اثر کودهای زیستی و نانواکسیدروی بر فرآیند انتقال مجدد و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی

یونس خیری‌زاده آروق[۱]، رئوف سیدشریفی*[۲]، محمد صدقی[۳] و مرتضی برمکی[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲ و ۳) دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

* **نویسنده مسئول:** Raouf_ssharifi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۰۳**

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و نانواکسیدروی بر فرآیند انتقال مجدد و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی، آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مراحل سنبله‌دهی و آبستنی)، کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد مایکوریزا[۱]، کاربرد توأم باکتری‌های سودوموناس[۲] و ازتوباکتر[۳]، کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانواکسیدروی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) شامل می‌شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد دانه (۶۶۳/۲۶ گرم در مترمربع)، زیست‌توده کل (۲۵۲۳/۳۳ گرم در مترمربع) و حداکثر شاخص سطح برگ (۶/۲) در حالت کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزا، محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی و آبیاری کامل به‌دست آمد. بیش‌ترین انتقال مجدد از ساقه (۸۱/۳ گرم در مترمربع) و انتقال مجدد از کل اندام هوایی (۱۰۷/۶۸ گرم در مترمربع) در حالت آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی مشاهده گردید. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و کاربرد توأم مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در بهبود عملکرد، زیست‌توده کل و شاخص سطح برگ در شرایط محدودیت آبی مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: تریتیکاله، زیست‌توده کل، شاخص سطح برگ و مایکوریزا.

[1] Mycorrhiza
[2] Psedomunas
[3] Azotobacter

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

مقدمه

تنش آبی به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور محدودکننده رشد گیاهان می‌باشد. اثر تنش آبی بر گیاهان به عوامل متعددی نظیر ویژگی‌های ژنتیکی، مرحله رشدی و شدت تنش بستگی دارد (Song *et al.*, 2011). در نظام‌های کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید، حفظ کیفیت خاک و کاهش اثر تنش برخوردار است (Abraham *et al.*, 2007). کود زیستی از یک یا چند میکروارگانیسم مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های متابولیکی ساخته شده است که با هدف تأمین عناصر غذایی گیاهان، به پایداری محیط زیست کمک می‌کند (Oconnell, 1992). اثر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر رشد گیاهان با تولید هورمون‌های گیاهی، تثبیت نیتروژن، حل کردن فسفات آلی و معدنی، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها و آنزیم‌ها در ارتباط است (Karakurt and Kotan, 2011). مایکوریزا یک همزیستی بین گروهی از قارچ‌های خاکی با گیاهان است که موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای، بهبود تحمل به تنش‌های زیستی و استفاده بهتر از عناصر ریزمغذی می‌شود (Almagrabi and Abdelmoneim, 2012; Song *et al.*, 2011). نتایج بررسی‌ها در شرایط محدودیت آبی نشان داده است که زیست‌توده گیاه، محتوای کلروفیل و سرعت تعرق در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا در مقایسه با گیاهان بدون مایکوریزا بیش‌تر بود (Asensio *et al.*, 2012). Gosling و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کرده‌اند که در شرایط محدودیت آبی، مایکوریزا از طریق افزایش دوام سطح برگ، فتوسنتز و تثبیت کربن در طول فصل، رشد را افزایش داد. عملکرد نهایی دانه را دو فرآیند فیزیولوژیک یعنی فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد انباشته شده قبل از گل‌دهی تشکیل می‌دهند (Borras *et al.*, 2004). وقتی که گیاه تحت اثر تنش‌های مختلف محیطی قرار می‌گیرد، ترکیبات ذخیره شده در اندام‌های هوایی نقش مهمی را در پر کردن دانه‌ها ایفا می‌کنند (Aruna Geetha and Thiyarajan, 2003). Kumar و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که با افزایش کمبود آب، سهم ماده خشک ذخیره شده در ساقه‌ها و برگ‌ها برای پر شدن دانه افزایش می‌یابد. در شرایط محدودیت آبی، کاهش فتوسنتز از طریق انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده جبران می‌شود (Yang and Zhang, 2006). Palta و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که تنش خشکی انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای را ۳۶ درصد افزایش داد. روی یکی از عناصر مهم ریزمغذی است که در سنتز پروتئین، متابولیسم کربوهیدرات‌ها مشارکت دارد و جزء اصلی آنزیم کربنیک آنهیدراز است که در حلالیت مولکول دی اکسید کربن و در نهایت فتوسنتز نقش مهمی دارد (Sainz *et al.*, 1998). مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفری، آبشویی، pH قلیایی و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). یکی از راه‌های تأمین روی مورد نیاز گیاهان محلول پاشی است. از ویژگی‌های این روش می‌توان به برطرف کردن سریع کمبود، جلوگیری از

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

تثبیت عنصر در خاک، آسان‌تر بودن اجرای آن، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک اشاره کرد (خوش گفتارمنش، ۱۳۸۶) و در این راستا عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات در مقایسه با شکل متداول و مرسوم آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در نانوکودها عناصر غذایی به تدریج و به‌صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند و همین امر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی می‌شود (Naderi and Abedi, 2012). گزارش‌های محدودی مبنی بر تأثیر مثبت مواد غذایی نانو بر رشد برخی از گیاهان از جمله نخود و اسفناج وجود دارد (Prasad *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2006). در آزمایش Prasad و همکاران (۲۰۱۲) محلول پاشی نانواکسید روی در مرحله رشد رویشی (۳۵ و ۷۰ روز پس از کاشت) به مقدار ۲ گرم در ۱۵ لیتر آب موجب افزایش ارتفاع، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه و غلظت روی در برگ و دانه بادام زمینی در مقایسه با محلول پاشی این کود به فرم معمول و با غلظت ۳۰ گرم در ۱۵ لیتر شد. Salehi و Tamaskoni (۲۰۰۸) برتری ذرات نانو را به حلالیت بیش‌تر، سبک و کوچک بودن و شانس برخورد بیش‌تر این ذرات با گیاه نسبت دادند. Dehghanian و Madandoost (۲۰۰۸) گزارش کردند که تغذیه گیاه به ویژه با روی می‌تواند موجب بهبود تحمل گیاه به محدودیت آبی شود. تریتیکاله به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگاری دارد و در مقایسه با سایر گونه‌های گیاهی جزء گیاهان نیمه‌حساس به خشکی خاک محسوب می‌شود (Grzesiak *et al.*, 2003). گزارش‌ها حاکی از برتری نسبی تریتیکاله نسبت به گندم تحت شرایط تنش رطوبتی به علت ظهور زودتر سنبله‌ها، توانایی بیش‌تر سیستم ریشه‌ای در جذب آب و درصد انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به دانه می‌باشد (Giunta *et al.*, 1993). سطح زیر کشت تریتیکاله در ایران حدود ۳۰ هزار هکتار می‌باشد. اهمیت تریتیکاله در استفاده دو منظوره از آن، نقش ریزمغذی روی و کودهای زیستی در بهبود عملکرد و مطالعات اندک آن‌جام گرفته در خصوص بر همکنش توأم این دو عامل در شرایط محدودیت آبی از جمله عواملی بودند که موجب گردید تا اثر توأم این سه عامل بر سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط اقلیمی اردبیل مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل، فاکتور اول محدودیت آبی در سه سطح (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مراحل سنبله‌دهی و آبستنی)، فاکتور دوم شامل کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد مایکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر، کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و فاکتور سوم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) بودند. قارچ مایکوریزا استفاده شده در این آزمایش از نوع *mosseae* و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

باکتری سودوموناس پوتیدا سویه ۱۸۶ و ازتوباکتر کروکوکوم سویه ۵ بودند. باکتری‌ها از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور، قارچ مایکوریزا از شرکت زیست فناوران توران و بذر تریتیکاله رقم جوانیلو از مؤسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. نانواکسیدروی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱: مشخصات نانواکسیدروی مورد استفاده

