

اثر کودهای بیولوژیک و نانو اکسید آهن و روی بر عملکرد کوانتومی و روند پر شدن دانه گندم در شرایط شوری خاک

خدیجه بابایی^۱، رئوف سید شریفی^{۲*}، علیرضا پیرزاد^۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۳۰

۱- دانشجوی دکتری زراعت (فیزیولوژی گیاهان زراعی)، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه: Email: raouf_ssharifi@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک و نانو اکسید آهن و روی بر روند تغییرات برخی صفات فیزیولوژیک و پارامترهای پر شدن دانه‌ی گندم در شرایط شوری خاک، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. عوامل شامل شوری خاک در سه سطح عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار در خاک با استفاده از نمک NaCl، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح عدم تلقیح، تلقیح با *ازتوباکتر کروکوکوم* استرین ۵، *آزوسپیریلوم لیپوفروروم* سویه OF و *سودوموناس پوتیدا* استرین ۱۸۶ و محلول پاشی در چهار سطح بدون نانو اکسید یا محلول پاشی با آب به عنوان شاهد، کاربرد نانو اکسید آهن، نانو اکسید روی و نانو اکسید آهن با روی به نسبت ۱/۵ گرم در لیتر را شامل می‌شدند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مولفه‌های پر شدن دانه همچون حداکثر وزن دانه (۰/۰۴۹ گرم)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۱۷۲ گرم در روز)، طول دوره (۵۲/۸۵ روز) و دوره‌ی موثر پر شدن دانه (۳۹/۱۸ روز) در شرایط عدم اعمال شوری، تلقیح بذر با *سودوموناس* و محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و روی بدست آمد. نتایج مشابهی نیز در شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی بدست آمد. کاربرد نانو اکسید آهن و روی عملکرد دانه را ۱۷/۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آنها در بالاترین سطح شوری افزایش داد. از این رو به نظر می‌رسد که کودهای زیستی و نانو اکسید آهن و روی می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای افزایش عملکرد دانه تحت شرایط شوری خاک استفاده شود.

واژه های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، تنش، تلقیح بذر، گندم، نانو ذرات

Effects of Biofertilizers, Nano Zn Oxide and Nano Fe Oxide on Quantum Yield and Variation of Grain Filling of wheat (*Triticum aestivum* L.) under Soil Salinity Condition

Khadeje Babaei¹, Raouf Seyed Sharifi^{2*}, Alireza Pirzad³

Received: July 16, 2019 Accepted: January 20, 2020

1-Agronomy PhD Student, Crop Physiology, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

2-Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

3- Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, , Iran.

*Corresponding Author Email: raouf_ssharifi@yahoo.com

Abstract

In order to evaluate the effects of nano Zn oxide, nano Fe oxide and bio fertilizer on variation of some physiological traits and grain filling parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) under soil salinity, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research greenhouse of faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili in 2015. Treatments were included soil salinity in three levels, no-salt or control, salinity 25 and 50 mM respectively, by NaCl, seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria at four levels, no bio fertilizer (F1), seed inoculation by *Azotobacter chroococcum* strain 5 (F2), *Azospirillum lipoferum* strain OF (F3), *Pseudomonas putida* strain 186 (F4) and foliar application at four levels, without nano or foliar application by water as control, application of nano Zn oxide, nano Fe oxide and nano Fe-Zn oxide 1.5 g.lit⁻¹). The results showed that the maximum grain filling components such as maximum of grain weight (0.049 g), grain filling rate (0.00172 g.day⁻¹), grain filling period (52.85 days) and effective grain filling period (39.18 days) were obtained in no salinity, application of nano Zn-Fe oxide and seed inoculation by *Pseudomonas*. Similar results were obtained for chlorophyll index and quantum yield. Application of nano Zn-Fe oxide increased about 17.40% from grain yield in comparison with no application of nano oxide in the highest salinity level. Generally, it seems that bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide can be used as a proper tool for increasing wheat yield under salinity condition.

Keywords: Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Seed Inoculation, Nano Particle, Wheat, Stress

(وانگ و همکاران ۲۰۰۹) و با کاهش سطح فتوسنتزی،

موجب کاهش مولفه های پر شدن دانه (پسرکلی ۱۹۹۹)

و بر هم زدن تعادل تغذیه ای در گیاه می شود.

مقدمه

شوری یکی از مهمترین تنش های محیطی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است. این تنش منجر به کم آبی سلول همراه با تغییرات اسمزی شده

یکی از راه کارهای مقابله با شوری پیش تیمار بذر با انواع مختلفی از باکتری‌های محرک رشد است (سید شریفی و نامور ۲۰۱۶). این میکروارگانیسم‌ها با اتصال به ریشه‌ها در شرایط شوری، غلظت سدیم را در اندام هوایی گیاه محدود نموده و با نگه داشتن سطح پایین اتیلن تنشی از طریق فعالیت ACC دآمیناز، رشد گیاه را تسریع می‌کنند (باشان و همکاران ۱۹۸۹). ساتوویچ (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر سویه‌های مختلف آزوسپیریولوم در افزایش مقاومت گندم به شوری نشان داد که عملکرد گیاه در شرایط تلقیح تا ۶۳/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. گرامر و همکاران (۱۹۹۴) دلیل تعدیل اثر مخرب تنش شوری را در شرایط پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد، به توانایی تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین افزایش توان ریشه در جذب آب و مواد غذایی نسبت دادند.

محدودیت عناصر ریز مغذی در بیشتر خاک‌های شور و اهمیت محلول‌پاشی با این عناصر در تعدیل بخشی از اثرات تنش و بررسی‌های محدود انجام شده در این راستا، موجب شد تا اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانو اکسید آهن و روی بر روند تغییرات شاخص کلروفیل، عملکرد کوانتومی، عملکرد و مولفه‌های پر شدن دانه‌ی گندم در شرایط شوری خاک مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری خاک در سه سطح عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار در خاک با استفاده از نمک NaCl و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح عدم

کشت مداوم، مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره، آبشویی و سایر شرایط حاکم بر خاک-های آهکی از جمله وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم، pH قلیایی و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریز مغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره عناصر آهن و روی در خاک شده (تاندون ۱۹۹۵) و با توجه به محدودیت رشد ریشه در شرایط تنشی، گیاه به‌طور فزاینده‌ای با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد (جلیل شیخ بحری و موحدی دهنوی ۲۰۱۲). آهن برای بسیاری از ترکیبات و فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی مانند ساخت کلروفیل، فعالیت برخی آنزیم‌ها، توسعه کلروپلاست، دریافت انرژی نورانی و انتقال الکترون از آب به $NADP^+$ لازم است (هوچمات ۲۰۱۱). ریز مغذی روی نیز در سنتز پروتئین، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و بخشی از ساختمان آنزیم‌ها مشارکت داشته (مارشور ۱۹۹۵) و نقش مهمی در تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها در طی مرحله پر شدن دانه ایفا می‌کند و با افزایش طول دوره پر شدن دانه، موجب افزایش محتوای روی در دانه‌ها می‌شود (جیانگ و همکاران ۲۰۱۳). بررسی‌های تیمسینا (۲۰۱۳) نشان داد روی و آهن موجب افزایش فتوسنتز و طول دوره پر شدن دانه‌ی گندم شد.

یکی از راه‌های تأمین عناصر ریز مغذی مورد نیاز در گیاهان محلول‌پاشی است. در این راستا استفاده از نانو ذرات به دلیل سرعت جذب، انتقال و تجمع بیشتر این ذرات در مقایسه با فرم معمولی، بسیار موثرتر است. مظاهری‌نیا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که نانو اکسید آهن در مقایسه با آهن معمولی، از تأثیر معنی‌داری در افزایش آهن گیاه برخوردار بود. در آزمایش پراساد و همکاران (۲۰۱۲) محلول پاشی نانو اکسید روی به مقدار ۲ گرم در ۱۵ لیتر آب، موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی در مقایسه با محلول پاشی این کود به فرم معمول و با میزان ۳۰ گرم در ۱۵ لیتر شد.

نانواکسید آهن با روی در مجموع به نسبت ۱/۵ گرم در لیتر بود. باکتری‌های محرک رشد از موسسه خاک و آب تهران و نانواکسید آهن و روی تولید کشور چین بود که از موسسه تجهیزات آزمایشگاهی و شیمیایی جهان کیمیا ارومیه تهیه شد و مشخصات آنها در جدول ۱ آورده شده است.

تلقیح، تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپیریلیوم لیبوفروم سویه OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و محلول پاشی در چهار سطح محلول پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول پاشی ۱/۵ گرم در لیتر با نانو اکسید آهن، محلول پاشی ۱/۵ گرم در لیتر با نانواکسید روی و محلول پاشی توام

جدول ۱- مشخصات نانواکسید آهن و روی مورد استفاده

رنگ	سطح ویژه ذرات	میانگین اندازه ذرات	خلوص	وزن	نوع نانواکسید
پودری سفید	$> 30 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	$< 30 \text{ nm}$	۹۹ %	۱۰۰ g	نانواکسید روی
پودری قرمز	$> 30 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	$< 30 \text{ nm}$	۹۹ %	۲۵ g	نانواکسید آهن

دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. محلول پاشی با نانواکسید آهن و روی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۶-۴ برگی و مرحله قبل از آبستنی) انجام شد. برای ارزیابی مولفه‌های پر شدن دانه، نمونه برداری از ۲۴ روز بعد از خوشه‌دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. هر بار دو خوشه از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه، دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهیه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد. به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) بر اساس رویه DUD دستورالعمل Proc NLIN نرم افزار SAS به استناد رابطه ۱ استفاده شد (رونائینی و همکاران ۲۰۰۴).

