم‌آبی بیان شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد ولی کاربرد کود دامی و زئولیت موجب کاهش اثر تنش خشکی شده و عملکرد دانه را افزایش داد (۲۳).

با توجه به اثر تنش گرمایی آخر فصل بر کاهش تولید گندم در خوزستان و همچنین اثر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش مصرف کودهای آلی و زیستی بر پایداری و سلامت بوم نظام‌های زراعی، این آزمایش با هدف بررسی اثر مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و کاربرد باکتری محرک رشد در شرایط تنش گرمایی آخر فصل بر رشد و عملکرد گندم، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸

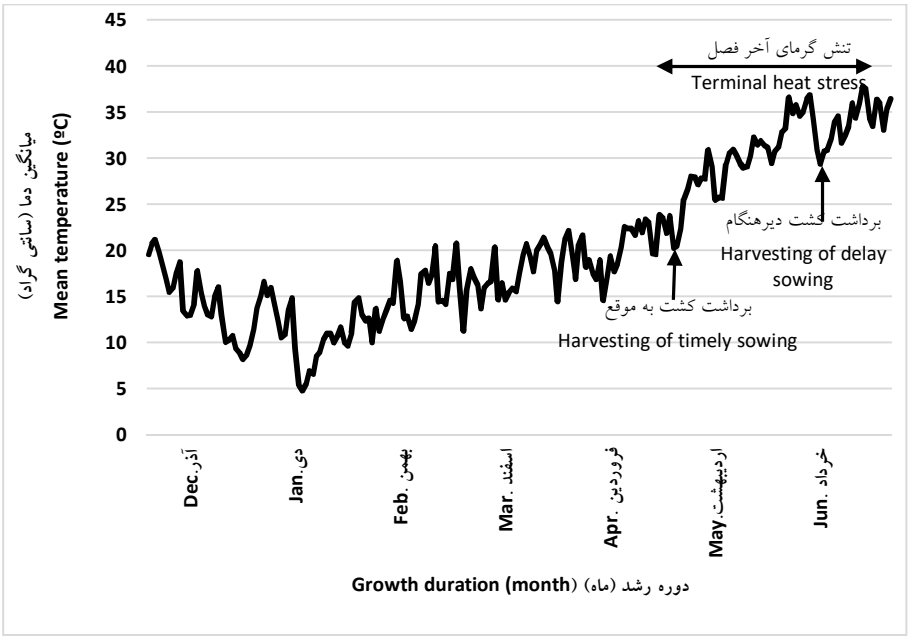
۱. Plant growth promoting rhizobacteria: PGPR

درجه و ۸۸ دقیقه و ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا اجـرا شد. بر اساس آمار هواشناسی بلندمدت، شهر ملاثـانی با داشتن متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳ و متوسط حداکثر و حداقل درجه حرارت به‌ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد، از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشـک اسـت (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱- میانگین ماهانه دمای حداقل، متوسط و حداکثر و بارندگی در دوره 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

ماه Month	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	دمای متوسط (درجه سانتی‌گراد) Mean temperature (°C)	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)
آذر Dec.	10.7	17.2	23.7	44.1
دی Jan.	6.5	12.5	18.2	65.1
بهمن Feb.	7.8	13.6	20.6	13.4
اسفند Mar.	11.7	18.4	21.5	4.3
فروردین Apr.	14.7	23.6	32.5	0
اردیبهشت May.	20.1	27.7	36.3	0
خرداد June	23.8	34.0	44.1	0



شکل ۱- میانگین دما در طول دوره رشد گندم در اهواز در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Figure 1- Mean temperatures during wheat growth duration in Ahwaz in growing season of 2021-2022

این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامـل تصـادفی بـا سـه تکرار اجرا شد. عامل اول: تاریخ کاشت (جهت اعمال تنش گرمایی آخر فصل) در سه سـطح ۱ آذر، ۲۰ آذر و ۱۰ دی به عنوان عامل اصلی در کرت‌هـای اصـلی؛ عامل دوم: نسبت‌های مختلـف مصـرف تلفیقـی کـود

شیمیایی نیتروژنه (اوره) با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر در کرت‌های فرعی در ٦ 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: باکتری‌های محرک رشد در ۲ سطح کاربرد و عدم کاربرد در کرت‌های فرعی فرعی بود. درصد جایگزینی کود شیمیایی نیتروژنه و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر بر مبنای نیاز گندم به نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) محاسبه (٢٤) و بر اساس تیمار، میزان مصرف کود نیتروژنه و کود کمپوست محاسبه و مصرف شد. ابتدا به منظور تحریک جوانه‌زنی علف‌های هرز و کنترل مطلوب‌تر آن‌ها و تأمین رطوبت مناسب جهت انجام عملیات شخم، قبل از آماده‌سازی فیزیکی زمین، قطعه زمین آزمایش، آبیاری قبل از شخم (ماخار) شد. دو تا سه هفته بعد از آبیاری و با کاهش رطوبت خاک مزرعه، شخم نیمه عمیق با گاوآهن برگردان‌دار و پس از آن جهت خرد کردن کامل کلوخه‌ها و تسطیح زمین دو مرحله دیسک در جهت عمود بر هم انجام شد. قبل از کاشت، نمونه‌برداری از خاک جهت ارزیابی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک صورت گرفت (جدول ۲). همچنین کود کمپوست بقایای نیشکر از شرکت کشت و صنعت کارون شوشتر تهیه و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

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

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

کمپوست بقایای نیشکر Sugarcane residue compost	خاک Soil	مشخصات فیزیکی و شیمیایی Physical and chemical properties
4.1	2.6	هدایت الکتریکی (دسیزیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)
8.8	7.9	اسیدیته pH
53.5	0.4	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
0.95	0.03	نیتروژن (درصد) N (%)
50	12	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg\ kg^{-1}$)
1050	119	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg\ kg^{-1}$)
-	1.21	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density ($g\ cm^{-3}$)
-	لوم رسی سیلتی Loam silty clay	بافت Texture

کود کمپوست بقایای نیشکر توزین و در مرحله قبل از کاشت در کرت‌های آزمایشی موردنظر پخش‌شده و توسط دستگاه کولتیواتور با خاک مخلوط شد. باکتری‌های محرک رشد مورداستفاده (با نام تجاری کود زیستی نیتروکسین از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا)، شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (مخلوطی از گونه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و حل‌کننده فسفات (باسیلوس و سودوموناس) است که در هر گرم مایه تلقیح، 10^8 عدد باکتری زنده وجود داشت. در تیمارهای کاربرد باکتری‌های محرک رشد، بذور در زمان قبل از کاشت با مایه تلقیح باکتری طبق راهنمای محصول آغشته شد. مقدار مصرف نیتروژن در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره بود که به صورت یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله پنجه‌زنی و یک سوم در مرحله

