



## تأثیر کودهای زیستی و نانواکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و مدل‌سازی برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو تحت سطوح تنش شوری

سیامک داداش زاده<sup>۱</sup> - رئوف سیدشریفی<sup>۲\*</sup> - سلیم فرزانه<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و نانواکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو در شرایط شوری خاک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد آزوسپریلیوم، میکوریز، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم)، محلول پاشی با نانواکسید آهن در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) و شوری خاک در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۲۵ و ۷۵ میلی‌مولار با کلرید سدیم) بودند. از یک مدل خطی دو تکه‌ای برای کمی کردن شاخص‌های مربوط به پر شدن دانه استفاده شد. در این بررسی محتوای کلروفیل کل، a, b و کاروتنوئید، مولفه‌های پر شدن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد جو بررسی شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد (۲/۰۴ گرم در بوته)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۲۷۹ گرم در روز)، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به ترتیب ۳۶/۹۶ و ۲۶/۵۳ روز)، کلروفیل a (۱/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۲/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کاروتنوئید (۰/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در حالت کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و عدم اعمال شوری به دست آمد. در حالی که کمترین این صفات در شرایط اعمال شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد. اعمال شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار نسبت به حالت عدم اعمال شوری عملکرد دانه را به ترتیب ۵/۲۳، ۲۱/۹۳ و ۲۶/۱۴ درصد کاهش داد و کاربرد توأم کودهای زیستی و نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها در سطح شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار به ترتیب ۱۱/۷۹، ۱۲/۶۴ و ۱۵/۴۵ درصد از کاهش عملکرد را جبران کردند. از این رو به نظر می‌رسد کاربرد توأم کودهای زیستی و نانواکسید آهن می‌تواند به عنوان تعدیل‌کننده‌های تنش در جو تحت شرایط شوری خاک پیشنهاد شود.

**واژه‌های کلیدی:** باکتری‌های محرک رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی، مدل خطی، میکوریزا

### مقدمه

دسترس از مشکلات اساسی و رو به افزایش شوری آب و خاک در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Mouk and Ishii, 2008). از این رو امروزه یکی از شیوه‌های مناسب کشاورزی مدرن برای بهبود حاصلخیزی خاک، کاهش اثرات تنش و جبران میکروارگانسیم‌های از دست رفته به واسطه اثر تنش‌های محیطی، استفاده از کودهای زیستی (میکوریز و باکتری‌های محرک رشد گیاهی) (Cakmakci et al., 2007) و عناصر ریز مغذی مانند آهن (Hadi et al., 2016) است. باکتری‌های محرک رشد گیاهی به‌طور غیرمستقیم از طریق حلال‌سازی فسفات‌ها، تولید هورمون‌ها یا تثبیت نیتروژن و یا به صورت مستقیم از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، افزایش نمو ریشه، افزایش فعالیت آنزیمی و یا کمک به سایر میکروارگانسیم‌های مفید، موجب تحریک رشد گیاه می‌شوند (Seyed Sharifi and Namvar, 2016). حق بهاری و سید شریفی

شوری یکی از تنش‌های مهم تهدیدکننده عملکرد گیاهان زراعی در مناطق وسیعی از جهان است. پایین بودن مقدار بارش و دمای بالا در مناطق خشک و نیمه‌خشک و بهره‌برداری زیاد از منابع آب قابل

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی  
(\*- نویسنده مسئول: (Email: raouf\_ssharifi@yahoo.com  
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.68224

محللول پاشی با نانو اکسید آهن بر عملکرد و برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو در شرایط شوری خاک مورد ارزیابی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش تحت شرایط گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد آزوسپریلیوم، میکوریزا، کاربرد توأم میکوریزا و آزوسپریلیوم)، محللول پاشی با نانو اکسید آهن در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) و شوری خاک در چهار سطح (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌مولار از نمک کلرید سدیم) بودند. قارچ میکوریزا گونه *Glomus Intraradices* و باکتری آزوسپریلیوم از گونه لیپوفرورم (*Azospirillum lipoferum strain OF*) بود. باکتری از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، قارچ از شرکت زیست فناوران توران و بذر جو رقم والفجر از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. تعداد تقریبی اسپور زنده در هر گرم قارچ حدود ۱۰۰ اسپور بود. تلقیح با این قارچ که مخلوطی از اسپور، هیف و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده بود به مقدار ۲۰ گرم در هر متر مربع خاک بنا به توصیه شرکت مربوطه با بخش سطحی خاک قبل از کاشت و به روش استاندارد و توصیه شده *Gianinazzi et al., 2001* انجام شد. شوری با استفاده از نرم‌افزار Salt calc محاسبه شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه شده و به کل گلدان در دو نوبت (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۳-۴ برگی به ترتیب معادل مرحله ۱۳ و ۴۷ تقسیم بندی BBCH) همراه آب آبیاری اضافه شد. محللول پاشی با نانو اکسید آهن در دو مرحله از دوره رشد (مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله قبل از چکمه‌ای شدن) انجام شد. نانو اکسید آهن تولید کشور چین بود که از شرکت آروم دانش ارومیه تهیه 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 شوند. برای تلقیح بذرها از مایه تلقیح تهیه شده از موسسه خاک و آب تهران که هر گرم آن دارای  $1 \times 10^7$  عدد باکتری (CFU) زنده و فعال بود استفاده شد. در تلقیح بذر با باکتری از محللول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذرها به مدت چهار ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. ۳۹ عدد بذر در هر گلدان (به قطر ۳۵ و عمق ۴۰ سانتی‌متری) برای اعمال تراکم

(Haghabahary and Seyed Sharifi, 2013) گزارش دادند که با افزایش شوری عملکرد، طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه گندم<sup>۱</sup> کاهش یافت و استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش این صفات شد. پروازی شندی و همکاران (Parvazi Shandi *et al.*, 2013) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b و کل گندم شد. قارچ‌های میکوریزا گرچه ترکیبات کربوهیدراتی مورد نیاز خود را از گیاه میزبان دریافت می‌کنند، ولی با کمک به افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه، تنظیم اسمزی گیاه تحت تنش شوری، بهبود تثبیت نیتروژن، افزایش فتوسنتز موجب بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و شوری می‌شوند (Khalafalla and Abo-Ghalia, 2008). بررسی‌های گراور و همکاران (Grover *et al.*, 2010) نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا می‌تواند با جذب بیشتر آب از خاک، به رشد بهتر گیاه به خصوص تحت شرایط تنش کمک کنند.

آهن از عناصر ضروری و کم‌مصرف در گیاهان بوده که در فتوسنتز، تنفس و تثبیت نیتروژن نقش دارد (Taiz and Zeiger, 2002) ولی کمبود آن یک مسئله غالب در نواحی خشک و نیمه‌خشک با خاک‌های قلیایی است (Fahad *et al.*, 2014). در این نواحی محللول پاشی به شکل نانو ذرات در مقایسه با شکل متداول و مرسوم آن‌ها به دلیل اینکه عناصر غذایی به آرامی و با سرعتی مناسب در طول دوره رشد گیاه آزاد می‌شوند (Naderi and Abedi, 2012) به عنوان یک راه کار مفید و موثر برای اصلاح کمبود آهن توصیه شده است (Galavi *et al.*, 2012). از فواید محللول پاشی، جذب مستقیم مواد غذایی توسط بافت‌های گیاهی با مصرف کم انرژی برای انتقال در درون گیاه و عدم وابستگی به فاکتورهای محیطی مانند رطوبت خاک است (Swiader, 2000). غفاری و رزمجو (Ghafari and Razmjoo, 2013) اظهار داشتند که محللول پاشی نانو اکسید آهن موجب افزایش عملکرد، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در گندم شد. فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2009) اظهار داشتند که محللول پاشی آهن به دلیل حضور آن در ساختمان کلروفیل و کمک به افزایش کارایی فتوسنتزی، موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد جو شد. بابایی و همکاران (Babaei *et al.*, 2017) اظهار داشتند که در شرایط شوری کاربرد نانو اکسید آهن و روی موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b کاروتنوئید، عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد. گسترش خاک‌های شور و اهمیت جو به عنوان یکی از غلات دو منظوره، نقش کودهای زیستی و ریز مغذی آهن در بهبود عملکرد و تعدیل اثرات ناشی از شوری از جمله عواملی بودند که موجب شد تا تأثیر کودهای زیستی و