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

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پرشدن دانه است، t_0 پایان دوره پرشدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان

مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک، با استفاده از نرم افزار Salt calc محاسبه شد. در این نرم افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه شده (حق بهاری و سید شریفی ۲۰۱۴) و به گلدان در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۴-۳ برگی همراه آب آبیاری) اعمال شد. بقیه آبیاری‌ها در دیگر مراحل رشدی گیاه، با آب معمولی انجام شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی، در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. برای تلقیح بزرگندم رقم آتیلا ۴ با باکتری‌های مورد نظر، از مایه تلقیحی که هر گرم آن دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی به نسبت ۱۰ درصد وزنی- حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. این مخلوط به مدت دو ساعت در محل خشک و تاریک قرار داده شد. سپس ۴۰ عدد بذر در هر یک از گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع و قطر ۴۰ سانتی‌متر، برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در

برآورد صفات مختلف مانند طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و همچنین عملکرد تک بوته برداشت شد و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد کوانتومی

با اعمال شوری عملکرد کوانتومی روند کاهشی داشت، طوری که در ۷۹ روز پس از کاشت، حداکثر مقدار آن (۰/۶۲۳) در محلول پاشی توأم نانو اکسید روی و آهن، کاربرد باکتری سودوموناس در شرایط عدم اعمال شوری و حداقل آن (۰/۱۳۸) در عدم محلول پاشی و عدم کاربرد باکتری و در شوری ۵۰ میلی مولار به دست آمد (شکل ۱). به نظر می‌رسد تنش به دلیل اختلال در مسیر انتقال الکترون، تخریب بافت‌های مرتبط با فتوسنتز، تقلیل کارایی فتوسنتزی گیاه (نتوندو و همکاران ۲۰۰۴) موجب کاهش عملکرد کوانتومی گیاه شده است. بلاکریشنان و همکاران (۲۰۰۰) دلیل اصلی کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II را، به کمبود عناصر ریز مغذی همچون آهن، روی و منیزیم نسبت داده‌اند. پاسیورا (۲۰۰۷) اظهار داشت که در شرایط تنش، کاهش آسیمیلاسیون CO₂ در اثر بسته شدن روزنه‌ها، منجر به مصرف نشدن محصولات حاصل از زنجیره انتقال الکترون (NADPH و ATP) و افزایش میزان فردوکسین احیاء و تولید رادیکال‌های فعال شده و از این طریق، تغییر و یا تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید صورت می‌گیرد. تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید، مانع انتقال الکترون از جایگاه پذیرنده فتوسیستم II می‌گردد و این امر موجب کاهش سرعت انتقال الکترون، افزایش فلورسانس کلروفیل و کاهش

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. با برآزش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) بدست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه (۱) قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه $GFR = EFP/MGW/MGW$ استفاده شد (الیس و پیتافیلهو ۱۹۹۲). در این رابطه EFP دوره موثر پر شدن دانه، GW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است.

روند تغییرات شاخص کلروفیل برگ پرچم و عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) برگ پرچم (معیاری از کارایی فتوسیستم II)، از ۴۴ روز بعد از کاشت در فواصل زمانی هر پنج روز یک بار در سه نمونه از برگ پرچم به ترتیب به وسیله دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502، مینولتای ژاپن) و دستگاه فلورومتر (chlorophyll fluorometer، اُپتی‌ساینسس آمریکا) اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد.

برای تعیین وزن و حجم ریشه‌ها پس از خارج‌سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی قرار داده شد. سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد، به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور شد. در زمان رسیدگی تعداد ۱۰ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه از هر گلدان برای

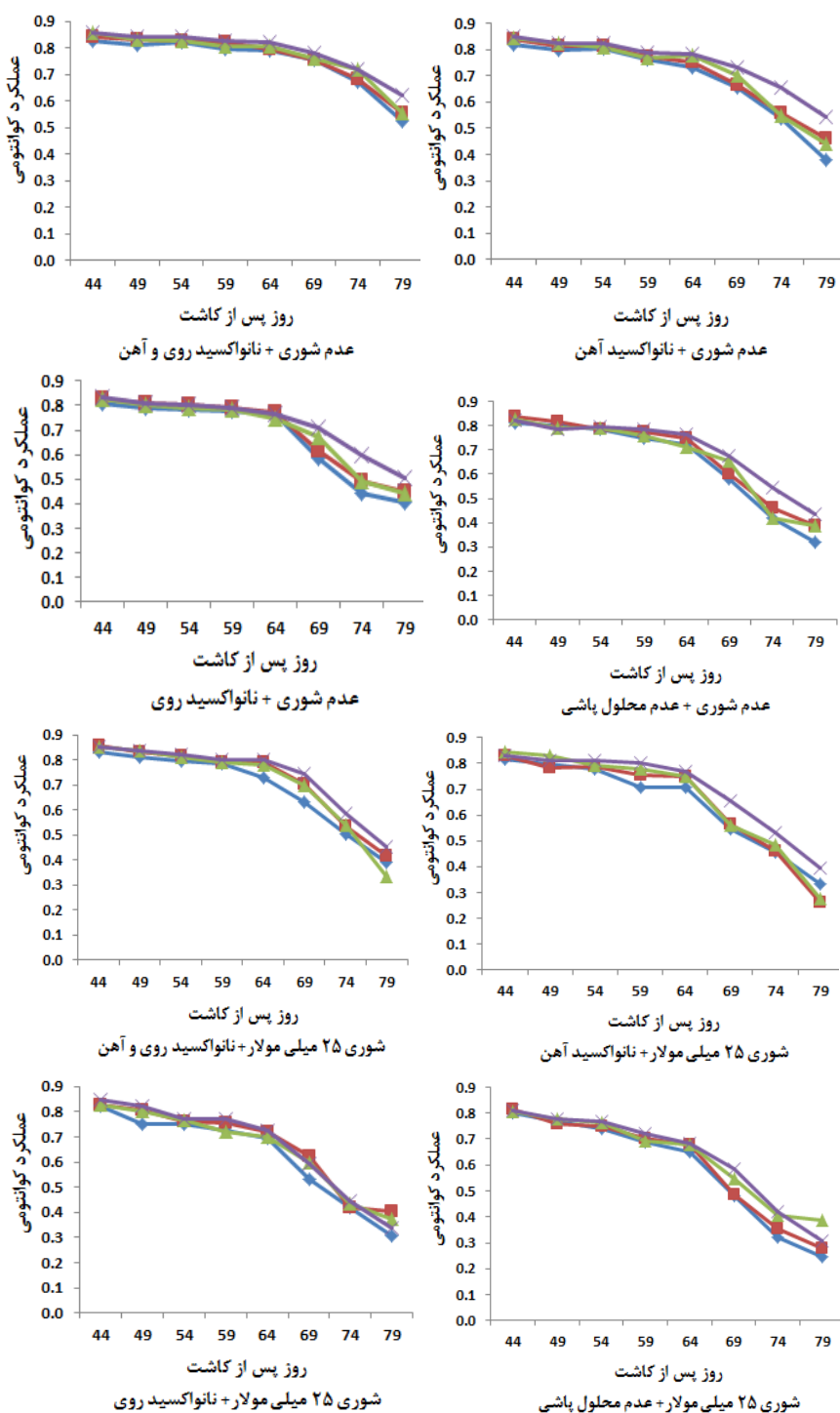
عملکرد کوانتومی می‌شود. بابائیان و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که محلول پاشی آهن در شرایط تنش، عملکرد آفتابگردان را به دلیل بهبود بازده فتوشیمیایی و شاخص کلروفیل، افزایش داد.

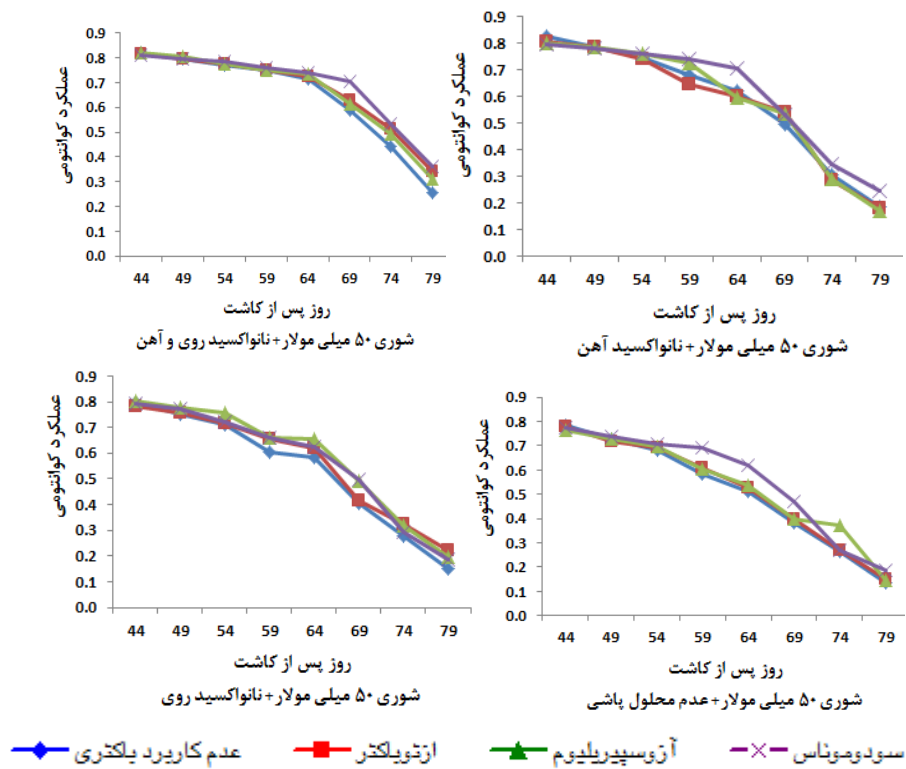
در این بررسی بخشی از بهبود عملکرد کوانتومی در کاربرد باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به تأثیر این باکتری‌ها در افزایش شاخص کلروفیل (شکل ۲) و افزایش وزن و حجم ریشه (جدول ۶) نسبت داد که منجر به افزایش دسترسی به آب و مواد غذایی می‌شود. طوری که بیشترین وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۰/۵۳ گرم و ۱/۱۲ سانتی‌متر مکعب) و شاخص کلروفیل برگ پرچم (۳۵/۲) در حالت عدم اعمال شوری، کاربرد باکتری *Sorbusmoung* و محلول پاشی توأم نانوآکسید روی و آهن و کمترین مقادیر این صفات در شرایط شوری ۵۰ میلی‌مولار و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۶). نئوکلئوس و وازیلاکاکیس (۲۰۰۷) اظهار داشتند تنش شوری با اختلال در جذب برخی عناصر ضروری موثر در سنتز کلروفیل نظیر آهن و منیزیم، موجب کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کارتنوئید) می‌شوند و این کاهش می‌تواند با تخریب ساختار کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز، منجر به کاهش کارایی فتوشیمیایی فوتوسینتسم دو شود.

