

## Effect of Vermicompost and Mycorrhiza on Grain Filling Components and Dry Matter Remobilization of triticale under Rain Fed and Supplementary Irrigation Conditions

Hamed Narimani<sup>\*1</sup>, Raouf Seyed Sharifi<sup>2</sup>

Received: 31 August 2022 Accepted: 09 February 2023

1- PhD Student, Crop Physiology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

\*Corresponding Author Email: hamed.narimani.72@gmail.com

### Abstract

**Background & Objective:** One of the important ways to reduce the effects of drought stress is the use of biofertilizers in triticale plant. The aim of this study was to investigate the effect of vermicompost and mycorrhiza on grain filling components and dry matter remobilization of triticale under rainfed and supplementary irrigation conditions.

**Methods & Materials:** An experiment as factorial was conducted based on randomized complete block design with three replications at the research farm of University of Mohaghegh Ardabil during 2022. Average rainfall was about 300 mm that most rainfall concentrated between winter and spring. The experimental factors were included irrigation levels (no irrigation as rainfed, supplementary irrigation at heading and booting stages) and application of biofertilizers (no application biofertilizers, application of vermicompost, *Mycorrhiza*, both application vermicompost and *Mycorrhiza*).

**Results:** The results showed that the application of mycorrhizae and vermicompost and supplementary irrigation at booting stage increased root weight and volume (53.6 and 45.49%, respectively), maximum of grain weight, grain filling rate and period (54.04, 19.84 and 21.99% respectively), grain yield (48.66%), current photosynthesis (109.68%) and contribution of its in grain yield (41.14%) and decreased of dry matter remobilization from shoot and stem and contribution of them in grain yield (32.72, 33.55, 97.14 and 98.49% respectively) in comparison with no application of biofertilizers under rainfed condition.

**Conclusion:** It is concluded that the application of mycorrhizae and vermicompost and supplementary irrigation at booting stage can increase the yield of triticale in rainfed condition due to improving photosynthesis and grain filling components.

**Keywords:** Bio Fertilizers, Current Photosynthesis, Grain Filling Rate, Grain Yield, Root Weight

## تأثیر ورمی کمپوست و میکوریزا بر مولفه‌های پر شدن دانه و انتقال ماده خشک تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

حامد نریمانی\*<sup>۱</sup>، رؤف سیدشریفی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۰

۱- دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران  
\*مسئول مکاتبه: Email: hamed.narimani.72@gmail.com

### چکیده

**اهداف:** از راهکارهای مهم در کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی در گیاه تریتیکاله استفاده از کودهای زیستی است. هدف از این مطالعه بررسی اثر ورمی کمپوست و میکوریزا بر مولفه‌های پر شدن دانه و انتقال ماده خشک تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بود.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. میانگین بارندگی حدود ۳۰۰ میلی‌متر که بیشترین آن در بهار و زمستان متمرکز شده است. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح آبیاری (عدم آبیاری یا کشت دیم، آبیاری تکمیلی در مراحل آبستنی و سنبله‌دهی) و کاربرد کودهای زیستی شامل عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، میکوریزا، کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا بود.

**یافته‌ها:** نتایج نشان دادند که کاربرد میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی موجب افزایش وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۵۳/۶ و ۴۵/۴۹ درصد)، حداکثر وزن دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه (به ترتیب ۵۴/۰۴، ۱۹/۸۴ و ۲۱/۹۹ درصد)، عملکرد دانه (۴۸/۶۶ درصد)، فتوسنتز جاری (۱۰۹/۶۸ درصد) و سهم این فرآیند در عملکرد دانه (۴۱/۱۴ درصد) و کاهش انتقال ماده خشک از اندام هوایی و ساقه و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه (به ترتیب ۳۲/۷۲، ۳۳/۵۵، ۹۷/۱۴ و ۹۸/۴۹ درصد) نسبت به شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی شد.

**نتیجه‌گیری:** کاربرد میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی می‌تواند عملکرد تریتیکاله را در شرایط دیم به واسطه بهبود فتوسنتز و مولفه‌های پر شدن دانه افزایش دهد.

**واژه‌های کلیدی:** سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، فتوسنتز جاری، کودهای زیستی، وزن ریشه

### مقدمه

آمده است. این گیاه یکی از محصولات ساخت دست بشر است که از عمر آن بیش از یکصد سال می‌گذرد و سازگاری نسبت به شرایط سخت محیطی از جمله سرما، خشکی و مقاومت به بیماری‌ها را از پایه پدری

تریتیکاله یا چاودم (*Triticum secale*) غله هیبریدی و اصلاح شده جدیدی است که از تلاقی گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereal* L.) به دست

دوره و دوره موثر پر شدن دانه) موجب افزایش عملکرد دانه جو تحت شرایط دیم شد (عبادی و همکاران ۲۰۲۱). استفاده از کودهای زیستی و آلی نظیر قارچ میکوریزا و ورمی کمپوست از دیگر راه های مناسب برای تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی و بهبود عملکرد است که می تواند از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه، و بهبود مقاومت گیاه میزبان در برابر تنش خشکی در نهایت رشد و عملکرد گیاه را افزایش دهد (نظری و همکاران ۲۰۲۱). کودهای زیستی شامل مواد متراکم یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می باشد که به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی به کار می روند (عطیه و همکاران ۲۰۱۲). یکی از منابع کودهای آلی ورمی کمپوست است که حاصل مدفوع کرم های فوتیدا (*Eisenia foetida*) بر روی هر نوع ماده آلی فسادپذیر مانند کمپوست است. این کودها حاوی هورمون ها و آنزیم هایی است که به برگشت مواد به چرخه طبیعت کمک کرده و عناصر مورد نیاز گیاهان را به صورت کامل و آماده جذب می نمایند (عطیه و همکاران ۲۰۱۲). ورمی کمپوست به دلیل اثرات ترکیبات هورمونی و مواد محرک رشد باعث بهبود و افزایش عملکرد گیاه می شود. همچنین کاربرد ورمی کمپوست از طریق تاثیر بر شاخص های فیزیولوژیکی و افزایش بیان ژن های مسئول سبب ایجاد تحمل در برابر تنش های محیطی می شود (ایوینش ۲۰۲۰). کاربرد ورمی کمپوست، با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک و افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجود در خاک (نیترژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز) و در نتیجه سهولیت جذب این عناصر موجب رشد بهتر گیاه شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و به سمت دانه ها منتقل می شود. همچنین با توجه به فراهمی بیشتر رطوبت خاک، طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و در نتیجه عملکرد دانه افزایش می یابد (جوانمرد و همکاران ۲۰۱۵). در این راستا محمدی کله سرلو و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که کاربرد ورمی کمپوست

خود یعنی چاودار و خصوصیات مطلوب زراعی به ویژه پتانسیل تولید محصول و کیفیت دانه را از پایه مادری خود یعنی گندم به ارث برده است (نیازمرادی و همکاران ۲۰۱۷).