نسبی  $8 \pm 65$  درصد نگهداری شدند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است کشت شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت در طول دوره زایشی (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- The properties of physicochemical experimental farm soil

مشخصه Characteristic	آهک Lime	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	کربن- آلی O. C	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	اسیدیته pH	درصد عصاره اشباع %SP	بافت Texture
					درصد %	درصد %	mg kg <sup>-1</sup>					
میزان Amount	13	22	45	33	0.074	0.12	9.1	275	5.35	6.7	46.3	شنی سیلتی silty sandy

دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. استخراج رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی برگ با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) و طبق معادله‌های سه‌الی شش انجام گرفت.

(معادله ۳)

$$a = \frac{V}{100} W (A_{663} \times 19/3 - 0/86 \times A_{645})$$

(معادله ۴)

$$b = \frac{V}{100} W (A_{713} \times 3/1 - A_{750} \times 19/3)$$

$$\text{کلروفیل کل} = \text{کلروفیل a} + \text{کلروفیل b}$$

(معادله ۵)

$$198 = \frac{1000 \times A_{470} - 1/82 C_a - 85/0.2 C_b}{\text{کارتنوئید}}$$

در این روابط V حجم استون استفاده شده و W وزن نمونه گیاهی استفاده شده است. در زمان رسیدگی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کفبر شد و ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Excel 2007 استفاده شد. مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر شوری، کودهای زیستی، محلول‌پاشی با نانو اکسید آهن و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد تک بوته، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن صد دانه، رنگدانه‌های فتوسنتزی و تمامی مولفه‌های پر شدن دانه معنی‌دار شد (جدول ۲).

به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر مولفه‌های پر شدن دانه، نمونه‌برداری از ۱۵ روز بعد از سنبله‌دهی در فواصل زمانی هر پنج روز یک بار انجام شد. هر بار دو سنبله از ساقه اصلی در هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Ronanini et al., 2004). به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم‌افزار SAS بر اساس معادله ۱ استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases} \quad \text{(معادله ۱)}$$

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه،  $t_0$  پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ 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 (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برآزش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی ( $t_0$ ) به دست آمده و سپس مقدار عددی  $t_0$  در قسمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره مؤثر پر شدن دانه از معادله ۲ و به صورت زیر استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992).

$$EFP = MGW / GFR \quad \text{(معادله ۲)}$$

در این رابطه EFP دوره مؤثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و نسوری بر عملکرد، مولفه‌های پر شدن دانه و محتوای کلروفیل جو  
 Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on yield, grain filling components and Chlorophyll content of barley

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS												
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoids	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	دوره موثر Effective grain filling period	حداکثر وزن دانه Maximum grain weight	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن صد دانه 100 grains weight	عملکرد تک بوته Grain yield (per plant)
R	2	0.009 <sup>ns</sup>	0/0005 <sup>ns</sup>	0.0051 <sup>ns</sup>	0.011**	0.0000001**	0.03 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	0.000006**	20.81**	1.12**	7.79**	1.29**	0.043**
S	3	2.51	0.88**	6.34**	0.75**	0.000004**	183.62**	246.13**	0.0001**	4214.93**	22.54**	718.13**	2.23**	2.86**
B	3	0.73**	0.074**	1.26**	0.09**	0.000009**	5.31**	3.86**	0.0003**	225.62**	5.99**	80.68**	1.28**	0.14**
F	3	1.59**	0.042**	2.15**	0.11**	0.0000002**	8.63**	2.89**	0.00008**	143.62**	2.93**	46.08**	0.53**	0.043**
S*B	9	0.011**	0.006**	0.022*	0.002*	0.00000003**	0.45**	3.57**	0.000002**	8.75**	0.26**	0.84 <sup>ns</sup>	0.026**	0.003**
S*F	9	0.052**	0.003**	0.074*	0.001 <sup>ns</sup>	0.00000003**	0.53**	3.8**	0.000006**	3.39**	0.07**	80.25**	0.024**	0.0007**
B*F	9	0.019**	0.001**	0.028*	0.003**	0.00000001**	0.58**	1.26**	0.000001**	3.44**	0.16**	1.69**	0.065**	0.001**
S*B*F	27	0.008**	0.001**	0.008*	0.003**	0.00000001**	0.46**	1.71**	0.0000009*	5.026**	0.06**	2.75**	0.027**	0.001***
E	126	0.004	0.0005	0.004	0.0009	0.000000018	0.088	0.22	0.0000001	1.15	0.006	0.49	0.0002	0.00002
CV(%)	-	5.7	7.5	4.8	8.9	3.8	9.9	8.2	8.7	8.8	3.5	3.6	3.4	7.3

ns، \*، و \*\* are non-significant and significant at the probability level of 5% and 1% respectively  
 R، تکرار؛ S، نسوری؛ B، کودهای زیستی؛ F، نانواکسید آهن؛ E، اشتباه آزمایشی؛ CV، ضریب تغییرات  
 R، replication; S، salinity; B، biofertilizer; F، Nano Fe oxide; E، error; CV، coefficient of variation

غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم سازند.

**رنگیزه‌های فتوسنتزی:** نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید (به ترتیب ۱/۸۷، ۰/۶۸، ۲/۵۵ و ۰/۶ میلی گرم در گرم وزن تر) در عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۱۲، ۰/۷۲ و ۰/۱۱ میلی گرم در گرم وزن تر) در شوری ۷۵ میلی مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۴). تنش شوری موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاربرد کودهای زیستی و نانو اکسید آهن موجب افزایش میزان این رنگدانه‌ها شد. Han and Lee, 2005) گزارش کردند که در شرایط هان و لی (Levent Tuna et al., 2008) بیان کردند که کاهش میزان کلروفیل با تشکیل آنزیم‌هایی مانند کلروفیلاز ارتباط دارد که موجب تجزیه کلروفیل می‌شود. شوری می‌تواند اثر منفی بر آسیمیله شدن نیتروژن داشته باشد و میزان کلروفیل را کاهش دهد (Ali-Dinar et al., 1999). سلطانا و همکاران (Sultana et al., 1999) گزارش کردند که میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها در شرایط تنش شوری به دلیل تجزیه بتا کاروتن و تشکیل زآ-زانتین کاهش می‌یابد. گری و موکرچی (Giri and Mukerji, 2004) گزارش کردند که میکوریز و باکتری‌های محرک رشد باعث کاهش اثرات سوء شوری در تشکیل کلروفیل می‌شوند. شاهارونا و همکاران (Shaharoon et al., 2006) گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد اثر معنی داری بر رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش شوری داشتند. اسپیدکار و همکاران (Speedkar et al., 2016) نشان دادند که کاربرد همزمان میکوریز و حضور باکتری‌های محرک رشد، محتوای کلروفیل جو<sup>۱</sup> را افزایش داد ولی کمبود آهن به دلیل تخریب ساختار کلروپلاست موجب کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه زردی یا کلروز برگ می‌شود (Pinto et al., 2005).