شاخص کلروفیل

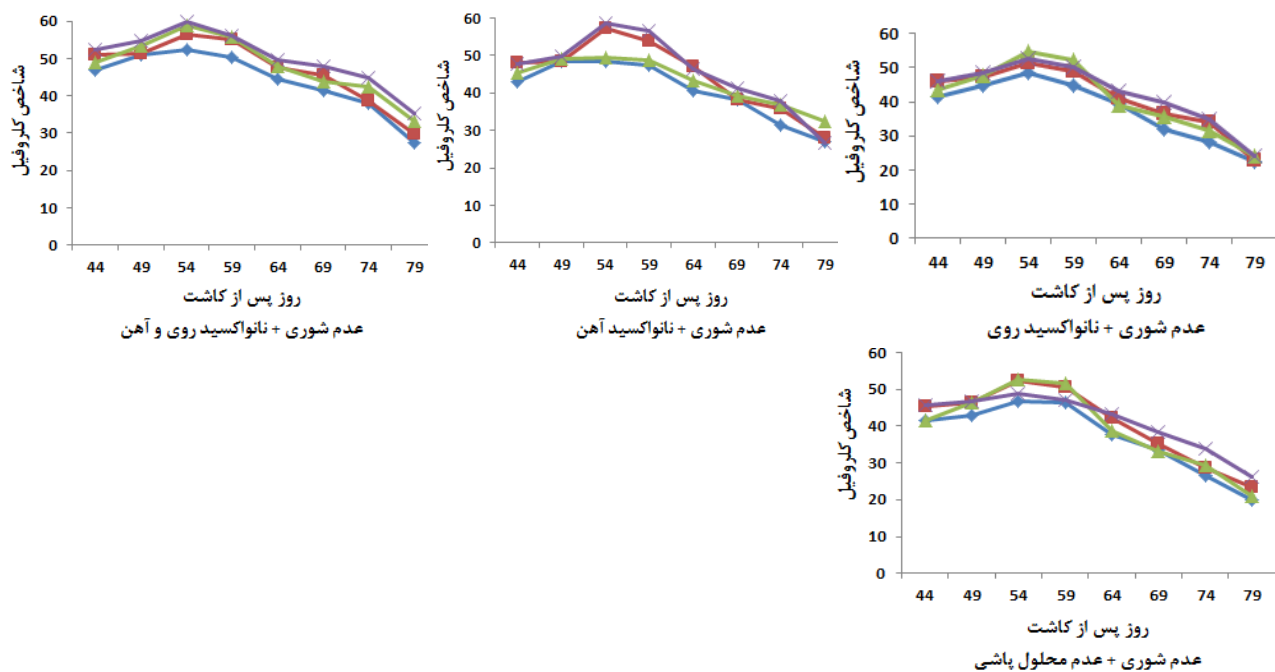
بررسی روند تغییرات این شاخص نشان داد که در اثر محلول پاشی نانوآکسید روی و آهن و کاربرد باکتری‌های محرک رشد، روند تغییرات شاخص کلروفیل نوسان کمتری نشان داد. طوری که در ۷۹ روز پس از کاشت، حداکثر شاخص کلروفیل برگ پرچم (۳۵/۲) در حالت عدم اعمال شوری، کاربرد

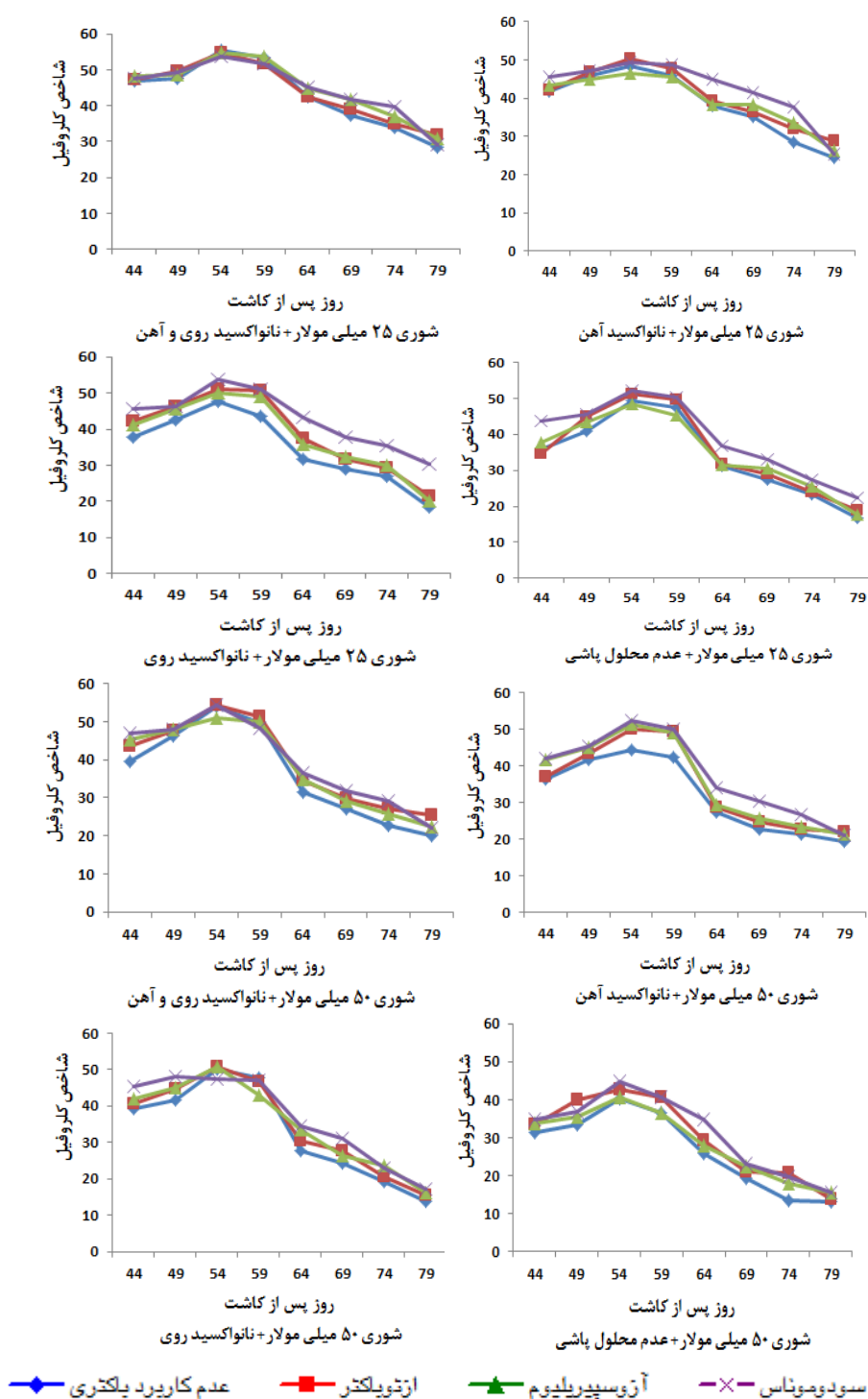
سودوموناس و محلول پاشی توأم آهن و روی و حداقل آن (۱۳/۳) در شوری ۵۰ میلی‌مولار، عدم محلول پاشی و عدم کاربرد باکتری به دست آمد (شکل ۲). این در حالی است که بیشترین و کمترین میزان F_v/F_m نیز در همین تیمارها به دست آمد (شکل ۱). بررسی‌های سودرزینسکا و سویچا (۲۰۰۰) نشان داد که در اثر تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد، افزایش معنی-داری در محتوای کلروفیل برگ مشاهده شد، به طوری که مقدار آن ۲۵ درصد از تیمار عدم تلقیح بیش‌تر بود. برخی محققان اثر مفید تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد را در افزایش محتوای کلروفیل به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن بواسطه تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌ها نسبت داده‌اند (سید شریفی و نامور ۲۰۱۶). در شرایط تنش شوری، افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند آبسزیک اسید و اتیلن منجر به تحریک آنزیم کلروفیلاز شده و به این ترتیب کلروفیل‌ها تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شود (اورابی و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی افزایش سطوح اتیلن در شرایط تنش شوری می‌تواند منجر به پیری برگ (ارشد و فرانکن برگر ۲۰۰۲) شود، ولی در حضور باکتری‌های حاوی ACC دامیناز، ساخت اتیلن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد بنابراین تجزیه کلروفیل کاهش می‌یابد. اخگر و خاوازی (۲۰۱۰) در بررسی نقش آنزیم ACC-دامیناز در کاهش اثر منفی شوری بر رشد کلزا، نشان دادند که باکتری‌های محرک رشد برخوردار از این آنزیم به دلیل کاهش تولید اتیلن قادرند مقدار سبزیگی برگ کلزا را افزایش دهند. زیاد و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند محلول پاشی عناصر آهن و روی موجب افزایش محتوای کلروفیل در برنج شد، ولی در شرایط کمبود آهن به دلیل آسیب وارده به کلروفیل و تخریب ساختار کلروپلاست، محتوای کلروفیل کاهش یافت (قربانلی و بابالار ۲۰۰۴). شارما و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند کاربرد روی موجب افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی در برگ‌های کلم شد.