وزن	خلوص	میانگین اندازه ذرات	سطح ویژه ذرات	رنگ
۱۰۰ g	۹۹ %	< ۳۰ nm	> ۳۰ $m^2.g^{-1}$	پودری سفید

محلول‌پاشی با نانواکسیدروی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۶-۴ برگی و مرحله قبل از آبستنی) که به‌ترتیب ۳۰ و ۷۰ روز بعد ازکاشت بود آن‌جام شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده گردید. هم‌چنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. تمام بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ مایکوریزا به روش استاندارد و توصیه شده Gianinazzi و همکاران (۲۰۰۱) آن‌جام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. رقم جوانیلو در کرت‌هایی به مساحت ۲/۵ مترمربع که حاوی پنج ردیف کاشت با رعایت فاصله بین خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع کشت شد. برای برآورد میزان انتقال مجدد از اندام‌های رویشی گیاه به دانه، از یک هفته قبل از پر شدن دانه (مرحله ۶۵ از کدبندی جدول زادوکس) تا رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله ۹۳ از کدبندی جدول زادوکس) هر چهار روز یک‌بار برداشت نمونه آن‌جام گرفت. در هر بار نمونه‌برداری پنج سانتی‌متر از خطوط اصلی کاشت برداشت شد و به ساقه، برگ و سنبله تفکیک گردید. بوته‌ها به مدت ۷۲ ساعت به منظور تثبیت وزن خشک نهایی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرآیند انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه با استفاده از روابط یک تا چهار برآورد گردید (Barnett and Pearce, 1983).

رابطه ۱: $$DMT = DMA - DMM$$

که در آن DMT[1] میزان انتقال ماده خشک کل بر حسب گرم در مترمربع، DMA[2] حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول و DMM[3] میزان ماده خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک است.

رابطه ۲: $$CDMAG = DMT / GY*100$$

در این رابطه CDMAG[4] سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک کل در تشکیل دانه بر حسب درصد، DMT میزان

[1] Dry Matter Translocation
[2] Dry Matter at Anthesis
[3] Dry Matter at Maturity
[4] Contribution of Dry Matter Assimilates to Grain

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

انتقال ماده خشک بر حسب گرم در مترمربع و GY[1] عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع می‌باشد.

رابطه ۳: $SDMT = SDMM - SDMA$

در این رابطه SDMT[2] میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر حسب گرم در مترمربع، SDMA[3] حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول و SDMM[4] وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌باشد.

رابطه ۴: $CSAG = SDMT / GY*100$

در این رابطه CSAG[5] سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه بر حسب درصد، SDMT میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر بر حسب گرم در مترمربع و GY عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع می‌باشد.

برای بررسی شاخص‌های رشدی هر ده روز یک بار نمونه‌برداری به روش تخریبی صورت گرفت. هر بار ده سانتی‌متر از خطوط کاشت انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۷۲ ساعت و یا بیش‌تر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۵±۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شدند. وزن خشک کل و شاخص سطح برگ با استفاده از روابط ۵ و ۶ و به‌صورت زیر برآورد شدند (Khandkar *et al.*, 1992):

رابطه ۵: $TDM= e^{(a+bt+ct^2+dt^3)}$

رابطه ۶: $LAI= e^{(a+bt+ct^2)}$

در این روابط a، b، c و d ضرایب معادله و t فاصله بین مراحل نمونه‌برداری است. در زمان رسیدگی تعداد ۱۰ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت‌کننده برداشت گردید سپس صفات مختلف مانند تعداد دانه در سنبله بر روی این بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای تعیین وزن هزار دانه، چهار توده بذری ۲۵۰ تایی وزن گردید و مجموع آن‌ها به‌عنوان وزن هزاردانه یادداشت گردید. عملکرد دانه از سطحی معادل یک مترمربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد گردید. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودارها و شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

[1] Grain Yield
[2] Stem Dry Matter Translocation
[3] Stem Dry Matter at Anthesis
[4] Stem Dry Matter at Maturity
[5] Contribution of Stem Assimilates to Grain

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر محدودیت آبی، کودهای بیولوژیک، محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن ریشه، میزان انتقال ماده خشک، سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه، میزان انتقال ماده خشک از ساقه و سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر نانواکسیدروی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد و سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه تریتیکاله

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	میزان انتقال ماده خشک	سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه	میزان انتقال ماده خشک از ساقه	سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه
R	۲	۲۸۰۱/۸۳ **	۵۸/۳۴ **	۲۷/۲ **	۱۳۳/۳ **	۴/۷۶**	۶۹/۶۳ **	۳/۸۲ **
I	۲	۴۵۷۱۵۴/۰۶ **	۲۸۱۸/۲۷ **	۱۶۹۲/۵۷ **	۴۱۸۵/۸۲ **	۴۵۵۴/۴۵ **	۴۶۲۰/۶ **	۲۹۲۵/۱۶ **
F	۳	۱۰۱۵۹۶/۵۹ **	۲۳۷/۱۲ **	۴۹۵/۲۸ **	۱۵۷۶/۰۹ **	۹۸۳/۸۵ **	۱۲۶۸/۰۹ **	۵۹۷/۷ **
Zn	۳	۱۰۹۲۳۸/۶۷ **	۵۰۳/۷۸ **	۹۵۷/۴۸ **	۳۳۱/۵۷ **	۸۶۹/۴۹ **	۲۱۷/۴ **	۴۴۱/۰۲ **
F * I	۶	۶۶۲۲/۰۱ **	۱/۵۵ **	۲۱/۵۶ **	۱۵۹/۶ **	۱۵/۳ **	۳۴/۶ **	۱۹/۸۸ **
Zn * I	۶	۲۰۱۲/۸۱ **	۱/۰۲ **	۵/۶ **	۵۳/۹۵ **	۳۱/۲۷ **	۶۲/۳۲ **	۱۴/۹۱ **
F * Zn	۹	۱۸۱۲/۲۶ **	۳/۰۱ **	۱۲/۷۲ **	۸/۶۱ **	۱۵/۷۵ **	۱۱۷/۳۶ **	۲۵/۶۴ **
F * Zn * I	۱۸	۷۶۷/۶۶ **	۲/۴۲ **	۶/۵۸ **	۲۸/۵۹ **	۲/۵۹ **	۵۳/۷۹۲ **	۶/۴۲ **
E	۹۴	۱۴۲۸/۸۴	۲۳/۶۸	۰/۳۴	۱/۴۵	۰/۴۵	۱/۰۴	۰/۲۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۰/۳۲	۱۰/۶۷	۱/۱۵	۱/۴۰۳	۲/۵۷	۱/۷۵	۳/۰۳

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.
R تکرار، I محدودیت آبی، F کودهای بیولوژیک، Zn نانواکسیدروی و E اشتباه آزمایشی می‌باشد.