ساقه رفتن مصرف شد (۲٤). هر کرت فرعی به طـول ۳ متر و عرض ۲ متر (با مساحت ٦ مترمربع) و شامل ۱۰ خط کشت به فاصـله ۲۰ سـانتی‌متـر از هـم بـود. فاصله بین کرت‌های اصلی و فرعی نیم متر و فاصـله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شـد. بـذرهای گنـدم (رقم چمران ۲) با تراکم ٤۰۰ بذر در مترمربع به روش دستی در عمق حـدود سـه سـانتی‌متری بـه صـورت مسطح در کف شیار قرار گرفت. رقم چمران ۲؛ بهاره، نسبتاً زودرس و نسبت بـه خوابیـدگی، ریـزش دانـه، زنگ زرد و قهوه‌ای و گرمای آخر فصل مقاوم بـوده و برای مناطق گرم و خشک جنوب کشـور مثـل اسـتان خوزستان مناسب است (۲۵). آبیاری متناسب بـا نیـاز گیاه، رطوبت خاک و شرایط آب و هوایی انجام شـد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و بدون استفاده از علف‌کش انجام شد. پس از رسیدن گیاه به مرحلـه رسیدگی کامل، برای تعیین عملکـرد زیسـتی و دانـه، عملیات برداشت با در نظـر گـرفتن اثـر حاشـیه از ۲ مترمربع انجام و کلیه صفات موردنظر اندازه‌گیری شد و برای صفاتی نظیـر ارتفـاع بوتـه و طـول سـنبله در مرحله رسیدگی برداشت از میانگین ۱۰ ساقه اسـتفاده شد. شاخص سطح برگ در مرحله گلـدهی بـه روش نمونه‌گیری تخریبی توسط دستگاه سـطح‌سـنج (مـدل WINAREA-UT-11 محصـول شـرکت دانـش‌بنیـان فن‌آوران البرز اندیشه) اندازه‌گیری شـد. صـفت عـدد کلروفیل‌متر در ابتدای مرحله گلدهی به روش رینولدز و همکاران (۲۰۰۱) و بـا دسـتگاه SPAD مـدل 502 plus شرکت Konica Minolta ژاپن اندازه‌گیری شـد (۲٦). اجزای عملکرد از طریق شمارش تعـداد سـنبله در مترمربع، تعـداد دانـه در سـنبله و وزن هـزار دانـه محاسبه گردید. برای محاسبه وزن هـزار دانـه پـس از جدا کردن دانه‌ها از سنبله، دو نمونه ۵۰۰ بذری توسط دستگاه بذر شمار شمارش و وزن هزار دانـه محاسـبه شد. جهت اندازه‌گیری عملکـرد زیسـتی، ابتـدا تمـام گیاهان برداشت‌شده از دو مترمربع هر کرت آزمایشـی توزین شدند. سپس پنج بوته به‌طور تصادفی انتخـاب و توزین شد و به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلسیوس در آون خشک گردید. سـپس وزن خشـک آن‌ها توزین شده و با استفاده از تناسب، وزن خشـک کل سطح برداشتی به دست آمد. شاخص برداشـت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیسـتی محاسـبه شـد. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات اصلی به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و اثـرات متقابل تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود شیمیایی با کمپوسـت و همچنـین بـرهم‌کنش تـاریخ کاشـت و باکتری محرک رشد به روش برش دهـی فیزیکـی، از نرم‌افزار تجزیه آماری (SAS) نسخه ۹/٤ استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تـاریخ کاشـت و اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود آلـی کمپوسـت بقایای نیشکر بر تمـام صـفات انـدازه‌گیـری شـده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شـد، همچنـین اثـر باکتری محرک رشد گیاه بر تمامی صفات موردبررسی به جز شاخص برداشت معنـی‌دار گردیـد. بـرهم‌کنش دوجانبه تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست بقایای نیشکر بر تمامی صفات بـه جـز ارتفاع بوته، طول سـنبله و تعـداد سـنبله در مترمربـع معنـی‌دار بـود. بـرهم‌کنش دوجانبـه تـاریخ کاشـت و باکتری محرک رشد بر صفات طول سنبله و عملکـرد دانه معنی‌دار شد. برهم‌کنش دوجانبه مصـرف تلفیقـی کود نیتروژن بـا کـود آلـی و بـاکتری محـرک رشـد و همچنین برهم‌کنش سه جانبه تاریخ کاشت و مصـرف تلفیقی کود نیتروژن با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و باکتری محرک رشد بر هیچ یک از صفات معنـی‌دار نبود.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مصرف تلفیقی نیتروژن با کمپوست بقایای نیشکر و باکتری محرک رشد در شرایط تنش گرمای آخر فصل برای صفات اندازه‌گیری شده گندم

Table 3- Variance analysis of the effect of combined use of nitrogen with sugarcane residue compost and growth promoting bacteria in late season heat stress conditions for the measured traits of wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares (MS)									
		شاخص سطح برگ Leaf area index	عدد کلروفیل‌متر Chlorophyll meter value	ارتفاع گیاه Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در مترمربع Spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication (R)	2	0.05^{ns}	14.82^{ns}	0.09^{ns}	0.21^{ns}	10.06^{ns}	2.54^{ns}	17.65**	3148.5^{ns}	58591.6^{ns}	0.9^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date (SD)	2	38.46**	479.23**	560.82**	228.80**	156829.00**	595.48**	492.41**	19644945.0**	44440802.3**	470.5**
خطای الف Error (a)	4	0.02	2.64	1.30	0.06	47.42	2.10	0.49	3560.6	289870.2	0.4
نیتروژن+کمپوست (NC)	5	12.38**	216.29**	231.39**	22.12**	15946.03**	1100.49**	271.45**	19980879.3**	23850170.3**	661.2**
SD×NC	10	0.05**	4.84**	1.34^{ns}	0.08^{ns}	94.17^{ns}	13.67**	3.86*	256507.4**	680361.3**	7.5**
خطای ب Error (b)	30	0.01	1.56	0.79	0.10	92.19	2.60	1.42	4830.0	215035.9	0.7
باکتری محرک رشد (PGPR)	1	2.53**	95.95**	63.02**	4.64**	6090.00**	159.87**	100.53**	965828.2**	9698412.0**	1.8^{ns}
SD×PGPR	2	0.02^{ns}	0.98^{ns}	0.11^{ns}	0.11**	134.56^{ns}	0.06^{ns}	1.03^{ns}	61478.3**	349594.1^{ns}	4.4^{ns}
NC×PGPR	5	0.01^{ns}	0.87^{ns}	0.36^{ns}	0.01^{ns}	118.56^{ns}	1.68^{ns}	1.14^{ns}	2685.6^{ns}	204567.4^{ns}	0.4^{ns}
SD×NC×PGPR	10	0.01^{ns}	1.11^{ns}	0.61^{ns}	0.04^{ns}	45.97^{ns}	0.65^{ns}	0.55^{ns}	16315.2^{ns}	143360.6^{ns}	1.2^{ns}
خطای پ Error (c)	36	0.01	0.84	1.11	0.01	60.45	1.26	0.53	6924.6	212564.4	1.37
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.92	2.15	1.19	1.31	2.17	2.83	1.83	2.36	3.57	4.40