شکل ۱- تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانو اکسید روی و آهن بر روند تغییرات عملکرد کوانتومی برگ پرچم گندم





شکل ۲- تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانو اکسید روی و آهن بر روند تغییرات شاخص کلروفیل (SPAD) برگ پرچم گندم

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد،

وزن و حجم ریشه و مولفه‌های پر شدن دانه گندم

میانگین مربعات

منابع تغییر	درجه آزادی	دانه در سنبله	طول سنبله	وزن صد دانه	حداکثر وزن دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه	وزن ریشه	حجم ریشه	عملکرد تک بوته
تکرار	۲	۶/۳۹ *	۰/۱۳۱ ^{ns}	۳۰/۶۰ *	۰/۰۰۳۲ **	۳/۱۳۶ **	۳/۳۵ *	۸/۳۲ **	۰/۱۶۶ *	۰/۰۱۵ *	۹/۶۵ **
شوری	۳	۳۰۹۹/۵ **	۰/۷۸۵ **	۴/۹۴ **	۰/۰۰۰۲۰ **	۲/۰۷۵ **	۴۳/۶۴ **	۱/۲۶ **	۰/۰۵۲۷ **	۲/۲۳ **	۲/۸۰۱ **
کود بیولوژیک	۲	۵۴/۱۹ **	۰/۸۷۶ **	۱/۵۱ **	۰/۰۰۰۰۷۲ **	۲/۴۲۴ **	۵۹/۶۸ **	۰/۰۴ **	۰/۰۰۰۸ **	۰/۰۲۴ **	۰/۲۴ **
نانو اکسید روی	۲	۱۱۷/۸ **	۱/۰۴۹ **	۱/۲۷ **	۰/۰۰۰۰۱۶ **	۲/۶۹۲ **	۲۰/۶۰ **	۳/۸۱ **	۰/۰۱۰ **	۰/۰۷۰ **	۰/۷۹ **
شوری × کود بیولوژیک	۹	۱۱۶/۲ **	۰/۹۶۹ **	۳/۶۲ **	۰/۰۰۰۰۳۳ **	۴/۱۹۶ **	۱۴/۷۶ **	۰/۷۴ **	۰/۰۱۲ **	۰/۰۲۴ **	۰/۰۷۸ **
شوری × نانو اکسید روی	۶	۲۵/۵۱ **	۰/۸۲۶ **	۲/۲۶ **	۰/۰۰۰۰۱۷ **	۱/۴۲۹ *	۱۱۶/۴۹ **	۱/۴۷ *	۰/۰۱۸ **	۰/۰۵۹ **	۰/۰۹۷ **
نانو اکسید روی × کود بیولوژیک	۶	۶۸/۷۸ **	۰/۶۱۶ **	۰/۸۱ **	۰/۰۰۰۰۲۱ **	۴/۰۱۴ **	۱۵/۰۱ **	۱/۳۷ *	۰/۰۲۲ **	۰/۱۱۷ **	۰/۰۰۷ ^{ns}
شوری × نانو اکسید روی × کود بیولوژیک	۱۸	۱۰۴/۶ **	۰/۶۶۷ **	۱/۳۵ **	۰/۰۰۰۰۱۱ **	۲/۵۸۲ **	۱۶/۰۱ **	۱/۳۳ **	۰/۰۱۸ **	۰/۰۷۶ **	۰/۰۱۹ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۹۴	۱/۴۶	۰/۱۶۱	۰/۰۲۰۷	۰/۰۰۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۲/۱۳	۰/۰۰۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۸۶	۸/۷۷	۳/۶۰	۷/۱۲	۵/۲۳	۴/۸۲	۷/۱۲	۸/۴۱	۸/۰۱	۶/۱۶

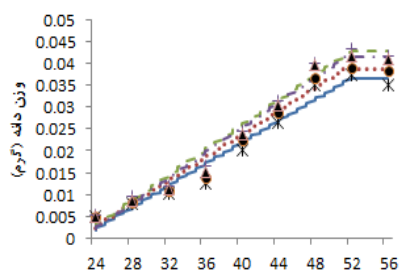
^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

روی و آهن می‌تواند از طریق طولانی کردن دوره پر شدن دانه به افزایش وزن دانه کمک نماید. کوماری و الوارمسی (۱۹۹۸) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند و به نظر می‌رسد بالا بودن سرعت پر شدن دانه در شرایط عدم شوری، تلقیح بذر با سودوموناس و محلول‌پاشی توأم نانو اکسید آهن و روی می‌تواند توجیه کننده بخشی از افزایش وزن دانه و به تبع از آن عملکرد دانه باشد. ضمن آنکه در همین ترکیب تیماری نیز بالاترین شاخص کلروفیل بدست آمد (شکل ۲). در این راستا تسونو و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که بالا بودن محتوای کلروفیل در طول دوره رشد به ویژه دوره‌ی پر شدن دانه، موجب افزایش طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه می‌شود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول دوره (۵۲/۸۵

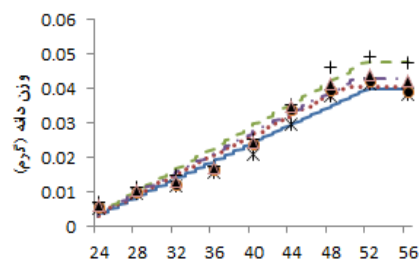
تأثیر محلول پاشی و باکتری محرک رشد بر روند پر شدن دانه گندم در سطوح مختلف شوری
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ترکیب تیماری سه جانبه شوری، کودهای زیستی و نانو اکسید آهن و روی بر تمامی مولفه‌های پر شدن دانه اعم از حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن، طول دوره و دوره‌ی مؤثر پر شدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر وزن تک بذر (۰/۰۴۹ گرم)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۱۷۲ گرم در روز) در حالت عدم اعمال شوری، تلقیح بذر با سودوموناس و محلول‌پاشی توأم نانو اکسید آهن و روی و کمترین مقادیر این صفات (به ترتیب ۰/۰۳۶ گرم و ۰/۰۱۰۶ گرم در روز) در شوری ۵۰ میلی مولار، عدم کاربرد باکتری و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۳). تیمسینا (۲۰۱۳) اظهار داشتند که

با همه باکتری‌ها مشابه است. بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی)، پس از این مرحله، وزن دانه از تغییراتی چندانی برخوردار نبود و به صورت یک خط افقی در آمد (شکل ۳). در تمامی ترکیب‌های تیماری، بین باکتری‌های محرک رشد، شوری و محلول‌پاشی، از نظر دوره‌ی مؤثر پر شدن، سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد. به عبارتی شیب خط برازش شده یا سرعت پر شدن دانه در تلقیح بذر با باکتری‌ها یکسان نبود، که حاکی از تفاوت در سرعت پر شدن دانه در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و شوری بود. در این راستا نتایج حاصل از معادلات رگرسیونی برازش شده (جدول ۴) نشان می‌دهد که شیب خطی یا سرعت پر شدن دانه برای هر یک از ترکیب‌های تیماری با یکدیگر فرق دارند که بیانگر سرعت پر شدن متفاوت هر یک از ترکیب‌های تیماری است. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که محلول‌پاشی هر یک از عناصر ریز مغذی موجب افزایش طول دوره و دوره‌ی مؤثر پر شدن دانه نسبت به تیمار شاهد شد.

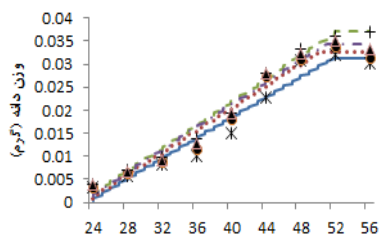
روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۳۹/۱۸ روز) در حالت عدم اعمال شوری، تلقیح بذر با سودوموناس و محلول-پاشی توأم نانو اکسید آهن و روی و کمترین طول دوره (۵۰/۳۲ روز) و دوره‌ی مؤثر پر شدن دانه (۲۴/۴۸ روز) در شوری ۵۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد باکتری و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۳). در این راستا زهیر و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند گیاهانی که با باکتری-های محرک رشد حاوی ACC-دآمیناز تلقیح می‌شوند به‌طور چشمگیری متحمل به اثر اتیلن تنشی هستند که در نتیجه‌ی شرایط تنش ساخته می‌شوند. از این رو تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند ساخت اتیلن داخلی را کاهش داده و تحمل گیاه به تنش را افزایش داده و منجر به بهبود عملکرد و مولفه‌های پر شدن دانه شوند محمد و همکاران (۱۹۹۰) اعلام کردند که بر اثر مصرف روی و آهن به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات و نشاسته و پروتئین ساخته شده توسط گیاه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش می‌یابد. از طرفی بررسی روند پر شدن دانه گندم در سطح ثابت از سطوح شوری و محلول‌پاشی، و در حالات مختلف تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، نشان داد الگوی نمو بذر در ابتدا در حالت عدم تلقیح و تلقیح بذر



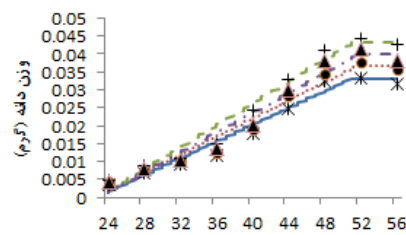
روز پس از خوشه دهی
شوری ۲۵ میلی مولار-نانواکسید آهن



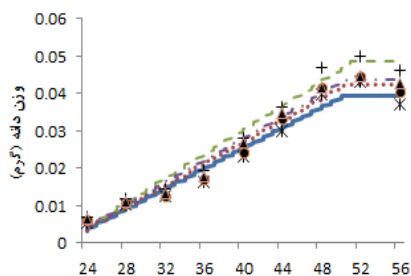
روز پس از خوشه دهی
شوری ۲۵ میلی مولار-نانواکسید آهن و روی