خشکی یکی از مهم ترین محدودیت های غیرزیستی حاصل از تغییرات آب و هوایی است، که عملکرد محصولات کشاورزی و امنیت غذایی در سطح جهانی را به شدت کاهش می دهد. اگرچه تنش خشکی در تمامی مراحل رشدی گیاه مانع بهره وری می شود، اما میزان خسارت آن در مرحله زایشی، به ویژه در مرحله پر شدن دانه حیاتی بوده و موجب کاهش قابل توجه عملکرد می شود (سهگال و همکاران ۲۰۱۸). مولفه های پر شدن دانه از جمله سرعت و طول دوره پر شدن دانه، تحت تأثیر فرآیندهای مختلف متابولیکی از جمله سنتز هورمون های مرتبط با تنش، فرآیندهای فتوسنتزی، تثبیت دی اکسید کربن، تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و عناصر غذایی از منبع به مخزن، قرار می گیرد که در نهایت بر وزن نهایی دانه (وزن دانه) که جزء اصلی عملکرد کل دانه است، تأثیر می گذارد (سهگال و همکاران ۲۰۱۸). در شرایط خشکی، آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی می تواند با تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی و بهبود سرعت و طول دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه را افزایش دهد. آبیاری تکمیلی یعنی استفاده از مقدار محدودی آب در زمان قطع بارندگی و در مراحل حساس رشدی گیاه به منظور تامین آب کافی برای ادامه رشد و افزایش پایداری عملکرد دانه است (نریمانی و همکاران ۲۰۱۹). روش آبیاری تکمیلی براساس میزان بارش، ذخیره آب در خاک و نیاز گیاهی در دوره های مختلف رشد در نظر گرفته می شود. میزان آبیاری تکمیلی براساس مقدار رطوبت نسبی واقعی قبل از آبیاری و رطوبت نسبی خاک در لایه عمیق تا ۱۴۰ سانتی متری محاسبه می شود که از ائتلاف منابع آبی جلوگیری شود (منگ و همکاران ۲۰۱۷). گزارش شده است انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی (مرحله آبستنی و سنبله دهی) با بهبود فرآیندهای فتوسنتزی و مولفه های پر شدن دانه (سرعت، طول

سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (نصیری و همکاران ۲۰۱۷). در این راستا یقینی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا و آبیاری تکمیلی با افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه موجب افزایش عملکرد دانه گندم تحت شرایط دیم شد.

با توجه به گستردگی مناطق تحت کشت دیم و مواجه شدن بخشی از دوران رشدی تریتیکاله با محدودیت آبی و از طرفی به دلیل اهمیت میکوریزا و رومی‌کمپوست در تعدیل بخشی از اثر ناشی از تنش و بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهم‌کنش توام این عوامل، موجب شد تا اثر کاربرد رومی‌کمپوست و میکوریزا بر مولفه‌های پر شدن دانه، انتقال ماده خشک و سهم این فرآیند در عملکرد دانه تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مورد ارزیابی قرار گیرد.

#### مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم نیمه-خشک و سرد است. نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و شرایط اقلیمی منطقه در طول دوره رشدی تریتیکاله در جدول ۲ آورده شده است.

در شرایط تنش با بهبود سرعت و طول دوره پر شدن دانه موجب افزایش عملکرد تریتیکاله شد. همچنین، نظری و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که کاربرد رومی‌کمپوست در شرایط محدودیت آبی با بهبود وزن و حجم ریشه و افزایش فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه، موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله شد.

کاربرد قارچ‌های میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی نیز با افزایش جذب آب و تغذیه مواد معدنی موجب افزایش تحمل گیاهان در شرایط محدودیت آبی می‌شود (بوتاسکنیت و همکاران ۲۰۲۰). اکثر گیاهان با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا قابلیت همزیستی دارند. بیش‌ترین نقش قارچ‌های میکوریزا در افزایش رشد گیاهان به دلیل فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه میزبان است. این توانایی قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب عناصر غذایی به دلیل افزایش سطح خاکی است که ریشه گیاهان می‌تواند با آن در تماس باشد که این کار را با گسترش شبکه‌ای از هیف‌ها در سطح خاک انجام می‌دهند (علیپور و همکاران ۲۰۲۰). وجود رابطه همزیستی قارچ با ریشه گیاهان منجر به افزایش وزن ریشه و بهبود هدایت هیدرولیکی آب به داخل ریشه می‌شود. همچنین، هیف‌های قارچی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، مقاومت انتقال آب به درون ریشه را کاهش داده از این طریق منجر به افزایش جذب آب خواهند بود (بوتاسکنیت و همکاران ۲۰۲۰). قارچ میکوریزا با افزایش سیستم ریشه‌دهی و ایجاد یک شبکه سیستم ریشه‌ای قوی، موجب استفاده از حجم بیشتر خاک و در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی در طی مرحله پر شدن دانه و به تبع آن با بهبود فتوسنتز جاری و افزایش

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

مشخصه	pH	عصاره اشباع	آهک	رس	سیلت	شن	بافت لومی	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر	پتاسیم	روی
				%	%			%	(mg.kg <sup>-1</sup> )			
مقادیر	۷/۸	۴۹	۱۴/۴	۲۳	۴۲	۳۵		۰/۶۲	۰/۰۶	۸/۲۹	۲۱۲	۱/۸

جدول ۲- مشخصات جوی در طول دوره رشدی تریتیکاله در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

ماه های سال		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
پارامترهای اقلیمی							
بارندگی (mm)							
۵	۲۸	۱۶/۵	۶۴/۱	۱۹/۹	۲۵/۲		
میانگین دما (°C)							
۱۲	۷/۱	۶/۹	-۰/۴	-۰/۴	۳/۹		
جمع ساعات آفتابی							
۱۶۴	۱۶۶/۵	۱۹۰/۱	۱۶۱/۵	۱۹۴/۲	۱۴۹		
متوسط رطوبت نسبی (%)							
۷۳	۷۱	۶۲	۷۳	۷۶	۷۳		
ماه های سال		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
پارامترهای اقلیمی							
بارندگی (mm)							
۴۴	۵۲/۱	۶/۱	۰/۱	۰/۵	-		
میانگین دما (°C)							
۸/۴	۱۲/۳	۱۷/۳	۱۸/۹	۱۹/۶	-		
جمع ساعات آفتابی							
۱۷۶/۳	۱۶۰/۶	۲۸۷/۵	۲۴۶	۲۶۷/۷	-		
متوسط رطوبت نسبی (%)							
۶۴	۷۶	۶۵	۶۳	۶۸	-		

۱۱۰ سانتی متر و متوسط وزن هزار دانه ۴۵/۴۷ گرم است. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کاشت به طول دو متر و با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی متر بود. به منظور جلوگیری از نشست آب به کرت های مجاور فاصله بین هر واحد آزمایشی یک متر و نیم در نظر گرفته شد. قارچ میکوریزا مورد استفاده از گونه *Glomus intraradices* بود که از شرکت زیست فناوریان توران تهیه و به میزان ۲۰ گرم در هر متر مربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) بر اساس توصیه شرکت مذکور استفاده شد. مقدار ورمی کمپوست مصرفی در این آزمایش ۶ تن در هکتار در نظر گرفته شد که از شرکت گیلدا خریداری و مشخصات فیزیکوشیمیایی آن در جدول ۳ آورده شده است.

فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح آبیاری (عدم آبیاری یا کشت دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی یا چکمه ای شدن و آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله دهی به ترتیب به عنوان مراحل با حساسیت شدید و ملایم به تنش آبی براساس کد ۴۳ و ۵۵ مقیاس BBCH)<sup>۱</sup> و کودهای زیستی در چهار سطح عدم کاربرد کودهای زیستی به عنوان شاهد، کاربرد ورمی کمپوست، میکوریزا، کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا بود. کاشت در ۱۲ آبان ۱۴۰۰ و برداشت ۱ مرداد ماه ۱۴۰۱ بود از تریتیکاله رقم سناباد با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع (که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است) استفاده شد (کوچکی و همکاران ۲۰۱۳). این رقم متوسط ترس، مقاوم به خوابیدگی با ارتفاع بوته ۱۱۲-

جدول ۳- نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست

pH	EC dS.m <sup>-1</sup>	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	مشخصه
		(mg.kg <sup>-1</sup> )						
۷/۶۴	۱/۱۲	۵۰۰۰	۲۷۵	۲۰	۱۱۰	۱۹	۱	مقادیر
	OM	OC	N	P	K	Ca	Mg	مشخصه
	(%)							
	۵۶/۸	۳۲/۹	۱/۵۵	۰/۴	۰/۴	۲/۷۳	۰/۹۵	مقادیر