**مولفه‌های پر شدن دانه:** نتایج نشان داد حداکثر وزن دانه (۰/۰۵۲ گرم) و سرعت پر شدن دانه (۰/۰۲۷۹ گرم در روز) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز با آزوسپریلیوم و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن و کمترین این صفات (به ترتیب ۰/۰۳۷ گرم و ۰/۰۱۴۱ گرم در روز) در شوری ۷۵ میلی مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که محلول پاشی نانو اکسید آهن با افزایش محتوای کلروفیل (جدول ۴) میزان آسیمیلایون را افزایش داده و موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت سبب افزایش وزن دانه گردید. در این راستا تسنو و همکاران (Tsun et al., 1994) اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل در طول دوره رشد به ویژه دوره‌ی پر شدن دانه، موجب افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود. فرانکوئیس و همکاران (Francois et al., 1994) اظهار داشتند که شوری وزن دانه را از طریق کوتاه کردن دوره پر شدن دانه و تسریع در بلوغ دانه‌ها کاهش می‌دهد. بخشی از افزایش در وزن دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد. نتایج جدول ۴ نشان داد که بین سطوح مختلف شوری، کودهای زیستی و محلول پاشی با نانو اکسید آهن از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد به طوری که با افزایش شوری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت به عدم اعمال شوری کاهش نشان داد. بیشترین سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به ترتیب ۰/۲۷۹۰۰ گرم در روز، ۳۶/۹۶ و ۲۶/۵۳ روز) در ترکیب تیماری حاصل از عدم اعمال شوری، کاربرد میکوریز و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن و کمترین مقادیر این صفات (به ترتیب ۰/۰۱۴۱ گرم در روز، ۳۰/۱۲ و ۱۸/۴۴ روز) در ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۳).

این امر نشان می‌دهد که با افزایش سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه افزایش یافت. به بیانی دیگر در تیمارهایی که سرعت پر شدن دانه بیشتر بود وزن دانه نیز حداکثر بود. در این راستا کوماری و والارماتی (Kumari and Valarmathi, 1998) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند. توگای و توگای (Togay and Togay, 2008) اظهار داشتند که کودهای زیستی با تولید هورمون‌های محرک رشد و افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی، با افزایش طول دوره رشدی گیاه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم می‌سازند. بهل و همکاران (Behl et al., 2003) اظهار داشتند که بین باکتری‌های محرک رشد و فارچ میکوریز اثرات متقابل مثبتی وجود دارد. از این رو کودهای زیستی می‌توانند با تأمین عناصر

1- *Hordeum vulgare* L.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نانوآکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر مولفه‌های پر شدن دانه جو  
 Table 3- Means comparison of the effects of nano Fe oxide, biofertilizer and salinity on grain filling components of barley  
 سرعت پر شدن دانه (g day<sup>-1</sup>)  
 حداکثر وزن دانه (g) حداکثر وزن دانه (g day<sup>-1</sup>)  
 Maximum of grain weight (g) Maximum of grain weight (g day<sup>-1</sup>)

شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizer	سطوح آهن Fe levels آهن				سطوح آهن Fe levels آهن				
		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S1	B <sub>1</sub>	0.045±0.001	0.046±0.005	0.049±0.001	0.044±0.001	0.00236±0.00002	0.00235±0.00009	0.00247±0.00003	0.00229±0.00005	
	B <sub>2</sub>	0.047±0.001	0.048±0.001	0.049±0.002	0.047±0.005	0.00251±0.00007	0.00239±0.00001	0.00255±0.00009	0.00237±0.00007	
	B <sub>3</sub>	0.048±0.0005	0.05±0.0001	0.052±0.001	0.048±0.001	0.00262±0.00008	0.00272±0.00006	0.00279±0.00005	0.00243±0.00007	
	B <sub>4</sub>	0.043±0.001	0.044±0.001	0.045±0.004	0.041±0.001	0.00223±0.00001	0.00224±0.00001	0.00254±0.00008	0.00216±0.00006	
S2	B <sub>1</sub>	0.043±0.001	0.045±0.004	0.046±0.001	0.041±0.001	0.00199±0.00004	0.00208±0.00003	0.0022±0.00007	0.00212±0.00007	
	B <sub>2</sub>	0.045±0.001	0.047±0.002	0.048±0.005	0.044±0.001	0.00199±0.00006	0.0021±0.00003	0.00231±0.00008	0.00199±0.00007	
	B <sub>3</sub>	0.047±0.0005	0.049±0.001	0.05±0.001	0.045±0.0005	0.00234±0.00007	0.00228±0.00003	0.00261±0.00006	0.00226±0.00007	
	B <sub>4</sub>	0.041±0.001	0.042±0.001	0.044±0.003	0.038±0.001	0.00201±0.00006	0.00192±0.00005	0.00211±0.00006	0.00192±0.00005	
S3	B <sub>1</sub>	0.043±0.002	0.044±0.003	0.043±0.003	0.043±0.004	0.00196±0.00004	0.002±0.00009	0.00199±0.00007	0.0018±0.00006	
	B <sub>2</sub>	0.045±0.003	0.046±0.001	0.045±0.001	0.044±0.001	0.00201±0.00003	0.00205±0.00007	0.00205±0.00004	0.0019±0.00008	
	B <sub>3</sub>	0.046±0.001	0.048±0.005	0.048±0.002	0.046±0.001	0.00213±0.00012	0.00206±0.00003	0.00209±0.00004	0.00197±0.00008	
	B <sub>4</sub>	0.04±0.0005	0.041±0.0005	0.041±0.001	0.038±0.0005	0.00173±0.00002	0.00177±0.00004	0.00174±0.00005	0.00178±0.00026	
S4	B <sub>1</sub>	0.041±0.004	0.042±0.001	0.044±0.001	0.041±0.001	0.00172±0.00002	0.00178±0.00006	0.00175±0.00004	0.00165±0.00004	
	B <sub>2</sub>	0.042±0.001	0.042±0.004	0.044±0.005	0.042±0.005	0.00174±0.00004	0.00176±0.00004	0.00183±0.00001	0.00165±0.00005	
	B <sub>3</sub>	0.044±0.003	0.044±0.006	0.045±0.001	0.043±0.001	0.0018±0.00007	0.00196±0.00006	0.00188±0.00004	0.00177±0.00006	
LSD	B <sub>4</sub>	0.039±0.001	0.04±0.001	0.041±0.001	0.037±0.001	0.00158±0.00003	0.00158±0.00003	0.00161±0.00004	0.00141±0.00004	
	0.05	0.0005								
		0.0001								

سوریه پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷ ۴۹۸  
 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی مولار، ۵۰ میلی مولار و ۷۵ میلی مولار، B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به ترتیب کاربرد آزو اسپیریلوم، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام آزو اسپیریلوم و میکوریزا، عدم کاربرد کودهای زیستی  
 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> به ترتیب محلول‌یابی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول‌یابی نانواکسید آهن

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> represent no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively  
 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>4</sub> represent application of Azospirillum, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers respectively.  
 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> represent 0.3, 0.6, 0.9 g l<sup>-1</sup> and without nano Fe oxide as control respectively