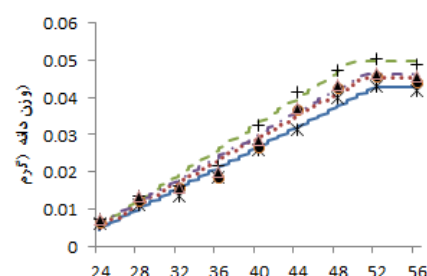
روز پس از خوشه دهی
شوری ۵۰ میلی مولار-نانواکسید آهن



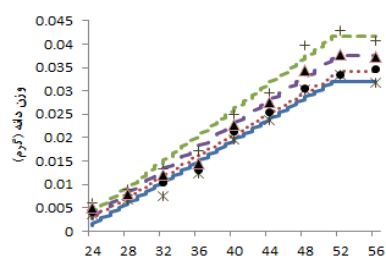
روز پس از خوشه دهی
شوری ۵۰ میلی مولار- نانواکسید آهن و روی



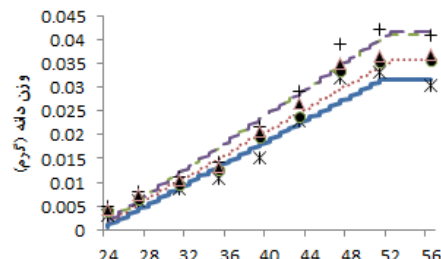
روز پس از خوشه دهی
عدم شوری- نانواکسید آهن



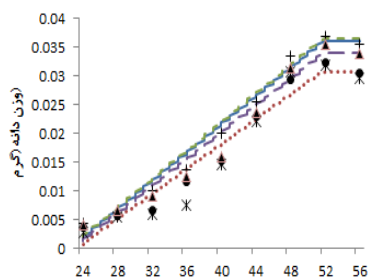
روز پس از خوشه دهی
عدم شوری -نانواکسید آهن و روی



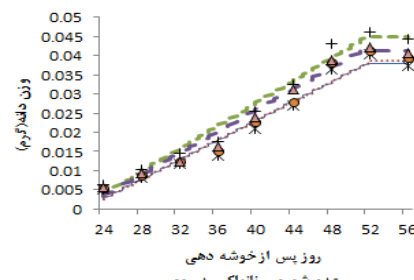
روز پس از خوشه دهی
عدم شوری- عدم محلول پاشی



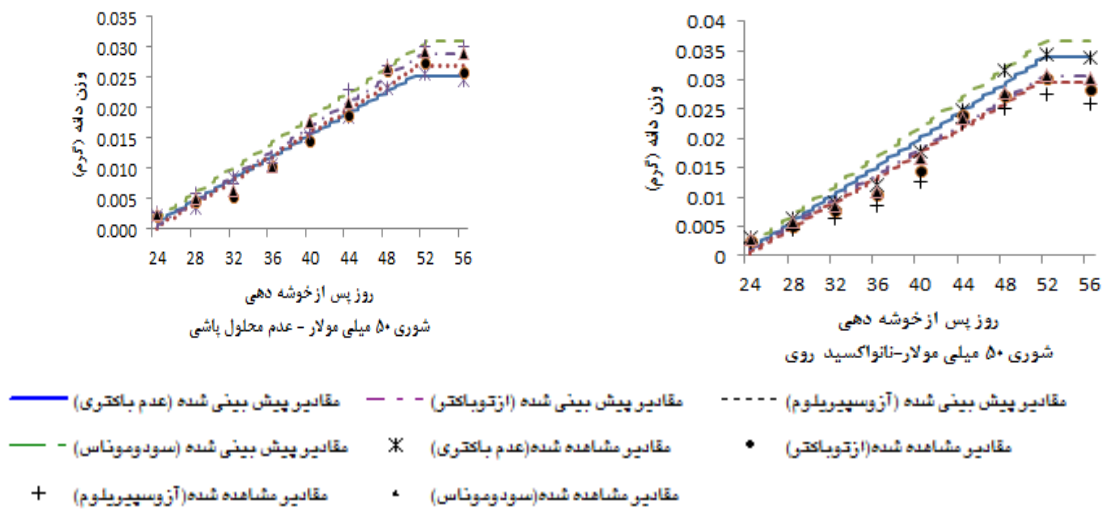
روز پس از خوشه دهی
شوری ۲۵ میلی مولار- نانواکسید روی



روز پس از خوشه دهی
شوری ۲۵ میلی مولار-عدم محلول پاشی



روز پس از خوشه دهی
عدم شوری- نانواکسید روی



شکل ۳- تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر روند پر شدن دانه گندم

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر مولفه های پر شدن دانه گندم

تیمار	حداکثر وزن دانه (g)				سرعت پر شدن دانه (g.day ⁻¹)				
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
F ₁	۰/۰۴۵ cd	۰/۰۴۶ b	۰/۰۴۳ f-h	۰/۰۴۸ b	۰/۰۰۱۱۲ r-u	۰/۰۰۱۲۷ k-m	۰/۰۰۱۳۶ j-l	۰/۰۰۱۳۷ jk	
S ₁	F ₂	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۴۰ jk	۰/۰۴۳ ef	۰/۰۴۴ de	۰/۰۰۱۱۱ r-u	۰/۰۰۱۲۷ k-m	۰/۰۰۱۴۵ d-i	۰/۰۰۱۵۰ c-g
F ₃	۰/۰۴۱ hi	۰/۰۴۵ cd	۰/۰۴۸ ab	۰/۰۴۶ c	۰/۰۰۱۲۳ m-p	۰/۰۰۱۳۹ i-k	۰/۰۰۱۴۸ d-g	۰/۰۰۱۵۱ c-f	
F ₄	۰/۰۴۱ ij	۰/۰۴۰ ij	۰/۰۴۳ ef	۰/۰۴۹۱ a	۰/۰۰۱۳۸ i-k	۰/۰۰۱۴۸ d-g	۰/۰۰۱۶۲ b	۰/۰۰۱۷۲ a	
F ₁	۰/۰۳۷ m	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۴۰ jk	۰/۰۴۳ f-h	۰/۰۰۱۲۳ m-p	۰/۰۰۱۱۳ q-u	۰/۰۰۱۲۳ k-l	۰/۰۰۱۳۲ k-m	
S ₂	F ₂	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۳۷ m	۰/۰۳۹ kl	۰/۰۴۱ i	۰/۰۰۱۰۸ tu	۰/۰۰۱۲۰ n-q	۰/۰۰۱۳۲ e-j	۰/۰۰۱۴۴ d-g
F ₃	۰/۰۳۷ m	۰/۰۴۱ ij	۰/۰۴۲ g-i	۰/۰۴۸ b	۰/۰۰۱۲۰ m-p	۰/۰۰۱۴۱ h-k	۰/۰۰۱۴۳ f-j	۰/۰۰۱۵۹ bc	
F ₄	۰/۰۳۷ m	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۴۱ hi	۰/۰۴۳ fg	۰/۰۰۱۱۷ o-t	۰/۰۰۱۴۱ h-k	۰/۰۰۱۴۳ jk	۰/۰۰۱۴۷ d-i	
F ₁	۰/۰۳۶ n	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۳۹ kl	۰/۰۳۷ m	۰/۰۰۱۰۶ u	۰/۰۰۱۲۵ m-p	۰/۰۰۱۱۰ s-u	۰/۰۰۱۱۷۰-t	
S ₃	F ₂	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۴۱ ij	۰/۰۴۲ gi	۰/۰۰۱۵۴ b-d	۰/۰۰۱۰۶ tu	۰/۰۰۱۲۰ n-r	۰/۰۰۲۱۶ m-o	
F ₃	۰/۰۳۸ lm	۰/۰۴۵ cd	۰/۰۴۱ ij	۰/۰۴۳ fg	۰/۰۰۱۴۷ d-i	۰/۰۰۱۱۸ n-s	۰/۰۰۱۲۴ m-p	۰/۰۰۱۵۳ b-e	
F ₄	۰/۰۳۹ kl	۰/۰۳۷ m	۰/۰۴۲ g-i	۰/۰۴۶ c	۰/۰۰۱۴۷ d-i	۰/۰۰۱۲۲ n-q	۰/۰۰۱۲۳ m-p	۰/۰۰۱۳۸ i-k	
LSD _{0.05}	۰/۰۰۱۲				۰/۰۰۰۲				

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

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، F₁، F₂، F₃ و F₄ به ترتیب عدم کاربرد باکتری، کاربرد ازتوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس، N₁، N₂، N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی با نانو اکسید روی، نانو اکسید آهن و نانو اکسید روی با آهن

