تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰
۱۱۳۹-۱۱۴۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3384.1853

مقاله پژوهشی

اثر ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط تنش گرمایی آخر فصل در اهواز

صبریه سیمری‌زاده[۱]، علی مشتطی[۲*]، عبدالمهدی بخشنده[۳]، آیدین خدایی جوقان[۲]، احمد کوچک‌زاده[۴]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کود ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم چمران در شرایط تنش گرمایی آخر فصل، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت یک آذر، ۲۰ آذر و ۱۰ دی در کرت‌های اصلی و پنج سطح کود ورمی‌کمپوست (صفر، پنج، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی بود. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۳۵۶ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت یک آذر و کمترین آن (۱۷۳۲ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۰ دی بود. همچنین در سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست، بیشترین عملکرد دانه (۲۵۹۳ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین آن (۱۵۶۶ کیلوگرم در هکتار) در عدم کاربرد ورمی‌کمپوست حاصل شد. به‌طورکلی تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل، باعث کاهش عملکرد دانه ولی افزایش میزان مصرف ورمی‌کمپوست در تاریخ‌های کاشت مختلف، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد.

واژه‌های کلیدی: **تنش گرمایی، ورمی‌کمپوست، گندم، عملکرد دانه**

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که در استان خوزستان در سطح حدود ۴۵۰ هزار هکتار کشت می‌شود (MAJ, 2017). در این استان گندم به دلیل شرایط آب و هوایی و نور مناسب در فصول پاییز و زمستان، رشد رویشی مناسبی داشته و پتانسیل عملکرد بالایی دارد، ولی به دلیل افزایش ناگهانی دما از فروردین‌ماه، گیاه در فاصله مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، با تنش گرمایی آخر فصل مواجه شده و باعث کاهش ۵ تا ۴۰ درصدی عملکرد دانه گندم می‌شود (Radmehr, 1997). در این راستا امیدی و همکاران (Omidi et al., 2015) با بررسی اثر تنش گرمایی آخر فصل بر رشد و عملکرد ارقام گندم در اهواز گزارش کردند که با تأخیر در کاشت و افزایش میانگین دمای فصل رشد، میانگین عملکرد دانه ارقام گندم حدود ۴۳ درصد کاهش یافت. جوشی و همکاران (Joshi et al., 2016) با ارزیابی اثر تنش گرمایی آخر فصل ناشی از تأخیر در کاشت بر گندم گزارش کردند که وقوع تنش گرما باعث کاهش عملکرد دانه شد. سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017)

* نگارنده پاسخگو: علی مشتطی. پست الکترونیک: A.moshatati@asnrukh.ac.ir

گزارش دادند که با تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل در اهواز، عملکرد دانه گندم کاهش یافت.

از راه‌کارهای مهم کاهش اثر تنش‌های محیطی بر گیاهان زراعی، استفاده از مواد طبیعی مثل ورمی‌کمپوست در خاک است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ورمی‌کمپوست، عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی‌کمپوست آنزیم‌هایی نظیر پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز دارد که در تجزیه مواد آلی خاک و درنتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم گیاهان نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب موجب افزایش عملکرد می‌شود (Sajadi-Nik et al., 2011). ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی یک اصلاح‌کننده فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک است که به‌عنوان کود آلی دوستدار محیط‌زیست برای رشد و عملکرد بهتر گیاهان زراعی مثل گندم است. مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع ساقه، سطح برگ، تعداد دانه در گیاه و عملکرد کل می‌شود (Joshi et al., 2014). در مورد اثر مصرف ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. به‌عنوان‌مثال، غلامعلی‌زاده‌آهنگر و همکاران (Gholamalizade-Ahangar et al., 2014) با مطالعه اثر کودهای مختلف آلی و قارچ میکوریز آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست+ قارچ میکوریز آربوسکولار حاصل شد. شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2015) با ارزیابی اثر مصرف کودهای ورمی‌کمپوست و هیومیک اسید بر رشد و عملکرد ارقام گندم گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه گندم رقم چمران در مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کاربرد هیومیک اسید حاصل شد. جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2015) با بررسی اثر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر گندم گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار مصرف ۷ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ (۱۰۰ درصد کود شیمیایی منهای معادل عناصر غذایی موجود در ۷ تن در هکتار ورمی‌کمپوست) به دست آمد. نتایج بعضی از آزمایش‌ها نشان داده که در گیاهان مواجه با تنش خشکی، مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی و افزایش رشد و عملکرد گیاه شد؛ مثلاً رشتبری و علیخانی (Rashtbari and Alikhani, 2012) با ارزیابی اثر کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی بیان کردند که در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید، مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه شد. جهانگیری نیا و همکاران (Jahangirinia et al., 2016) ضمن بررسی اثر ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی سویا در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند که در تمام سطوح آبیاری، کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ میکوریزا، حداکثر عملکرد دانه را تولید نمود.

