Plant Prod., 2022, 45(2), 253-266
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2021.36017.1961
Received: 5 January 2021
Accepted: 14 April 2021

Plant Productions
Research Article

The Effect of Sugarcane Residue Compost on Growth and Grain Yield of Triticale under Drought Stress

Seyed Naser Safi[1], Ali Moshatati[2]*, Mohamad Hosein Gharineh[3], Aydin Khodaei-Joghan[4]

1- M.Sc. Graduate of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3- Associate professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
4- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Citation: Safi, S. N., Moshatati, A., Gharineh, M. H., & Khodaei-Joghan, A. (2022). The effect of sugarcane residue compost on growth and grain yield of triticale under drought stress. *Plant Productions,* 45(2), 253-266.

Abstract

Introduction

Triticale is a commercial cereal with a vast potential to feed human and animal. This plant can be cultivated in poor soils that are not suitable for wheat production. In irrigation cutoff stress conditions, reduces growth and yield and yield components of triticale. One of the most important ways to reduce the negative effect of drought stress on plant is using compost fertilizer in the soil. Using compost fertilizer in agricultural soils lead to increase nutrient elements and conserving the soil water. Generally, compost fertilizer of sugarcane residues, improves moisture storage and physical and chemical conditions of the soil. So that sugarcane residue compost fertilizer contributes to preserving the moisture storage of the soil and to supply the nutrients required by the plant. In this study, the most important aim is to study the effect of sugarcane residue compost fertilizer on triticale yield and yield components under irrigation cutoff stress condition in Mollasani region, Ahwaz, Kuzestan province.

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

© 2022 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.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of sugarcane residue compost fertilizer on growth, yield and yield components of triticale under drought stress conditions, a field experiment using a split-plot arrangement accomplished in a randomized complete block design with four replicates in the research farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan (in 31° N, 48° E, 35 Km north-east of Ahwaz, and 20 m above the sea level) during 2018-2019 growing season. Experimental factors include four levels of drought stress (complete irrigation, irrigation cutoff from spike emergence to physiological maturity, irrigation cutoff from pollination stage to physiological maturity and irrigation cutoff from milky-dough stage to physiological maturity) as a main factor in main plots and five amounts of sugarcane residues compost (0, 10, 20, 30 and 40 t ha^{-1}) as a sub factor in sub-plots.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effect of drought stress, sugarcane residue compost and their interaction on the measured traits were significant. Mean comparison showed that the maximum amount of triticale traits was obtained in full irrigation and the lowest amount was observed in drought stress from spike emergence to physiological maturity. Also, with increasing the amount of sugarcane residue compost, the amount of traits increased and reached a maximum at the level of 40 t ha^{-1}. Mean comparison of grain yield under the interaction of drought stress and sugarcane residue compost showed that the highest grain yield (4288 kg ha^{-1}) was under full irrigation and 40 $t.ha^{-1}$ of sugarcane residue compost and the lowest grain yield (1134 kg ha^{-1}) was obtained in drought stress from spike emergence to physiological maturity and non-use of sugarcane residue compost. In the conditions of drought stress caused by the interruption of irrigation, the vegetative and reproductive growth of the plant is reduced, which causes a decrease in yield components and ultimately leads to a decrease in seed yield. On the other hand, the use of compost fertilizer reduces the effect of stress by preserving water and providing nutrients needed for plant growth and leads to an increase in seed yield.

Conclusion

Generally, the results showed that drought stress conditions decreased growth, grain yield and yield components of triticale but using sugarcane residues compost fertilizer decreased the negative impact of drought stress conditions on measured traits. Also, in areas with irrigation shortage or lack of rainfall at the beginning of flowering stage, 40 tons per hectare of sugarcane residues compost fertilizer is recommended for maintaining grain yield.

Keywords: Biological yield, Irrigation cut-off, Khuzestan, Organic fertilizer

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۱، ۴۵(۲)، ۲۶۶-۲۵۳
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2021.36017.1961
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۵

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

اثر کمپوست بقایای نیشکر بر رشد و عملکرد دانه تریتیکاله تحت تنش خشکی

سید ناصر صافی[۱]، علی مشتطی[۲]*، محمدحسین قرینه[۳]، آیدین خدایی جوقان[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکولوژی کشاورزی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثر کمپوست بقایای نیشکر بر رشد و عملکرد تریتیکاله در شرایط تنش خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح تنش خشکی (آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله، قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی و قطع آبیاری از مرحله شیری- خمیری دانه) در کرت‌های اصلی و پنج مقدار کمپوست بقایای نیشکر (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی بودند. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، کمپوست بقایای نیشکر بر صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه و شاخص برداشت معنی دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر مقدار صفات گیاهی فوق در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین میزان آن‌ها در تنش خشکی از ظهور سنبله تا رسیدگی کامل مشاهده شد. هم‌چنین با افزایش مصرف کمپوست بقایای نیشکر، میزان صفات گیاهی مذکور افزایش یافت و در سطح ۴۰ تن در هکتار به حداکثر رسید. مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه تحت اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۴۲۸۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل و مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر و کمترین عملکرد دانه (۱۱۳۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله و عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر حاصل شد. به‌طورکلی افزایش مصرف کود کمپوست نیشکر توانست اثر منفی ناشی از تنش خشکی بر صفات گیاهی اندازه گیری شده تریتیکاله را کاهش دهد.

کلیدواژه‌ها: خوزستان، عملکرد بیولوژیک، قطع آبیاری، کود آلی

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

© 2022 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.