ادامه جدول ۳

تیمار	طول دوره پرشدن دانه (day)				دوره موثر پر شدن دانه (day)			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
F ₁	۵۱/۹۰ b-d	۵۲/۲۰ b	۵۱/۰۵ gh	۵۱/۹۳ b-d	۳۰/۱۲ j-p	۳۶/۲۲ bc	۳۱/۶۲ g-l	۳۵/۰۴ c-e
S ₁	F ₂	۵۱/۹۳ bc	۵۲/۲۰ b	۵۱/۲۰ f-h	۵۰/۴۸ ij	۳۴/۲۳ c-f	۳۲/۵۸e-i	۳۰/۰۰ k-p
	F ₃	۵۲/۲۰ b	۵۱/۷۳ c-e	۵۱/۰۳ gh	۵۱/۱۸ f-h	۳۰/۲۶j-o	۳۰/۵۱ j-n	۳۰/۱۲ j-p
	F ₄	۵۲/۰۵ b	۵۲/۲۰ b	۵۱/۴۱ e-j	۵۲/۸۵ a	۳۴/۸۹ c-f	۲۹/۴۸ k-p	۲۹/۴۶k-p
	F ₁	۵۲/۲۰ b	۵۱/۷۲ c-e	۵۲/۰۲bc	۵۲/۲۰ b	۳۰/۰۸j-p	۳۳/۶۳d-g	۳۲/۵۲ f-j
S ₂	F ₂	۵۲/۲۰ b	۵۲/۷۵ a	۵۱/۸۶ b-d	۵۰/۴۸ ij	۳۵/۱۹cd	۳۰/۸۲ h-m	۲۹/۵۲ l-p
	F ₃	۵۲/۲۰ b	۵۲/۲۰ b	۵۱/۹۳ b-d	۵۲/۲۰ b	۳۰/۰۸ j-p	۲۹/۱۸ l-q	۲۹/۴۲k-p
	F ₄	۵۲/۲۸ b	۵۰/۲۰ b	۵۱/۷۵ c-e	۵۱/۰۵ gh	۳۱/۶۲ g-l	۲۶/۹۵ q-t	۲۹/۲۵k-q
	F ₁	۵۰/۳۲ j	۵۲/۰۲bc	۵۱/۰۳ bc	۵۰/۹۶ h	۲۴/۶۸ t	۳۰/۴۰ j-n	۳۵/۴۵cd
S ₃	F ₂	۵۲/۲۰ b	۵۱/۵۲ d-f	۵۰/۸۰ hi	۵۱/۵۲ d-f	۲۷/۸۹ o-s	۳۸/۶۸ ab	۳۵/۰۰ c-e
	F ₃	۵۰/۴۸ ij	۵۲/۲۰ b	۵۲/۸۳ a	۵۱/۷۰ c-e	۲۵/۸۰ st	۳۸/۱۴ ab	۳۳/۰۶d-h
	F ₄	۵۲/۸۰ a	۵۱/۹۹ cb	۵۱/۰۸ g-h	۵۲/۰۸ b-c	۲۶/۵۳ r-t	۳۱/۶۶ g-j	۳۴/۱۵ c-f
LSD _{0.05}			۱/۰۱				۲/۴۶۵	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر صفت اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند
 S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، F₁، F₂، F₃ و F₄ به ترتیب عدم کاربرد باکتری، کاربرد/زئوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس، N₁، N₂، N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی با نانوآکسید روی، نانوآکسید آهن و نانوآکسید روی با آهن

جدول ۴- معادلات برازش شده بر مولفه‌های پر شدن دانه گندم

تیمار	معادله برازش داده شده				
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
S ₁	F ₁	Y= -0.0256+0.00112X	Y= -0.0281+0.00127X	Y= -0.0294+0.00136X	Y= -0.0285+0.00137X
	F ₂	Y= -0.0240+0.00111X	Y= -0.0281+0.00127X	Y= -0.0314+0.00145X	Y= -0.0312+0.00150X
	F ₃	Y= -0.0295+0.00138X	Y= -0.0320+0.00148X	Y= -0.0350+0.00162X	Y= -0.0362+0.00172X
	F ₄	Y= -0.0265+0.00123X	Y= -0.0302+0.00139X	Y= -0.0316+0.00148X	Y= -0.0307+0.00151X
S ₂	F ₁	Y= -0.0279+0.00123X	Y= -0.0266+0.00113X	Y= -0.0276+0.00123X	Y= -0.0290+0.00132X
	F ₂	Y= -0.0253+0.00108X	Y= -0.0273+0.00120X	Y= -0.0295+0.00132X	Y= -0.0316+0.00144X
	F ₃	Y= -0.0279+0.00123X	Y= -0.0323+0.00141X	Y= -0.0317+0.00146X	Y= -0.0349+0.00159X
	F ₄	Y= -0.0269+0.00117X	Y= -0.0323+0.00141X	Y= -0.0323+0.00143X	Y= -0.0321+0.00147X
S ₃	F ₁	Y= -0.0205+0.000893X	Y= -0.0284+0.00125X	Y= -0.0259+0.00110X	Y= -0.0268+0.00117X
	F ₂	Y= -0.0232+0.000103X	Y= -0.0251+0.00106X	Y= -0.0279+0.00120X	Y= -0.0287+0.00126X
	F ₃	Y= -0.0239+0.00181X	Y= -0.0275+0.00118X	Y= -0.0281+0.00124X	Y= -0.0354+0.00153X
	F ₄	Y= -0.0242+0.00102X	Y= -0.0245+0.00106X	Y= -0.0283+0.0125X	Y= -0.0319+0.00138X

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، F₁، F₂، F₃ و F₄ به ترتیب عدم کاربرد باکتری، کاربرد/زئوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس، N₁، N₂، N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی با نانوآکسید روی، نانوآکسید آهن و نانوآکسید روی با آهن

تعداد دانه در سنبله و طول سنبله

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ترکیب تیماری سه جانبه شوری، کودهای زیستی و نانو اکسید آهن و روی بر تعداد دانه در سنبله و طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر تعداد دانه در سنبله و طول سنبله (۳۲ عدد و ۵/۶ سانتی‌متر) در حالت عدم اعمال شوری، کاربرد باکتری *سودوموناس* و محلول پاشی توأم نانو اکسید روی و آهن و کمترین مقادیر این صفات (۱۹ عدد و ۳/۵۶ سانتی‌متر) در شوری ۵۰ میلی‌مولار و عدم تلقیح بذر با باکتری-های محرک رشد و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد تنش اعمال شده با تسریع در طول دوره پر شدن دانه و تولید مواد فتوسنتزی کمتر موجب می‌شود گیاه بقا خود را با هزینه کاهش تعداد دانه در سنبله که در نهایت به کاهش طول سنبله می‌انجامد تضمین نماید. طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد طول دوره پر شدن دانه از کاهش پنج درصدی در شوری ۵۰ میلی‌مولار و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول‌پاشی در مقایسه با عدم اعمال شوری، کاربرد باکتری *سودوموناس* و محلول پاشی توأم نانو اکسید روی و آهن برخوردار بود (جدول ۳). مایاک و همکاران (۲۰۰۴) علت کاهش تعداد دانه در سنبله و طول سنبله در شرایط شوری شدید را به تولید اتیلن بیشتر نسبت به شرایط معمول نسبت دادند. گلیک و همکاران (۱۹۹۵) اعلام نمودند که هورمون اتیلن بعنوان بازدارنده رشد ریشه عمل نموده و موجب کاهش رشد گیاه می‌شود. به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با کودهای زیستی علاوه بر تولید هورمون‌های محرک رشد به دلیل افزایش وزن و حجم ریشه‌ای (جدول ۶) موجب افزایش دسترسی گیاه به آب و

عناصر غذایی، افزایش شاخص کلروفیل (شکل ۲)، عملکرد کوانتومی (شکل ۱) و مولفه‌های پر شدن دانه (جدول ۳) و در نهایت به افزایش تعداد دانه در سنبله و در نتیجه طول سنبله منجر شده است. حسن‌زاده و همکاران (۲۰۰۷) افزایش ۱۷ درصدی تعداد دانه در سنبله جو را تحت تأثیر باکتری محرک رشد برآورد نمودند. رائگل (۱۹۹۵) اعلام نمود که با تأمین عنصر روی همراه با سایر عناصر مورد نیاز گندم، تعداد دانه در سنبله و در نتیجه عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات همانترانجان و گرای (۱۹۸۸) نشان داد که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح شد. هرناوند و همکاران (۱۹۹۵) افزایش عملکرد و تعداد دانه در بلال ذرت را بر اثر تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس* گزارش نمودند. اردکانی و همکاران (۲۰۰۴) افزایش طول سنبله در تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را به نقش مثبت این باکتری در افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیش‌تر ریشه‌ها و همچنین انجام فرایند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند. در این بررسی نیز حداکثر وزن و حجم ریشه در همان ترکیب تیماری بدست آمد که در تعداد دانه در سنبله و طول سنبله حداکثر بود.

وزن و حجم ریشه

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، وزن صد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری شوری، کودهای زیستی و نانو اکسید آهن و روی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۰/۵۳ گرم و ۱/۱۲ سانتی‌متر مکعب) در حالت عدم اعمال شوری، کاربرد باکتری *سودوموناس* و محلول‌پاشی توأم نانو اکسید روی و آهن و کمترین مقادیر این صفات

به ترتیب (۰/۱ گرم و ۰/۱۸ سانتی متر مکعب) در شوری ۵۰ میلی مولار و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر طول سنبله و تعداد دانه در سنبله

تیمار	تعداد دانه در سنبله				طول سنبله (cm)			
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
F1	۲۴ fg	۲۶ de	۲۷ d	۳۱ ab	۴/۸۳ c-j	۴/۱۶ j-o	۵/۲۰ a-e	۴/۱۶ j-o
S1	F2	۲۵ ef	۲۷ d	۲۹ c	۴/۵۰ f-l	۵/۰۰ a-g	۵/۱۳ a-e	۴/۳۰ h-n
F3	۲۶ de	۲۷ d	۳۰ bc	۳۲ a	۴/۶۶ d-k	۵/۰۰ a-g	۴/۶۶ d-k	۵/۱۰ a-f
F4	۲۷ d	۲۶ de	۲۹ c	۲۹ c	۳/۸۳ m-o	۵/۰۰ a-g	۴/۸۳ c-j	۴/۳۳ h-n
F1	۲۳ gh	۲۳ gh	۲۳ gh	۲۲ hi	۴/۰۶ k-o	۴/۶۶ d-k	۴/۲۰ i-u	۴/۳۰ h-n
S2	F2	۲۳ gh	۲۰ jk	۲۲ hi	۴/۷۳ c-j	۴/۹۰ b-h	۵/۰۳ a-f	۵/۶۰ a
F3	۲۳ gh	۲۳ gh	۲۴ fg	۲۴ fg	۴/۵۰ f-j	۳/۹۳ l-o	۳/۵۶ o	۴/۴۰ m
F4	۲۰ jk	۲۱ ij	۲۱ ij	۲۴ fg	۴/۱۶ j-o	۵/۰۰ a-g	۴/۳۳ h-n	۳/۶۳ o
F1	۱۹ k	۱۹ k	۲۰ jk	۲۵ ef	۵/۰۰۲ a-g	۵/۰۳ a-f	۴/۶۰ e-j	۴/۸۳c-i
S3	F2	۲۵ ef	۲۴ fg	۲۵ ef	۳/۸۳ m-o	۳/۷۰ no	۵/۲۶ a-d	۵/۵۰ ab
F3	۲۵ ef	۲۱ ij	۲۱ ij	۲۲ hi	۳/۸۳ m-o	۴/۶۶ d-k	۵/۳۶ a-c	۴/۶۰ e-k
F4	۲۱ ij	۲۲ hi	۲۱ ij	۲۳ gh	۴/۱۶ j-o	۴/۳۳ h-n	۴/۸۰ c-i	۴/۶۶ e-d
					۱/۰۳۹			۰/۰۰۰۲

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

S1, S2 و S3 به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ و ۵۰ میلی مولار، F1, F2, F3 و F4 به ترتیب عدم کاربرد باکتری، کاربرد/ژنوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس، N1, N2, N3 و N4 به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی با نانو اکسید روی، نانو اکسید آهن و نانو اکسید روی با آهن

همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش تارهای کشنده و در نتیجه افزایش سطح ریشه‌ای، می‌توانند موجب افزایش وزن ریشه شوند.