عملکرد کل

بیش‌ترین عملکرد در آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزایی و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی (۶۶۳/۲۶ گرم در مترمربع) و کم‌ترین آن در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی (۱۹۸/۴۶ گرم در مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۳). از آن‌جا که عملکرد دانه تابعی از اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد، بنابراین افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و هم‌چنین وزن هزار دانه در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزایی و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی موجب افزایش عملکرد دانه شده است. بخشی از افزایش عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل را می‌توان به افزایش شاخص سطح برگ در این تیمار به واسطه کاربرد باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزا نسبت داد که به نظر می‌رسد این افزایش شاخص سطح برگ به دلیل افزایش فتوسنتز جاری موجب بهبود عملکرد شده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانواکسیدروی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد تریتیکاله

ترکیب تیماری	عملکرد (گرم در مترمربع)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	میزان انتقال ماده خشک (گرم در مترمربع)	میزان انتقال ماده خشک از ساقه (گرم در مترمربع)	سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه (درصد)	سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)
$I_1F_0ZnO_0$	۳۱۷/۶ op	۴۵/۰۵ klm	۴۶/۴۲ pq	۹۳/۹۷ fghi	۶۲/۱۶ j	۲۸/۹۹ g-j	۱۹/۵۷ i-l
$I_1F_1ZnO_0$	۴۱۰/۴ gh	۵۰/۵۳ ef	۴۸/۸ mn	۸۲/۱۲ o	۵۴/۱۶ pq	۲۰ o-r	۱۳/۱۹ p-s
$I_1F_2ZnO_0$	۳۸۸/۵۳ ij	۴۶/۲۸ ij	۴۸/۳۲ no	۷۶/۹۶ rs	۵۴/۱ pq	۱۹/۸ p-r	۱۳/۹۲ o-r
$I_1F_3ZnO_0$	۴۵۰/۶۳ f	۵۳/۱۵ d	۵۵/۳ fgh	۷۳/۵ tu	۴۷ uv	۱۶/۳۰۶ s-u	۱۰/۴۲ t-x
$I_1F_0ZnO_1$	۳۲۶/۱ nop	۴۹/۲۴ g	۵۱/۴۶ l	۸۸/۱۸ lm	۵۸/۲۳ klm	۲۷/۰۴ j-l	۱۷/۸۵ l-n
$I_1F_1ZnO_1$	۴۸۸/۱ e	۵۱/۰۷ e	۵۴/۵۴ ghi	۷۶/۳۳ s	۵۷/۹۳ klmn	۱۵/۶۳ t-v	۱۱/۸۷ r-w
$I_1F_2ZnO_1$	۳۹۸/۴۶ hi	۵۰/۰۷ efg	۵۶/۱۸ f	۷۲/۷۲ tu	۴۴/۷۳ w	۱۸/۲۴ q-t	۱۱/۲۲ s-w
$I_1F_3ZnO_1$	۵۵۸/۶۶ c	۵۵/۱۶ c	۵۸/۴۸ de	۷۱/۸۶ uv	۴۴/۴۶ w	۱۲/۸۶ v-x	۷/۹۵ x-z
$I_1F_0ZnO_2$	۴۰۷/۷ gh	۵۳/۶۳ d	۵۵/۵۴ fg	۸۶/۶ mn	۵۶/۵ no	۲۱/۲۴ n-q	۱۳/۸۵ o-s
$I_1F_1ZnO_2$	۴۹۲/۷ e	۵۵/۲۵ c	۵۴/۱۷ hij	۷۱/۷۸ uv	۴۸/۲۶ tu	۱۴/۵۶ u-w	۹/۷۹ u-y
$I_1F_2ZnO_2$	۴۱۹/۲۳ g	۵۴/۹۵ c	۶۰/۹۱ c	۷۰/۶۹ vw	۴۱/۳۶ xy	۱۶/۸۶ r-u	۹/۸۶ u-y
$I_1F_3ZnO_2$	۵۷۶/۴۳ b	۵۷/۲۶ b	۶۴/۰۸ b	۶۸/۲۶ xy	۴۲/۶۳ x	۱۱/۸۴ wx	۷/۳۹ yz
$I_1F_0ZnO_3$	۴۶۲ f	۵۴/۹ c	۵۹/۳۲ d	۸۵/۲۱ n	۴۷/۵۳ uv	۱۸/۴۴ q-t	۱۰/۲۹ t-x
$I_1F_1ZnO_3$	۵۷۰/۸۶ bc	۵۷/۹۳ b	۶۰/۹۳ c	۶۷/۷۲ xy	۴۷ uv	۱۱/۸۶ wx	۸/۲۳ x-z
$I_1F_2ZnO_3$	۵۱۲/۳۳ d	۵۵/۴۸ c	۶۳/۴۴ b	۷۱/۹۶ uv	۴۷/۵ uv	۱۴/۰۴ u-w	۹/۲۷ w-y
$I_1F_3ZnO_3$	۶۶۳/۲۶ a	۶۱/۲ a	۶۸/۳۳ a	۶۶/۶۹ y	۴۰/۹ y	۱۰/۰۵ x	۶/۱۶ z
$I_2F_0ZnO_0$	۲۵۵/۰۶ tuv	۳۸/۱۱ qr	۴۱/۵۶ uv	۹۵/۵۲ cdef	۷۰/۷ d	۳۷/۴۶ cd	۲۷/۷۱ d
$I_2F_1ZnO_0$	۳۱۱/۵۳ pq	۴۳/۲۸ n	۴۴/۶۲ rs	۹۵/۲۷ defg	۶۲/۲ j	۳۰/۵۹ f-i	۱۹/۹۷ i-l
$I_2F_2ZnO_0$	۲۹۲ r	۳۹/۰۶ q	۴۲/۳۲ tu	۹۲/۶۱ ij	۵۸ klmn	۳۱/۷۲ e-g	۱۹/۸۶ i-l
$I_2F_3ZnO_0$	۳۴۴/۵۳ m	۴۵/۴۷ jkl	۴۸/۸۲ mn	۸۰/۰۵ pq	۴۹/۲۳ t	۲۳/۲۴ m-o	۱۴/۲۹ o-r
$I_2F_0ZnO_1$	۲۹۶/۵۶ qr	۴۱/۱۶ op	۴۴/۴۸ rs	۹۶/۱۱ cde	۶۵/۱ gh	۳۲/۴ ef	۲۱/۹۴ g-i
$I_2F_1ZnO_1$	۳۶۳/۲۶ l	۴۶/۲۴ ijk	۵۲/۴۳ kl	۹۱/۸۹ jk	۵۹/۰۳ k	۲۵/۲۹ k-m	۱۶/۲۵ m-o
$I_2F_2ZnO_1$	۳۱۲/۱۶ pq	۴۱/۶۶ o	۴۷/۶۳ nop	۸۵/۵۵ n	۵۷/۳۳ lmn	۲۷/۴۱ i-l	۱۸/۳۷ k-m
$I_2F_3ZnO_1$	۳۹۹/۸ hi	۴۷/۸۷ h	۵۲/۶۴ kl	۷۴/۱۷ t	۴۷/۹۶ tu	۱۸/۵۴ q-t	۱۱/۹۹ r-v
$I_2F_0ZnO_2$	۳۳۴/۶ mno	۴۴/۹۴ lm	۴۳/۴۸ st	۹۳/۹۸ fghi	۶۱/۳۶ j	۲۸/۰۹ h-k	۱۸/۳۴ k-m
$I_2F_1ZnO_2$	۳۸۳/۹ ijk	۴۷/۵۸ h	۵۳/۳ jk	۹۰ kl	۵۸/۸۶ kl	۲۳/۴۴ mn	۱۵/۳۳ n-p
$I_2F_2ZnO_2$	۳۸۰/۶ jkl	۴۷/۰۴ hi	۵۴/۶۱ ghi	۸۶/۵ mn	۵۶/۷ mno	۲۲/۷۲ m-p	۱۴/۸۹ o-q
$I_2F_3ZnO_2$	۴۵۰/۶ f	۴۹/۸۴ fg	۵۵/۱۲ fgh	۷۲/۲۲ tuv	۴۶/۷۶ uv	۱۶/۰۲ t-v	۱۰/۳۷ t-x
$I_2F_0ZnO_3$	۳۷۱/۱ kl	۴۶/۸۷ hi	۵۱/۴۳ l	۹۰/۶۱ k	۵۵/۲۶ op	۲۴/۴۱ l-n	۱۴/۸۹ o-q
$I_2F_1ZnO_3$	۴۱۸/۹۶ g	۵۰/۹۱ ef	۵۸/۰۲ e	۸۱/۶۷ op	۵۲/۶ qr	۱۹/۴۹ p-s	۱۲/۵۵ q-t
$I_2F_2ZnO_3$	۴۱۸/۲۳ g	۴۹/۷۳ fg	۵۸/۵۳ de	۷۸/۶۱ qr	۵۲/۰۳ rs	۱۸/۷۹ q-t	۱۲/۴۳ q-u
$I_2F_3ZnO_3$	۴۸۷/۱۳ e	۵۳/۱۱ d	۶۰/۸۵ c	۶۸/۹۴ wx	۴۵/۹۳ vw	۱۴/۱۵ u-w	۹/۴۲ v-y
$I_3F_0ZnO_0$	۱۹۸/۴۶ x	۳۱/۲۵ v	۳۵/۶ x	۱۰۷/۶۸ a	۸۱/۳ a	۵۴/۲۹ a	۴۰/۹۷ a
$I_3F_1ZnO_0$	۲۱۹/۱۶ w	۳۳/۶۵ u	۳۹/۴۳ w	۹۷/۳۱ c	۷۷/۰۳ b	۴۴/۴۳ b	۳۵/۱۶ b
$I_3F_2ZnO_0$	۲۱۰/۰۶ wx	۳۲/۷۳ u	۳۸/۸۲ w	۹۴/۴۴ efghi	۶۷/۱۶ ef	۴۴/۹۹ b	۳۲ c
$I_3F_3ZnO_0$	۲۳۹/۴ v	۳۶/۷۸ s	۴۳/۸۳ s	۸۷/۱۱ mn	۵۰/۹۳ s	۳۶/۴۲ cd	۲۱/۲۹ h-j
$I_3F_0ZnO_1$	۲۱۹/۰۳ w	۳۵/۲۶ t	۳۸/۳۴ w	۱۰۰/۴۴ b	۷۶/۵۶ bc	۴۵/۸۸ b	۳۴/۹۸ b
$I_3F_1ZnO_1$	۲۵۸/۰۶ tu	۳۶/۹۶ rs	۴۵/۴۲ qr	۹۳/۳۳ ghij	۶۸/۴ e	۳۶/۱۹ cd	۲۶/۵۳ de
$I_3F_2ZnO_1$	۲۴۱/۶۶ uv	۳۵/۳۷ t	۴۲/۳۱ tu	۹۵/۲۲ defg	۶۲/۸۶ ij	۳۹/۴۳ c	۲۶/۰۲ de
$I_3F_3ZnO_1$	۳۲۰/۷ op	۳۸/۹۶ q	۴۸/۸۲ mn	۹۲/۹۵ ij	۶۵/۹ fg	۲۸/۹۹ g-j	۲۰/۵۵ i-k
$I_3F_0ZnO_2$	۲۴۲/۹ uv	۳۶/۲۳ st	۴۰/۷۵ v	۹۵/۰۱ defgh	۸۲/۹ a	۳۹/۱۳ c	۳۴/۱۶ bc
$I_3F_1ZnO_2$	۲۶۴/۲ st	۴۰/۴۲ p	۴۳/۵۱ st	۹۵/۵۵ cdef	۶۶/۳۳ fg	۳۶/۱۶ cd	۲۵/۱۱ d-f
$I_3F_2ZnO_2$	۲۵۸/۱ tu	۳۸/۰۹ qr	۴۴/۳۲ rs	۹۳/۱۹ hij	۶۲/۷۳ ij	۳۶/۱۱ cd	۲۴/۳۲ e-g
$I_3F_3ZnO_2$	۳۴۱/۳۳ mn	۴۱/۹۸ o	۵۳/۶۱ ijk	۹۱/۵۹ jk	۶۵/۶۳ fgh	۲۶/۸۴ j-l	۱۹/۲۳ j-l
$I_3F_0ZnO_3$	۲۸۰/۰۶ rs	۳۹/۱۵ q	۴۷/۲۵ op	۹۶/۹۳ cd	۶۵/۰۶ gh	۳۴/۶۳ de	۲۳/۲۷ f-h
$I_3F_1ZnO_3$	۳۶۳/۷۳ l	۴۳/۸۵ mn	۴۹/۸۴ m	۹۹/۷ b	۷۵/۲۳ c	۲۷/۴۱ i-l	۲۰/۶۸ h-k
$I_3F_2ZnO_3$	۲۹۲ r	۴۰/۳۸ p	۴۹/۷۷ m	۹۱/۴۱ jk	۶۴/۱ hi	۳۱/۳۱ e-h	۲۱/۹۵ g-i
$I_3F_3ZnO_3$	۳۷۲/۰۳ jkl	۴۴/۹۳ lm	۵۴/۶ ghi	۹۱/۵۵ jk	۷۱ d	۲۴/۶۱ lm	۱۹/۰۸۶ j-l
$LSD_{\%5}$	۱۷/۴۲	۱/۲۱	۱/۲۳	۱/۹۵	۱/۶۵	۳/۳۵	۲/۶۶