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

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

شاخص سطح برگ: مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای شاخص سطح برگ (جدول ٤) نشان داد که در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، بیشترین شاخص سطح برگ (٦/٦٨) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (٤/١٩) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. به‌عبارت‌دیگر، حتی در شرایط تاریخ کاشت بهینه و عدم وجود تنش گرمای آخر فصل، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. در تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر)، بیشترین شاخص سطح برگ (۵/٦١) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۳/۱۹) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. همچنین در تاریخ کاشت سوم (۱۰ دی)، بیشترین شاخص سطح برگ (٤/٢٦) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۲/۲۵) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. به‌طورکلی به نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت، افزایش میانگین دمای هوا و وقوع دماهای بالا (جدول ۱ و شکل ۱)، طول دوره رویش گیاه و دوره رشد برگ کاهش یافته و باعث کاهش اندازه برگ‌ها و حداکثر شاخص سطح برگ گندم در مرحله گلدهی

شد. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران در مورد اثر کاهشی تنش گرما بر شاخص سطح برگ گندم مطابقت دارد (۲۷ و ۲۸). در رابطه با اثر مثبت کودهای آلی بر شاخص سطح برگ به نظر می‌رسد که کود کمپوست بقایای نیشکر با ذخیره رطوبت و داشتن درصد نیتروژن قابل توجه، باعث افزایش شاخص‌های رشدی مثل شاخص سطح برگ می‌شود. در پژوهشی با بررسی اثر مقادیر مختلف فیلتر کیک نیشکر بر رشد و عملکرد ذرت شیرین گزارش شد که با افزایش میزان مصرف فیلتر کیک نیشکر، شاخص سطح برگ ذرت شیرین افزایش یافت (۱۲). آصف و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان کردند که با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن، مقدار شاخص سطح برگ گندم افزایش یافت (۲۹). در رابطه با باکتری‌های محرک رشد گیاه، احتمالا مصرف این باکتری‌ها از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی نیتروژن و فسفر، باعث افزایش تقسیم و رشد سلول‌های برگ شده و شاخص سطح برگ گندم را افزایش دادند (جدول ۵). در آزمایشی، مصرف میزان بیشتر باکتری‌های محرک رشد نسبت به تیمار مصرف اوره، شاخص سطح برگ گندم را افزایش داد (۳۰).

جدول ٤- مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای شاخص سطح برگ، عدد کلروفیل‌متر، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت

Table 4- Mean comparison of interaction effect of sowing date and combined use of nitrogen fertilizer with compost fertilizer for leaf area index, chlorophyll meter value, grain per spike, thousand grain weight, grain yield, biological yield and harvest index

تاریخ کاشت Sowing date (SD)	مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست Combined use of nitrogen fertilizer with compost fertilizer	شاخص سطح برگ Leaf area index	عدد کلروفیل‌متر Chlorophyll meter value	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousand grain weight (gr)	عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
۱ آذر 22 November	شاهد (F1) Control	4.19f	41.28d	33.90e	38.35f	2821f	12525d	22.55d
	۱۰۰ درصد نیتروژن (F2) 100% Nitrogen (F2)	5.43c	47.41b	44.06c	43.68c	4789c	14330b	33.43b
	۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست (F3) 75% Nitrogen + 25% compost (F3)	6.03b	47.83b	47.63b	46.20b	4904b	14320b	34.30b
	۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست (F4) 50% Nitrogen + 50% compost (F4)	6.68a	51.48a	55.66a	47.71a	5663a	15396a	36.78a
	۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست (F5) 25% Nitrogen + 75% compost (F5)	5.28d	45.36c	43.75c	42.46d	3746d	13642c	27.48c
	۱۰۰ درصد کمپوست (F6) 100% compost	4.68e	44.40c	37.48d	41.05e	3173e	13251c	23.96d

	(F6)							
۲۰ آذر 11 December	شاهد (F1) Control	3.19f	38.50d	30.81d	35.50f	2179e	11325d	19.26d
	۱۰۰ درصد نیتروژن (F2) 100% Nitrogen	4.41c	43.28b	43.98b	41.40c	4461b	13728b	32.52a
	۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست (F3) 75% Nitrogen + 25% compost (F3)	4.96b	44.33b	43.66b	43.38b	4538b	13755b	33.01a
	۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست (F4) 50% Nitrogen + 50% compost (F4)	5.61a	47.43a	52.20a	45.36a	4874a	14493a	33.63a
	۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست (F5) 25% Nitrogen + 75% compost (F5)	4.22d	41.45c	36.30c	38.28d	3203c	12550c	25.57b
	۱۰۰ درصد کمپوست (F6) 100% compost (F6)	3.79e	39.86d	32.45d	39.90e	2641d	12313c	21.47c
۱۰ دی 31 December	شاهد (F1) Control	2.25e	32.73d	26.68f	30.35e	1155f	9245d	12.49e
	۱۰۰ درصد نیتروژن (F2) 100% Nitrogen	3.39c	42.45a	36.60c	37.46c	3284c	12410b	26.48b
	۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست (F3) 75% Nitrogen + 25% compost (F3)	3.95b	40.00b	42.16b	39.70b	3553b	12824a	27.71a
	۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست (F4) 50% Nitrogen + 50% compost (F4)	4.26a	43.48a	47.16a	41.76a	3622a	12847a	28.20a
	۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست (F5) 25% Nitrogen + 75% compost (F5)	3.28c	37.86c	32.15d	32.53d	2562d	11437c	22.39c
	۱۰۰ درصد کمپوست (F6) 100% compost (F6)	2.74d	37.48c	29.00e	33.45d	2162e	11457c	18.88d

در هر ستون، میانگین هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

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

عدد کلروفیل‌متر: بر اساس مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای عدد کلروفیل‌متر (جدول ٤)؛ در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، بیشترین عدد کلروفیل‌متر

(۵۱/۴۸) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۴۱/۲۸) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. به‌عبارت‌دیگر، حتی در شرایط تاریخ کاشت بهینه و عدم وجود تنش گرمای آخر فصل، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش عدد کلروفیل‌متر گردید. در تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر)، بیشترین عدد کلروفیل‌متر (۴۷/۴۳) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۳۸/۵۰) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست اختلاف آماری معنی‌دار نداشت. در تاریخ کاشت سوم (۱۰ دی)، بیشترین عدد کلروفیل‌متر (۴۳/۴۸) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن اختلاف آماری معنی‌دار نداشت و کمترین مقدار آن (۳۲/۷۳) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست به دست آمد. احتمالاً تأخیر در کاشت و برخورد مرحله گلدهی با دماهای بالا (جدول ۱ و شکل ۱)، منجر به کاهش عدد کلروفیل‌متر برگ گندم شد. تنش شدید باعث توقف کامل کلروفیل‌سازی و کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌گردد (۳۱). در آزمایشی بیان شد که افزایش میزان کمپوست در خاک منجر به افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم می‌شود که این عناصر نقش اساسی در میزان کلروفیل دارند (۳۲). در پژوهشی عبدالمجید و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثر کمپوست بر رشد و عملکرد سورگوم گزارش کردند که با افزایش میزان مصرف کمپوست، کلروفیل b سورگوم افزایش یافت (۳۳). در رابطه با اثر مثبت نیتروژن بر عدد کلروفیل‌متر در آزمایشی با افزایش نیتروژن، عدد کلروفیل‌متر افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین مقدار آن در تیمار عدم کاربرد نیتروژن (شاهد) مشاهده گردید (۳۰). مقایسه میانگین اثر باکتری محرک رشد گیاه برای صفت عدد کلروفیل‌متر نشان داد که مصرف این باکتری نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش عدد کلروفیل‌متر شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری با بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه، باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ و عدد کلروفیل‌متر می‌شود.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مصرف باکتری محرک رشد گیاه برای شاخص سطح برگ، عدد کلروفیل‌متر، ارتفاع گیاه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی

Table 5- Mean comparison of the effect of plant growth promoting rhizobacteria for leaf area index, chlorophyll meter value, plant height, spike per m2, grain per spike, thousand grain weight and biological yield

باکتری محرک رشد گیاه Plant growth promoting rhizobacteria	شاخص سطح برگ Leaf areaindex	عدد کلروفیل‌متر Chlorophyll meter value	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousand grain weight (g)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})
کاربرد Application	4.51a	43.53a	88.84a	365.79a	40.97a	40.71a	13180a
عدم کاربرد Not application	4.20b	41.65b	87.32b	350.77b	38.54b	38.78b	12580b

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.

ارتفاع گیاه: مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت برای ارتفاع گیاه نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه (۹۱/۶۸ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت اول (۱ آذر) و کمترین آن (۸۳/۸۶ سانتی‌متر) در تاریخ کشت سوم (۲۰ دی)

حاصل شد (جدول ٦). به نظر می‌رسد که با تأخیر در کشت، میانگین دمای هوا افزایش (جدول ۱ و شکل ۱) و طول دوره رویش گیاه و دوره رشد طولی ساقه کاهش‌یافته و ارتفاع بوته کاهش یافت. در همین رابطه بررسی اثر تاریخ کاشت به‌موقع و دیرهنگام بر ژنوتیپ‌های گندم نان در استان گلستان نشان داد که با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته به میزان ۳٤ درصد کاهش یافت (۳٤). مقایسه میانگین اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای ارتفاع گیاه نشان داد که حداکثر ارتفاع گیاه (۹۲/۷۹ سانتی‌متر) در ۵۰ درصد نیتروژن+۵۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر و حداقل مقدار آن (۸۲/٤۵ سانتی‌متر) در شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کود کمپوست به دست آمد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که افزودن هم‌زمان کود شیمیایی و آلی، ضمن تأمین نیتروژن موردنیاز گیاه، هدرروی نیتروژن (آبشویی، متصاعد شدن یا تثبیت) کاهش‌یافته و سپس به دلیل فرآیند معدنی شدن، مجدداً نیتروژن به‌صورت تدریجی به شکل قابل‌جذب گیاه درآمده و سبب افزایش رشد رویشی در طول دوره رشد گیاه می‌شود (۳۵). همچنین کاربرد کود کمپوست باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی پرمصرف مثل نیتروژن و فسفر و همچنین بهبود نگهداری آب در خاک شده که این امر سبب افزایش رشد و ارتفاع بوته می‌شود (۳٦). گزارش‌شده است که نیتروژن به‌واسطه نقشی که در رشد و تولید و صدور هورمون سیتوکنین از ریشه به اندام‌های هوایی دارد، موجب افزایش سرعت تقسیم سلولی، رشد و ارتفاع گیاه گردید (۳۷). مصرف باکتری‌های محرک رشد گیاه، احتمالاً از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی نیتروژن و فسفر، باعث افزایش ارتفاع گندم شد (جدول ۵).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت برای ارتفاع بوته و تعداد سنبله در مترمربع

Table 6- Mean comparison of the effect of sowing date for plant heigt and spikes per m^2

تاریخ کاشت Sowing date (SD)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}
۱ آذر 22 November	91.68a	418.86a
۲۰ آذر 11 December	88.69b	368.05b
۱۰ دی 31 December	83.86c	287.94c

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.

طول سنبله: بر اساس مقایسه میانگین، بیشترین طول سنبله (۱۱/۹۰ سانتی‌متر) در تیمار مصرف ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ درصد کود کمپوست و کمترین مقدار آن (۸/۷۹ سانتی‌متر) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۷). همچنین مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و باکتری محرک رشد گیاه برای طول سنبله نشان داد که بیشترین طول سنبله (۱۳/۲۵ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت اول و کاربرد باکتری محرک رشد گیاه و کمترین طول سنبله (۷/۸۸ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت سوم و تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۸). به‌طورکلی با تأخیر در کاشت، طول سنبله کاهش یافت که احتمالاً به علت محدود بودن طول دوره رشد سنبله در تاریخ کاشت دیرهنگام است (۳۸). در همین رابطه مدرسی و همکاران (۲۰۱۰) نیز کاهش طول سنبله ناشی از مصادف شدن دوره رشدی با گرمای انتهای فصل و محدود شدن دوره رشدی مریستم زایشی سنبله را گزارش کردند (۳۹). سادات و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که مصرف باکتری-

های محرک رشد گیاه، باعث افزایش طول سنبله گندم شد. به نظر می‌رسد که مصرف باکتری‌های محرک رشد گیاه، با افزایش فراهمی عناصر غذایی نیتروژن و فسفر، موجب افزایش طول سنبله گندم شد (٤٠).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای ارتفاع بوته، طول سنبله و تعداد سنبله در مترمربع

Table 7- Mean comparison of the effect of combined use of nitrogen fertilizer with compost fertilizer for plant height, spike length and spikes per m2

مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست Combined use of nitrogen fertilizer with compost fertilizer	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike length (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}
شاهد (F1) Control	82.45f	8.79f	310.94f
۱۰۰ درصد نیتروژن (F2) 100% nitrogen (F2)	89.15c	10.71c	366.00c
۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست (F3) 75% nitrogen+ 25% compost (F3)	90.48b	11.12b	376.44b
۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست (F4) 50% nitrogen+ 50% compost (F4)	92.79a	11.90a	398.11a
۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست (F5) 25% nitrogen+ 75% compost (F5)	87.12d	9.98d	353.83d
۱۰۰ درصد کمپوست (F6) 100% compost (F6)	86.48e	9.67e	344.38e

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.