وزن صد دانه

اثر ترکیب تیماری سه جانبه شوری، کودهای زیستی و نانو اکسید آهن و روی بر وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر وزن صد دانه (۴/۹۹ گرم) در حالت عدم شوری، تلقیح با آزوسپیریلیوم و محلول پاشی نانو اکسید روی و آهن و کمترین آن (۳/۳۲ گرم) در شوری ۵۰ میلی مولار، عدم کاربرد

چاکماک (۲۰۰۸) گزارش کرد که در حضور عناصر ریز مغذی به خصوص عنصر روی ساخت هورمون‌هایی نظیر اکسین افزایش می‌یابد. اکسین در غلظت بالا به دلیل تولید اتیلن اثر بازدارنده بر رشد ریشه دارد ولی به نظر می‌رسد در حضور باکتری‌های محرک رشد، سطح اتیلن به علت افزایش فعالیت آنزیم ACC دامیناز کاهش می‌یابد که به موجب آن غلظت بالای اکسین تولید ریشه‌های ثانویه در ریشه را تحریک کرده و در نهایت موجب افزایش وزن و حجم ریشه گیاه می‌شود. اوزترک و همکاران (۲۰۰۶) در گیاه گندم نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. پراساد و همکاران (۲۰۱۲) افزایش رشد ریشه و اندام هوایی در نخود را در کاربرد نانو اکسید روی گزارش کردند. باست و

غذایی و انتقال آن‌ها به سلول‌های گیاه کمک می‌نماید، نسبت داد که در نهایت به بهبود رشد و افزایش فتوسنتز گیاه منجر می‌شود.

باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول‌پاشی بدست آمد (جدول ۷). افزایش وزن صد دانه را می‌توان به واسطه نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد در گسترش ریشه اعم از وزن و حجم (جدول ۶) که به جذب آب و عناصر

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر وزن و حجم ریشه

تیمار	وزن ریشه (g)				حجم ریشه (Cm ³)			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
F ₁	۰/۲۹ i-l	۰/۳۲ h-i	۰/۳۶ m-p	۰/۳۵ g-h	۰/۶۲ e	۰/۶۲ e	۱/۰۰ b	۰/۷۵ d
S ₁ F ₂	۰/۳۱ j-k	۰/۳۲ h-i	۰/۴۹ b	۰/۳۷ f-g	۰/۶۲ e	۰/۶۲ e	۰/۸۷ c	۰/۷۵ d
F ₃	۰/۳۱ j-k	۰/۴۴ cd	۰/۴۶ b-d	۰/۴۷ b-c	۰/۶۲ e	۰/۷۵ d	۰/۸۷ c	۰/۸۷ c
F ₄	۰/۵۶ h-j	۰/۳۲ ef	۰/۳۷ k-n	۰/۵۳ a	۰/۵۰ f	۰/۷۵ d	۰/۵۰ f	۱/۱۲ a
F ₁	۰/۴۲ ed	۰/۲۱ q-t	۰/۲۱ q-t	۰/۴۲ de	۰/۷۵ d	۰/۳۷ g	۰/۳۷ g	۰/۷۵ d
S ₂ F ₂	۰/۲۲ p-s	۰/۳۳ o-r	۰/۲۱ q-t	۰/۲۹ i-m	۰/۵۰ f	۰/۵۰ f	۰/۳۷ g	۰/۶۲ e
F ₃	۰/۳۶ m-o	۰/۲۱ r-u	۰/۲۱ r-u	۰/۲۸ j-m	۰/۵۰ f	۰/۳۷ g	۰/۳۷ g	۰/۶۲ e
F ₄	۰/۲۲ q-s	۰/۲۲ q-s	۰/۲۸ j-m	۰/۲۰ s-v	۰/۵۰ f	۰/۳۷ g	۰/۶۲ e	۰/۳۷ g
F ₁	۰/۱۰ z	۰/۱۹ s-v	۰/۱۳ x-z	۰/۳۱ h-k	۰/۱۸ j	۰/۳۷ g	۰/۲۵ h	۰/۶۲ e
S ₃ F ₂	۰/۱۲ zy	۰/۱۲ z-q	۰/۱۸ t-w	۰/۱۷ u-w	۰/۳۵ h	۰/۲۲ i	۰/۳۷ g	۰/۳۵ h
F ₃	۰/۱۶ v-x	۰/۱۵ w-y	۰/۱۳ xy	۰/۲۵ m-q	۰/۳۵ h	۰/۳۵ h	۰/۲۰ i	۰/۵۰ f
F ₄	۰/۲۴ n-q	۰/۲۴ n-q	۰/۱۷ u-w	۰/۱۷ v-x	۰/۵۰ f	۰/۵۰ f	۰/۳۵ h	۰/۳۵ h
LSD _{0.05}	۰/۰۳۷۴				۰/۰۷۵۷			

میانگین‌های با حروف مشابه در هر صفت اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، F₁, F₂, F₃ و F₄ به ترتیب عدم کاربرد باکتری، کاربرد ایزوباکتری، آزوسپیریولوم و سودوموناس، N₁, N₂, N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با نانو اکسید روی، نانو اکسید آهن و محلول‌پاشی توأم با نانو اکسید روی و آهن

که نتیجه‌ی تجمع املاح مضر در گیاه و همچنین بر هم خوردن تعادل یونی می‌باشد، ممکن است مهمترین دلیل کاهش وزن دانه در شرایط تنش باشد. همچنین وزن دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پر شدن دانه است، بنابراین تنش‌های محیطی که موجب کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه شوند به طور معنی‌داری وزن دانه را کاهش (مشی و همکاران ۲۰۰۸) و به تبع از آن وزن

دولین و ویتان (۱۹۸۳) اظهار داشتند به دلیل نقش اساسی عنصر روی در گیاه که به طور مستقیم در بیوسنتز مواد رشدی همانند اکسین دخالت دارد، می‌تواند سلول‌های گیاهی بیش‌تر و در نتیجه مواد خشک بیش‌تری را تولید و در دانه‌ها به عنوان مخزن ذخیره نموده و موجب افزایش وزن صد دانه و عملکرد شوند. به نظر می‌رسد اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه

دوره و دوره موثر پر شدن دانه در شرایط عدم اعمال شوری، تلقیح بذر با/زتوباکتر و سودوموناس و کاربرد نانواکسید آهن و روی بدست آمد همان ترکیب تیماری که بیشترین وزن صد دانه را نیز به خود اختصاص داد.

صد دانه نیز کاهش می‌یابد. از این رو به نظر می‌رسد بخشی از تغییرات وزن صد دانه با تأثیر فاکتورهای مورد بررسی بر مولفه‌های پر شدن مرتبط باشد، طوری‌که در این آزمایش بررسی سرعت، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه نشان داد که بیشترین طول

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر وزن صد دانه گندم

تیمار	وزن صد دانه (g)				
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
S ₁	F ₁	۴/۱۱ h-l	۴/۱۵ f-i	۴/۰ k-m	۴/۴۲ bc
	F ₂	۴/۰۳ j-m	۴/۲۷ d-f	۴/۱۴ g-i	۴/۵۳ bc
	F ₃	۴/۱۵ f-i	۴/۲۱ e-h	۳/۹۷ m	۴/۹۹ a
	F ₄	۴/۹۴ b	۴/۲۸ de	۴/۹۷ m	۴/۱۱ h-l
S ₂	F ₁	۴/۱۷ e-i	۴/۹۷ m	۴/۰۷ i-m	۴/۲۲ e-h
	F ₂	۴/۰۷ i-m	۴/۳۷ cd	۴/۲۸ de	۴/۱۱ h-l
	F ₃	۴/۴۵ bc	۴/۲۵ d-g	۳/۵۹ pq	۴/۱۱ h-l
	F ₄	۴/۴۳ bc	۴/۲۵ d-g	۴/۹۱ b	۴/۲۵ d-g
S ₃	F ₁	۳/۳۲ q	۳/۹۸ m	۴/۸۸ b	۴/۰۳ j-m
	F ₂	۳/۷۵ no	۳/۸۲ n	۳/۶۴ o-q	۴/۰۳ j-m
	F ₃	۳/۹۹ lm	۳/۶۸ op	۳/۲۵ r	۴/۹۵ b
	F ₄	۳/۶۷ o-q	۳/۵۷ pq	۳/۵۳ pq	۴/۱۶ h-l
LSD _{0.05}	-/۱۲۹				

میانگین‌های یا حروف مشابه در هر صفت اختلاف آماری معنی‌داری یا هم ندارند. S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، F₁، F₂، F₃ و F₄ به ترتیب عدم کاربرد باکتری، کاربرد زتوباکتر، آزیوسپیریوم و سودوموناس، N₁، N₂، N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی با نانواکسید روی، نانواکسید آهن و محلول پاشی توأم با نانواکسید روی و آهن

عملکرد تک بوته

شوری ۵۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد باکتری مشاهده شد (جدول ۸). همچنین نتایج اثر ترکیب تیماری شوری و نانواکسید نشان داد که بیش‌ترین عملکرد (۲/۵۹ گرم در بوته) در حالت عدم شوری و محلول پاشی همزمان نانواکسید روی و آهن و کم‌ترین آن (۱/۸۴) گرم در بوته) در شوری ۵۰ میلی‌مولار و عدم محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۹). تاندون (۱۹۹۵) افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف روی، آهن و منگنز را به‌ترتیب ۷۸۰،

عملکرد دانه تحت تاثیر سطوح فاکتورهای مورد بررسی و اثر ترکیب تیماری سطوح شوری در باکتری های محرک رشد و سطوح شوری در محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد (۲/۶۸ گرم در بوته) در حالت عدم اعمال شوری و کاربرد باکتری سودوموناس و کم‌ترین آن (۱/۸۷) گرم در بوته) در

دانه نسبت داد. بدین صورت که در حالت عدم اعمال شوری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و این امر موجب می شود که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. ضمن آنکه در همین ترکیب تیماری، بالا بودن شاخص سبزی‌نگی، عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو و گسترش وزن و حجم ریشه نیز، می‌تواند بخشی از افزایش عملکرد را توجیه نماید.