روز پس از سنبله دهی)، در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار، از بین بوته های مشابه و یکسان (از نظر ظاهری که از مراحل رشدی یکسانی برخوردار بودند و قبل از نمونه برداری، با نخ رنگی علامت گذاری شده

به منظور تعیین مولفه های پر شدن دانه تقریباً پس از پایان دوره گلدهی و شروع دوره پر شدن دانه (۱۲)

<sup>1</sup> 1- Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry

سانتی‌متر) نمونه‌برداری انجام شد. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ و دانه تفکیک شدند و پس از خشک کردن (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) به اندام‌های مختلف توزین و میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط زیر محاسبه شدند (بارنت و پارسه ۱۹۸۳). در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدایی و ونیز (۱۹۹۳) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، چنین فرضی را به‌کار برده‌اند.

$$DMT = DMA - DMM \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن  $DMT^2$  میزان انتقال ماده خشک کل بر حسب گرم در واحد سطح،  $DMA^2$  حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول و  $DMM^2$  میزان ماده خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک است.

$$CDMAG = \left( \frac{DMT}{GY} \right) \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

در این رابطه  $CDMAG^5$  سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک کل در دانه بر حسب درصد،  $DMT$  میزان انتقال ماده خشک بر حسب گرم در مترمربع و  $GY^6$  عملکرد دانه بر حسب گرم در واحد سطح می‌باشد.

$$SDMT = SDMM - SDMA \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این رابطه  $SDMT^7$  میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر حسب گرم در واحد سطح،  $SDMA^8$  حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول،  $SDMM^9$  وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌باشد.

$$CSAG = \left( \frac{SDMT}{GY} \right) \times 100 \quad (\text{رابطه ۶})$$

بودند) در هر سری نمونه‌برداری سه بوته برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها از سنبله جدا و شمارش شدند. بعد به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از تقسیم وزن خشک کل بذرها به تعداد بذر برآورد شد (رونائینی و همکاران ۲۰۰۴). به‌منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای بر اساس رویه DUD و دستورالعمل Proc NLIN نرم‌افزار SAS به‌صورت زیر استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < t_0 \\ a + bt & t > t_0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه  $GW$  وزن دانه،  $t$  زمان و  $b$  سرعت پر شدن دانه،  $t_0$  پایان دوره پر شدن دانه و  $a$  عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان  $t_0$  که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ( $t < t_0$ ) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد (الیس و پیتا فیلهو ۱۹۹۲). با پردازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه ( $b$ ) و زمان رسیدگی وزنی ( $t_0$ ) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی  $t_0$  در قسمت دوم رابطه قرار داده شد و  $GW$  که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه زیر استفاده شد (الیس و پیتا فیلهو ۱۹۹۲).

$$EFP = MGW/b \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه  $EFP$  دوره موثر پر شدن دانه،  $MGW$  حداکثر وزن دانه و  $b$  سرعت پر شدن دانه است. برای برآورد میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی گیاه به دانه، از زمان پر شدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، هر چهار روز یک‌بار و در هر مرحله با رعایت اثر حاشیه‌ای از سطحی معادل ۰/۰۲ متر مربع (۱۰ سانتی‌متر طولی در فاصله بین ردیفی ۲۰

2- Dry Matter Translocation

3- Dry Matter at Anthesis

4- Dry Matter at Maturity

5- Contribution of Dry Matter Assimilates to Grain

6- Grain Yield

7- Stem Dry Matter Translocation

8- Stem Dry Matter at Anthesis

9- Stem Dry Matter at Maturity

### نتایج و بحث

**وزن و حجم ریشه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کاربرد کودهای زیستی، آبیاری تکمیلی و برهم‌کنش توأم این دو عامل بر وزن و حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین وزن خشک ریشه (۸۷/۴ گرم در مترمربع) در کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی مشاهده شد که از افزایش ۵۲/۶ درصدی نسبت به ترکیب تیماری عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم برخوردار بود (جدول ۵). همچنین، بیش‌ترین حجم ریشه (۱۱۶/۹۷ سانتی‌متر مکعب در متر مربع) در ترکیب تیماری کاربرد میکوریزا در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی مشاهده شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد با افزایش تنش خشکی فتوسنتز برگ کاهش یافته و احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاه زیاد شده و به‌دنیال آن رشد ریشه به‌طور اجتناب‌ناپذیری متوقف می‌گردد (نیکنام و همکاران ۲۰۰۶). در چنین شرایطی کاربرد قارچ میکوریزا می‌تواند وزن خشک ریشه را افزایش دهد، زیرا از یک طرف قارچ میکوریزا دارای ریشه‌های فراوانی است که این ریشه‌ها وارد سیستم ریشه‌ای گیاه شده و وزن ریشه را افزایش می‌دهد و از طرف دیگر مکانیسم عمل میکوریزا در جذب آب و فسفر موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها و در نتیجه موجب افزایش وزن خشک ریشه می‌شود (کاپور و همکاران ۲۰۰۱). در این زمینه سادات سیدمحمدی و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق تامین عناصر مورد نیاز گیاه و گسترش شبکه هیفی خارج ریشه‌ای توسط میکوریزا، موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها می‌شوند. بدین ترتیب کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریزا می‌توانند با تأثیر روی ریشه، حجم زیادتری از خاک را کاوش نموده و سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجود در ناحیه ریزوسفر و در نتیجه افزایش وزن و حجم ریشه شود (سادات سیدمحمدی و همکاران ۲۰۱۹). نتایج مشابهی نیز توسط حسین‌زاده و

در این رابطه  $CSAG^{10}$  سهم ذخائر ساقه در عملکرد دانه بر حسب درصد، SDMT میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر حسب گرم در واحد سطح و GY عملکرد دانه بر حسب گرم در واحد سطح می‌باشد.

$$CP = GY - DMT \quad (\text{رابطه ۷})$$

در این رابطه  $CP^{11}$  میزان فتوسنتز جاری برحسب گرم در واحد سطح، GY عملکرد دانه بر حسب گرم در واحد سطح و DMT میزان انتقال ماده خشک بر حسب گرم در واحد سطح می‌باشد.

$$CCPG = \left( \frac{CP}{GY} \right) \times 100 \quad (\text{رابطه ۸})$$

در این رابطه  $CCPG^{12}$  سهم نسبی فتوسنتز جاری در دانه بر حسب درصد، CP میزان فتوسنتز جاری بر حسب گرم در واحد سطح و GY عملکرد دانه بر حسب گرم در واحد سطح می‌باشد.

قبل از کاشت در ردیف‌های اصلی هر کرت، تعدادی کیسه‌های پلاستیکی به قطر ۴۰ سانتی‌متر و در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک و هم سطح با دیگر قسمت‌ها قرار داده شد. تراکم کاشت در این کیسه‌ها مشابه تراکم دیگر قسمت‌های کاشته شده در مزرعه در نظر گرفته شد. بعد از برداشت بوته‌ها، برای اندازه‌گیری وزن و حجم ریشه، نسبت به خارج‌سازی ریشه‌ها از کیسه‌های فوق اقدام شد. ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک ریشه با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه از سطحی معادل ۰/۲ متر مربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) و Excel (نسخه ۲۰۱۳) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

10- Contribution of Stem Assimilates to Grain

11- Current photosynthesis

12- Contribution Current photosynthesis in grain

همکاران (۲۰۲۱) اظهار داشتند که کاربرد توام ورمی‌کمپوست با قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی با افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز جاری، موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه شده و در نهایت موجب افزایش وزن و حجم ریشه می‌شود.