ادامه جدول ۳ -

شوری Salinity	Bio fertilizer	دوره موثر پر شدن دانه Effective grain filling period (day)				طول دوره پر شدن دانه Grain filling period (day)			
		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
S <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	23.83±0.3	23.77±0.22	25.16±0.03	24.58±0.07	36.39±0.11	36.13±0.37	35.76±0.005	35.34±0.35
	B <sub>2</sub>	24.15±0.03	24.11±0.22	23.85±0.07	25.47±0.15	36.6±0.1	36.5±0.15	36.96±0.16	35.78±0.03
	B <sub>3</sub>	24.44±0.05	25.29±0.13	25.5±0.09	26.53±0.11	35.71±0.1	36.16±0.11	36.02±0.22	35.33±0.11
	B <sub>4</sub>	24.48±0.59	22.41±0.14	24.19±0.28	24.32±0.23	35.43±0.8	36.28±0.22	35.91±0.59	34.77±0.34
S <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	21.97±0.03	22.05±0.45	21.44±0.52	24.1±0.04	34.49±0.35	34.28±0.16	33.97±0.44	33.33±0.11
	B <sub>2</sub>	22.44±0.16	22.7±0.22	21.82±0.1	23.15±0.47	34.8±0.05	35.25±0.05	34.69±0.41	33.77±0.17
	B <sub>3</sub>	21.82±0.74	23.38±0.17	22.91±0.01	23.58±0.17	33.98±0.19	34.27±0.24	32.9±0.1	32.65±0.23
	B <sub>4</sub>	23.4±0.3	23.45±0.25	23.56±0.1	21.86±0.03	33.58±0.27	34.33±0.87	33.93±0.05	32.98±0.03
S <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	21.85±0.31	21.68±0.22	20.97±0.16	19.34±0.16	33.42±0.09	33.15±0.09	33.03±0.02	32.54±0.03
	B <sub>2</sub>	22.66±0.13	22.53±0.22	20.87±0.38	22.1±0.29	32.68±0.26	33.95±0.04	33.77±0.27	32.75±0.16
	B <sub>3</sub>	20.29±0.38	21.59±0.05	19.11±0.02	20.14±0.4	32.34±0.13	33.33±0.18	34±0.73	32.54±0.52
	B <sub>4</sub>	20.4±0.11	21.89±0.04	20.64±0.5	19.8±0.5	33.59±0.005	32.88±0.59	32.9±0.55	32.16±0.75
S <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	19.11±0.62	19.83±0.58	19.93±0.07	19.24±0.04	31.85±0.24	31.51±0.44	31.37±0.13	30.95±0.29
	B <sub>2</sub>	18.92±0.07	20.07±0.41	19.09±0.21	19.87±0.21	32.11±0.4	31.36±0.1	32.23±0.04	30.92±0.06
	B <sub>3</sub>	18.46±0.4	18.44±0.03	18.73±0.12	19.97±0.08	30.93±0.01	31.2±0.03	30.58±0.14	30.51±0.13
	B <sub>4</sub>	19.3±0.38	19.87±0.67	17.76±0.13	19.21±0.16	31.38±0.09	31.02±0.13	32.23±0.45	30.12±0.12
LSD		0.05	0.7676				0.4805		

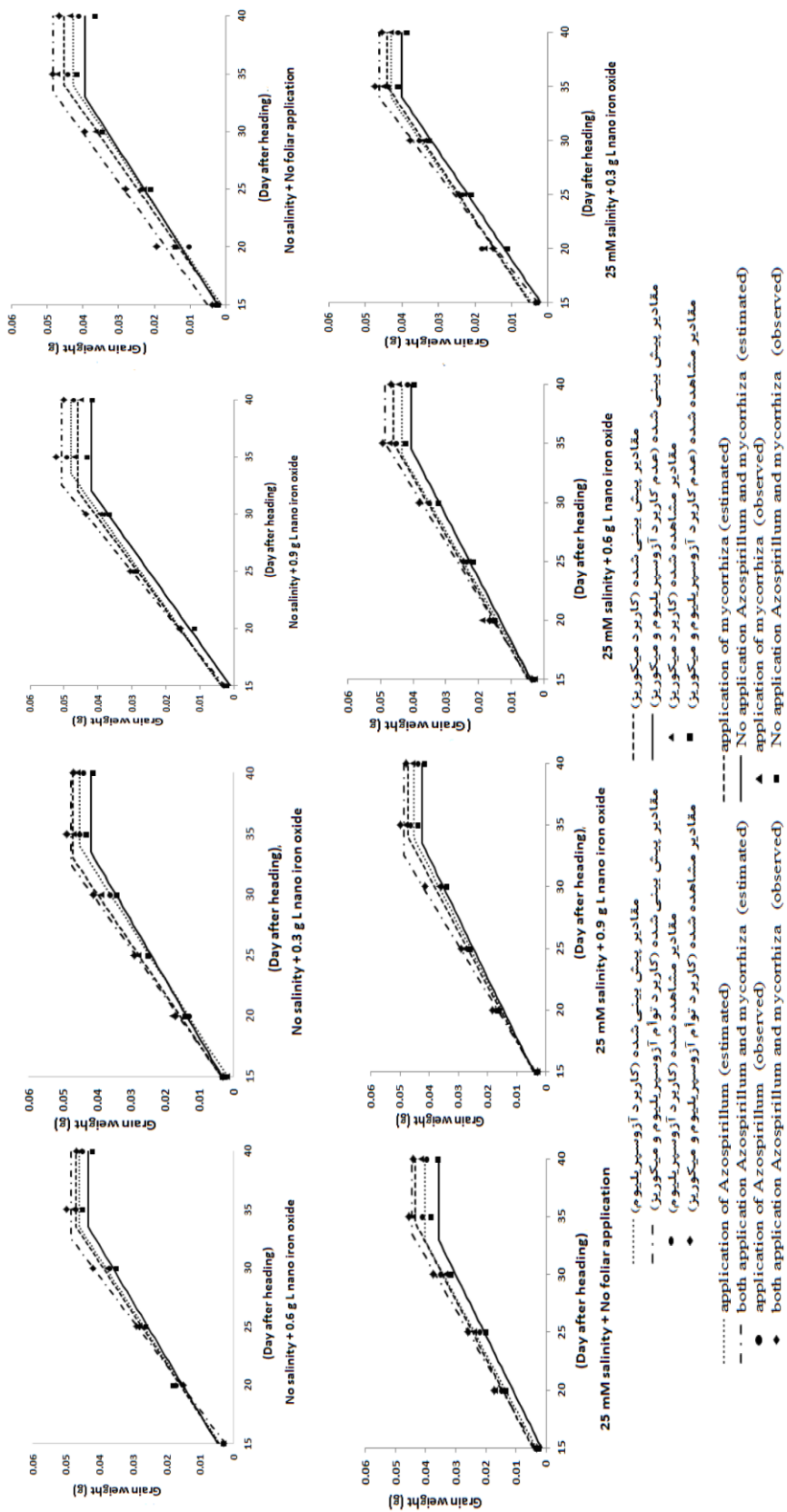
S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی مولار، ۵۰ میلی مولار و ۷۵ میلی مولار

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به ترتیب کاربرد آزوسپیریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توام آزوسپیریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> به ترتیب محلول پاشی ۰/۰۳، ۰/۰۶، ۰/۰۹ گرم در لیتر و عدم محلول پاشی نانو اکسید آهن

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>4</sub> are application of Azospirillum, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers respectively.