تعداد سنبله در مترمربع: مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت برای تعداد سنبله در مترمربع نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (٤١٨/٨٦) در تاریخ کاشت اول (١ آذر) و کمترین آن (٢٨٧/٩٤) در تاریخ کشت سوم (٢٠ دی) حاصل شد (جدول ٦). مقایسه میانگین اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای تعداد سنبله در مترمربع نشان داد که حداکثر تعداد سنبله در مترمربع (٣٩٨/١١) در ٥٠ درصد نیتروژن+٥٠ درصد کمپوست بقایای نیشکر و حداقل مقدار آن (٣١٠/٩٤) در شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کود کمپوست به دست آمد (جدول ٧). مقایسه میانگین اثر باکتری محرک رشد گیاه برای تعداد سنبله در مترمربع نشان داد که مصرف این باکتری نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش تعداد سنبله در مترمربع شد (جدول ٥). به‌طورکلی با تأخیر در کاشت، تعداد سنبله در مترمربع کاهش یافت و در تاریخ سوم (٢٠ دی) به حداقل رسید که علت کاهش تعداد سنبله در مترمربع نسبت به تاریخ‌های کاشت قبلی را می‌توان عمدتاً به افزایش میانگین دمای محیط (جدول ١ و شکل ١)، تسریع مراحل رشد و نمو و کوتاه شدن طول دوره‌های رشد و نمو ازجمله مرحله پنجه‌زنی و تشکیل و تمایز سنبله‌ها نسبت داد که منجر به کاهش تعداد سنبله در مترمربع شد (٢٨). رفای (٢٠١١) گزارش کرد که در مواجه با تنش گرمای انتهای فصل، تعداد سنبله در واحد سطح کاهش یافت (٤١). در رابطه با مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کود آلی، آل کثیر و همکاران (٢٠١٧) در بررسی اثر مقادیر مختلف کود اوره و فیلتر کیک نیشکر بر عملکرد و پارامترهای عملکردی گندم گزارش کردند که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع به تیمار ٦٠ تن در هکتار فیلتر کیک نیشکر و کمترین مقدار آن به تیمار شاهد بدون مصرف فیلتر کیک تعلق داشت (٤٢). گزارش‌شده است که وضعیت تغذیه

نیتروژنی گیاه بر تغییرات تعداد سنبله در مترمربع مؤثر است (۴۳).

جدول ۸- مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و باکتری محرک رشد گیاه برای طول سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت

Table 8- Mean comparison of the interaction effect of sowing date and plant growth promoting rhizobacteria for spike length, grain yield and harvest index

تاریخ کاشت Sowing date (SD)	باکتری محرک رشد گیاه Plant growth promoting rhizobacteria	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike length (cm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})
۱ آذر	کاربرد Application	13.25a	4315a
22 November	عدم کاربرد Not application	12.82b	4050b
۲۰ آذر	کاربرد Application	10.56a	3981a
11 December	عدم کاربرد Not application	9.65b	3411b
۱۰ دی	کاربرد Application	8.17a	2823a
31 December	عدم کاربرد Not application	7.88b	2622b

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.

تعداد دانه در سنبله: بر اساس مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای تعداد دانه در سنبله (جدول ٤)؛ در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، بیشترین تعداد دانه در سنبله (۵۵/٦٦) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۳۳/۹۰) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. به‌عبارت‌دیگر، حتی در شرایط تاریخ کاشت بهینه و عدم وجود تنش گرمای آخر فصل، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. در تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر)، بیشترین تعداد دانه در سنبله (۵۲/۲۰) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۳۰/۸۱) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست اختلاف آماری معنی‌دار نداشت. در تاریخ کاشت سوم (۱۰ دی)، بیشترین تعداد دانه در سنبله (٤۷/۱٦) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۲٦/٦۸) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. همچنین مقایسه میانگین اثر باکتری محرک رشد گیاه برای تعداد دانه در سنبله نشان داد که مصرف این باکتری نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش تعداد دانه در سنبله شد (جدول ۵). به نظر می رسد که با تأخیر در کاشت، طول دوره تشکیل آغازه-های گل (مرحله برجستگی دوگانه تا تشکیل سنبلک انتهایی و مرحله تمایز گلچه‌ها) به علت مصادف شدن با دمای بالای هوا (جدول ۱ و شکل ۱)، کوتاه‌تر شده و تعداد سنبلک در سنبله و تعداد دانه در سنبله کاهش‌یافته و این دو عامل به‌طور توأم باعث کاهش تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت دوم و سوم شدند. جلالی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که اثر تیمار نیتروژن بر تعداد دانه در هر ردیف بلال معنی‌دار بود و تیمار مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست نسبت به سایر تیمارها ارجحیت داشت (٤٤).

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای وزن هزار دانه (جدول ٤) نشان داد که در هر سه تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، دوم (۲۰ آذر) و سوم (۱۰

دی)؛ بیشترین وزن هزار دانه در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. مقایسه میانگین اثر باکتری محرک رشد گیاه برای وزن هزار دانه نشان داد که مصرف این باکتری نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش وزن هزار دانه شد (جدول ۵). وزن نهایی دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن دانه است که این دو عامل تحت تأثیر تأخیر در کاشت نقصان یافته و موجب کاهش وزن هزار دانه می‌گردد (٤٥). با مصرف کود کمپوست، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک بهبودیافته و موجب رشد بهتر گیاه شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولیدشده و به سمت دانه‌ها منتقل می‌شود. همچنین با توجه به فراهمی بیشتر رطوبت خاک، طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. در بررسی انجام‌گرفته توسط قنبری و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش وزن هزار دانه به علت تأخیر در کاشت گزارش‌شده است (٤٦). در آزمایشی طی ارزیابی اثر مقادیر کمپوست نیشکر و نیتروژن بر عملکرد ذرت دانه‌ای بیان شد که با افزایش مصرف کمپوست نیشکر، وزن هزار دانه ذرت افزایش یافت (٤٧). نتایج تحقیقات عابدی و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که با کاربرد تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست زباله شهری، وزن هزار دانه گندم افزایش یافت (٤٨).

عملکرد دانه: بر اساس مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای عملکرد دانه (جدول ٤)، با تأخیر در کاشت و مواجه‌شدن گیاه با تنش گرمایی آخر فصل (جدول ۱ و شکل ۱)، عملکرد دانه کاهش یافت به‌طوری‌که در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، دوم (۲۰ آذر) و سوم (۱۰ دی)، بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب ٥٦٦٣، ٤٨٧٤ و ٣٦٢٢ کیلوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (به ترتیب ۲۸۲۱، ۲۱۷۹ و ۱۱۵۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست) حاصل شد. مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و باکتری محرک رشد گیاه برای عملکرد دانه نشان داد که در هر سه تاریخ کاشت، کاربرد باکتری نسبت به عدم کاربرد آن، عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۸). کوتاه شدن طول دوره رویشی، کاهش رشد اندام‌های فتوسنتز کننده و ضعیف شدن مبدأ و کاهش طول دوره بحرانی تعیین تعداد دانه در سنبله (از مرحله برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی) و ضعیف شدن مقصد از پیامدهای ناشی از تأخیر در کاشت است. علاوه بر این، به دلیل برخورد مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه با تنش گرمای انتهای فصل، تعداد و وزن دانه‌ها کاهش‌یافته و درمجموع عملکرد دانه و کل ماده خشک تولیدی کاهش می‌یابد (٤٩). بر اساس نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (۲۰۱۷)، تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل باعث کاهش عملکرد دانه گندم گردید (۵۰). احتمالاً کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر، با بهبود شرایط تغذیه‌ای و فراهمی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و غیره، باعث افزایش رشد و اجزای عملکرد و درنتیجه عملکرد دانه شده است. در پژوهشی با بررسی اثر کمپوست بر رشد و عملکرد ذرت بیان شد که کاربرد کود کمپوست منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت شد (۵۱). گودا (۲۰۱۹) گزارش داد که استفاده معقول از ترکیب کود کمپوست و کود معدنی (بر اساس ترکیب شیمیایی آن‌ها) می‌تواند نتایج مشابه کارکرد فقط کودهای شیمیایی داشته باشد (۵۲). کاربرد کود کمپوست غنی‌شده با کودهای شیمیایی باعث می‌شود که کود کمپوست از تلفات عناصر غذایی جلوگیری کرده (بهبود کارایی جذب عناصر غذایی) که نتیجه آن