همکاران (۲۰۱۷) گزارش شده است. آنان اظهار داشتند که افزایش ورمی‌کمپوست در محیط ریشه، وضعیت بهتری را برای جذب آب و عناصر غذایی در شرایط خشکی فراهم می‌کند که نتیجه آن منجر به افزایش وزن و حجم ریشه می‌شود. بخشی از بهبود وزن و حجم ریشه می‌تواند ناشی از اثر این عوامل در افزایش فتوسنتز جاری باشد (جدول ۸). در این راستا نظری و

جدول ۴- تجزیه واریانس تاثیر کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست) بر وزن و حجم ریشه و مولفه‌های پر شدن دانه تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

میانگین مربعات				حجم ریشه	وزن خشک ریشه	درجه آزادی	منابع تغییر
دوره موثر پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	حداکثر وزن دانه				
۵۸/۹**	۸۰۰/۳**	۸/۸۵×۱۰ <sup>-۷</sup> **	۰/۰۰۰۴۳**	۱۱۸۷/۵**	۴۰۸/۶**	۲	تکرار
۳۲/۶**	۲۵/۵**	۵/۴۵×۱۰ <sup>-۹</sup> -ns	۰/۰۰۰۱۹**	۸۱۷/۲**	۲۸۱/۳**	۲	آبیاری (I)
۲۰/۷*	۲۰/۱**	۴/۳۲×۱۰ <sup>-۸</sup> **	۰/۰۰۰۱۳**	۴۲۵/۴**	۵۷۶/۵**	۳	کودهای زیستی (B)
۴/۹ <sup>ns</sup>	۸/۷*	۱/۷۷×۱۰ <sup>-۸</sup> **	۰/۰۰۰۰۲۶*	۱۴۶/۳**	۵۸/۶**	۶	I×B
۴/۹	۲/۸	۴/۷۴×۱۰ <sup>-۹</sup>	۰/۰۰۰۰۰۹۸	۳۷/۶	۱۳/۵	۲۲	خطا
۶/۹۹	۴	۴/۷۸	۷/۰۲	۶/۲۴	۵/۰۸	-	ضریب تغییرات (%)

ns، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۵- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست) بر وزن و حجم ریشه و مولفه‌های پر شدن دانه تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

تیمار	**وزن خشک ریشه (g.m <sup>2</sup> )	**حجم ریشه (cm <sup>3</sup> .m <sup>2</sup> )	*حداکثر وزن دانه (g)	**سرعت پر شدن دانه (g.day)	*طول دوره پر شدن دانه (day)	معادله برازش‌شده
I <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub>	۶۳/۳۶f	۹۶/۲cde	۰/۰۴۱de	۰/۰۰۱۳۶gh	۴۰fg	Y=0.00136x-0.0133
I <sub>1</sub> ×B <sub>2</sub>	۷۵/۳۳cd	۱۰۴/۸۷bc	۰/۰۴۸۶abc	۰/۰۰۱۴۷c	۴۲/۹۶c	Y=0.00147x-0.0147
I <sub>1</sub> ×B <sub>3</sub>	۸۳/۸۳ab	۱۱۶/۹۷a	۰/۰۵۱a	۰/۰۰۱۵ab	۴۳/۹۷b	Y=0.00150x-0.0148
I <sub>1</sub> ×B <sub>4</sub>	۸۷/۴a	۱۱۱/۳ab	۰/۰۵۳۳a	۰/۰۰۱۵۱a	۴۵/۰۳a	Y=0.00151x-0.015
I <sub>2</sub> ×B <sub>1</sub>	۶۷/۳۳ef	۹۷/۰۶cd	۰/۰۴۲۹de	۰/۰۰۱۳۹ef	۴۰/۵۶ef	Y=0.00139x-0.0137
I <sub>2</sub> ×B <sub>2</sub>	۶۹/۳۶def	۸۵/۸۶ef	۰/۰۴۲de	۰/۰۰۱۳۷fg	۴۰/۳۶ef	Y=0.00137x-0.0135
I <sub>2</sub> ×B <sub>3</sub>	۶۸/۱۶ef	۹۸/۵۳cd	۰/۰۴۵۱bcd	۰/۰۰۱۴۳d	۴۱/۴۱d	Y=0.00143x-0.0143
I <sub>2</sub> ×B <sub>4</sub>	۸۰/۹bc	۱۰۲/۳۳bcd	۰/۰۴۹۷ab	۰/۰۰۱۴abc	۴۳/۴۷bc	Y=0.00148x-0.0146
I <sub>3</sub> ×B <sub>1</sub>	۵۶/۹g	۷۶/۵f	۰/۰۳۴۶f	۰/۰۰۱۲۶i	۳۶/۹۱h	Y=0.00126x-0.0121
I <sub>3</sub> ×B <sub>2</sub>	۷۰/۱۶de	۹۵/۷۶cde	۰/۰۴۴۸bcd	۰/۰۰۱۴۱de	۴۱/۵۵d	Y=0.00141x-0.0139
I <sub>3</sub> ×B <sub>3</sub>	۶۶/۵۶ef	۱۰۰/۷۷cd	۰/۰۳۹ef	۰/۰۰۱۳۴h	۳۹/۶۲g	Y=0.00134x-0.0131
I <sub>3</sub> ×B <sub>4</sub>	۷۸abc	۹۲/۱۳de	۰/۰۴۳۶cde	۰/۰۰۱۴۱de	۴۰/۸۲de	Y=0.00141x-0.0140
LSD	۶/۲۲	۱۰/۳۹	۰/۰۰۵۳	۲۴۸×۱۰ <sup>-۷</sup>	۰/۷۵۷	-



ورمی کمپوست و میکوریزا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد (\*\*\*) و پنج درصد (\*) با هم ندارند.

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> به‌ترتیب آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی، آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی و عدم آبیاری یا کشت دیم. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توام

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) و آبیاری تکمیلی بر طول دوره موثر پر شدن دانه تریتیکاله

تیمار	**طول دوره موثر پر شدن دانه (day)	تیمار	*طول دوره موثر پر شدن دانه (day)
I <sub>1</sub>	۳۳/۴۱a	B <sub>1</sub>	۲۹/۸۴b
I <sub>2</sub>	۳۲ab	B <sub>2</sub>	۳۱/۸۷ab
I <sub>3</sub>	۳۰/۱۲b	B <sub>3</sub>	۳۲/۱۶a
		B <sub>4</sub>	۳۳/۵۲a
LSD	۱/۸۸۶	LSD	۲/۱۷۷

بهبود مولفه های پر شدن دانه در شرایط آبیاری تکمیلی می تواند ناشی از افزایش فتوسنتز جاری باشد (جدول ۸). در این زمینه برخی محققان معتقدند آبیاری تکمیلی به دلیل ایجاد شرایط مناسب رطوبتی در مراحل گرده-افشانی و پر شدن دانه، موجب افزایش فتوسنتز به خصوص در برگ‌های بالایی همانند برگ پرچم می‌شود که هنوز سبز هستند (تینگلو و همکاران ۲۰۰۵). نریمانی و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که انجام آبیاری تکمیلی تحت شرایط دیم به کمک به بهبود مولفه‌های پر شدن دانه (اعم از سرعت و طول پر شدن دانه) موجب افزایش حداکثر وزن دانه گندم می‌شود. منگ و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که آبیاری در مراحل حساس رشد می‌تواند از طریق افزایش سرعت فتوسنتز موجب افزایش مولفه‌های پر شدن دانه و انتقال بیشتر ماده خشک تولیدی به سمت دانه‌ها شود (منگ و همکاران ۲۰۱۷).