۸۶۰ و ۵۴۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد. روئستی و همکاران (۲۰۰۶) دلیل افزایش عملکرد ناشی از تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد را به نقش این باکتری‌ها در ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی نسبت دادند. در این آزمایش بخشی از تغییرات عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر شوری و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه

عملکرد (g.plant ⁻¹)	ترکیب تیماری
۲/۳۴ cd	عدم باکتری
۲/۵۱ b	ازتوباکتر
۲/۴۴ bc	آزوسپیریوم
۲/۶۸ a	سودوموناس
۲/۰۲ fgh	عدم باکتری
۲/۰۸ ef	ازتوباکتر
۲/۲۴ de	آزوسپیریوم
۲/۱۱ ef	سودوموناس
۱/۸۷ h	عدم باکتری
۱/۹۲ gh	ازتوباکتر
۱/۹۵ fgh	آزوسپیریوم
۲/۰۲ fg	سودوموناس
۰/۱۵	LSD _{0.05}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر صفت اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر شوری و محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد دانه

عملکرد (g.plant ⁻¹)	ترکیب تیماری
۲/۳۵ c	عدم محلول پاشی
۲/۴۹ ab	نانو اکسید روی
۲/۵۴ ab	نانو اکسید آهن
۲/۵۹ a	نانو اکسید آهن + نانو اکسید روی
۱/۹۲ fg	عدم محلول پاشی
۲/۰۱ ef	نانو اکسید روی
۲/۱ de	نانو اکسید آهن
۲/۴۳ bc	نانو اکسید آهن + نانو اکسید روی
۱/۸۴ g	عدم محلول پاشی
۱/۸۹ fg	نانو اکسید روی
۱/۸۸ fg	نانو اکسید آهن
۲/۱۶ d	نانو اکسید آهن + نانو اکسید روی
۰/۱۲	LSD _{0.05}

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

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش شوری عملکرد دانه، عملکرد کوانتومی، شاخص کلروفیل و مولفه‌های پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانوآکسید آهن و روی در مقایسه با عدم کاربرد، منجر به بهبود این صفات شد. از این رو به نظر می‌رسد

کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانوآکسید آهن و روی می‌تواند به عنوان یک راه کار مناسب برای تعدیل اثرات شوری و بهبود عملکرد دانه باشد.

منابع مورد استفاده

- Akhgar A and Khavaz K. 2010. The roll of bacterial ACC deaminase enzyme on the alleviation of negative effects of salinity on canola growth. *Journal of Water and Soil*, 24(1): 154-165. (In Persian).
- Ardakani MR, Majd F, Mazaheri D and Noormohammadi G. 2004. Evaluation of azospirillum, mycorrhiza and sterptomyces efficiency with manure utilization in wheat by using ³² p. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 3 (1): 56-59. (In Persian).
- Arshad M and Frankenberger WT. 2002. *Ethylene Agricultural Sources and Application*. Kluwer Academic Publishers. New York.
- Babaeian M, Heidari M and Ghanbari A. 2008. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (Alster cultivar) under water stress at three stages. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 40(12): 119-129. (In Persian).
- Balakrishnan K, Rajendran C. and Kulandaivelu G. 2000. Differential responses of iron, magnesium, and zinc deficiency on pigment composition, nutrient content, and photosynthetic activity in tropical fruit crops. *Photosynthetica*, 38: 477-479.
- Baset MA, Shamsuddin ZH and Maziah M. 2010. Use of plant growth promoting bacteria in banana. A new insight sustainable banana production. *International Journal of Agriculture Boilogy*, 12:459-467.
- Bashan Y, Ivanony YH and Saad A. 1989. Non specific response in plant growth, yield and root colonization of non-cereal crop plant to inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Canadian Journal of Botany*, 67:1317-1324
- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*, 302: 1-17.
- Devlin RM and Withan FH. 1983. *Plant physiology*. 4th edition. Wadsworth Publishing Company. A division of Wadsworth. Inc. Belmont, California.
- Ellis RH and Pieta-Filho C. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Science Research*, 2: 19-25.
- Glick BR, Karaturovic DM and Newell PC. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting pseudomonads. *Canadian Journal of Microbiology*, 41: 533-536.
- Gorbanli M and Niyakan M. 2004. Study of the effects of drought stress on soluble sugars, protein, proline and nitrate reductaze enzyme activity of soybean (var. gorgan). *Journal of Tarbiat Moalem*, 5(1): 537-550. (In Persian).
- Gramer GR, Alberico GJ and Schmidt C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21(5): 675-682.

- Hagh Bahari M and Seyed Sharifi R. 2014. Effects of seed inoculation with growth promoting bacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling at various levels of soil salinity. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 6(1), 65-75. (In Persian).
- Hassan zadeh E, Mazaheri D, Chaichi MR and Kharazi K. 2007. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley cultivar (Karoon Dar Kavir). *Pajouhesh & Sazandegi*, 77: 111-118. (In Persian).
- Hemantaranjan A and Gray OK. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum*. L. *Journal of Plant Nutrition*, 11: 1439-1450.
- Hernandez AN, Hernandez A and Heydrich M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Cultivos Tropicales*, 6: 5-8.
- Hochmuth G. 2011. Iron (Fe) Nutrition of Plants. University of Florida If as Extension. SI 353. P: 1-8.
- Jalil Shesh Bahre M. and Movahedi Dehnavi M. 2012. Effect of zinc and iron foliar application on soybesn seed vigour grown under drought stress. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(1): 35-19. (In Persian).
- Jiang L, Zhang D, Song F, Zhang X, Shao Y and Li C. 2013. Effects of zinc on growth and physiological characters of flag leaf and grains of winter wheat after anthesis. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5: 571-577. (In Persian).
- Kumari SL and Valarmathi G. 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Madras Agricultural Journal*, 85: 210-211.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. New York. 890 PP.
- Mashi A, Galeshi S, Zeinali E and Noorinia A. 2008. Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-less barley. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1-10.
- Mayak S, Tirosh T and Glick B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 565-572.
- Mazaherinia S, Astaraei AR, Fotovat A and Monshi A. 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. *World Applied Science Journal*, 7(1): 36- 40.
- Mohamad W, Ighbal M. and Shal SM. 1990. Effect of mode of application to zine and iron on yield of wheat. *Journal of Agricultural Science*, 6: 615- 618.
- Netondo GW, Onyango JC and Beck E. 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and the herbicide chlorotoluronion soils. *Chemosphere*. 68: 1779-1787
- Neocleous D and Vasilakakis, M. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). *Scientia Horticulture*, 112, 282-289.
- Orabi SA, Salman SR and Shalaby AF. 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6, 252- 259.
- Ozturk L, Yazici MA, Yucel C, Bagci A, Ozkan H, Braun HJ, Sayers Z and Cakmak I. 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat, 128: 144-152.
- Passioura JB. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58(2): 113-117.
- Pessaraki M. 1999. Hand book of plant and crop stress. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Prasad TN, Sudhakar P, Sreenivasulu Y, Latha P, Munaswamy V, Raja Reddy K, Sreepasad TS and Sajanlal PR. 2012. Effect of nano scale zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 35: 905-927.

- Rengel Z and Graham RD. 1995. Wheat cultivars differ in Zn efficiency when grown in chelate buffered nutrient solution. *Plant Soil*, 17(6): 307-316.
- Roesty D, Gaur R and Johri BN. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1111-1120.
- Ronanini DR, Savin R and Hall 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.
- Saatovich SZ. 2006. Azospirillum of Uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants. *Plant Soil*, 283: 137-145.
- Seyed Sharifi R and Namvar A. 2016. *Biofertilizers in Agronomy*. University of Mohaghegh Ardabili press. 282 pp.
- Swędrzynska D and Sawicka A. 2000. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on development and yielding of maize (*Zea mays* ssp. *Saccharata* L.) under different cultivation conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 9: 505-509.
- Tandon HLS. 1995. *Micronutrients in soils, crops and fertilizers. A sourcebook-cum- Directory*. Fertilizers Development and Consultation Organization, New Dehli, India.
- Timsina YN. 2013. Effect of nitrogen fertilization on zinc and iron uptake and yield components of wheat. Department of Plant and Environmental Sciences, (IPM). Norwegian University of Life Sciences (UMB), Pp 94.
- Tsuno Y, Yamaguchi T and Nakano J. 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. *Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University*. 47: 1-10.
- Wang H, Liu RL and Jin JY. 2009. Effects of zinc and soil moisture on photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence parameters of maize. *Biol Plantarum*, 53: 191-194.
- Zayed BA, Salem AK and Sharkawy ME. 2011. Effect of Different Micronutrient Treatments on Rice (*Oriza sativa* L.) Growth and Yield under Saline Soil Conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*. 7: 179-184.