بهبود بهره‌وری تولید (عملکرد دانه) گیاه گندم و همچنین بهبود سلامت محیط زراعی خواهد بود. محمد و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که کاربرد کمپوست همراه با کود زیستی ازتوباکتر، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه گندم نسبت به شاهد (بدون کاربرد کمپوست) را افزایش داد (۵۳). تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم منجر به افزایش میزان ماده خشک گندم، افزایش محتوی نیتروژن گیاه، افزایش میزان عملکرد دانه و وزن دانه گردید (٥٤). علت بهبود رشد و عملکرد دانه را نمی‌توان به توانایی این باکتری در تثبیت نیتروژن محدود نمود بلکه سایر اثرات این باکتری مانند افزایش جذب آب و عناصر توسط گیاه که ناشی از گسترش سیستم ریشه گیاه توسط این باکتری است را نیز می‌توان نام برد. همچنین برخی از سویه‌های این باکتری توانایی تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین را دارند که این هورمون تولیدی قادر به توسعه ریشه است (۵۵). باکتری‌هایی همچون ازتوباکتر، سودموناس و آزوسپیریلوم با داشتن خاصیت تثبیت‌کنندگی 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 (٥٦). محققان ثابت کرده‌اند که دلیل افزایش عملکرد در تیمارهای تلفیقی، به دلیل مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل‌دسترس خاک با نیازهای گیاه در مراحل مختلف، تداوم فرایند معدنی شدن نیتروژن در مراحل زایشی و ادامه فرایند جذب تا مدت زمان طولانی‌تر می‌باشد (۵۷). می‌توان چنین نتیجه گرفت که در اثر کاربرد کود شیمیایی نیتروژن، کود آلی کمپوست نیشکر و تلقیح باکتریایی بذر؛ شرایط رشد گندم بهبودیافته و منجر به افزایش عملکرد دانه گردید.

عملکرد زیستی: مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای عملکرد زیستی (جدول ٤) نشان داد که با تأخیر در کاشت و مواجه‌شدن گیاه با تنش گرمایی آخر فصل، عملکرد زیستی کاهش یافت به‌طوری‌که در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، بیشترین عملکرد زیستی (١٥٣٩٦ کیلوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۱۲۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. به‌عبارت‌دیگر، حتی در شرایط تاریخ کاشت بهینه و عدم وجود تنش گرمای آخر فصل، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش عملکرد زیستی گردید. در تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر)، بیشترین عملکرد زیستی (١٤٤٩٣ کیلوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۱۱۳۲۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد. در تاریخ کاشت سوم (۱۰ دی)، بیشترین عملکرد زیستی (١٢٨٤٧ کیلوگرم در هکتار) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست اختلاف آماری معنی‌دار نداشت و کمترین مقدار آن (٩٢٤٥ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست به دست آمد. مقایسه میانگین اثر باکتری محرک رشد گیاه برای عملکرد زیستی نشان داد که مصرف این باکتری نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش عملکرد زیستی شد (جدول ۵). تأخیر در کاشت، افزایش میانگین دمای دوره رشد (جدول ۱ و شکل ۱)، افزایش سرعت رشد و نمو و کاهش طول دوره‌های رشد و نمو، منجر به کاهش فتوسنتز، رشد، تولید ماده خشک و عملکرد زیستی شد. در آزمایش سیاحی و کمایی (۲۰۱۷) با تأخیر در کاشت و وقوع

تنش گرمایی آخر فصل در اهواز، عملکرد زیستی گندم کاهش یافت (۵۰). افزایش عملکرد در سیستم تلفیقی را می‌توان به نقش کودهای آلی در فراهمی عناصر غذایی قابل‌دسترس خصوصاً نیتروژن در طول رشد (به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی قابل‌دسترس به‌خصوص نیتروژن از کود آلی) و بهبود خصوصیات فیزیکی، زیستی و بهبود ظرفیت رطوبتی که اثر غیرمستقیمی بر عملکرد داشته و باعث افزایش فعالیت‌های رشدی گیاه شده و درنتیجه عملکرد زیستی گیاه را افزایش می‌دهد. در آزمایشی، مصرف تلفیقی کودهای آلی و نیتروژن نسبت به تیمار شاهد، عملکرد زیستی را به‌طور معنی‌دار افزایش داد (۵۸).

شاخص برداشت: بر اساس مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود کمپوست برای عملکرد زیستی (جدول ٤)، با تأخیر در کاشت و مواجه‌شدن گیاه با تنش گرمایی آخر فصل، شاخص برداشت کاهش یافت به‌طوری‌که در تاریخ کاشت اول (۱ آذر)، بیشترین شاخص برداشت (۳٦/۷۸ درصد) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۲۲/۵۵ درصد) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کمپوست اختلاف آماری معنی‌دار نداشت. به‌عبارت‌دیگر، حتی در شرایط تاریخ کاشت بهینه و عدم وجود تنش گرمای آخر فصل، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش شاخص برداشت گردید. در تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر)، بیشترین شاخص برداشت (۳۳/٦۳ درصد) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست و مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن اختلاف آماری معنی‌دار نداشت و کمترین مقدار آن (۱۹/۲٦ درصد) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست به دست آمد. در تاریخ کاشت سوم (۱۰ دی)، بیشترین شاخص برداشت (۲۸/۲۰ درصد) در مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست حاصل شد که البته با تیمار مصرف ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست اختلاف آماری معنی‌دار نداشت و کمترین مقدار آن (۱۲/٤۹ درصد) در شرایط شاهد عدم مصرف کود نیتروژن و کمپوست به دست آمد. به نظر می‌رسد که اگرچه تأخیر در کاشت باعث کاهش توأم رشد رویشی و رشد زایشی شد، اما با توجه به اینکه بیشتر طول دوره زایشی با تنش گرما مصادف بود، شاخص برداشت به دلیل اثر بیشتر گرما بر رشد زایشی، کاهش یافت. بر اساس نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (۲۰۱۷) تأخیر در کاشت گندم در خوزستان، باعث کاهش شاخص برداشت گندم شد (۵۰). کودهای زیستی نیتروژنه، دسترسی بیشتر گیاه به نیتروژن را به همراه دارد و این عنصر غذایی پرمصرف که در ترکیب اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، ریبوزوم‌ها و پروتئین‌ها مشارکت داشته و جزء مهمی از مولکول‌های کلروفیل و روبیسکو است، با افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه، اثر مستقیمی بر عملکرد اقتصادی محصول دارد (۵۹).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی براساس نتایج آزمایش حاضر می‌توان اظهار داشت که با تأخیر در کاشت، افزایش میانگین دمای هوا در طول دوره رشد و مواجه‌شدن گندم با تنش گرمایی آخر فصل (جدول ۱ و شکل ۱)، تمامی صفات اندازه‌گیری شده کاهش یافتند. همچنین مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود آلی کمپوست بقایای نیشکر احتمالاً با حفظ رطوبت خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه، موجب