به‌نظر می‌رسد کاربرد میکوریزا و ورمی کمپوست می‌تواند با بهبود ساختار ریشه (وزن و حجم ریشه) (جدول ۵) و فتوسنتز جاری (جدول ۸) و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، موجب بهبود سرعت پر شدن دانه و در نهایت افزایش وزن دانه (جدول ۵) می‌شود. در این راستا آقایی و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که تلقیح بذر با قارچ میکوریزا با افزایش وزن و حجم

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> به‌ترتیب آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی، آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله‌دهی و عدم آبیاری یا کشت دیم. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد (\*\*\*) و پنج درصد (\*) با هم ندارند.

#### حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه: تاثیر

کودهای زیستی، آبیاری تکمیلی و برهم‌کنش توام این دو عامل بر حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی روند تغییرات پر شدن دانه نشان داد که ابتدا وزن دانه به‌صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی) پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به‌صورت یک خط افقی در آمد (شکل ۱). حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه (به‌ترتیب ۰/۰۵۳۳ گرم و ۰/۰۰۱۵۱ گرم در روز) در ترکیب تیماری کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کم‌ترین مقدار این صفات (به‌ترتیب ۰/۰۳۴۶ گرم و ۰/۰۰۱۲۶ گرم در روز) در عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم به‌دست آمد (جدول ۵). بخشی از

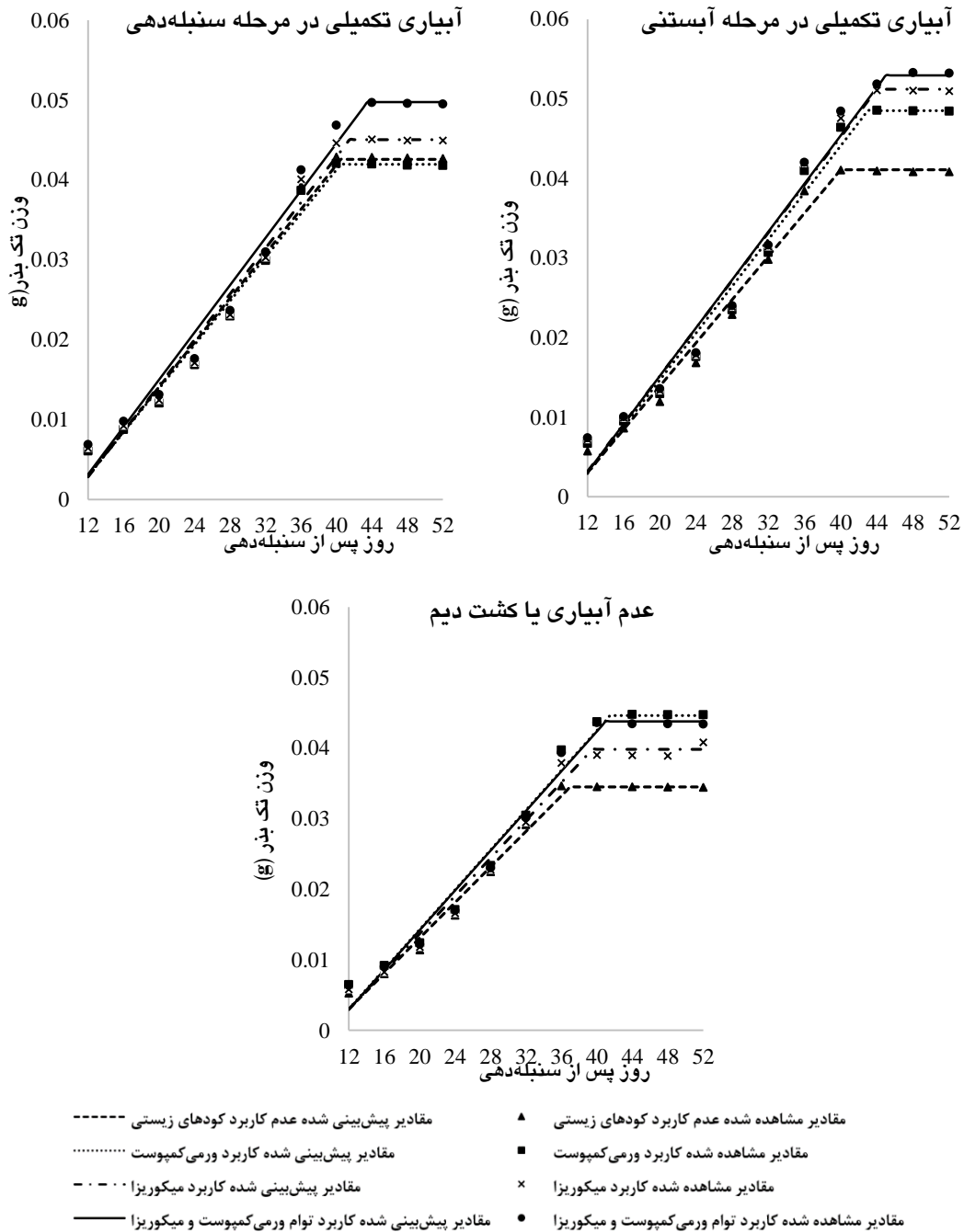
ریشه و همچنین سرعت پر شدن دانه، موجب افزایش انتقال مواد به دانه و در نهایت افزایش وزن دانه گندم شد. بخش دیگری از بهبود سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه به واسطه کاربرد ورمی کمپوست را می توان به افزایش فراهمی عناصر غذایی از جمله آهن، روی و نیتروژن موجود در ورمی کمپوست مورد استفاده (جدول ۳) که از عناصر ضروری در سنتز کلروفیل محسوب می شوند، نسبت داد. در این رابطه برخی از محققان اظهار داشتند که ورمی کمپوست حاوی عناصر غذایی بوده و از طریق همزیستی با میکوریزا و تحریک رشد ریشه، قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و توان نگهداری آب در خاک و افزایش جذب آن توسط گیاه، با تغذیه مستقیم و بهبود فتوسنتز موجب بهبود شرایط رشد و طولانی شدن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نهایت افزایش سرعت، طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه تحت شرایط محدودیت آبی شد (جهانگیری نیا و همکاران ۲۰۱۷). در این بررسی نیز به نظر می رسد کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست می تواند با بهبود فتوسنتزی جاری (جدول ۸) و افزایش سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه (جدول ۵)، موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نهایت افزایش وزن دانه شده است.

**طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه: مقایسه میانگین ها نشان داد که کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی موجب افزایش ۲۱/۹۹ درصدی طول دوره پر شدن دانه نسبت به شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی شد (جدول ۵). همچنین کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی از افزایش به ترتیب ۱۲/۳۳ و ۱۰/۹۲ درصدی نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم برخوردار بود (جدول ۶). به نظر می رسد کاهش نزولات در ماه های پر شدن دانه (جدول ۲) اثرات ناشی از محدودیت آبی را بر طول دوره پر شدن دانه تشدید نموده و ضمن کاهش رشد و تخریب ساختار ریشه به کاهش ساخت مواد**