مقدمه

گیاه تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack) حاصل ترکیب دو جنس سکاله (چاودار) و تریتیکوم (گندم) است. تریتیکاله خصوصیات عملکردی گندم برای تولید مواد غذایی و سازگاری چاودار به محیط نامطلوب را دارد و به دلیل بالا بودن لیزین، ارزش پروتئینی بالاتری نسبت به گندم دارد (Elke and Emanuele, 2013). هم‌چنین با توجه به تنوع ژنتیکی مناسب (Naderi, 2016) و سازگاری مطلوب به محدوده وسیعی از شرایط محیطی، می‌تواند به‌عنوان یک غله پاییزه جهت تولید علوفه و دانه مورد توجه قرار گیرد.

از بین عوامل مختلف تنش‌زای زنده (آفات، بیماری و علف‌های هرز) و غیرزنده (خشکی، غرقابی، شوری، گرما، سرما و غیره)، تنش خشکی به تنهایی باعث کاهش ۴۵ درصد عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. در شرایطی که گیاه قادر به جذب آب با سرعت کافی برای جبران تعرق نباشد، تنش خشکی حادث می‌گردد. در این شرایط رشد گیاه مختل شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Kafi et al., 2009). در این خصوص در آزمایشی با ارزیابی اثر محدودیت رطوبتی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های تریتیکاله گزارش شد که در اثر محدودیت رطوبتی؛ صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تریتیکاله کاهش یافت (Khazaei et al., 2010). در مطالعه دیگری طی بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و تحمل ژنوتیپ‌های تریتیکاله گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش ۱۰ درصدی سطح برگ و کاهش ۲۸ درصدی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های تریتیکاله شد (Akbarian et al., 2011). در ارزیابی دیگری با مطالعه اثر تنش خشکی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های تریتیکاله گزارش شد که در اثر تنش خشکی؛ صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تریتیکاله کاهش یافت (Fayaz and Arzani, 2011). هم‌چنین در پژوهش دیگری با ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و تحمل ژنوتیپ‌های تریتیکاله گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش ۳ درصدی تعداد دانه در سنبله، ۲۳ درصدی وزن دانه، ۲۱ درصدی عملکرد دانه و ۲۳ درصدی عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های تریتیکاله شد (Shanazari et al., 2018).

از راه‌کارهای کاهش اثر تنش خشکی بر گیاهان زراعی، استفاده از مواد طبیعی مثل کودهای آلی در خاک است (Namarvari et al., 2013) که باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش ماده آلی و تعادل pH خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه مثل نیتروژن، اصلاح ساختمان خاک، افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، ایجاد بستر مناسب برای رشد ریشه، افزایش فتوسنتز، رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و درنهایت بهبود عملکرد گیاه می‌شود، هم‌چنین این مواد نسبت به کودهای شیمیایی آلودگی کمتری در محیط زیست ایجاد می‌کنند (Sajadinik et al., 2011). در بین کودهای آلی، کودهای کمپوست به دلیل این‌که باعث پایداری خاکدانه‌های خاک، افزایش تخلخل خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، حاصلخیزی و باروری خاک، افزایش نیتروژن در دسترس خاک و بهبود ریزوسفر خاک می‌شوند، نقش مهمی در کشاورزی پایدار، افزایش تحمل گیاهان به شرایط تنش و بهبود بوم نظام‌های زراعی دارند (Sullivan et al., 2002). یکی از کودهای کمپوست مهم که در استان خوزستان به مقدار زیادی تولید می‌شود و اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، کود کمپوست بقایای نیشکر است. از جمله پسماندهای با ارزش کارخانجات نیشکر می‌توان به باگاس، فیلتر کیک (گل کربنات کلسیم) و تراش اشاره کرد. باگاس و فیلتر کیک، با توجه به ترکیباتی که دارند، می‌توانند در تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست استفاده شوند. علاوه بر باگاس، فیلتر کیک محصول جانبی صنعت نیشکر است که در طی فرایند رسوبگذاری و تصفیهٔ شربت به‌دست می‌آید و کیفیت آن به فرایندی که برای رسوب‌گذاری ناخالصی استفاده می‌شود، بستگی دارد. ماده آلی موجود در فیلتر کیک حدود ۶۴ درصد وزن خشک آن است و منبع غنی کلسیم می‌باشد. فیلتر کیک در کارخانجات نیشکر حاوی ذرات ریز فیبر نیشکر، آهک، ذرات خاک، فسفات، واکس چربی و پروتئین به همراه سایر مواد غیرقندی است (Marinari et al., 2000). کمپوست تولید شده از باگاس و فیلتر کیک نیشکر حاوی کلیه مواد مغذی خاک نظیر عناصر ماکرو نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، عناصر میکرو و سایر مواد آلی مورد نیاز گیاهان است (Chattha et al., 2019).

در مورد اثر مصرف کود کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. به‌عنوان مثال، در آزمایشی با ارزیابی اثر کودهای مختلف آلی و قارچ میکوریز آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم گزارش شد که بیشترین طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم در تیمار کاربرد کود ورمی‌کمپوست + قارچ میکوریز آربوسکولار حاصل شد (Gholamalizade-Ahangar et al., 2014). در پژوهشی طی بررسی اثر فیلتر کیک نیشکر، کود شیمیایی و کودهای زیستی بر عملکرد دانه کلزا بیان شد که افزایش مصرف فیلتر کیک نسبت

به کود شیمیایی باعث افزایش تعداد خورجین در مترمربع و درصد روغن دانه شد و بیشترین عملکرد دانه (۳۱۶۱ کیلوگرم در هکتار) از مصرف متعادل فیلتر کیک و کود شیمیایی (۱۰ تن در هکتار فیلتر کیک+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر) به‌دست آمد (Monjezi et al., 2014). در آزمایشی با مطالعه مقادیر مختلف کود اوره و فیلتر کیک نیشکر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم گزارش شد که با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر؛ صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه در مصرف ۶۰ تن در هکتار فیلتر کیک نیشکر حاصل شد (Al Kathir-Zare et al., 2018). در پژوهشی طی ارزیابی اثر مقادیر کمپوست نیشکر و نیتروژن بر عملکرد ذرت دانه‌ای نشان دادند که افزایش مصرف کمپوست نیشکر باعث افزایش صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد و حداکثر عملکرد دانه (۶۴۴۶ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر به‌دست آمد (Zade-Omidi and Marashi, 2019). هم‌چنین در آزمایش دیگری با بررسی اثر کمپوست گِل فشرده نیشکر و کود شیمیایی بر رشد و عملکرد دانه گندم بیان شد که بیشترین عملکرد دانه گندم از مصرف متعادل کمپوست گِل فشرده نیشکر و کود شیمیایی (۹۰۰ کیلوگرم در هکتار کمپوست گِل فشرده نیشکر + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار NPK) حاصل شد (Chattha et al., 2019).