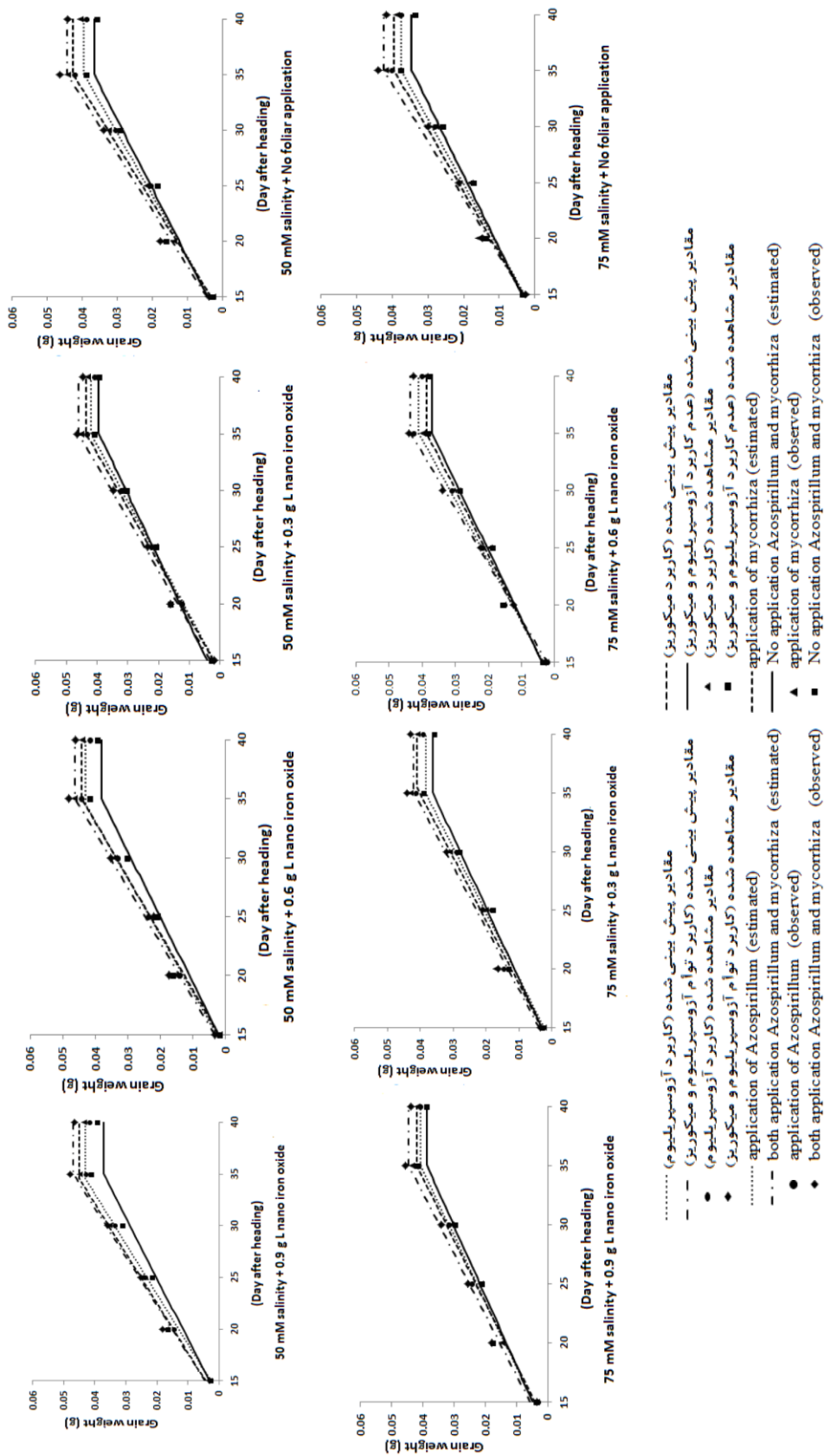
F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> are 0.3, 0.6, 0.9 g L<sup>-1</sup> and without nano Fe oxide as control respectively



شکل ۱- تاثیر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر پر شدن دانه جو

Figure 1- Effect of Nano iron oxide, bio fertilizers and salinity stress on grain filling of barley





ادامه شکل ۱- تأثیر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر شدن دانه جو  
Figure 1 continue- Effect of Nano iron oxide, bio fertilizers and salinity stress on grain filling of barley

ار ارتفاع بوته و طول سنبله: بیش‌ترین ارتفاع بوته و طول سنبله (به‌ترتیب ۷۵ و ۷/۶۳ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم شوری، استفاده توام میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کم‌ترین آن (۴۱/۶۶ سانتی‌متر) در عدم مصرف کودهای زیستی، عدم استفاده از نانوآکسید آهن و شوری ۷۵ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۵). جعفری و همکاران (Jafari *et al.*, 2014) اظهار داشتند که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع بوته و کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ارتفاع بوته شد. لیندرمن (Linderman, 1992) گزارش کرد که در کاربرد توام قارچ با باکتری، میکوریز با تشدید فعالیت باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته گیاهان می‌شود. جفریس و همکاران (Jeffries *et al.*, 2003) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد به دلیل تشدید رشد ریشه و کمک به جذب بهینه آب و مواد غذایی و قارچ با گسترش هیف‌های خود و نفوذ بهتر آن‌ها در خاک موجب می‌شود که به دلیل دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی، ارتفاع بوته و رشد گیاه افزایش یابد. اردکانی و همکاران (Ardakani *et al.*, 2001) افزایش طول سنبله گندم را در مقایسه با شاهد در اثر تلقیح با آزوسپریلیوم به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها در اثر تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

**تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه:** مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه (به‌ترتیب ۲۸ و ۴/۵۴ گرم) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توام میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کم‌ترین این صفات (۱۲/۳۳ و ۳/۳۷ گرم) در شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۵). نصیر (Naseer, 2001) گزارش کرد که شوری، عملکرد و اجزای عملکرد جو از جمله تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را کاهش داد. حکم‌علی‌پور و سید شریفی (Hokmalipour and Seyed Sharifi, 2015) افزایش تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و در نهایت افزایش عملکرد گندم بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد را گزارش کردند. عمو آقایی و همکاران (Amu aghayi *et al.*, 2003) نشان دادند که تلقیح گندم با آزوسپریلیوم نسبت به حالت عدم تلقیح، تعداد دانه در سنبله را افزایش داد. آنان علت را به توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترده‌گی سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها توسط این باکتری نسبت دادند. همان‌تارنج و گرگ

(Hemantaranj and Grag, 1988) نشان دادند که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد. آنان اعلام نمودند که بر اثر مصرف این عناصر مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافت و با افزایش کربوهیدرات، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بالا رفته و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه گردید.

**عملکرد تک بوته:** نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد (۲/۰۴ گرم در بوته) در عدم اعمال شوری، کاربرد توام میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کم‌ترین آن (۱/۳۲ گرم در بوته) در شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۶). کاهش عملکرد با افزایش سطح شوری توسط شهیدی و همکاران (Shahidi *et al.*, 2010) نیز گزارش شده است. از آن‌جایی که عملکرد دانه تابعی از اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن صد دانه می‌باشد، به نظر می‌رسد افزایش معنی‌دار این صفات تحت تأثیر ترکیب تیماری عدم شوری، کاربرد توام کودهای زیستی (آزوسپریلیوم و میکوریز) و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن موجب افزایش عملکرد دانه شده است. همچنین بخشی از تغییرات در روند عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد. بدین صورت که در حالت عدم اعمال شوری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و این امر موجب شد که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. در شرایط شوری و عدم اعمال شوری، بالا بودن محتوای کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید در حالت کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانوآکسید آهن نیز می‌تواند بخشی از افزایش عملکرد را توصیف نماید. کودهای زیستی از طریق 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 موجب رشد گیاه شده و از این طریق به افزایش عملکرد کمک می‌کنند (Roesty *et al.*, 2006). رایب و همکاران (Wright *et al.*, 1998) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت‌شده توسط گیاهان میکوریزایی شده به قارچ‌های میکوریزا 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. فتحی و عنایت‌قلی‌زاده (Fathi and Enayat, Ghalyzadeh 2009) بیان داشتند که کاربرد ریزمغذی آهن موجب افزایش عملکرد دانه جو گردید.