فتوسنتزی کمک می کند (القاباری و زاهد احسان ۲۰۱۸). طوری که بررسی میزان فتوسنتز جاری در شرایط دیم (جدول ۸) گواه این ادعاست. بحرینی و همکاران (۲۰۱۱) تسریع پیری و افزایش انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی به دانه گندم را دلیل اصلی کاهش طول دوره پر شدن دانه در شرایط محدودیت آبی اعلام کردند. در این بررسی نیز به نظر می رسد افزایش انتقال ماده خشک از اندام های هوایی و کاهش فتوسنتز جاری (جدول ۸) از دلایل اصلی کاهش مولفه های پر شدن دانه باشد. بخشی از افزایش سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه به واسطه کاربرد ورمی کمپوست را می توان به بالا بودن غلظت آهن، روی و نیتروژن موجود در ورمی کمپوست مورد استفاده (جدول ۳) که از عناصر ضروری در سنتز کلروفیل و افزایش محتوای آن و در نتیجه ارتقا فتوسنتز محسوب می شوند نسبت داد (محمدی کله سرلو و همکاران ۲۰۲۱)، که با بهبود میزان فتوسنتز جاری (جدول ۸) موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه و در نهایت حداکثر وزن دانه تریتی کاله تحت شرایط تنش شد. جوانمرد و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند کاربرد ورمی کمپوست، با بهبود خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی خاک و افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجود در خاک (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز) و در نتیجه سهولت جذب این عناصر موجب رشد بهتر گیاه شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و به سمت دانه ها منتقل می شود. همچنین با توجه به فراهمی بیشتر رطوبت خاک، طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و در نتیجه عملکرد دانه افزایش می یابد. برخی از محققان بیان کردند که ورمی کمپوست حاوی عناصر غذایی بوده و از طریق همزیستی با میکوریزا و تحریک رشد ریشه، قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و توان نگهداری آب در خاک و افزایش جذب آن توسط گیاه، با تغذیه مستقیم و بهبود فتوسنتز موجب بهبود شرایط رشد و طولانی شدن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نهایت افزایش سرعت، طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه تحت شرایط محدودیت آبی شد (جهانگیری نیا و همکاران ۲۰۱۷). ناصری و همکاران

طول دوره پر شدن دانه گندم شد. در این بررسی نیز به نظر می‌رسد کاربرد توام میکوریزا و ورمی‌کمپوست با افزایش وزن خشک و حجم ریشه (جدول ۵) و فتوسنتز جاری (جدول ۸) موجب افزایش طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه (جدول ۵ و ۶) تریتیکاله شد.

(۲۰۱۷) اظهار داشتند قارچ میکوریزا با افزایش سیستم ریشه‌دهی و ایجاد یک شبکه سیستم ریشه‌ای قوی، موجب استفاده از حجم بیشتر خاک و در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی در طی مرحله پر شدن دانه و به تبع آن با بهبود فتوسنتز جاری، موجب افزایش سرعت و



شکل ۱- تأثیر کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست) بر روند پر شدن دانه تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

## انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم

این فرآیندها در عملکرد دانه: براساس جدول تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، آبیاری و برهم‌کنش توام این دو عامل بر انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). کاربرد توام میکوریزا و ورمی‌کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی از کم‌ترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی (به‌ترتیب ۹۷/۸۶ و ۱۳۱/۲ گرم در متر مربع) و سهم این فرآیندها در عملکرد (به‌ترتیب ۱۷/۲۳ و ۲۳/۰۸ درصد) برخوردار بود که موجب کاهش به‌ترتیب ۳۳/۵۵، ۳۲/۷۲، ۹۸/۴۹ و ۹۷/۱۴ درصدی میزان انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم شد (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، بالا بودن فتوسنتز جاری موجب می‌شود تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع بتواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد، اما در شرایط محدودیت آبی، عدم دسترسی به عناصر غذایی ممکن است تعادل منبع و مخزن را به هم بزند و در چنین شرایطی قدرت مخزن بیشتر از منبع بوده و به‌دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، منبع میزان انتقال ماده‌ی خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را برآورده نماید (خیری‌زاده آروق و همکاران ۲۰۱۵). میزان ذخائر تجمع و انتقال یافته اندام هوایی، به ژنوتیپ، شرایط محیطی و روش اندازه‌گیری بستگی دارد، به‌طوری که کمبود رطوبت، هم بر ذخیره و هم انتقال ذخائر اندام هوایی تاثیر می‌گذارد و گیاهان تحت تنش خشکی به‌واسطه کاهش فتوسنتز، ذخائر خود را در مقایسه با گیاهانی که در شرایط آبیاری مطلوب هستند، بیشتر از دست می‌دهند (براتی و قدیری ۲۰۱۷). نتایج مشابهی

نیز مبنی بر اینکه انجام آبیاری تکمیلی در مراحل آبستنی و خوشه‌دهی در شرایط دیم در جو، موجب افزایش فتوسنتز جاری و کاهش انتقال مجدد از ساقه و اندام هوایی شد توسط دیگر محققان (عبادی و همکاران ۲۰۲۰) گزارش شده است. احتمالاً قارچ میکوریزا با بهبود ساختار ریشه موجب بهبود جذب و انتقال عناصر غذایی از ریشه به اندام‌های هوایی شده و مواد فتوسنتزی تولید شده بیشتر در اندام‌های هوایی و مخازن زایشی تجمع یافته و همین امر موجب افزایش سهم فتوسنتز جاری و کاهش انتقال مجدد می‌شود (ناصری و همکاران ۲۰۱۷). در این راستا حیدرزاده و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که کاربرد قارچ میکوریزا تحت شرایط آبیاری تکمیلی، سطح جذب ریشه‌ها را از طریق نفوذ بیشتر هیف‌های قارچ در خاک افزایش و به تبع آن کارایی گیاه به‌دلیل توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای در جذب آب و عناصر غذایی نیز افزایش می‌یابد که با بهبود فتوسنتز جاری و افزایش تولید آسیمیلات، انتقال مجدد ماده خشک و سهم این فرآیند در عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. بخش دیگری از کاهش انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه به‌واسطه کاربرد ورمی‌کمپوست را می‌توان به افزایش فراهمی عناصر غذایی از جمله آهن، روی و نیتروژن موجود در ورمی‌کمپوست مورد استفاده (جدول ۳) نسبت داد. در این راستا نظری و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که کاربرد توام میکوریزا و ورمی‌کمپوست با بهبود وزن و حجم ریشه به‌دلیل تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم و افزایش فتوسنتز جاری، موجب انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و افزایش سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه و کاهش انتقال ماده خشک از اندام هوایی به دانه‌های تریتیکاله تحت شرایط محدودیت آبی شد.

جدول ۷- تجزیه واریانس تاثیر کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) بر انتقال ماده خشک، فتوسنتز جاری و عملکرد دانه تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		انتقال ماده خشک از اندام هوایی	سهم انتقال ماده خشک از اندام هوایی	انتقال مجدد از ساقه در عملکرد دانه	سهم انتقال مجدد از ساقه در عملکرد دانه	فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه
تکرار	۲	۳۵۱۹/۸**	۲۱۰/۲**	۲۰۷۹/۱**	۱۲۵/۲**	۷۵۸۱/۶*	۲۱۰/۲**
آبیاری (I)	۲	۷۹۷/۴**	۲۶۲/۳**	۳۷۶/۵**	۱۲۴/۸**	۲۸۰۶۳/۲**	۲۶۲/۳**
کودهای زیستی (B)	۳	۵۷۲/۷**	۱۵۱/۹**	۳۷۲/۲**	۹۲/۷**	۱۵۱۰۷/۲**	۱۵۱/۹**
I×B	۶	۲۶۷/۹**	۵۳/۹*	۱۵۵/۵*	۳۱*	۶۴۲۰/۲**	۵۳/۹*
خطا	۲۲	۷۱/۸	۱۶/۵	۴۳/۳	۹/۴	۱۵۲۱/۹	۱۶/۵
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۶۴	۱۲/۵۴	۵/۹	۱۲/۷۸	۱۱/۹۷	۶/۰۱

ns, \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۸- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) بر انتقال ماده خشک، فتوسنتز جاری و عملکرد دانه تریتیکاله تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