نتایج بعضی از آزمایشات نشان داده که در گیاهان مواجه با تنش خشکی، مصرف کود کمپوست باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی و افزایش عملکرد گیاه شد. مثلا در آزمایشی با ارزیابی اثر تنش قطع آب و کاربرد کود کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی بیان شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گردید ولی کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود کمپوست موجب افزایش این صفات شد (Najarian et al., 2016). در پژوهشی طی بررسی اثر ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر سوء تنش آبی بر رشد ذرت گزارش شد که در شرایط تنش آبی، با افزایش مقدار کاربرد کود ورمی‌کمپوست، وزن خشک ذرت افزایش یافت (Zare et al., 2016). در آزمایشی با مطالعه اثر کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود تحت شرایط تنش خشکی گزارش شد که در شرایط اعمال تنش خشکی از مرحله غلاف‌دهی، بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست حاصل شد (Kahrizi and Sepehri, 2019). 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 (Moshatati et al., 2019).

با توجه به نتایج تحقیقات مختلف، تنش خشکی باعث کاهش رشد و عملکرد تریتیکاله می‌شود هم‌چنین کاربرد کود کمپوست اثرات مطلوبی بر حفظ رطوبت خاک، فراهمی عناصر غذایی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش اثر تنش‌های محیطی مثل تنش خشکی در گیاهان زراعی دارد، ولی اثر کود کمپوست بقایای نیشکر بر کاهش اثر تنش خشکی در تریتیکاله بررسی نشده است، لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف کود کمپوست بقایای نیشکر بر کاهش اثر تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله در شرایط آب و هوایی اهواز در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ملاثانی در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، ارتفاع ۳۴ متر از سطح دریا و آب و هوای گرم و خشک (تابستان گرم و طولانی، زمستان ملایم و کوتاه و گرمای زودرس با میانگین بارندگی سالیانه ۲۱۳ میلی‌متر) اجرا شد (جدول ۱). این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح تنش خشکی (آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله (Z55) تا رسیدگی کامل، قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی (Z65) تا رسیدگی کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری- خمیری (Z75) دانه تا رسیدگی کامل) به‌عنوان عامل اصلی در کرت‌های اصلی و پنج سطح کمپوست بقایای نیشکر (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی بودند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و کود کمپوست بقایای نیشکر مورد استفاده با رطوبت حدود ۲۰ درصد (تهیه‌شده از شرکت کشت و صنعت نیشکر کارون) در جدول ۲ آمده است. پس از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت، مقدار کود کمپوست بقایای نیشکر بر اساس تیمار توزین و توسط دستگاه کولتیواتور با خاک مخلوط شد. کاشت

بذور تریتیکاله رقم سناباد (با منشاء سیمیت، تیپ رشد بهاره، متوسط رس، مقاوم به خوابیدگی، ارتفاع بوته حدود ۱۱۰ سانتی‌متر، وزن هزار دانه حدود ۴۷ گرم و عملکرد دانه حدود ۷۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط آب و هوایی مشهد) در اوایل آذرماه ۱۳۹۷ به‌صورت دستی صورت گرفت. هر کرت فرعی به ابعاد ۲×۳ متر با ۱۰ خط کاشت و فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر از هم با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع ایجاد شد. در مرحله داشت، آبیاری تا قبل از مرحله گلدهی با توجه به شرایط آب و هوایی، وضعیت ظاهری رطوبت خاک و نیاز گیاه برای تمام کرت‌ها به‌صورت یکسان انجام شد ولی در مرحله بعد از ظهور سنبله، ادامه آبیاری بر اساس تیمار موردنظر انجام شد و برای جلوگیری از اثر بارندگی بر کرت‌های با تیمار تنش خشکی، در موقع بارندگی روی کرت‌های موردنظر شلتر کشیده شد. در مورد کوددهی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌صورت ۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد در ابتدای مرحله ساقه رفتن) از منبع اوره و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر در زمان قبل از کاشت از منبع سوپرفسفات‌تریپل استفاده شد. علف‌های هرز داخل و بین کرت‌ها به‌صورت دستی وجین شدند. شاخص سطح برگ در زمان گلدهی و به روش نمونه‌گیری تخریبی انجام و سطح برگ نمونه توسط دستگاه سطح‌سنج (مدل WINAREA-UT-11 محصول شرکت دانش بنیان فن‌آوران البرز اندیشه) اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت و در مرحله رسیدگی کامل در اواسط اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸، دو خط اول و آخر و هم‌چنین نیم متر از اول و آخر کرت به‌عنوان حاشیه حذف و سطح باقی‌مانده برداشت شد. جهت تعیین ارتفاع بوته و طول سنبله، تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفات بر حسب سانتی‌متر به‌وسیله متر پارچه‌ای اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد)، ماده خشک، شاخص برداشت (عملکرد دانه تقسیم بر ماده خشک ضرب در ۱۰۰) و تعداد سنبله در مترمربع بر مبنای سطح برداشتی، تعداد دانه در سنبله بر اساس متوسط ۲۰ سنبله و وزن هزار دانه با شمارش و توزین دو نمونه ۵۰۰ دانه‌ای تعیین شد. فاصله زمانی بین گرده افشانی و رسیدگی کامل به‌عنوان دوره پرشدن دانه در نظر گرفته شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با سیستم تجزیه آماری (SAS9.4) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی و مقادیر کود کمپوست بقایای نیشکر بر صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه،