به‌طورکلی، تنش گرمایی آخر فصل باعث کاهش رشد و عملکرد گندم می‌شود، همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست اثرات مطلوبی بر حفظ رطوبت خاک، فراهمی عناصر غذایی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش اثر تنش‌های محیطی مثل تنش خشکی در گیاهان دارد، ولی اثر ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر تنش گرما در گندم بررسی نشده است، لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر تنش گرمایی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم 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 ۱۳۹۷-۱۳۹۶ 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 آب‌وهوای گرم و خشک اجرا شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت یک آذر، ۲۰ آذر و ۱۰ دی در کرت‌های اصلی و پنج سطح کود ورمی‌کمپوست (صفر، پنج، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی بود. بر اساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان، محدوده تاریخ کاشت مناسب گندم در منطقه ۱۵ آبان تا ۲۵ آذر است. هر کرت فرعی شامل ۱۰ خط کشت دو متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. در این آزمایش از گندم بهاره رقم چمران۱ استفاده شد. قبل از کاشت، مقدار ورمی‌کمپوست هر کرت بر اساس تیمار توزین و توسط دستگاه کولتیواتور با خاک مخلوط شد. کلیه عملیات داشت ازجمله آبیاری،

کوددهی پایه و سرک و وجین دستی علف‌های هرز داخل و بین کرت‌ها بر اساس توصیه‌های مراکز تحقیقاتی طوری انجام شد که گیاه با تنش دیگری، به‌جز تنش گرمایی آخر فصل، مواجه نشود. در مورد کوددهی، بر اساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان، 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 سوپر فسفات تریپل استفاده شد. شاخص سطح برگ در زمان گلدهی و به روش نمونه‌گیری تخریبی انجام و سطح برگ نمونه توسط دستگاه سطح سنج برگ اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک هر تاریخ کاشت، دو خط اول و آخر و همچنین نیم متر از اول و آخر کرت به‌عنوان حاشیه حذف و سطح یک مترمربع برداشت شد. عملکرد دانه، ماده خشک، شاخص برداشت 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. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با سیستم تجزیه آماری (SAS9.4) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اثر ورمی‌کمپوست بر تمامی صفات بررسی‌شده به‌جز صفت شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل این دو عامل بر هیچ‌کدام از صفات موردمطالعه معنی‌دار نبود.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 1. Variance analysis of measured traits

		میانگین مربعات (Means of squares(MS					
S.O.V منبع تغییر	درجه آزادی DF	تعداد سنبله در مترمربع No. of Spike.m^{-1}	تعداد دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain wt.	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Rep	3	4293.2**	129.1**	5.7*	284038*	3588810*	0.005*
تاریخ کاشت Sowing date (SD)	2	4252.1**	296.4**	17.1**	2155462**	13888163**	0.003**
خطای اصلی Ea	6	75.1	1.0	0.5	23631	246578	0.0002
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	4	13458.6**	388.2**	23.8**	2078483**	16654540**	0.002^{ns}
تاریخ کاشت× ورمی‌کمپوست SD × V	8	169.5^{ns}	8.8^{ns}	0.2^{ns}	25512^{ns}	264274^{ns}	0.008^{ns}
خطای فرعی Eb	36	432.5	11.1	1.4	89099	279069	0.001
ضریب تغییرات CV(%)	-	*7.7*	*14.1*	*3.0*	*15.3*	*7.5*	*12.4*