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

I_1، I_2 و I_3: به‌ترتیب آبیاری کامل، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی. F_0، F_1، F_2 و F_3: به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد مایکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. ZnO_0، ZnO_1، ZnO_2 و ZnO_3: به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

Ben Ghnaya (۲۰۰۷) اظهار داشت سیستم فتوسنتزی و فعالیت آن تحت اثر عنصر روی قرار می‌گیرد و هم‌زیستی مایکوریزایی به دلیل افزایش پتانسیل جذب ریشه گیاه و یون‌های فلزی مانند روی و آهن موجب افزایش توان فتوسنتزی گیاه در طی پر شدن دانه می‌شوند. Wright و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان مایکوریزایی شده به قارچ‌های مایکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند. افزایش اجزاء عملکرد را می‌توان به نقش مؤثر باکتری‌های محرک رشد در تثبیت نیتروزن و رهاسازی آن در مراحل حساس رشدی نظیر ساقه‌دهی و سنبله‌دهی نسبت داد (Kaya *et al.*, 2012). Royo و Blanco (۱۹۹۸) کاهش ۴۲ درصدی عملکرد دانه تریتیکاله را در شرایط محدودیت آبی گزارش کردند.

تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه

بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۶۱/۲ عدد) و نیز وزن هزار دانه (۶۸/۳۳ گرم) در آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزایی و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله (۳۱/۲۵ عدد) و وزن هزار دانه (۳۵/۶ گرم) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری کامل و تلقیح بذر با کودهای زیستی افزایش عرضه عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی به‌خصوص در مرحله پر شدن دانه، موجب بهبود میزان مواد ذخیره شده در دانه و همین امر منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است. Carlier و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند موجب افزایش ۶ درصدی وزن هزار دانه، ۱۳ درصدی تعداد سنبله و ۳۰ درصدی تعداد دانه در سنبله شد. تحقیقات نشان داده‌اند که بین قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد اثر متقابل مثبتی وجود دارد (Antunes *et al.*, 2005). به‌طوری‌که تلقیح بذر گندم و ذرت با باکتری آزوسپریلیوم، استقرار مایکوریزا بر آن‌ها را افزایش می‌دهد (Ibrahim *et al.*, 1990).

میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته و ساقه در عملکرد دانه

بیش‌ترین میزان انتقال ماده خشک کل (۱۰۷/۶۸ گرم در مترمربع) و انتقال مجدد از ساقه (۸۱/۳ گرم در مترمربع) در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و کم‌ترین آن‌ها (به‌ترتیب با ۶۶/۶۹ گرم در مترمربع و ۴۰/۹ گرم در مترمربع) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی به‌دست آمد (جدول ۳). Blum (۱۹۹۸) اظهار داشت که پس از گل‌دهی، فتوسنتز جاری و انتقال ماده خشک دو منبع اساسی در پر شدن دانه است. سهم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

فتوسنتز جاری در شرایط وجود تنش‌های محیطی به واسطه پیری زودرس و ریزش برگ‌ها طی دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد، در حالی‌که تقاضای دانه‌ها برای مواد فتوسنتزی وجود دارد و در این راستا Schnyder (۱۹۹۳) معتقد است تحت شرایط تنش خشکی، فتوسنتز جاری کاهش یافته و انتقال مجدد افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزا با تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی موجب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه بهبود فتوسنتز جاری شده است. ولی به نظر می‌رسد که در شرایط محدودیت آبی به دلیل کاهش طول دوره رشد، تسریع پیری و ریزش برگ‌های پایینی، چون سهم فتوسنتز جاری به واسطه کاهش سطح برگ کاهش می‌یابد در نتیجه بخش بیش‌تری از پر شدن دانه به واسطه انتقال بیش‌تر ماده خشک به سمت دانه تأمین می‌شود. Papakosta و Gagianas (۱۹۹۱) اظهار داشته‌اند تنش خشکی پس از گل‌دهی فتوسنتز را محدود می‌کند، در چنین شرایطی عملکرد تا حد زیادی به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه بستگی دارد. Davidson و Chevalier (۱۹۹۲) گزارش کردند که سهم ذخایر کربوهیدراتی ساقه در عملکرد نهایی دانه در شرایط عادی حدود ۱۲ درصد و در شرایط تنش خشکی حدود ۴۰ درصد است.

سهم انتقال مجدد ماده خشک و ذخایر ساقه در عملکرد دانه

طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه (۵۴/۲۹ درصد) و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (۴۰/۹۷ درصد) در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و کم‌ترین آن‌ها به‌ترتیب با (۱۰/۰۵ درصد) و (۶/۱۶ درصد) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی مشاهده گردید (جدول ۳). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرآیند در عملکرد دانه، بیش‌تر تحت تأثیر روابط منبع و مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (سیدشریفی و نظرلی، ۱۳۹۲). به نظر می‌رسد که در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد، در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد. ولی در شرایط تنش مانند 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 به دلیل 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 (عباس‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). در طول رشد دانه گندم، ماده خشک و کربوهیدرات‌های محلول بیش‌تری از بافت‌های مختلف گیاه به سمت دانه حرکت می‌کنند که این حرکت از نظر مقدار و سهم آن در وزن دانه در شرایط تنش خشکی بیش‌تر می‌شود (Hossain *et al.*, 1990).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.26.3.0]

زیست‌توده کل

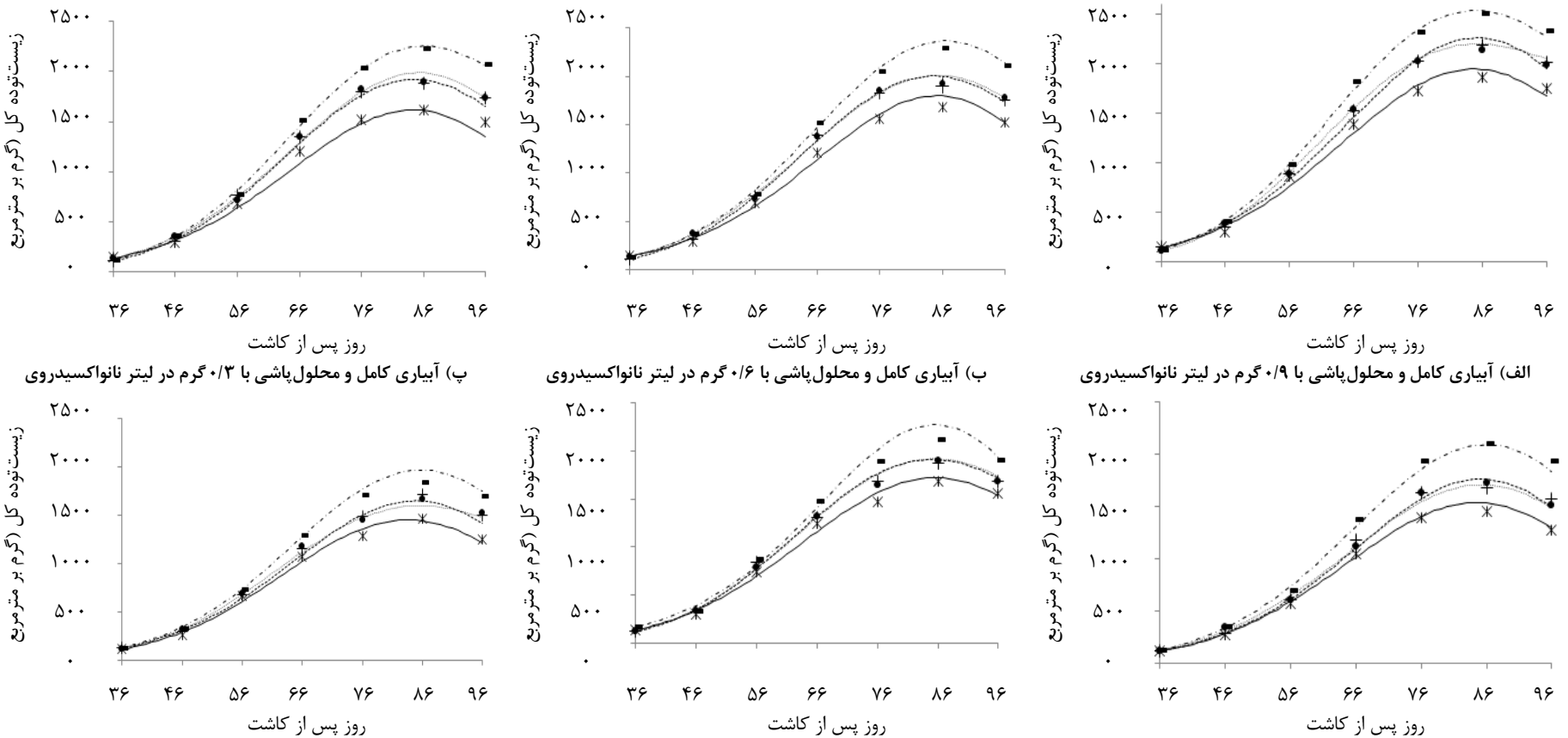
بررسی روند تغییرات ماده خشک نشان داد که در ابتدای فصل رشد در تمامی تیمارهای مورد بررسی از الگوی نسبتاً یکسانی پیروی کرد (شکل‌های۱ و ۲). به‌طوری‌که در کلیه ترکیبات تیماری، روند تغییرات ماده خشک کل در ابتدا کند بود ولی در ادامه فصل رشد با افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه، شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیش‌تری به خود گرفت و در ۸۵ روز بعد از کاشت به حداکثر خود رسید، سپس در انتهای دوره رشد از روند کاهشی برخوردار گردید. به نظر می‌رسد که این کاهش در نتیجه افزایش سن گیاه، پیری برگ‌ها، کاهش کلروفیل و عدم توانایی آن‌ها در ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت با ریزش آن‌ها همراه باشد (کمری و همکاران، ۱۳۹۳). در کل، در حالت آبیاری کامل، کاربرد توأم کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانواکسیدروی، میزان تجمع ماده خشک نسبت به حالت محدودیت آبی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی روند افزایشی نشان داد. بیش‌ترین ماده خشک تولیدی به ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزا و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی و کم‌ترین آن به ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی تعلق داشت (شکل ۱- الف و ج). نتایج مشابهی در مورد افزایش معنی‌دار زیست‌توده اندام هوایی گندم در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد توسط Ravikumar و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. Boomsma و Vyn (۲۰۰۸) اظهار داشتند همزیستی مایکوریزایی با تعدیل شرایط تنش‌های آبی توسط تغییر روابط آب گیاه و افزایش فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردند.