Table 1. Mean of monthly minimum and maximum temperatures and precipitation during triticale growth cycle in growing season of 2018-2019

Month	Min. temperature (°C)	Max. temperature (°C)	Precipitation (mm)
Nov.	16.8	27.0	96.5
Dec.	12.6	21.9	100.8
Jan.	8.9	20.5	25.3
Feb.	10.0	23.3	33.7
Mar.	10.8	23.5	11.6
Apr.	16.7	29.8	45.3
May.	21.2	36.6	2.5

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

Physical and chemical properties	Soil	Sugarcane residue compost
EC ($dS.m^{-1}$)	1.7	2.2
pH	7.3	7.6
Organic matter (%)	0.4	57.6
N (%)	0.1	0.3
P ($mg.kg^{-1}$)	37	76
K ($mg.kg^{-1}$)	2800	5000
Bulk density ($g.cm^{-3}$)	1.21	-
Texture	Silty clay	-

عملکرد بیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر متقابل تنش خشکی و کود کمپوست بقایای نیشکر بر صفات شاخص سطح برگ، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و بر صفات تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

شاخص سطح برگ

سطح برگ از طریق اثر بر جذب تشعشع خورشیدی، اثر مهمی بر مقدار ماده خشک گیاهی دارد. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد ولی اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که در آبیاری کامل، بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۵۹) در مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست بقایای نیشکر بود که البته بین مصرف ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

Table 3. Analysis of variance of measured triticale traits under drought stress and sugarcane residues compost

S.O.V.	df	Means of squares (MS)								
		Leaf area index	Plant height	No. of Spike.m^{-2}	Grain. spike^{-1}	1000 grain wt.	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Grain filling duration
Rep	3	0.2	687.2	2.5	21.6	9.1	79806.0	620580.6	17.6	1.6
Drought stress (S)	3	5.7**	1302.6**	14803.6**	742.9**	259.2**	18869179.6**	52573412.1**	729.1**	83.6**
Ea	9	0.1	157.9	2.7	7.2	8.2	113147.3	616701.0	12.2	0.5
Compost (C)	4	4.3**	953.4**	1085.1**	50.2**	233.8**	3422625.5**	8147079.6**	152.0**	3.9**
S×C	12	0.3*	78.0ns	159.1**	6.4*	12.1*	136225.6**	493020.1*	10.8*	0.5ns
Eb	48	0.2	18.8	463.8	3.2	5.6	56256.6	238921.2	4.9	0.9
C.V. (%)		7.6	11.0	3.4	6.0	6.1	9.3	5.7	7.6	3.7

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

Table 4. Mean comparison of yield and yield components traits of triticale under the interaction effect of drought stress and sugarcane residues compost by physical slicing method

Drought stress	Sugarcane residues compost (t.ha^{-1})	Leaf area index	No. of Spike.m^{-2}	Grain. spike^{-1}	1000 grain wt. (g)	Grain yield (kg.ha^{-1})	Biological yield (kg.ha^{-1})	Harvest index (%)
Complete irrigation	0	4.57b	227.3a	33.5b	37.9c	2885c	9627b	29.9d
	10	4.80b	232.5ab	38.0a	40.3bc	3564b	9862b	36.1c
	20	4.69b	232.0ab	37.2a	41.8abc	3617b	9945b	36.3bc
	30	4.90ab	237.8a	39.2a	44.9a	4202a	10480a	40.0ab
	40	5.59a	241.0a	40.0a	44.5ab	4288a	10610a	40.4a
Drought stress from spike emergence	0	3.27b	150.0d	22.5b	29.9b	1134c	5813b	19.5b
	10	3.67b	166.8c	23.2b	31.5b	1276bc	5979b	21.3ab
	20	3.29b	176.3bc	22.7b	31.5b	1288bc	5877b	21.9ab
	30	3.76b	178.3b	23.2b	33.0b	1440b	6642b	21.9ab
	40	4.44a	194.8a	24.5a	42.4a	2025a	8205a	25.2a
Drought stress from pollination stage	0	3.21c	196.0a	24.7b	33.5c	1630d	6960c	23.4b
	10	3.42bc	193.2a	27.2ab	37.5b	1976cd	7157c	27.6a
	20	4.21ab	202.0a	27.5ab	38.9b	2157bc	7456bc	29.0a
	30	4.11a	210.5a	27.7ab	41.0b	2389b	8297b	28.8a
	40	5.13a	207.7a	29.7a	45.1a	2784a	9297a	29.9a
Drought stress from milky-dough stage	0	3.61b	222.3bc	29.7b	35.5d	2350d	9005b	26.1d
	10	4.19b	218.0c	30.0b	37.7c	2471cd	9037b	27.3cd
	20	4.50b	224.0b	30.2b	40.8b	2771bc	9424b	29.3bc
	30	5.01b	226.8b	30.0b	43.5a	2956b	9398b	31.3b
	40	5.08a	234.5a	36.0a	44.9a	3797a	10320a	36.7a