تأثیر کودهای زیستی و نانواکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و مدل سازی برخی... ۵۰۳

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر محتوای کلروفیل و کارتنوئید جو  
Table 4- Means comparison of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on Chlorophyll a and b content of barley

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g <sup>-1</sup> FW)				کلروفیل b Chlorophyll b (mg g <sup>-1</sup> FW)			
		سطوح آهن Fe levels				سطوح آهن Fe levels			
		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
S <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	1.21±0.06	1.37±0.03	1.67±0.15	1.16±0.03	0.43±0.05	0.47±0.005	0.5±0.05	0.42±0.04
	B <sub>2</sub>	1.34±0.1	1.4±0.02	1.76±0.05	1.15±0.07	0.44±0.01	0.46±0.03	0.61±0.02	0.43±0.02
	B <sub>3</sub>	1.42±0.04	1.44±0.03	1.87±0.04	1.34±0.02	0.52±0.01	0.59±0.02	0.68±0.01	0.48±0.05
	B <sub>4</sub>	1.12±0.02	1.11±0.04	1.47±0.13	1.02±0.01	0.4±0.02	0.39±0.03	0.41±0.02	0.38±0.03
S <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	1.2±0.08	1.28±0.09	1.52±0.01	1.01±0.05	0.33±0.05	0.37±0.01	0.38±0.03	0.32±0.04
	B <sub>2</sub>	1.2±0.08	1.32±0.05	1.54±0.05	1.09±0.1	0.34±0.04	0.39±0.01	0.37±0.01	0.32±0.05
	B <sub>3</sub>	1.31±0.11	1.43±0.09	1.68±0.01	1.12±0.01	0.4±0.03	0.37±0.02	0.43±0.02	0.36±0.03
	B <sub>4</sub>	0.96±0.03	1.12±0.02	1.16±0.05	0.9±0.01	0.31±0.03	0.32±0.005	0.37±0.04	0.29±0.02
S <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	0.92±0.03	1.12±0.05	1.22±0.07	0.87±0.01	0.26±0.03	0.22±0.02	0.28±0.04	0.21±0.03
	B <sub>2</sub>	0.94±0.04	1.24±0.05	1.29±0.16	0.85±0.01	0.22±0.01	0.28±0.005	0.27±0.01	0.2±0.005
	B <sub>3</sub>	1.12±0.02	1.32±0.06	1.26±0.05	0.91±0.06	0.3±0.03	0.31±0.03	0.34±0.05	0.26±0.06
	B <sub>4</sub>	0.91±0.07	0.93±0.12	1.08±0.03	0.77±0.03	0.2±0.01	0.21±0.01	0.21±0.02	0.18±0.01
S <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	0.69±0.05	1.01±0.07	1.06±0.01	0.65±0.06	0.14±0.05	0.19±0.01	0.15±0.01	0.14±0.03
	B <sub>2</sub>	0.68±0.35	1.02±0.03	1±0.19	0.62±0.06	0.17±0.05	0.16±0.01	0.18±0.005	0.14±0.005
	B <sub>3</sub>	0.83±0.01	1.1±0.02	1.18±0.03	0.81±0.03	0.17±0.01	0.18±0.02	0.2±0.005	0.17±0.01
	B <sub>4</sub>	0.66±0.03	0.69±0.07	0.87±0.07	0.59±0.05	0.13±0.005	0.14±0.005	0.16±0.005	0.12±0.005
LSD 0.05		0.1044				0.0378			

continue of Table 4

ادامه جدول ۴

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g <sup>-1</sup> FW)				کاروتنوئید Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> FW)			
		سطوح آهن Fe levels				سطوح آهن Fe levels			
		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
S <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	1.64±0.01	1.84±0.02	2.18±0.21	1.58±0.1	0.42±0.01	0.55±0.02	0.5±0.02	0.4±0.01
	B <sub>2</sub>	1.78±0.08	1.86±0.01	2.38±0.07	1.58±0.02	0.43±0.01	0.45±0.02	0.57±0.03	0.39±0.01
	B <sub>3</sub>	1.94±0.05	2.03±0.01	2.55±0.05	1.83±0.03	0.56±0.02	0.55±0.03	0.6±0.01	0.51±0.03
	B <sub>4</sub>	1.53±0.005	1.5±0.07	1.88±0.15	1.4±0.02	0.4±0.02	0.41±0.03	0.51±0.01	0.38±0.01
S <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	1.54±0.08	1.64±0.09	1.9±0.04	1.33±0.05	0.35±0.01	0.43±0.02	0.48±0.04	0.3±0.005
	B <sub>2</sub>	1.54±0.08	1.72±0.02	1.91±0.04	1.41±0.1	0.35±0.01	0.49±0.02	0.42±0.005	0.33±0.01
	B <sub>3</sub>	1.72±0.15	1.8±0.07	2.11±0.03	1.48±0.04	0.48±0.004	0.43±0.04	0.54±0.01	0.41±0.02
	B <sub>4</sub>	1.27±0.06	1.44±0.01	1.53±0.05	1.19±0.02	0.3±0.005	0.36±0.004	0.44±0.07	0.3±0.005
S <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	1.18±0.04	1.44±0.09	1.41±0.01	1.09±0.02	0.28±0.01	0.3±0.005	0.33±0.01	0.23±0.005
	B <sub>2</sub>	1.17±0.03	1.53±0.05	1.56±0.17	1.06±0.01	0.29±0.04	0.32±0.03	0.36±0.02	0.24±0.01
	B <sub>3</sub>	1.42±0.1	1.63±0.03	1.6±0.1	1.17±0.03	0.32±0.02	0.34±0.005	0.4±0.09	0.29±0.01
	B <sub>4</sub>	1.11±0.08	1.15±0.11	1.29±0.01	0.94±0.02	0.25±0.02	0.25±0.03	0.35±0.07	0.21±0.005
S <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	0.84±0.06	1.2±0.05	1.21±0.02	0.79±0.06	0.13±0.007	0.16±0.04	0.25±0.03	0.12±0.003
	B <sub>2</sub>	0.86±0.03	1.18±0.04	1.18±0.18	0.77±0.05	0.17±0.02	0.25±0.04	0.26±0.06	0.15±0.01
	B <sub>3</sub>	1.01±0.03	1.28±0.04	1.38±0.05	0.98±0.04	0.23±0.02	0.28±0.05	0.29±0.04	0.19±0.005
	B <sub>4</sub>	0.79±0.02	0.84±0.07	1.04±0.07	0.72±0.05	0.14±0.02	0.13±0.01	0.17±0.05	0.11±0.005
LSD 0.05		0.1123				0.0497			

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی مولار، ۵۰ میلی مولار و ۷۵ میلی مولار B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به ترتیب کاربرد آزوسپیریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توام آزوسپیریلیوم و میکوریز،

عدم کاربرد کودهای زیستی F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> به ترتیب محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول پاشی نانواکسید آهن

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively.