شاخص سطح برگ

بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ گیاه زراعی نشان داد که در تمام ترکیبات تیماری شاخص سطح برگ تا ۷۶ روز پس از کاشت افزایش یافته و پس از آن روند نزولی داشت (شکل‌های ۳ و ۴). همان‌طور که ملاحظه می‌شود در حالت آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و مایکوریزا و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی شاخص سطح برگ نسبت به حالت محدودیت آبی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی بیش‌تر است (شکل ۳- الف و ج). دلیل کاهش سطح برگ در مراحل مختلف رشد در سطوح مختلف کود زیستی تحت شرایط کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل را می‌توان به کاهش مواد فتوسنتزی برای رشد و توسعه سلول‌های برگ و افزایش پیری برگ در شرایط تنش نسبت داد (Betran *et al.*, 2003). هم‌چنین افزایش سطح برگ تحت شرایط تنش کم‌آبی در گیاهان کلونیزه شده با مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به کاهش پیری برگ به واسطه افزایش تولید کلروفیل یا کاهش تخریب آن نسبت داد (Boomsma and Vyn, 2008).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]



الف) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ب) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسیدروی

پ) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۳ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ت) آبیاری کامل و عدم محلول‌پاشی

ث) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ج) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و محلول‌پاشی با ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسیدروی

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد مایکوریزا) .....

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) - - - -

مقادیر مشاهده شده (کاربرد مایکوریزا) •

مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) —

مقادیر پیش‌بینی شده (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک) ——

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس) — — —

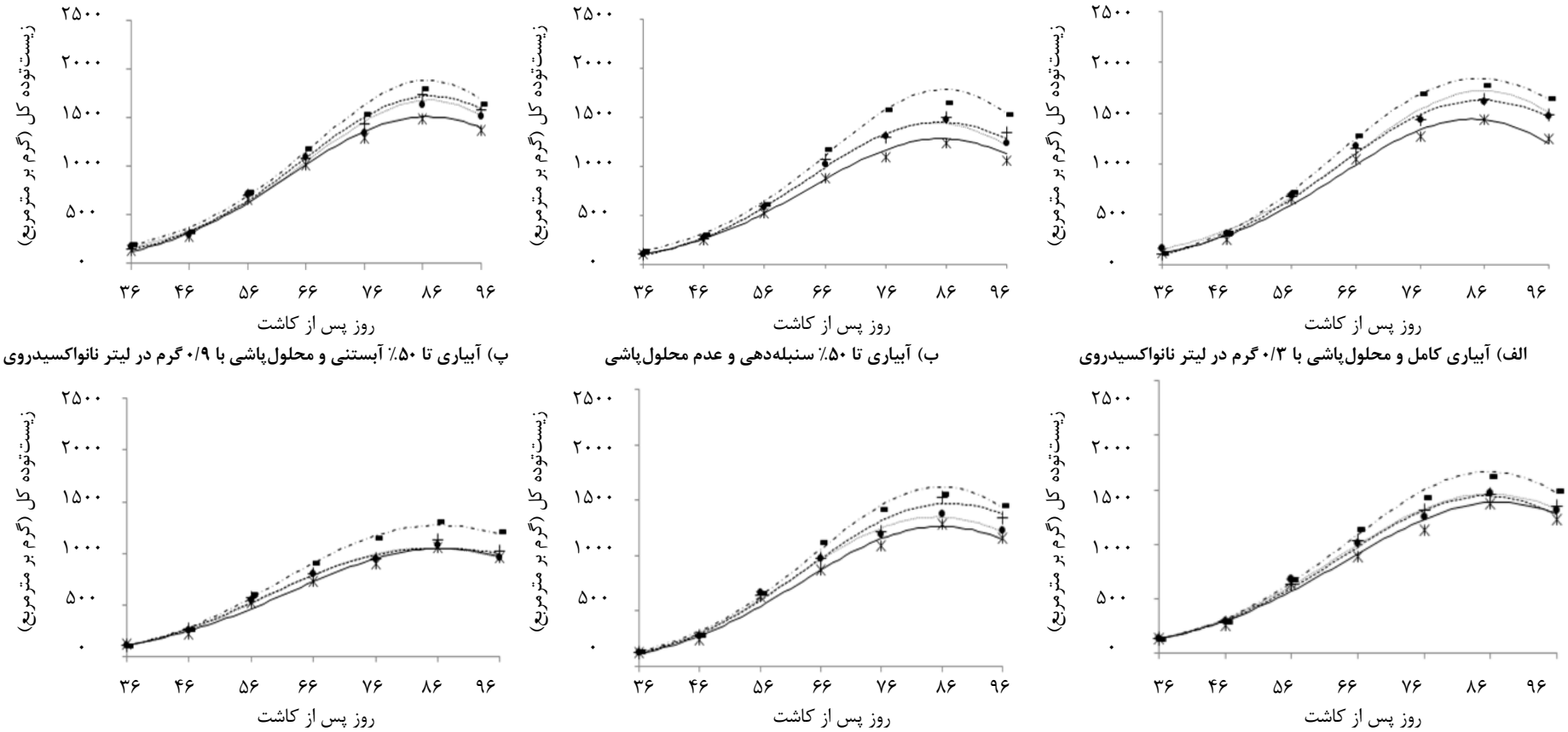
مقادیر مشاهده شده (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک) ✳

مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس) +

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.26.3.0]

شکل ۱: اثر نانواکسیدروی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر روند تجمع ماده خشک تریتیکاله



الف) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۳ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ب) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و عدم محلول‌پاشی

پ) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ت) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و محلول‌پاشی با ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ث) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و محلول‌پاشی با ۰/۳ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ج) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و عدم محلول‌پاشی

مقادیر پیش‌بینی شده (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک) ——

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس) – – –

مقادیر مشاهده شده (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک) ✳

مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس) +

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد مایکوریزا) ·····

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) – · – ·

مقادیر مشاهده شده (کاربرد مایکوریزا) •

مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) —

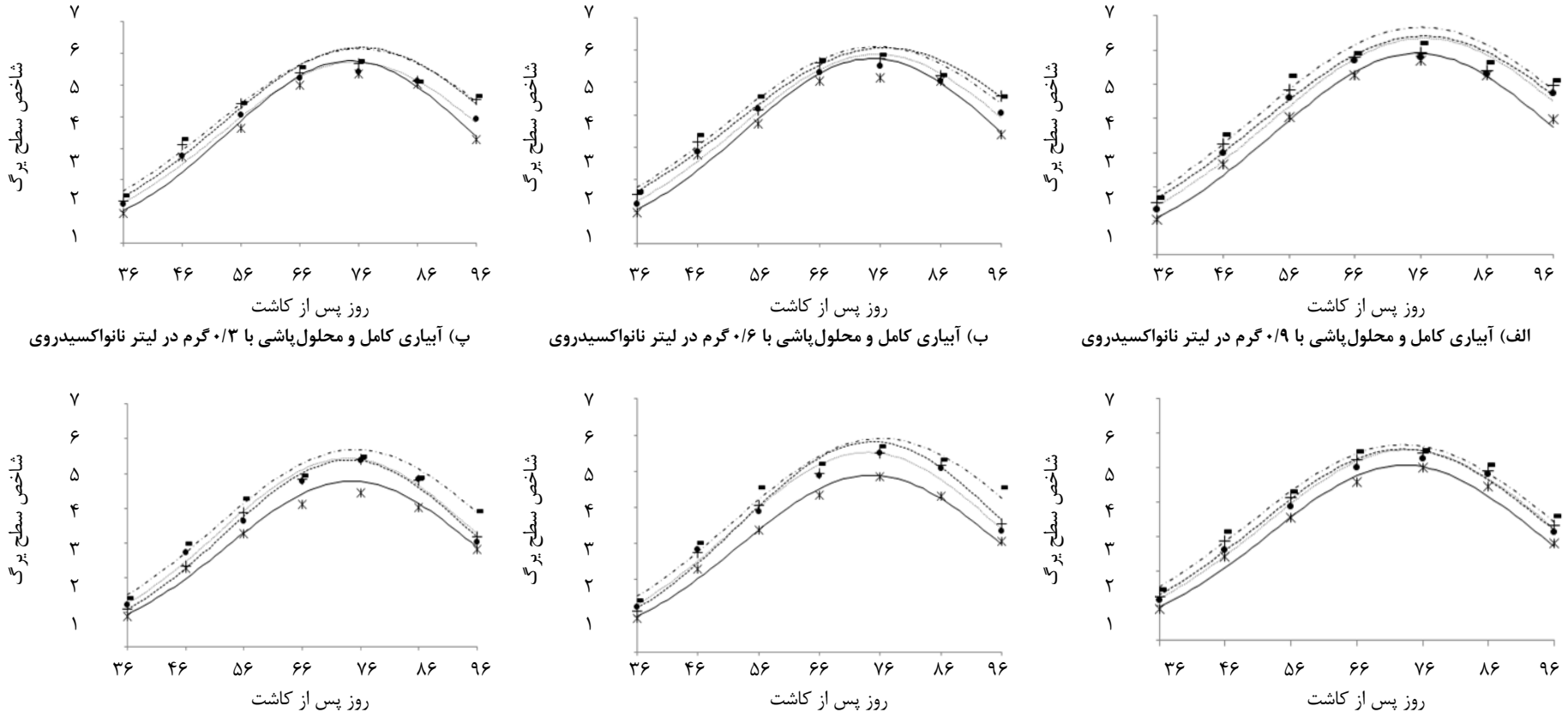
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