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

هم‌چنین کمترین شاخص سطح برگ در شرایط عدم مصرف کود کمپوست بود. در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۴۴) در مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست و کمترین شاخص سطح برگ (۳/۲۷) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست حاصل شد که البته با مصرف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود کمپوست اختلاف معنی‌دار نداشت. در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی، بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۱۳) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست به‌دست آمد که با مصرف ۳۰ و ۲۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین شاخص سطح برگ (۳/۲۱) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست به‌دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله شیری- خمیری دانه، بالاترین شاخص سطح برگ (۵/۰۸) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست و کمترین میزان شاخص سطح برگ (۳/۶۱) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست بود. تنش خشکی با کاهش جذب آب و نیتروژن توسط گیاه مانع بزرگ شدن سلول‌ها شده و سطح برگ و فتوسنتز را کاهش می‌دهد. در آزمایشی گزارش شد که وقوع تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی، باعث کاهش شاخص سطح برگ تریتیکاله شد (Royo et al., 2000). از طرف دیگر با افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست، فراهمی عنصر

نیتروژن برای گیاه بیشتر شده و باعث افزایش شاخص‌های رشدی مثل حداکثر شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی گردید. در پژوهشی، با بررسی اثر کمپوست کود دامی ترکیب شده با زئولیت بر رشد و عملکرد تریتیکاله گزارش شد که با افزایش میزان مصرف کمپوست کود دامی، شاخص سطح برگ تریتیکاله افزایش یافت (Makvandi et al., 2020).

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته یکی از اجزای مهم ریخت‌شناسی گیاه است که به‌عنوان یک شاخص مهم برای تعیین میزان دسترسی به منابع محیطی رشد گیاه مثل نور می‌باشد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵)، بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۲/۳ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری کامل و کمترین ارتفاع بوته (۸۳/۷ سانتی‌متر) در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله به‌دست آمد. احتمالاً تنش خشکی در ابتدای گلدهی باعث کاهش رشد ساقه‌شده و ارتفاع بوته را کاهش داد. در آزمایشی با ارزیابی اثر محدودیت رطوبتی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های تریتیکاله گزارش شد که در اثر محدودیت رطوبتی، صفت ارتفاع بوته تریتیکاله کاهش یافت (Khazaei et al., 2010). هم‌چنین مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۳/۱ سانتی‌متر) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست بقایای نیشکر و کمترین ارتفاع بوته (۸۲/۲ سانتی‌متر) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست به‌دست آمد (جدول ۵). از دلایل احتمالی افزایش ارتفاع بوته و رشد گیاه در تیمارهای کود کمپوست می‌تواند بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در کرت‌های تحت تیمار این کودها باشد. در پژوهشی با مطالعه مقادیر مختلف کود اوره و فیلتر کیک نیشکر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم گزارش شد که با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر، صفت ارتفاع بوته گندم افزایش یافت (Al Kathir-Zare et al., 2018).

تعداد سنبله در متر مربع

تعداد سنبله در مترمربع از اجزای اصلی برآورد عملکرد دانه در واحد سطح است که داشتن تعداد بیشتری از سنبله بارور در مترمربع می‌تواند در نیل به عملکرد دانه مطلوب مهم باشد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس؛ اثر تنش خشکی، کمپوست بقایای نیشکر و اثرات متقابل آن‌ها بر صفت تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج

Table 5. Mean comparison of palnt height and grain filling duration of triticale under the effect of drought stress and sugarcane residues compost

Drought stress	Palnt height (cm)	Grain filling duration (d)
S1: Complete irrigation	102.3a	27.5a
S2: Drought stress from spike emergence	83.7c	25.0c
S3: Drought stress from pollination stage	89.0bc	23.0d
S4: Drought stress from milky-dough stage	95.7ab	26.9a
Sugarcane residue compost (t.ha^{-1})		
0	82.2d	25.3b
10	89.7c	25.3b
20	92.1bc	25.4b
30	96.3b	25.6b
40	103.1a	26.5a

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

مقایسه میانگین صفت تعداد سنبله در مترمربع تحت اثر متقابل تنش خشکی و کود کمپوست نیشکر به روش برش دهی فیزیکی (جدول ۴)؛ در آبیاری کامل، بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۴۱/۰ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر بود که بین میزان ۴۰ و ۳۰ تن در هکتار کود کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کمترین مقدار تعداد سنبله در مترمربع (۲۲۷/۳ عدد) مربوط به سطح عدم کاربرد کود کمپوست نیشکر بود. در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۱۹۴/۸ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست به‌دست آمد که بین تیمارهای ۳۰ و ۲۰ تن در هکتار کود کمپوست اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در هنگام تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی، بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۰۷/۷ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست به دست آمد که بین سطوح مختلف کود کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش خشکی از مرحله شیری- خمیری دانه، بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۳۴/۵ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست به‌دست آمد و بین ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. طی مرحله گلدهی و گرده‌افشانی، کمبود آب باعث خشک شدن دانه گرده و کلاله مادگی و اختلال در گرده‌افشانی شده و منجر به کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح می‌شود. در آزمایشی گزارش شد که در اثر تنش خشکی، صفت تعداد سنبله در

مترمربع تریتیکاله کاهش یافت (Fayaz and Arzani, 2011). در اثر کاربرد کود کمپوست، عناصر غذایی به آهستگی آزاد شده و در طی فصل رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، فرسایش و شستشو این کود و عناصر کمتر شده و تا انتهای فصل رشد می‌تواند مواد غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کند و به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی مثل پنجه زنی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد سنبله بارور شده و در نتیجه منجر به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح می‌شود. در پژوهشی با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر، صفت تعداد سنبله در مترمربع گندم افزایش یافت (Al Kathir-Zare et al., 2018).