تیمار	**انتقال ماده خشک (g.m <sup>2</sup> )	*سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه (%)	*انتقال ماده خشک از ساقه (g.m <sup>2</sup> )	*سهم انتقال ماده خشک از ساقه در عملکرد دانه (%)	** فتوسنتز جاری (g.m <sup>2</sup> )	*سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه (%)
I <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub>	۱۵۶/۷۳bcd	۲۶/۳۷bc	۱۱۸/۱bc	۲۷/۴۵bc	۲۷۴/۷۳efg	۶۳/۶۲de
I <sub>1</sub> ×B <sub>2</sub>	۱۴۸/۵۳cdef	۲۹/۶۸cdef	۱۰۴/۳efg	۲۰/۸۷def	۷۰/۳۱abcd	۷۰/۳۱abcd
I <sub>1</sub> ×B <sub>3</sub>	۱۳۵/۵fg	۲۵/۱ef	۱۰۱/۰۷fg	۱۸/۷۵def	۴۰/۵ab	۷۴/۸۹ab
I <sub>1</sub> ×B <sub>4</sub>	۱۳۱/۲g	۲۳/۰۸f	۹۷/۸۶g	۱۷/۲۳f	۵۶۹/۹۳a	۷۶/۹۱a
I <sub>2</sub> ×B <sub>1</sub>	۱۴۹/۱۳cdef	۳۱/۷۵cde	۱۱۱cdef	۲۲/۵۴bcde	۴۸۲/۶۷cde	۶۸/۲۴bcd
I <sub>2</sub> ×B <sub>2</sub>	۱۶۰/۷۷abc	۳۴/۸۲bc	۱۲۲/۳ab	۲۶/۵bc	۴۶۲/۶۷def	۶۵/۱۷de
I <sub>2</sub> ×B <sub>3</sub>	۱۴۴/۰۳defg	۳۰/۴۴cde	۱۱۲/۴۳bcde	۲۳/۸bcde	۴۷۴/۴۳cde	۶۹/۵۵bcd
I <sub>2</sub> ×B <sub>4</sub>	۱۴۰/۵۷fg	۲۷/۰۷def	۱۰۶/۵۷defg	۲۰/۵۳def	۵۱۹/۱۳abc	۷۲/۹۲abc
I <sub>3</sub> ×B <sub>1</sub>	۱۷۴/۱۳a	۴۵/۵a	۱۳۰/۷a	۳۴/۲a	۳۸۳/۳۷g	۵۴/۴۹f
I <sub>3</sub> ×B <sub>2</sub>	۱۴۷/۰۳cdef	۳۱/۲۸cde	۱۰۹/۲۳cdef	۲۳/۰۹cde	۴۸۴/۳۷cde	۶۸/۷۱bcd
I <sub>3</sub> ×B <sub>3</sub>	۱۶۴ab	۴۰/۰۶ab	۱۱۶/۱bcd	۲۸/۴۲b	۴۰۹/۷۷fg	۵۹/۹۳ef
I <sub>3</sub> ×B <sub>4</sub>	۱۵۱/۰۷bcde	۳۳/۵۷bcd	۱۰۸/۸۳cdefg	۲۴/۲bcd	۴۵۰/۸def	۶۶/۴۲cde
LSD	۱۴/۳۵	۶/۸۸	۱۱/۱۴۹	۵/۲۰۹	۶۶/۰۶۱	۶/۸۸۱

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> به ترتیب آبیاری تکمیلی در مرحله آبیاری تکمیلی، آبیاری تکمیلی در مرحله سنبله دهی و عدم آبیاری یا کشت دیم. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا. میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد (\*\*\*) و پنج درصد (\*) با هم ندارند.

احتمال یک و پنج معنی دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین ها نشان داد که کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبیاری تکمیلی

فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه: برهم کنش توام کودهای زیستی و آبیاری بر فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه در سطح

بیشترین میزان فتوسنتز جاری (۴۳۸/۷۳) گرم در متر مربع) و از افزایش ۴۱/۱۴ درصدی سهم این فرآیند در عملکرد دانه نسبت به شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی برخوردار بود (جدول ۸). آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی همانند مرحله آبستنی به دلیل افزایش سبزمانی گیاه و طولانی‌تر شدن دوره فتوسنتز جاری و احتمالاً ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی در طول دوره پرشدن دانه، دسترسی به مواد سنتزی را بهبود و در نهایت عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (مرادی و همکاران ۲۰۲۲). منگ و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند که آبیاری در مراحل حساس رشد می‌تواند با افزایش سرعت پر شدن دانه و فتوسنتز موجب شود که سهم انتقال مجدد از اندام هوایی کاهش یابد.

به‌نظر می‌رسد قارچ میکوریزا، سطح جذب ریشه‌ها را به دلیل نفوذ بیشتر هیف‌های قارچ در خاک افزایش و به تبع آن کارایی گیاه به دلیل توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای در جذب آب و عناصر غذایی نیز افزایش می‌یابد که در ادامه با افزایش فتوسنتز جاری موجب تولید آسیمیلات بیشتر و کاهش میزان انتقال ماده خشک از اندام هوایی می‌شود (حیدرزاده و همکاران ۲۰۲۰). بخش دیگری از افزایش فتوسنتز جاری به‌واسطه کاربرد ورمی‌کمپوست را می‌توان به محتوای بالای عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست مورد استفاده (جدول ۳) و همچنین افزایش وزن خشک و حجم ریشه (جدول ۵) نسبت داد. در این راستا نظری و همکاران (۲۰۲۱) اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط محدودیت آبی با تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش وزن خشک و حجم ریشه، موجب افزایش فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه تریتیکاله شد.

**عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی، آبیاری و برهم‌کنش توام این دو عامل بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین عملکرد دانه (۵۶۹/۹۳) گرم در متر مربع) در کاربرد توام میکوریزا و ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی مشاهده شد که از افزایش ۴۸/۶۶ درصدی

نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم برخوردار بود (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی احتمالاً به‌دلیل زودرسی، تسریع پیری و ریزش برگ‌های پایینی، میزان فتوسنتز جاری کاهش می‌یابد و در چنین شرایطی ماده خشک منتقل شده به ذخیره شده بیشتر می‌شود تا کاهش عملکرد دانه را تا حدی جبران نماید (حیدرزاده و همکاران ۲۰۲۰). گزارش شده است که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی از طریق افزایش سبزمانی گیاه و طولانی‌تر شدن دوره فتوسنتز جاری و احتمالاً ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی در طول دوره پرشدن دانه، ضمن افزایش دسترسی به مواد پرورده موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (مرادی و همکاران ۲۰۲۲).

آقای و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که تلقیح بذر با قارچ میکوریزا با افزایش وزن و حجم ریشه و همچنین سرعت و طول دوره پر شدن دانه، موجب افزایش انتقال مواد به دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه گندم شد. عبادی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با بهبود فتوسنتز جاری، موجب افزایش عملکرد دانه جو شد. بخشی از افزایش عملکرد دانه به‌واسطه کاربرد ورمی‌کمپوست را می‌توان به بهبود ساختار ریشه (وزن و حجم ریشه) (جدول ۵) و افزایش فتوسنتز جاری (جدول ۸) نسبت داد که با افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه موجب افزایش عملکرد دانه (جدول ۸) تریتیکاله شده است. نتایج مشابهی نیز توسط نظری و همکاران (۲۰۲۱) گزارش شده است. آنان اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا و ورمی‌کمپوست با افزایش وزن خشک و حجم ریشه و همچنین بهبود فتوسنتز جاری موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله تحت شرایط محدودیت آبی شد در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد کاربرد توام میکوریزا و ورمی‌کمپوست با بهبود وزن خشک و حجم ریشه (جدول ۵)، مولفه‌های پر شدن دانه (جدول ۵) و فتوسنتز جاری (جدول ۸) موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله شده است.