شکل ۲: اثر نانواکسیدروی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر روند تجمع ماده خشک تریتیکاله

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]



الف) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ب) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسیدروی

پ) آبیاری کامل و محلول‌پاشی با ۰/۳ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ت) آبیاری کامل و عدم محلول‌پاشی

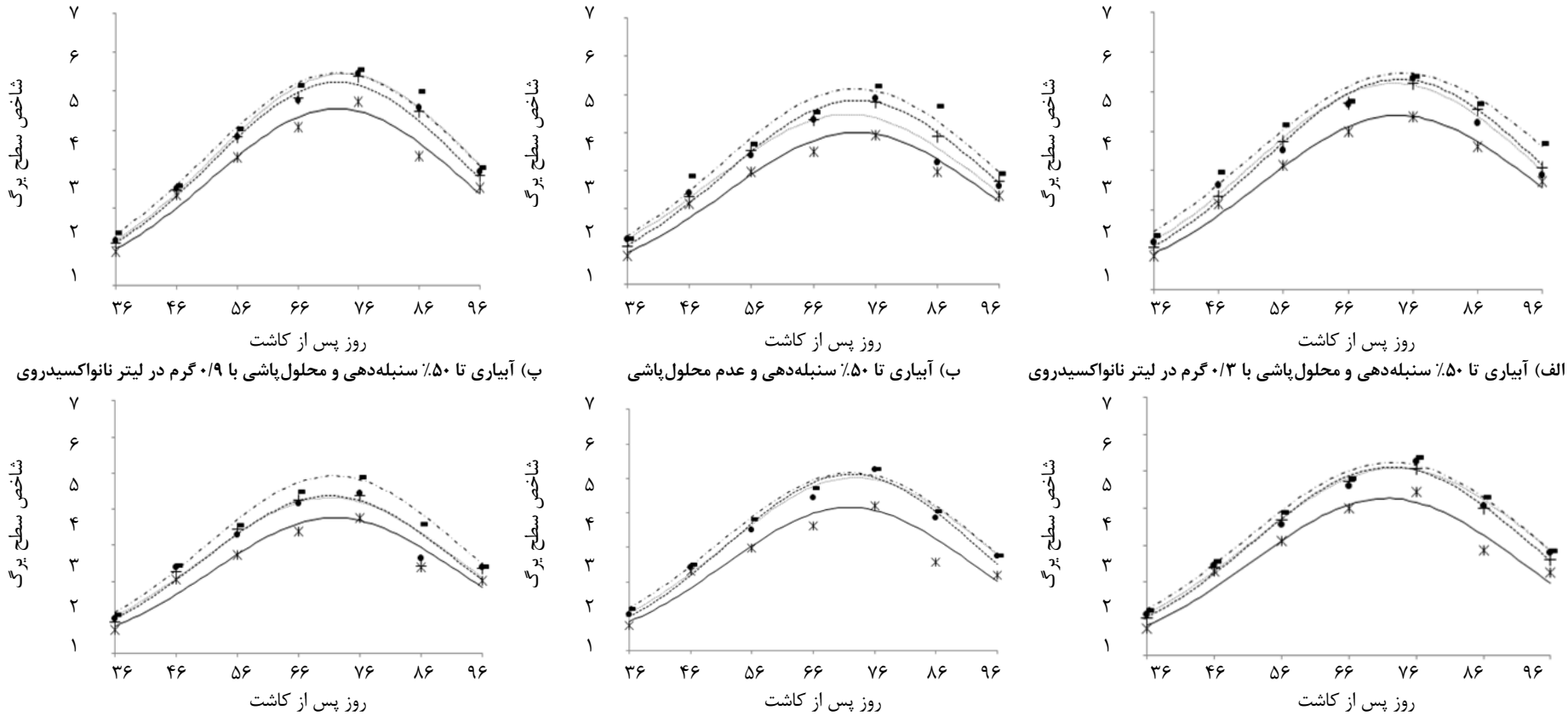
ث) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ج) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و عدم محلول‌پاشی

شکل ۳: اثر نانواکسیدروی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر روند شاخص سطح برگ تریتیکاله

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]



الف) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و محلول‌پاشی با ۰/۳ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ب) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و عدم محلول‌پاشی

پ) آبیاری تا ۵۰٪ سنبله‌دهی و محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ت) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و محلول‌پاشی با ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ث) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و محلول‌پاشی با ۰/۳ گرم در لیتر نانواکسیدروی

ج) آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی و عدم محلول‌پاشی

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد مایکوریزا) .....

مقادیر پیش‌بینی شده (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک) ——

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) — · —

مقادیر پیش‌بینی شده (کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس) — — —

مقادیر مشاهده شده (کاربرد مایکوریزا) •

مقادیر مشاهده شده (عدم کاربرد کودهای بیولوژیک) ✳

مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) —

مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس) +

شکل ۴: اثر نانواکسیدروی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر روند شاخص سطح برگ تریتیکال

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20084031.1394.7.26.3.0]

نتایج نشان داده است که همبستگی مثبتی بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک وجود دارد، به‌طوری‌که افزایش شاخص سطح برگ گیاه به دلیل افزایش جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی گیاه موجب افزایش عملکرد اقتصادی می‌گردد (ساجدی و اردکانی، ۱۳۸۶). خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) بیان داشتند که تلقیح بذور سیاه‌دانه با کودهای زیستی موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و در نتیجه عملکرد گیاه در مقایسه با شاهد می‌گردد. تنش کم‌آبی از عوامل اثرگذار بر توسعه سطح برگ می‌باشد (Gutirrez Boem and Thomas, 2001). به نظر می‌رسد مایکوریزا نیز در شرایط آبیاری نرمال با اثر مثبتی که در جذب روی دارد و روی با نقشی که در ساخته شدن آنزیم‌های مسئول فتوسنتز، سوخت و ساز دارد موجب بالا بردن شاخص سطح برگ در گیاه شده است (Saia *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری

با افزایش محدودیت آبی عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص سطح برگ و زیست‌توده کل کاهش و میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته و ساقه در عملکرد دانه افزایش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانواکسیدروی در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در حالت کاربرد توأم مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد، محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسیدروی و آبیاری کامل مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته و ساقه در عملکرد دانه در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی، عدم محلول‌پاشی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی به‌دست آمد و به نظر می‌رسد که در شرایط محدودیت آبی به دلیل کاهش طول دوره رشد، تسریع پیری و ریزش برگ‌های پایینی، چون سهم فتوسنتز جاری به واسطه کاهش سطح برگ کاهش می‌یابد در نتیجه بخش بیش‌تری از پر شدن دانه به واسطه انتقال بیش‌تر ماده خشک به سمت دانه تأمین می‌شود. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و کاربرد توأم مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در بهبود عملکرد، زیست‌توده کل و شاخص سطح برگ در شرایط محدودیت آبی مؤثر واقع شود.