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله در حقیقت ظرفیت مقصد اصلی مواد فتوسنتزی درگیاه را تعیین می‌کند و هر چه این مقدار بیشتر باشد، گیاه مقصد بزرگ‌تری برای دریافت مواد فتوسنتزی دارد و درنهایت این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بر صفت تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که در آبیاری کامل، بیشترین تعداد دانه در سنبله (۴۰ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست به‌دست آمد و بین تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین میزان تعداد دانه در سنبله (۳۳/۵ عدد) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست به دست آمد. در تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بیشترین تعداد دانه در سنبله (۲۴/۵ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر به‌دست آمد و کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۲/۵ عدد) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست به‌دست آمد. هم‌چنین در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی، بیشترین تعداد دانه در سنبله (۲۹/۷ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر به‌دست آمد و بین سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۴/۷ عدد) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست حاصل گردید. در شرایط تنش خشکی از مرحله شیری- خمیری دانه، بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۶/۰ عدد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر به دست آمد و کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۹/۷ عدد) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست حاصل گردید. تعداد دانه در سنبله یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است که کاهش یا افزایش آن بطور چشم‌گیری و بیش از سایر اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد که این واکنش بیانگر محدودیت عملکرد دانه به واسطه محدودیت مقصد است (Dencic et al., 2000). در آزمایشی گزارش شد که در اثر محدودیت رطوبتی، صفت تعداد دانه در سنبله تریتیکاله کاهش یافت (Khazaei et al., 2010). افزایش تعداد دانه در سنبله با افزایش کاربرد کود کمپوست نیشکر را می‌توان به افزایش آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاه مثل نیتروژن نسبت داد که موجب افزایش تشکیل و پرشدن دانه و در نتیجه تعداد دانه در سنبله می‌شود. در پژوهشی با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر، صفت تعداد دانه در سنبله گندم افزایش یافت (Al Kathir-Zare et al., 2018).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه در مرحله پرشدن دانه مشخص شده و تابع طول دوره و سرعت پرشدن دانه است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی و کود کمپوست بقایای نیشکر بر صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بر صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین به روش برش دهی فیزیکی (جدول ۴)، در شرایط آبیاری کامل، بیشترین وزن هزار دانه (۴۴/۹ گرم) در شرایط استفاده از ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد و کمترین وزن هزار دانه (۳۷/۹ گرم) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بیشترین وزن هزار دانه (۴۲/۴ گرم) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد و کمترین وزن هزار دانه (۲۹/۹ گرم) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر حاصل گردید. در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده افشانی، بیشترین وزن هزار دانه (۴۵/۱ گرم) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد و کمترین وزن هزار دانه (۳۷/۵ گرم) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر حاصل گردید. هم‌چنین در شرایط تنش خشکی از مرحله شیری- خمیری دانه، بیشترین وزن هزار دانه (۴۴/۹ گرم) در شرایط کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد ولی بین تیمار ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین وزن هزار دانه (۳۵/۵ گرم) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. Sajadi-Nik et al. (2011) گزارش دادند که در

شرایط تنش خشکی، وزن هزار دانه گندم به دلیل عدم تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها کاهش یافت. در آزمایشی گزارش شد که در اثر محدودیت رطوبتی، صفت وزن هزار دانه تریتیکاله کاهش یافت (Khazaei et al., 2010). با مصرف کود ورمی‌کمپوست؛ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک بهبودیافته و موجب رشد بهتر گیاه شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و به سمت دانه‌ها منتقل می‌شود. هم‌چنین با توجه به فراهمی بیشتر رطوبت خاک، طول دوره پرشدن دانه افزایش‌یافته و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. در پژوهشی گزارش شد که با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر، صفت وزن هزار دانه گندم افزایش یافت (Al Kathir-Zare et al., 2018).

عملکرد دانه

مهم‌ترین صفت در تحقیقات به‌زراعی و به‌نژادی گیاهان زراعی دانه‌ای، عملکرد دانه است که تحت تاثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی، عوامل زراعی و اثر متقابل بین آن‌ها می‌باشد. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، کمپوست بقایای نیشکر و اثرات متقابل آن‌ها بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه تحت اثر متقابل تنش خشکی و کود کمپوست نیشکر به روش برش دهی فیزیکی (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، بالاترین عملکرد دانه (۴۲۸۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد ولی بین تیمار ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین میزان عملکرد دانه (۲۸۸۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. به عبارت دیگر، حتی در شرایط آبیاری کامل و عدم وجود تنش خشکی، کاربرد این مواد باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه گردید. در تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بالاترین عملکرد دانه (۲۰۲۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد و کمترین میزان عملکرد دانه (۱۱۳۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی، بالاترین عملکرد دانه (۲۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد و کمترین میزان عملکرد دانه (۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. در تنش خشکی از مرحله شیری-خمیری دانه، بالاترین عملکرد دانه (۳۷۹۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار حاصل شد و کمترین عملکرد دانه (۲۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. نتایج حاصله نشان داد که هر چه تیمار تنش خشکی در مرحله رشدی زودتری اعمال شد، عملکرد دانه کمتر بود. هم‌چنین در تمام سطوح تنش خشکی، با افزایش مصرف کود کمپوست، عملکرد دانه افزایش یافت، به عبارت دیگر افزایش مصرف کود کمپوست توانست اثر منفی ناشی از تنش خشکی بر صفت عملکرد دانه را کاهش دهد. مقایسه نتایج کاربرد کمپوست نیشکر در شرایط آبیاری کامل با شرایط تنش خشکی نشان داد که مصرف کمپوست در شرایط تنش خشکی اثر بیشتری بر حفظ عملکرد دانه داشت. به عبارت دیگر در شرایط مطلوب، کاربرد این مواد با حفظ رطوبت و فراهمی عناصر غذایی باعث افزایش عملکرد دانه شد ولی در شرایط تنش خشکی که عامل رطوبت، محدود کننده عملکرد است، کاربرد این مواد اثر گذاری بیشتری در حفظ عملکرد دانه داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد که اگرچه هر چه تنش خشکی زودتر حادث شود، عملکرد دانه بیشتر کاهش یافت ولی اثرگذاری مصرف این مواد در شرایط تنش خشکی شدیدتر بر افزایش عملکرد دانه بیشتر بود. به‌طورکلی به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری، رشد رویشی و زایشی گیاه کاهش‌یافته و باعث کاهش اجزای عملکرد شده و درنهایت منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود. از طرف دیگر مصرف کود کمپوست با حفظ و نگهداری آب و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاه، موجب کاهش اثر تنش شده و منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. در آزمایشی گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه گندم شد ولی کاربرد کود دامی و زئولیت موجب کاهش اثر تنش خشکی شده و عملکرد دانه را افزایش داد (Moshatati et al., 2019).