## نتیجه گیری کلی

کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با بهبود ساختار ریشه (وزن و حجم ریشه)، موجب افزایش فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه تریتیکاله شد. بیشترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه در ترکیب تیماری عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم مشاهده شد. همچنین کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست و آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با بهبود سرعت، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه موجب افزایش ۴۸/۶۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم

شد. به نظر می رسد کاربرد کودهای توام میکوریزا و ورمی کمپوست و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی می تواند عملکرد دانه را تحت شرایط دیم را بواسطه بهبود ساختار ریشه، فتوسنتز جاری و مولفه های پر شدن دانه افزایش دهد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از مساعدت های صمیمانه و خالصانه یکایک همکاران ارجمند در اجرای این طرح در بخش های مختلف مزرعه ای و آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام دارند.

## منابع مورد استفاده

- Aalipour H, Nikbakht A, Etemadi N, Rejali F and Soleimani M. 2020. Biochemical response and interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria during establishment and stimulating growth of Arizona cypress (*Cupressus arizonica* G.) under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 261: 108923.
- Aghaei F, Seyed Sharifi R and Narimani H. 2020. Evaluation of yield, chlorophyll content, and grain filling components of wheat under salinity soil conditions and application of uniconazole and biofertilizers. *Journal of Crops Improvement*, 22(2): 269-282. (In Persian).
- Alghabari F and Zahid Ihsan M 2018. Effects of drought stress on growth, grain filling duration, yield and quality attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, 47(3): 421-428.
- Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA and Metzger JD. 2012. The influence of earth worm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Journal of Bioresource Technology*, 81: 103-108.
- Bahrani A, Heidari Sharif Abad H, Tahmasebi Sarvestani Z, Moafpourian Gh and Ayneh Band A. 2011. Remobilization of dry matter in wheat: effects of nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 39(4): 279-293.
- Barati V and Ghadiri H. 2017. Assimilate and nitrogen remobilization of six-rowed and two-rowed winter barley under drought stress at different nitrogen fertilization. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(2017): 841-855.
- Barnett KH and Pearce PB. 1983. Source-Sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. *Crop Science*, 23(2): 101-109.
- Boutasknit A, Baslam M, Ait-El-mokhtar M, Anli M, Ben-Laouane R, Douira A, Modafar CE, Mitsui T, Wahbi S and Meddich A. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi mediate drought tolerance and recovery in two contrasting carob (*Ceratonia siliqua* L.) ecotypes by regulating stomatal, water relations, and (in) organic adjustments. *Plants*, 9: 1-19.
- Ebadi N, Seyed Sharifi R and Narimani H. 2020. Effects of supplementary irrigation and biofertilizers on grain yield, dry matter remobilization and some physiological traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) under rainfed condition. *Journal of Crop Production and Processing*, 10(2): 123-135. (In Persian).

- Ebadi N, Seyed Sharifi R, Narimani H and Khalilzadeh R. 2021. Effects of supplementary irrigation and application of mycorrhiza and azetobacter on grain filling components of rain fed barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Environmental Physiology, 16(61): 64-79. (In Persian).
- Ehdaie B and Waines JG. 1993. Variation in water use efficiency and its components in wheat. Crop Science, 31: 1282-1288.
- Ellis RH and Pieta-Filho C. 1992. The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research, 2: 19-25.
- Heydarzadeh S, Jalilian J, Pirzad A and Jamei R. 2020. Changes in partitioning and remobilization of assimilate in Maragheh vetch (*Vicia sativa*) cultivar under the influence of biological fertilizers and supplementary irrigation in the integrated tree, and crop system. Iranian Journal of Pulses Research, 11(2): 36-49. (In Persian)
- Hosseinzadeh SR, Amiri H and Ismaili A. 2017. Effect of vermicompost levels on morphologic traits and nutrient concentration of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 10(4): 531-545. (In Persian).
- Ievinsh G. 2020. Review on physiological effects of vermicomposts on plants. Biology of Composts, 58: 63-86.
- Jahangiri Nia E, Syyadat A, Koochakzadeh A, Sayyahfar M and Moradi Telavat MR. 2017. The effect of vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water Stress condition. Journal of Agronomy, 8(4): 583-597. (In Persian)
- Javanmard A, Nazari B, Jalilian A and 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)
- Kapoor R, Giri B and Mukerji G. 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(4): 339-342.
- Kheirizadeh Arough Y, Seyed Sharifi R, Sedghi M and Barmaki M. 2015. Effects of biofertilizers and nano zinc oxide on remobilization and some growth indices of triticale under water limitation conditions. Crop Physiology Journal, 7(26): 37-56. (In Persian).
- Koochehi AR, Gholami H and Fallahi H. 2013. Study of grain yield and nutritional characteristics in triticale promising lines and the sanabad cultivar. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 1(2): 117-129. (In Persian).
- Meng W, Yu Z, Zhao J, Zhang Y and Shi Y. 2017. Effects of supplemental irrigation based on soil moisture levels on photosynthesis, dry matter accumulation, and remobilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Plant Production Science, 20: 215-226.
- Mohammadi Kale Sarlou S, Seyed Sharifi R, Sedghi M, Narimani H and Khalilzadeh R. 2021. Effects of Salinity, vermicompost, humic acid and seed inoculation with *flavobacterim* on grain filling of triticale. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(2): 250-269. (In Persian).
- Moradi L, Siosemardeh A, Sohrabi Y, Bahramnejad B and Hosseinpanahi F. 2022. Evaluation of dry matter remobilization, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars affected by supplemental irrigation and nitrogen fertilization. Environmental Stresses in Crop Sciences, 14(4): 939-949. (In Persian)
- Narimani H, Seyed Sharifi R, Khalilzadeh R and Aminzadeh G. 2019. Effects of supplementary irrigation and nano iron oxide on chlorophyll content and grain filling components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain fed condition. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(3): 735-746. (In Persian).



- Naseri R, Baray M, Zarea MJ, Khavazi K and Tahmasebi Z. 2017. Effect of plant growth promoting bacteria and Mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. *Journal of Soil Biology*, 5(1): 49-66. (In Persian).
- Nazari Zh, Seyed Sharifi R and Narimani H. 2021. Effect of bio fertilizers, nano silicon and water limitation on current photosynthesis and dry matter transfer of triticale. *Crop Physiology*, 13(51): 5-24. (In Persian).
- Niknam V, Razavi N, Ebrahimzadeh H and Sharifizadeh B. 2006. Effect of NaCl on biomass, protein and proline contents, and antioxidant enzymes in seedlings and calli of two *Trigonella* species. *Journal of Biologia Plantarum*, 50(4): 591-596.
- Niyaz Moradi M, Kazemi H and Ghaderifar F. 2017. Investigation of yield, yield components and growth characteristics of triticale in Gorgan Township influenced different planting dates. *Crop Production*, 10(1): 227-249. (In Persian)
- Ronanini D, Savin R and Hal AJ. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crop Research*, 83: 79-90.
- Sadat Seyedmohammadi N, Barmaki M and Davari M. 2019. Effect of mycorrhizal fungi on leaf yield, root colonization percentage and some features of *Stevia Rebaudiana* root in a soilless culture system. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(2): 189-204. (In Persian).
- Sehgal A, Sita K, Siddigie KHM, Kumar R, Bhogireddy S, Varshney RK, Hanumantha Rao B, Nair RM, Rrasad PVV and Nayyar H. 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1705.
- Tinglu F, Stewart BA, William AP, Yong W, Shangyou S, Junjie L and Clay AR. 2005. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plastic culture crops in the *Loess Plateau* of China. *Agronomy Journal*, 97: 177-188.
- Yaghini F, Seyed Sharifi and Narimani H. 2020. Effects of supplemental irrigation and biofertilizers on yield, chlorophyll content, rate and period of grain filling of rainfed wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18(1): 101-109. (In Persian).