منابع

خرم‌دل، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و قربانی، ر. ۱۳۸۷. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی سیاه‌دانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶ (۲): ۲۹۴-۲۸۵.

خوش‌گفتارمنش، ا.ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

ساجدی، ن.ع. و اردکانی، م.ر. ۱۳۸۶. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶ (۱): ۱۱۰-۹۹.

سیدشریفی، ر. و نظرلی، ح. ۱۳۹۲. تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال مجدد ماده خشک آفتابگردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳ (۳): ۴۵-۲۷.

عباس‌پور، س.، سیدشریفی، ر. و برمکی، م. ۱۳۹۱. تأثیر مقدار نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی. ۱۲۶ ص.

کمری، ح.، سیدشریفی، رئوف. و صدقی، م. ۱۳۹۳. تأثیر تلقیح با باکتری‌های محرک رشدی و نانواکسیدروی بر عملکرد، دوره پر شدن دانه و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی. ۱۳۹ ص.

ملکوتی، م.ج. و تهرانی، م.م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. مرکز نشر آموزش کشاورزی . ۱۷۶ ص.

Abraham, C.P., Viswagith, V., Prabha, S., Sundhar, K. and Malliga, P. 2007. Effect of coir pith based cyanobacterial basal and foliar biofertilizer on Baseella rubra L. Acta Agriculturae Slovenica. pp: 59-63. Academy of Science 91: 11-17.

Almagrabi, O.A. and Abdelmoneim, T.S. 2012. Using of Arbuscular mycorrhizal fungi to reduce the deficiency effect of phosphorous fertilization on maize plants (*Zea mays* L.). Life Science Journal 9 (4): 1648-1654.

Antunes, P.M., Deaville, D. and Goss, M.J. 2005. Effect of two AMF life strategies on tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. Mycorrhiza. Issue: Online First. Published online.

Aruna Geetha, S. and Thiyarajan, T.M. 2003. Remobilization of nitrogen in rice genotypes. Crop Research 25: 406-409.

Asensio, D.F., Rapparini, J. and Penuelas, J. 2012. AM fungi root colonization increases the production of essential isoprenoidsvs nonessential isoprenoids especially under drought stress conditions or after jasmonic acid application. Phytochemistry 77: 149-161.

Barnett, K.H. and Pearce, P.B. 1983. Source-Sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. Crop Science 23: 294-299.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

Ben Ghnaya, A. 2007. Morphological and physiological characteristics of rapeseed plants regenerated in vitro from thin cell layers in the presence of zinc. Plant Biology 330: 728-734.

Betran, F.J., Beck, D., Bänziger, M. and Edmeades, G.O. 2003. Secondary traits in parental inbreeds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. Field Crops Research 83: 51-65.

Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. Euphytica 100: 77-83.

Boomsma, C.R. and Vyn, T.J. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Research 108: 14-31.

Borras, L., Slafer, G.A. and Otegui, M.E. 2004. Seed dry Weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitive reappraisal. Field Crop Research 86: 131-146.

Carlier, E., Rovera, M., Jaume, A.R. and Rosas, S.B. 2008. Improvement of growth, under field conditions, of wheat inoculated with *Pseudomonas chlororaphis subsp*. Aurantiaca. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24: 2653-2658.

Davidson, D.J. and Chevalier, P.M. 1992. Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stems of spring wheat. Crop Science 32: 186-190.

Dehghanian, M. and Madandoost, M. 2008. Effect of Zn chelate on drought tolerance in wheat. Journal Agriculture and natural Resources. Science and Technology 45: 393-400.

Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J.M. and Haselwandter, K. 2001. Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: Mycorrhiza. 13: 53-54. Lovato, P. Book review.

Giunta, F., Motzo, R. and Deidda, M. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and *triticale* in a Mediterranean environment. Field Crops Research 33: 399-409.

Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G. and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 113: 17-35.

Grzesiak, S., Grzesiak, M.T., Filek, W. and Stabryta, J. 2003. Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant *triticale* (*Triticosecale* x *Wittmack*). Acta Physiologiae, Plantarum. 25(1): 29-37.

Gutirrez-Boem, F.H. and Thomas, G.W. 2001. Leaf area development in soybean as affected b y phosphorus nutrition and water deficit. Journal of Plant Nutrition 24(11): 1711-1729.

Hossain, A.D., Sear, S.R.G., Cox, T.S. and Paulson, G.M. 1990. Dessication tolerance and it relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science 30: 622-627.

Ibrahim, M.A., Campbell, W.F., Rupp, L.A. and Allen, E.B. 1990. Effects of mycorrhizae on sorghum growth, photosynthesis and stomatal conductance under drought conditions. Arid Soil Research and Rehabilitation 4: 99-107.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

Karakurt, H. and Kotan, R. 2011. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on fruit set, pomological and chemical characteristics,color values, and vegetative growth of sour cherry (Prunuscerasuscv. Kütahya). Turkish Journal of Biology 35: 283-291.

Kaya, Y.K., Arisoy, R.Z. and Gocmen, A. 2002. Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes by zinc fertilization. Pakistan Journal of Botany 1: 142-144.

Khandkar, U.R., Jain, N.K. and Shinde, D.A. 1992. Response of irrigated wheat to $ZnS0_4$ application in vertisol. Journal of the Indian Society of Soil Science 40:399-400.

Kumar, R., Sarawgi, A.K., Ramos, C., Amarante, S.T., Ismaeil, A.M. and Wade, L.J. 2006. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice Field Crop Research 96: 455-465.

Naderi, M.R. and Abedi, A. 2012. Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. Nanotechnology Journal 11(1): 18-26.

Oconnell, P.F. 1992. Sustainable agriculture-a valid alternative. Outlook on Agriculture 21: 5-12.

Palta, J.A., Kobata, T., Turner, N.C. and Fillery, I.R. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. Crop Science 334: 118-124.

Papakosta, D.K. and Gagianas, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and Losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864-870.

Prasad, T.N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S. and Sajanlal, P.R. 2012. Effect of nanoscale Zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition 35: 905-927.

Ravikumar, S., Kathiresan, K., Ignatiammal, S.T.M., Selvam, M.B. and Shanthy, S. 2004. Nitrogen. fixation *Azotobacters* from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 15: 157-160.

Royo, C. and Blanco, R. 1998. Use of potassium iodide to mimic drought stress in *triticale*. Field Crops Research 59: 201-212.

Saia, S., Ruisi, P., García-Garrido, J.M., Benítez, E., Amato, G. and Giambalvo, D. 2012. Can arbuscular mycorrhizal fungi enhance plant nitrogen capture from organic matter added to soil? 17th Nitrogen Workshop. 26-29 June. Wexford, Ireland.

Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T. and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant Soil 205(1): 85-92.

Salehi, M. and Tamaskoni, F. 2008. Effect nanocid at seed treatment on germination and seedling growth of wheat under salinity. Seed Science and Technology 2: 204-209.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]

Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling- a review. New Phytologist 123: 233-245.

Song, F., Song, G., Dong, A. and Kong, X. 2011. Regulatory mechanisms of host plant defense responses to arbuscular mycorrhiza. Acta Ecologica Sinica 31: 322–327.

Wright, D.P., Scholes, J.D. and Read, D.J. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. Plant Cell Environment 21: 209-216.

Yang, F., Hong, F.S., You, W.J., Liu, C., Wu, C. and Yang, P. 2006. Influences of nanoanatase TiO_2 on the nitrogen metabolism of growing spinach. Biological Trace Element Research 110: 179-190.

Yang, J. and Zhang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytologist 169: 223-236.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.3.0]