عملکرد بیولوژیک

وزن خشک بوته در واحد سطح (عملکرد بیولوژیک) یکی از متغیرهای مهم در تحقیقات به‌زراعی است که بیانگر توان تولید گیاه در یک فصل رشد است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)؛ اثر تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴)؛ در شرایط آبیاری کامل، بالاترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۶۱۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد که البته بین سطوح ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر

اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۹۶۲۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد. در تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بالاترین عملکرد بیولوژیک (۸۲۰۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد و کمترین عملکرد بیولوژیک (۵۸۱۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی، بالاترین عملکرد بیولوژیک (۹۲۹۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد و کمترین عملکرد بیولوژیک (۶۹۶۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد. در تنش خشکی از مرحله شیری- خمیری دانه، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۳۲۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۹۰۰۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد. در اثر تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری، رشد رویشی و زایشی و عملکرد دانه و اجزای عملکرد (شامل تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) کاهش‌یافته و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک شد. از طرف دیگر کاربرد کود کمپوست موجب افزایش فراهمی آب، تقویت محیط رشد گیاه، حاصلخیزی خاک و تغییرات مفید و چشمگیر در فعالیت‌های تنفسی و آنزیمی توده زیستی جمعیت میکروبی خاک شده و منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. در آزمایشی گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک گندم شد ولی کاربرد کود دامی و زئولیت موجب کاهش اثر تنش خشکی شده و عملکرد بیولوژیک را افزایش داد (Moshatati et al., 2019).

شاخص برداشت

شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است و کارایی توزیع مواد فتوسنتزی در بین اندام‌های مختلف گیاه را نشان می‌دهد. تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد که اثر تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفت شاخص برداشت به روش برش دهی فیزیکی (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، بالاترین شاخص برداشت (۴۰/۴ درصد) در مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد ولی بین تیمارهای ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین میزان شاخص برداشت (۲۹/۹ درصد) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست نیشکر به دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله، بالاترین شاخص برداشت (۲۵/۲ درصد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد ولی بین تیمارهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر اختلاف معنی‌دار نبود و کمترین میزان شاخص برداشت (۱۹/۵ درصد) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی، بالاترین شاخص برداشت (۲۹/۹ درصد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر حاصل شد ولی بین تیمارهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین میزان شاخص برداشت (۲۳/۴ درصد) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد. در شرایط تنش خشکی از مرحله شیری- خمیری دانه، بالاترین میزان شاخص برداشت (۳۶/۷ درصد) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر حاصل شد و کمترین میزان شاخص برداشت (۲۶/۱ درصد) در شرایط عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به‌دست آمد. اگر چه تنش تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد، ولی با توجه به مصادف شدن بیشتر مرحله گلدهی و رشد زایشی با تنش خشکی، احتمالاً به دلیل کاهش شدیدتر عملکرد دانه، شاخص برداشت کاهش یافت. در آزمایشی گزارش شد که در اثر محدودیت رطوبتی، صفت شاخص برداشت تریتیکاله کاهش یافت (Khazaei et al., 2010). هم‌چنین به نظر می‌رسد که احتمالاً مصرف کود کمپوست نیشکر با حفظ ذخیره رطوبت خاک و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز رشد و نمو گندم به خصوص نیتروژن، باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه شاخص برداشت شد. در پژوهشی گزارش شد که با افزایش مصرف فیلتر کیک نیشکر، صفت شاخص برداشت گندم افزایش یافت (Al Kathir-Zare et al., 2018).

طول دوره پر شدن دانه

صفت طول دوره پرشدن دانه یکی از صفات مهم تعیین کننده وزن هزار دانه است که تحت تاثیر ژنوتیپ و محیط قرار