افزایش رشد و عملکرد دانه گیاه شد. به‌طوری‌که در هر سه تاریخ کاشت، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه گردید. به‌علاوه تلقیح بذر توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه احتمالاً از طریق فراهمی عناصر نیتروژن و فسفر باعث افزایش رشد و عملکرد دانه گندم شد. از طرف دیگر نتایج نشان داد که مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود کمپوست بقایای نیشکر و همچنین باکتری‌های محرک رشد گیاه در تاریخ‌های مختلف کاشت نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، با بهبود شرایط رشدی گیاه موجب کاهش اثر تنش گرمایی انتهای فصل شد. لذا با توجه به نتایج حاصله، در مناطق دارای تنش گرمایی آخر فصل، می‌توان مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن+ ۵۰ درصد کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و همچنین باکتری‌های محرک رشد گیاه را برای افزایش رشد و عملکرد گندم مدنظر قرار داد.

References

1. Emam, Y. (2011). Ceraeal Production. ShirazUniv. Press, 194 p. (In Persian)
2. Anonymous. (2020). Agricultural Statistics: Crops. Ministry of Agriculture. Tehran. 92 p. (In Persian)
3. Eskandari, H. & Kazzemi, K. (2016). Reaction of grain yield and resource activity of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to water deficit stress applied after pollination. Environ. Stress. Crop Sci. 9: 3. 303-306. (In Persian)
4. Joudi, M., Ahmadi, A., Mohammadi, V., Abbasi, A. & Mohammadi, H. (2014). Genetic Changes in agronomic and phenologic traits of Iranian wheat cultivation crowd in different environmental conditions. Euphytica. 196: 237-249.
5. Kadar, R., Muntean, L., Racz, I., Ona, A.D., Ceclan, A. & Hiriscau, D. (2019). The effect of genotype, climatic conditions and nitrogen fertilization on yield and grain protein content of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca. 7:2.515-521.
6. Omidi, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R. & Modarresi, M. (2013). The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. J. Crop Prod. 6: 4. 33-53. (In Persian)
7. 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 Sci. 57: 4. 2183-2192.
8. 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 Res. 193: 1-15.
9. Rae, Y., Eshaghi Sardroud, S.N. & Bagheri Pirouz, A. (2013). The effect of chemical and biological fertilizers on the yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Digit Speedfeed in different folds. J. Agric. Ecol. 5: 3. 231-242. (In Persian)
10. Chauhan, M.K., Chaudhary, S. & Kumar, S. (2011). Life cycle assessment of sugar industry: a review. Renew. Sust. Energ. Rev. 15: 7. 3445-3453.
11. Alikhani, H.A. & Sawaqabi, Gh. (2013). Compost production for sustainable agriculture. TehranUniv. Press. 280 p. (In Persian)
12. Karmollachaab, A., Siadat, A., Hamdi, H., Monjezi, H. & Kochakzadeh, A. (2017). Effect of filter cake on physiological traits and ear yield of sweet corn under late drought stress condition. J. Agroecol. 9: 2. 421-432. (In Persian)
13. Behdarvandi, H., Khoshnavaz, S., Ghorbanizadeh Kharazi, H. & Boroomand Nasab, S. (2022). Simulating the growth of maize and soil moisture distribution using AquaCrop model and

application of sugarcane compost. Iran. Water Res. J. 15: 4. 69-82. (In Persian)
14. Faezizadeh, A. & Shokohfar, A.R. (2020). Effect of filter cake levels on morphological traits and corn yield (S.C.704) under different irrigation regimes. Environ. Stress Crop Sci. 13: 3. 805-814. (In Persian)
15. Sarikhani, M.R. & Amini, R. (2020). Biofertilizer in Sustainable Agriculture: Review on the Researches of Biofertilizers in Iran. J. Agric. Knowl Sustain. Prod. 30: 1. 329-369. (In Persian)
16. East, R. 2013. Microbiome: Soil science comes to life. Nature. 501: S19.
17. Kim, Y. C., Glick, B. R., Bashan, Y. & Ryu, C. M. (2012). Enhancement of plant drought tolerance by microbes. P 383-413, In: R. Aroca (ed), Plant responses to drought stress, Springer, Berlin, Heidelberg.
18. Esitken, A., Hilal, Y., Ercisli, S., Figen Donmez, M., Tyran, M. & Gunes, A. (2010). Effects of plant growth promoting bacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Sci. Hortic. 124: 1. 62-66.
19. Marasco, R., Rolli, E., Ettoumi, B., Vigani, G., Mapelli, F., Borin, S. & Zocchi, G. (2012). A drought resistance-promoting microbiome is selected by root system under desert farming. 7: 10. e48479.
20. Azadi, S., Siyadat, S.A., Naseri, R., Soleimani Fard, A. & Mirzaei, A. (2013). Effect of integrated application of Azotobacter chroococcum and Azospirillum brasilense and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. J. Crop Ecophysiol. 7: 2. 129-146. (In Persian)
21. Zare, L., Ronaghi, A., Ghasemi, R. & Moosavi, S.A. (2016). The Effect of vermicompost on reducing the adverse effects of water stress on growth and chemical composition of corn in a calcareous soil. J. Water Soil. 30: 1607-1619. (In Persian)
22. Kahrizi, A. & Sepehri, S. (2019). Effect of vermicompost, nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and yield components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under terminal drought stress. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 29. 67-83. (In Persian)
23. Moshatati, A., Khodaei Joghan, A., Siadat, S.A., Mousavi, S.H. & Rezaei, M. (2019). The effect of cattle manure and zeolite on bread wheat yield under drought stress condition. Environ. Stress. Crop Sci. 12. 1179-1188. (In Persian)
24. 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. Ahvaz 168p. (In Persian)
25. Malihipoor, A., Esmaeilzade Moghadam, M. & Najafian, G. (2020). Iranian Wheat Cultivars. Ministry of Agriculture Jahad. Tehran. 186 p. (In Persian)
26. Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I. & McNab, A. (2001). Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT. 240 p.
27. Khan, N.A., Khan, S., Naz, N., Shah, M., Ahmad, S., Sher, H. & Khan, A. (2017). Effect of heat stress on growth, physiological and biochemical activities of wheat (*Triticum aestivum* L.). Int. J. Biosci. 11: 4. 173-183.
28. Moshatati, A. & Mousavi, S.H. (2019). Effect of zinc sulfate application on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L. cv. 'Chamran') under terminal heat stress conditions in Ahvaz. Iran J. Crop Sci. 21: 3. 254-267. (In Persian)
29. Asif, M., Maqsood, M., Ali, A., Hassan, S.W., Hussain, A., Ahmad, Sh. & Arshid Javed, M. (2012). Growth, yield components and harvest index of wheat (*Triticum aestivune* L.) affected different irrigation regimes and nitrogen management strategy. Int. Sci. 24: 2. 215-218.
30. Salmani Biary, E., Ajamnoruzi, H. & Taheri, Gh. (2011). Physiological response of wheat cultivars to nitrogen source. J. Plant Sci. Res. 6: 2. 67-72. (In Persian)
31. Sandhya, V.D., Ali, S.Z., Grover, M., Reddy, G. & Venkateswarlu, B. (2009). Alleviation of drought stress effects in sunflower seedlings by the