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>4</sub> are application of Azospirillum, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> are 0.3, 0.6, 0.9 g L<sup>-1</sup> and without nano Fe oxide as control respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نانو اکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر ارتفاع بوته و طول سنبله تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه جو  
Table 5- Means comparison of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on plant height, spike length, number of grain per spike and 100 grains weight of barley

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	Spike length (cm) طول سنبله				Plant height (cm) ارتفاع بوته			
		سطوح آهن Fe levels				سطوح آهن Fe levels			
		F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
S <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	7.16±0.15	7.2±0.2	7.63±0.15	6.6±0.1	67.66±0.57	71±1	69±1	56.66±0.57
	B <sub>2</sub>	7.16±0.15	7.16±0.15	7.26±0.05	6.66±0.15	70±1	68.66±0.57	70.66±0.57	68±1
	B <sub>3</sub>	7.2±0.13	7.6±0.17	7.56±0.05	7.16±0.15	72±1	73±1	75±1.1	71±1.1
	B <sub>4</sub>	6.66±0.12	6.56±0.05	6.66±0.15	6.26±0.05	68±1.1	67±1	69±1	65.66±1.2
S <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	6.46±0.02	6.66±0.14	7.06±0.11	6.2±0.2	60±1.2	61.66±0.57	62.66±0.57	61.66±1.32
	B <sub>2</sub>	6.16±0.15	6.26±0.05	6.56±0.13	6.16±0.15	60.66±0.57	62.66±1.2	64.66±1.52	58.33±1.52
	B <sub>3</sub>	6.6±1	6.9±0.1	7±0.17	6.6±0.1	60.66±0.57	63.66±0.52	64.66±1.52	61.66±1.52
	B <sub>4</sub>	6.1±0.12	6.3±0.1	6.6±0.1	6.1±0.1	59.66±0.57	60.33±0.85	61.66±1.52	56.33±0.55
S <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	6.1±0.1	6.1±0.5	6.5±0.4	5.9±0.1	53.33±1.52	54.33±1.52	54.66±0.57	52±2
	B <sub>2</sub>	6.1±0.1	6.1±0.15	6.1±0.1	5.66±0.15	55.66±1.1	58.33±0.57	59.33±0.48	52.33±1.4
	B <sub>3</sub>	6.6±0.1	6.66±0.15	6.3±0.36	6.16±0.15	58.33±1.5	59.33±0.69	60.33±1.52	56.33±0.45
	B <sub>4</sub>	5.66±0.12	5.6±0.1	6.16±0.15	5.26±0.17	53.33±1.22	54.33±0.55	52.33±0.52	51.33±1.52
S <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	5.66±0.12	5.7±0.2	6.2±0.2	5.16±0.15	46±1	48±1	48.33±1.02	45±1
	B <sub>2</sub>	5.1±0.1	5.66±0.13	5.36±0.15	5.06±0.25	48±0.5	49±1	48.66±0.57	45±0.57
	B <sub>3</sub>	5.96±0.15	5.96±0.15	6.16±0.12	5.66±0.15	52.33±1.52	51.33±1.52	53.33±1.52	45±1
	B <sub>4</sub>	4.9±0.2	4.66±0.15	5.16±0.12	4.16±0.15	43±1.1	45±1.1	47±1	41.66±1.52
LSD 0.05		0.1275				1.7375			

ادامه جدول ۵ continue of Table 5

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike				وزن صد دانه (g) 100 grains weight (g)			
		سطوح آهن Fe levels				سطوح آهن Fe levels			
		F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
S <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	24±1	24±1	26±1	22±1	4.15±0.15	4.44±0.15	4.24±0.15	4.04±0.15
	B <sub>2</sub>	24±1	25±0.55	24±1.1	21.66±0.57	4.35±0.14	4.34±0.16	4.54±0.16	4.36±0.14
	B <sub>3</sub>	25±1	26±1	28±0.85	24±1	4.34±0.17	4.44±0.16	4.44±0.16	4.39±0.16
	B <sub>4</sub>	21.66±0.57	22±1	25±1	20.66±0.57	4.17±0.12	4.24±0.15	4.06±0.13	3.95±0.14
S <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	19±1	20.66±0.57	23±1	20±1.1	4.05±0.15	4.2±0.1	4.15±0.15	3.87±0.13
	B <sub>2</sub>	20.66±0.57	21.66±1.52	21.66±0.57	19.66±0.95	4.05±0.14	4.07±0.13	4.42±0.17	4.03±0.14
	B <sub>3</sub>	20.66±0.57	23±1	24±1	19.66±0.57	4.45±0.15	4.24±0.15	4.23±0.16	3.95±0.14
	B <sub>4</sub>	18.66±0.57	17.66±0.67	20.66±0.77	19±1.3	3.86±0.13	4.15±0.15	3.96±0.14	3.77±0.12
S <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	17.66±0.59	18.66±0.57	19.66±0.57	15.66±0.57	3.76±0.13	4.16±0.13	4.05±0.14	3.67±0.13
	B <sub>2</sub>	17±0.55	18.66±0.57	19±1	16.66±0.57	4.04±0.16	4.15±0.15	4.23±0.16	3.95±0.14
	B <sub>3</sub>	19±1	19.66±0.57	21.66±0.57	17.66±0.66	4.17±0.12	4.24±0.15	4.34±0.15	3.97±0.13
	B <sub>4</sub>	15.66±0.57	16.66±0.57	17.66±0.57	15.66±1.4	3.86±0.14	3.77±0.13	3.86±0.14	3.66±0.13
S <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	15.66±0.57	16±1	14.33±1.2	14.33±0.57	3.67±0.12	3.66±0.13	4.05±0.15	3.58±0.12
	B <sub>2</sub>	14.66±0.57	13.33±0.47	15±1	14.33±0.87	3.87±0.12	3.89±0.1	4.05±0.14	3/76±0.13
	B <sub>3</sub>	17±1	14.33±0.57	16.66±0.57	18.66±0.69	3.97±0.13	3.95±0.14	3.94±0.15	3.95±0.14
	B <sub>4</sub>	14.33±0.57	13.33±0.69	13.33±0.57	12.33±0.57	3.49±0.11	3.57±0.13	3.48±0.11	3.37±0.12
LSD 0.05		1.1372				0.0253			

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی مولار، ۵۰ میلی مولار و ۷۵ میلی مولار B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به ترتیب کاربرد آزوسپیریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توام آزوسپیریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> به ترتیب محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول پاشی نانو اکسید آهن

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>4</sub> are application of F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> are 0.3, Azospirillum, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers respectively. 0.6, 0.9 g L<sup>-1</sup> and without Nano Fe oxide as control respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر عملکرد دانه جو

Table 6- Means comparison of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on grain yield of barley

شوری Salinity	عملکرد دانه Grain yield (g per plant)				
	کود زیستی Bio fertilizer	سطوح آهن Fe levels			
		F1	F2	F3	F4
S1	B1	1.936±0.024	1.987±0.035	1.988±0.032	1.871±0.016
	B2	1.872±0.03	1.937±0.022	1.931±0.031	1.855±0.018
	B3	1.993±0.033	2.02±0.028	2.04±0.035	1.977±0.036
	B4	1.853±0.025	1.848±0.028	1.915±0.025	1.831±0.028
S2	B1	1.842±0.032	1.823±0.028	1.844±0.029	1.786±0.026
	B2	1.834±0.026	1.892±0.028	1.87±0.029	1.801±0.031
	B3	1.868±0.031	1.904±0.031	1.914±0.03	1.833±0.035
	B4	1.737±0.027	1.748±0.021	1.831±0.028	1.712±0.026
S3	B1	1.511±0.023	1.542±0.027	1.53±0.025	1.445±0.023
	B2	1.486±0.022	1.522±0.027	1.532±0.026	1.484±0.021
	B3	1.571±0.024	1.573±0.028	1.586±0.031	1.568±0.027
	B4	1.44±0.018	1.425±0.022	1.459±0.025	1.408±0.022
S4	B1	1.382±0.02	1.438±0.024	1.47±0.024	1.365±0.025
	B2	1.42±0.022	1.43±0.017	1.423±0.023	1.4±0.02
	B3	1.505±0.025	1.494±0.026	1.524±0.026	1.477±0.026
	B4	1.353±0.017	1.408±0.022	1.382±0.02	1.32±0.02
LSD 0.05		0.0075			

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی مولار، ۵۰ میلی مولار و ۷۵ میلی مولار B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> به ترتیب کاربرد آزوسپیریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم آزوسپیریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> و F<sub>4</sub> به ترتیب محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول پاشی نانواکسید آهن

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively.

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>4</sub> are application of Azospirillum, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> are 0.3, 0.6, 0.9 g L<sup>-1</sup> and without nano Fe oxide as control respectively respectively.