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

تعداد سنبله در مترمربع

مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمای آخر فصل، تعداد سنبله در مترمربع کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۸۴/۱) در تاریخ کاشت اول بود و کمترین مقدار آن (۲۵۵/۱) در تاریخ کاشت سوم بود که البته با تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۲). علت کاهش تعداد سنبله در مترمربع با تأخیر در کاشت را می‌توان به افزایش میانگین دما، تسریع 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. آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017) نشان داد که تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل در خوزستان، باعث کاهش تعداد سنبله در مترمربع گندم شد. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست (جدول ۳) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد سنبله در مترمربع افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۲۳۱/۵) در عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین مقدار آن (۳۲۱/۶) در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی، عرضه مداوم و پایدار عناصر غذایی ماکرو و میکرو و ذخیره رطوبت خاک می‌شود لذا صفات پنجه‌زنی، تعداد سنبله بارور و درنتیجه تعداد سنبله در مترمربع افزایش می‌یابد (Javanmard et al., 2015). در آزمایش جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2015) نیز، با مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد سنبله در مترمربع گندم افزایش یافت.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 2. Mean comparison of measured traits in different sowing dates

تاریخ کاشت Sowing date	تعداد سنبله در مترمربع No. of Spike.m^{-1}	تعداد دانه در سنبله Grain. spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain wt.	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
			g	----------kg.ha^{-1}----------		%
۱ آذر Nov. 22	284.1^{a}	28.0^{a}	40.5^{a}	2356^{a}	7958^{a}	29.6^{a}
۲۰ آذر Dec. 11	272.6^{b}	22.1^{b}	39.7^{b}	1867^{b}	6753^{b}	27.4^{b}
۱۰ دی Dec. 31	255.1^{b}	20.7^{c}	38.7^{c}	1732^{c}	6359^{c}	27.1^{b}

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

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

تعداد دانه در سنبله

مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۲۸/۰) در تاریخ کاشت اول و کمترین مقدار آن (۲۰/۷) در تاریخ کاشت سوم به دست آمد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که با تأخیر در کاشت، طول دوره تشکیل آغازه‌های گل به علت مصادف شدن با دمای بالای هوا، کوتاه‌تر شده و تعداد سنبلک در سنبله و تعداد دانه در سنبلک کاهش‌یافته و این دو عامل تواما باعث کاهش تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت سوم شدند. نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017) نشان داد که تأخیر در کاشت گندم در خوزستان، باعث کاهش تعداد دانه در سنبله شد. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست (جدول ۳) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۱۷/۷) در عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین مقدار آن (۳۱/۷) در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. افزایش تعداد دانه در سنبله با افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست را می‌توان به افزایش آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موردنیاز رشد گیاه مثل نیتروژن نسبت داد که موجب افزایش تشکیل و پر شدن دانه و درنتیجه تعداد دانه در سنبله می‌شود (Javanmard et al., 2015). در آزمایش شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2015) نیز، با مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد دانه در سنبله گندم افزایش یافت.