exopolysaccharides producing Pseudomonas putida strain GAP-P45. Biol. Fertil. Soils. 46: 17-26.
32. Amyanpoori, S., Ovassi, M. & Fathinejad, E. (2015). Effect of vermicompost and triple superphosphate on yield of corn (*Zea mays* L.). J. Exp. Biol. Agric. Sci. 3: 6. 494-499.
33. Abd El-Mageed, T. A., El-Samnoudi, I.M., Ibrahim, A.M. & Abd El Tawwab, A.R. (2018). Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in *Sorghum bicolor* (L. Moench) under low moisture regime. Agric. Water Manag. 208: 431-439.
34. Souqi, H.A., Jolodar, N.B., Ranjbar, G.A. & Pahlavani, M.H. (2015). Evaluation of heat stress tolerance indices in bread wheat genotypes. Sci. J. Plant Ecophysiol. 8: 2. 49-63. (In Persian)
35. Dhyani, K., Ansari, M.V., Roa, Y., Verma, R.S., Shukla, A. & Tuteja, N. (2013). Comparative physiological response of wheat genotypes under terminal heat stress. Plant Signal. Behav. 8: 1-6.
36. Chattha, M.U., Hassan, M.U., Barbanti, L., Chattha, M.B., Khan, I., Usman, M., Ali, A. & Nawaz, M. (2019). Composted sugarcane by-product press mud cake supports wheat growth and improves soil properties. Int. J. Plant Prod. 13: 241-249.
37. Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S.M. & Azad, M. (2014). Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). Iran. J. Med. Aromat. Plant. 30: 2. 260-274. (In Persian)
38. Asakereh, S. & Lack, Sh. (2016). Assessment planting date effect on productivity components of wheat cultivars under warm and dry climate condition. Iran. J. Field Crop Sci. 47: 4. 551-564. (In Persian)
39. Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A. & Mardi, M. (2010). Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. Cereal Res. Commun. 38: 23–31.
40. Sadat, A., Savaghebi, F.G.R., Rejali, F., Farahbakhsh, M., Khavazi, K. & Shirmardi, M. (2010). Effects of some arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil. J. Water Soil. 24: 1. 53-62. (In Persian)
41. Refay, Y.A. (2011). Yield and yield components parameters of bread wheat genotypes as affected by sowing dates. Middle-East J. Sci. Res. 7: 484-489.
42. Al Kathir Zare, A., Babainejad, T. & Gholami, A. (2019). Investigating the effects of different amounts of urea fertilizer and sugarcane filter cake on the yield and functional parameters of bread wheat. J. Plant Prod. Sci. 8: 2. 121-134 (In Persian)
43. Niamatullah, M., Khan, M., Khan, M.Q., Sadiq, M., Zaman, K.U., Hayat, C.S. & Rehman, S. (2011). Impact of NPK applications on the number of procluctive tillers and cost benefit analysis of wheat in hill-torrent irrigated area of D.I. Khan Division, Khyber Pakhtunkhwa. J. Anim. Plant Sci. 21: 2. 211-214.
44. Jalali, A.H., Bahrani, M.J. & Karimian, N. (2011). Effect of crop residue management, application of compost and nitrogen fertilizer on grain yield and its components in maize CV. DC370. Iran. J. Crop Sci. 13: 2. 336-351. (In Persian)
45. Kalate Arabi, M., Sheikh, F., Souqi, H. & Hivechi, J. (2011). Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan in Iran. Seed Plant Prod. 2: 3. 285-296. (In Persian)
46. Ghanbari, A., Roshani, H. & Tavassoli, A. (2012). Effect of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. J. Crop Ecophysiol. 6: 2. 127-144. (In Persian)
47. Zadeh-Omidi, F. & Marashi, S.K. (2019). Effect of amount of sugarcane compost and nitrogen on quantitative and qualitative yield of corn (*Zea mays* L.). J. Plant Environ. Physiol. 14: 12-20. (In Persian)
48. Abedi, T., Alemzadeh, A. & Kazemeini, S.A. (2010). Effect of organic and inorganic fertilizer on grain yield and protein banding pattern of wheat. Aust. J. Crop Sci. 4: 6. 384-389.

49. Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M. & Meskarbashee, M. (2014). Resposes of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling period Ahvaz conditions. J. Plant Prod. 37: 4. 119-130. (In Persian)
50. 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. J. Agron. Plant Breed. 13: 3. 39-49. (In Persian)
51. Shirkhani, A., Nasrolahzadeh, S. & Zehtab-Salmasi, S. (2019). Effect of biofertilizers and chemical fertilizers on yield and seed quality of corn under normal irrigation and drought stress conditions. Environ. Stress. Crop Sci. 12: 3. 781-791. (In Persian)
52. Goda, D. (2019). Response of wheat to integrated nutrient management. J. Plant Sci. Res. 6: 1. 1-8.
53. Mohamad, M., Thalooth, A., Elewa, T. & Ahmed, A. (2019). Yield and nutrient status of wheat plants (Triticum aestivum) as affected by compost and biofertilizers under newly reclaimed soil. Bull. Natl. Res. Cent. 43: 31-37.
54. Karimi, N., Goltapeh, E.M., Amini, J., Mehnaz, S. & Zarea, M.J. (2020). Effect of *Azospirillum zeae* and seed priming with zinc, manganese and auxin on growth and yield parameters of wheat, under dryland farming. Agric. Res.10: 1. 44-55.
55. Karimi, N., Zarea, M.J. & Mehnaz S. (2018). Endophytic *Azospirillum* for enhancement of growth and yield of wheat. Environ. Sustain. 1: 2. 149-158.
56. 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. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 16: 236–241.
57. Wei, W., Yan, Y., Cao, J., Christie, P., Zhang, F. & Fan, M. (2016). Effects of combined application of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter: An integrated analysis of long-term experiments. Agric. Ecosyst. Environ. 225: 86-92.
58. Ahmadinezhad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N. & Oustan, S.H. (2012). Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. 'Alvand'). Water Soil Sci. 23: 2. 177-194. (In Persian)
59. Gul, S., Khan, M.H., Khanday, B.A. & Nabi, S. (2015). Effect of sowing methods and NPK levels on growth and yield of rainfed maize (*Zea mays* L.). Scientifica. 1-6.