دارد و به‌عنوان یک شاخص مهم برای مقایسه ارقام و هم‌چنین اثر تیمارهای آزمایش بر صفت وزن هزار دانه و عملکرد دانه است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی و کمپوست بقایای نیشکر بر صفت طول دوره پر شدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تنش خشکی و کمپوست بر صفت طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵)، بیشترین طول دوره پر شدن دانه (۲۷/۵ روز) در شرایط آبیاری کامل و کمترین طول دوره پر شدن دانه (۲۳/۰ روز) در شرایط تنش خشکی از مرحله گرده افشانی به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این صفت، گیاه با قرار گرفتن در شرایط تنش و برای مقابله با تنش، مدت زمان پر شدن دانه را کوتاه کرد. هم‌چنین هر چه تنش آبی زودتر بر گیاه اعمال شد، طول دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر گردید. احتمالاً تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی باعث تسریع پیری برگ شده و منجر به کاهش طول دوره گرده افشانی تا رسیدگی کامل و در نتیجه کاهش طول دوره پر شدن دانه شد. در آزمایشی گزارش شد که وقوع تنش خشکی از مرحله گلدهی تا رسیدگی کامل به ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، از طریق تشدید پیری برگ‌ها و کاهش طول دوره‌های رشد و نمو، باعث کاهش طول دوره پر شدن شده و منجر به کاهش میانگین وزن هزار دانه تریتیکاله شد (Royo et al., 2000). هم‌چنین مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین طول دوره پر شدن دانه (۲۶/۵ روز) در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست بقایای نیشکر و کمترین طول دوره پر شدن دانه (۲۵/۳ روز) در شرایط عدم مصرف کود کمپوست به‌دست آمد که البته با سطح مصرف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود کمپوست بقایای نیشکر تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (جدول ۵). به‌طورکلی به نظر می‌رسد که با افزایش مصرف کود کمپوست بقایای نیشکر در خاک، فراهمی رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز رشد و نمو گیاه افزایش‌یافته و باعث افزایش طول دوره پر شدن دانه شده و در نتیجه منجر به افزایش وزن هزار دانه شد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد که حداکثر مقدار صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه و شاخص برداشت در آبیاری کامل مشاهده شد و هر چه تیمار تنش خشکی در مرحله رشدی زودتری اعمال شد، صفات فوق کاهش‌یافته و کمترین میزان آن‌ها در تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله مشاهده شد. هم‌چنین در تمام سطوح تنش خشکی، با افزایش مصرف کود کمپوست نیشکر و فراهمی آب و عناصر غذایی برای گیاه، مقدار صفات مذکور افزایش یافت و در سطح مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست بقایای نیشکر به حداکثر رسید. به عبارت دیگر افزایش مصرف کود کمپوست نیشکر توانست اثر منفی ناشی از تنش خشکی بر صفات فوق را کاهش دهد. در مجموع بیشترین عملکرد دانه (۴۲۸۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل و مصرف ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر و کمترین عملکرد دانه (۱۱۳۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور سنبله تا رسیدگی کامل و عدم مصرف کود ورمی‌کمپوست حاصل شد. لذا با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش خشکی در مناطقی با کمبود آب آبیاری و یا عدم بارندگی در مرحله ظهور سنبله و بعد از آن، مصرف ۳۰ الی ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست بقایای نیشکر، می‌تواند باعث حفظ و یا افزایش عملکرد دانه گندم شود.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرای این آزمایش را تأمین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Akbarian, A., Arzani, A., Salehi, M., & Salehi, M. (2011). Evaluation of triticale genotypes for terminal drought tolerance using physiological traits. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(12), 1110-1115.

Al Kathir, A., Babaeinejad, T., & Gholami, A. (2018). Investigating the effects of various amounts of urea fertilizer and sugar cane filter on yield and functional parameters of wheat bread. *Journal of Plant Production Sciences*, 8(2), 121-134. [In Farsi]

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. *International Journal of Plant Production*, 13(2), 241-249.

Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B., & Duggan, B. (2000). Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113(1), 43-52.

Elke, K., & Emanuele, Z. (2013). *Cereal grains for the food and beverage industries.* United Kingdom: Woodhead Publishing.

Fayaz, N., & Arzani, A. (2011). Moisture stress tolerance in reproductive growth stages in triticale cultivars under field conditions. *Crop Breeding Journal*, 1(1), 1-12.

Gholamalizade-Ahangar, A., Kermanizade, B., Sabbagh, S. K., & Sirousmehr, A. (2014). Effect of Arbuscular Mycorrhizal fungi and organic fertilizers application on yield components of two wheat cultivars. *Journal of Water and Soil*, 28(4), 795-803. [In Farsi]

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., & Nabati, J. (2009). *Physiology of environmental stresses in plants.* Mashhad: Jihad Daneshgahi Mashhad Press. [In Farsi]

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. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(1), 67-83. [In Farsi]

Khazaei, H. R., Nezami, A., & Shojaei-Noferest, K. (2010). Effects of moisture limitation on yield and dry matter distribution between shoot and root of triticale (Triticosecale × Wittmack) genotypes under controlled conditions. *Journal of Agroecology*, 2(1), 146-157. [In Farsi]

Makvandi, M., Bakhshandeh, A., Khodaei Joghan, A., Moshatati, A., & Moradi Telavat, M. R. (2020). Effect of zeolite amended cattle manure compost and mycorrhiza fungi inoculation on growth and yield of triticale (X *Tritico-secale Wittmack*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18(1), 111-123. [In Farsi]

Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., & Grego, S. (2000). Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*, 72(1), 9-19.

Monjezi, H., Moradi Telavat, M. R., Siadat, S. A., Koochakzadeh, A., & Hamdi, H. (2014). Effect of application of sugarcane filter muds, chemical and biological fertilizers on canola grain yield and quality and some soil properties. *Journals of Crop Improvements*, 16(2), 445-457. [In Farsi]

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. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), 1179-1188. [In Farsi]

Naderi, A. (2016). Genetic analysis of grain yield, grain yield components and some phonological traits of triticale genotypes. *Plant Production*s, 39(3), 1-14. [In Farsi]

Najarian, D., Fanoodi, F., Masoud Sinaki, J., & Laei, Gh. (2016). The effect of irrigation cut tension and applying compost fertilizer on yield and yield components of Cowpea (*Vignaunguiculata* L.). *Crop Physiology Journal*, 8(1), 59-72. [In Farsi]

Namarvari, M., Fathi, G., Bakhshandeh, A. M., Gharineh, M. H., & Jafari, S. (2013). Interaction of end-season drought stress and organic fertilizer application on bread wheat yield. *Plant Production*s, 36(2), 99-109. [In Farsi]

Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., & Garcia del Moral, L. F. (2000). Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27(1), 1051-1059.

Sajadi-Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H. R., & Farajee, H. (2011). Effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(2), 87-110. [In Farsi]

Shanazari, M., Golkar, P., & Mirmohammady Maibody, A. M. (2018). Effects of drought stress on some agronomic and bio-physiological traits of *Trtiticum aestivum*, Triticale, and Tritipyrum genotypes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(10), 140-155.

Sullivan, D., Bary, A., Thomas, D., Fransen, S., & Cogger, C. (2002). Food waste compost effect on fertilizer nitrogen effectively, available nitrogen and tall fescue yield. *Soil Science Society of America Journal*, 66(1), 154-161.

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.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 14(2), 12-20. [In Farsi]

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. *Journal of Water and Soil*, 30(5), 1607-1619. [In Farsi]