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت، وزن هزار دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه (۴۰/۵ گرم) در تاریخ کاشت اول و کمترین مقدار آن (۳۸/۷ گرم) در تاریخ کاشت سوم به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست

Table 3. Mean comparison of measured traits in different vermicompost levels

ورمی‌کمپوست Sowing date	تعداد سنبله در مترمربع No. of Spike.m^{-1}	تعداد دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain wt.	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
t.ha^{-1}			g	----------kg.ha^{-1}----------		%
0	231.5^{d}	17.7^{d}	37.9^{c}	1566^{d}	5776^{d}	26.4^{b}
5	255.4^{c}	19.2^{c}	38.6^{c}	1662^{d}	6324^{c}	26.8^{b}
10	264.4^{bc}	22.9^{c}	39.7^{b}	1923^{c}	6691^{c}	28.4^{ab}
15	280.0^{b}	26.5^{b}	40.4^{b}	2183^{b}	7531^{b}	28.3^{ab}
20	321.6^{a}	31.7^{a}	41.5^{a}	2593^{a}	8795^{a}	29.7^{a}

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

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

با توجه به اینکه تأخیر در کاشت، باعث مواجه‌شدن مرحله پر شدن دانه با دمای بالا می‌شود، لذا موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه و کاهش وزن هزار دانه می‌گردد. در همین رابطه جوشی و همکاران (Joshi et al., 2016) با ارزیابی اثر تنش گرمایی آخر فصل بر گندم گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، وزن هزار دانه کاهش یافت. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست (جدول ۳) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف ورمی‌کمپوست، وزن هزار دانه افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۳۷/۹ گرم) در شاهد عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین مقدار آن (۴۱/۵ گرم) در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. با مصرف ورمی‌کمپوست؛ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک 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 افزایش‌یافته و درنتیجه وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (Javanmard et al., 2015). در آزمایش غلامعلی‌زاده‌آهنگر و همکاران (Gholamalizade-Ahangar et al., 2014) نیز، با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، وزن هزار دانه گندم افزایش یافت.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت و مواجهه گیاه با تنش گرمایی آخر فصل، عملکرد دانه کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (۲۳۵۶ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول و کمترین مقدار آن (۱۷۳۲ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت سوم بود (جدول ۲). علت کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت آخر احتمالاً تأخیر در کاشت و افزایش میانگین دمای هوا و افزایش سرعت رشد و نمو و کاهش طول دوره‌های رشد و نمو گیاه باشد که باعث مواجه‌شدن مراحل گلدهی، گرده‌افشانی و دوره پر شدن دانه با دماهای بالای هوا در فروردین تا اردیبهشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل شده، لذا اجزای عملکرد و عملکرد دانه کاهش یافت. بر اساس نتایج آزمایش سایر محققان (Omidi et al., 2015; Joshi et al., 2015; Sayahi and Kamaei, 2017) نیز، تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل باعث کاهش عملکرد دانه گندم شد. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست (جدول ۳) نشان داد که با افزایش میزان مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد دانه افزایش یافت به‌طوری‌که کمترین عملکرد دانه (۱۵۶۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین میزان آن (۲۵۹۳ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش تخلخل و ذخیره رطوبت خاک، افزایش عرضه مداوم و پایدار عناصر غذایی و تحریک میکروارگانیسم‌های مفید خاک در ریزوسفر ریشه می‌شود. لذا منجر به افزایش جذب عناصر غذایی، توسعه کانوپی، افزایش جذب نور، افزایش فتوسنتز و افزایش طول دوره پر شدن دانه می‌شود و در نتیجه رشد و نمو، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و درنهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Gholamalizade-Ahangar et al., 2014). در آزمایش سایر محققان (Shahbazi et al., 2015; Javanmard et al., 2015)، با مصرف ورمی‌کمپوست و افزایش دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی، عملکرد دانه افزایش یافت.

عملکرد بیولوژیک

مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۹۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول و کمترین مقدار آن (۶۳۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت سوم حاصل شد (جدول ۲). تأخیر در کاشت، افزایش میانگین دمای دوره رشد، افزایش سرعت رشد و نمو، کاهش طول دوره‌های رشد و نمو، منجر به کاهش فتوسنتز، رشد، تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک شد. در آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017)، با تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرمایی آخر فصل در اهواز، عملکرد بیولوژیک گندم کاهش یافت. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست (جدول ۳) نشان داد که با افزایش میزان مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت به‌طوری‌که کمترین عملکرد بیولوژیک (۵۷۷۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیشترین میزان آن (۸۷۹۵ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. کاربرد ورمی‌کمپوست 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 می‌شود (Gholamalizade-Ahangar et al., 2014) در نتیجه رشد رویشی (سطح برگ و ارتفاع بوته) و رشد زایشی (اجزای عملکرد) را افزایش داده و منجر به عملکرد بیولوژیک بالاتر می‌شود. در گزارش غلامعلی‌زاده‌آهنگر و همکاران (Gholamalizade-Ahangar et al., 2014)، کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گندم شد.

شاخص برداشت

مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت، شاخص برداشت کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت (۲۹/۶ درصد) در تاریخ کاشت اول و کمترین مقدار آن (۲۷/۱ درصد) در تاریخ کاشت سوم حاصل شد (جدول ۲). اگرچه تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد، ولی با توجه به مصادف شدن بیشتر مرحله رشد زایشی با تنش گرما، احتمالاً به دلیل کاهش شدیدتر عملکرد دانه، شاخص برداشت کاهش یافت. بر اساس نتایج آزمایش سیاحی و کمایی (Sayahi and Kamaei, 2017)، تأخیر در کاشت گندم در خوزستان، باعث کاهش شاخص برداشت شد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت، افزایش میانگین دمای هوا در طول دوره رویش و مواجه‌شدن گندم با تنش گرمایی آخر فصل، کلیه صفات اندازه‌گیری شده کاهش یافتند. همچنین با افزایش میزان مصرف ورمی‌کمپوست، فراهمی آب و عناصر غذایی برای گیاه افزایش‌یافته و صفات موردبررسی افزایش یافتند. به‌علاوه بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول آذر و مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت ۱۰ دی و عدم مصرف ورمی‌کمپوست بود. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط کاشت دیرهنگام و وقوع تنش گرمایی آخر فصل، مصرف ورمی‌کمپوست، باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد.

منابع

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, 795-803. [In Persian with English Summary].

Jahangiri Nia, E., Siyadat, S.A., Koochakzadeh, A., Moradi-Telavat, M.R., Sayyahfar, M., 2016. Effect of the usage of vermicompost and mycorrhizal fertilizer on quantity and quality yield of soybean in water deficit stress condition. Journal of Crops Improvement. 18, 319-331. [In Persian with English Summary].

Javanmard, A., Nazari, B., Jalilian, A., Dashti, S., 2015. Response of wheat to vermicompost and chemical fertilizer residual in soil. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 25, 87-103. [In Persian with English Summary].

Joshi, M.A., Faridullah, S., Kumar, A., 2016. Effect of heat stress on crop phenology, yield and seed quality attributes of wheat (*Triticum*

aestivum L.). Journal of Agrometeorology. 18, 206-215.

Joshi, R., Singh J., Pal Vig, A., 2014. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 14, 137-159.

Ministry of Jihad Agriculture (MAJ), 2017. Statistical Yearbook. Ministry of Jihad Agriculture. [In Persian].

Omidi, M., Siahpoosh, M.R., Mamaghani, R., Modaresi, M., 2015. Heat tolerance evaluating of wheat cultivars using physiological characteristics and stress tolerance indices in Ahvaz climatic conditions. Journal of Plant Production. 38, 103-113. [In Persian with English Summary].

Radmehr, M., 1997. Effect of Heat stress on Physiology of Growth and Development of Wheat. Ferdowsi University of Mashhad Press. 201p. [In Persian].

Rashtbari, M., Alikhani, H.A., 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 22, 113-127. [In Persian with English Summary].

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, 87-110. [In Persian with English Summary].

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

Shahbazi, S., Fateh, E., Aynehband, A., 2015. Evaluation of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. Journal of Plant Production. 38, 103-113. [In Persian with English Summary].