۲۱/۹۳ و ۲۶/۱۴ درصد کاهش داد و استفاده توأم کودهای زیستی و نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد آنها در سطح شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار به ترتیب ۱۱/۷۹، ۱۲/۶۴ و ۱۵/۴۵ درصد از کاهش عملکرد را جبران کردند. به نظر می رسد کاربرد توأم میکوریز با آزوسپیریلیوم و محلول پاشی با نانواکسید آهن با تعدیل اثرات شوری می تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط تنش شوری موثر واقع شود.

## نتیجه گیری

با افزایش شوری عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه جو در شرایط کنترل شده گلخانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول پاشی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو گردید. نتایج نشان داد که اعمال شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار نسبت به حالت عدم اعمال شوری عملکرد دانه را به ترتیب ۵/۲۳،

## References

1. Ali-Dinar, H. M., Ebert, G., and Ludders, P. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. *Gartenbauwissenschaft* 64 (2): 54-59.
2. Amu Aghayi, R., Mostageran, A., and Emtiyazy, G. 2003. Effect of Azospirillum on some growth and yield indices of three wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology* 2: 127-138. (in Persian with English abstract).
3. Ardakani, M. R., Majid, F., Mazaheri, D., and Noor Mohammadi, Gh. 2001. Evaluation of azospirillum, mycorrhiza and streptomycin efficiency with manure utilization in Wheat by using 32P. *Iranian Journal of Crop Sciences* 3 (1): 56-69. (in Persian with English abstract).
4. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24 (1): 1-15.
5. Babaei, K., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A., and Khalilzadeh, R. 2017. Effects of bio fertilizer and nano Zn- Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Interactions* 12 (1): 381-389.

6. Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V., and Narula, N. 2003. Interaction between mycorrhiza, azotobacter chroococcum and root characteristics of wheat varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science* 89: 151-155.
7. Cakmakci, R. I., Donmez, M. F., and Erdogan, U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture* 31: 189-199.
8. Ellis, H. R., 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.
9. Fahad, S., Ahmad, M., Akbar Anjum, M., and Hussain, S. 2014. The effect of micronutrients (B, Zn and Fe) foliar application on the growth, flowering and corm production of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) in calcareous soils. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16: 1671-1682.
10. Fathi, Gh., and Enayat Gholizadeh, M. A. 2009. Effect of iron, zinc and copper on growth and yield of barley cultivars in Khuzestan Climate condition. *Journal of Plant Physiology* 1 (1): 41-28. (in Persian with English abstract).
11. Francois, L. E., Grieve, C., Mass, E. V., and Lesch, S. M. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agronomy Journal* 86: 100-107.
12. Galavi, M., Ramroudi, M., and Tavassoli, A. 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Agricultural Research* 7 (3): 482-486.
13. Ghafari, H., and Razmjoo, J. 2013. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4 (11): 2997-3003.
14. 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.
15. Grover, M., Ali, S. K., Sandhya, Z., Abdul Rasul, V., and Venkateswarlu, B. 2010. Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27 (5): 1231-1240.
16. Hadi, H., Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2016. Phytoprotectants and Abiotic Stresses. Urmia University press 341 pp. (in Persian).
17. Haghbahary, M., Seyed Sharifi, R. 2011. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling period of wheat under different levels of soil salinity. *Environmental stresses in Crop Sciences* 6 (1): 65-75. (in Persian with English abstract).
18. Han, H. S., and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of Lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 1: 210-215.
19. Hemantaranj, A., and Grag, O. K. 1988. Iron and iron fertilization with reference to the grain quality of *triticum eastivum* L. *Journal of Plant Nutrition* 11 (6-11): 1439-1450.
20. Hokmalipour A., and Seyed Sharifi, R. 2015. The effects of seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter remobilization on spring barley at different levels of nitrogen and phosphorus. *Journal of Soil Science (Soil and Water Science)* 29 (4): 407-425. (in Persian with English abstract).
21. Jafari, P., Leather, M., Enayati Zamir, N., and Motamedi, H. 2014. Effect of two isolates of salinity resistant bacteria on barley growth in different levels of soil salinity. *Journal of Soil Biology* 2 (2): 187-196. (in Persian with English abstract).
22. Jeffries, P., Gianinazi, S., Perotto, S., Turnau, K., and Barea, J. M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 37: 1-16.
23. Khalafallah, A. A., and Abo-Ghalia, H. H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Journal of Applied Sciences Research* 4: 559-569.
24. Khan, N. A. 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzymes activities in wheat. *Biologia Plantarum* 47: 437-440.
25. Kumari, S. L., and Valarmathi, G. 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Madras Agricultural Journal* 85: 210-211.
26. Levent Tuna, A., Kaya, C., Dicitilas, M., and Higgs, D. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environmental and Experimental Botany* 62: 1-9.
27. Linderman, R. G. 1992. Vesicular–arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In: Bethlenfalvay, G.J., Linderman, R.G, editors. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison, Wis: ASA. Pp: 1-26.
28. Mouk, B. O. and Ishii, T. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth and nutrient uptake of *Sclerocarya birrea* under water stress, salt stress and flooding. *Journal of the Japanese Society of Horticulture Science* 75: 26-31.

29. Naderi, M. R., and Abedi, A. 2012, Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. *Nanotechnology Journal* 11 (1): 18-26.
30. Naseer, S. H. 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. *Journal of Biological Science* 1: 326-329.
31. Parvazi Shandi, S., Pazoki, A., Asgharzadeh, A., Azadi, A., and Paknejad, F. 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat, *Journal of Plant Physiology* 5 (18): 19-33. (in Persian with English abstract).
32. Pinto, A., Mota, M., and Varennes, A. 2005. Influence of organic matter on the uptake of zinc, copper and iron by Sorghum plants. *Science Total Environment* 326: 239-247.
33. Roesty, D., Gaur, R., and Johri, B. N. 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.
34. Ronanini, D. R., Savin, R., and Hall, A. J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Research* 83: 79-90.
35. Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2015. *Biofertilizers in Agronomy*. University of Mohaghegh Ardabili press. 280 pp. (in Persian).
36. Shaharoon, B., Arshad, M., and Zahir, Z. A. 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Letters in Applied Microbiology* 42 (2): 155-159.
37. Shahidi, R., Kamkar, B., Latifi, N., and Golshi, S. 2010. Effect of different salinity levels and exposure times on individual's seed yield and yield components of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electronic Journal of Crop Production* 3 (2): 63-49. (in Persian with English abstract).
38. Speedkar, Z., Yarnia, M., Ansari, M. H., Mirashkari, B., and Asadi Rahmani, H. 2016. The Effects of mycorrhizal fungus on the ecophysiological characteristics of barley cultivars in response to inoculation with pseudomonas fluorescent under rain fed conditions. *Journal of Plant Physiology* 8 (30): 21-38. (in Persian with English abstract).
39. Sultana, N., Ikeda, T., and Itot, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany* 42: 211-220.
40. Swiader, J. M. 2000. Micronutrient fertilizer recommendation for vegetable Crop, *Horticulture Facts* 21-35.
41. Taiz, L., and Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*, Third edition. Sunderland: Sinauer Associates. 690 pp.
42. Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K. M., and Turan, M. 2008. Effect of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chick pea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology* 7: 776-782.
43. 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.
44. 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 and Environment* 21: 209-216.



## Effects of Bio-fertilizer and Nano Iron Oxide on Yield, Chlorophyll Content and Modeling of Some Components of Grain Filling Period of Barley (*Hordeum vulgare* L.) under Salinity Stress Levels

S. Dadashzadeh<sup>1</sup> - R. Seyed Sharifi<sup>2\*</sup> - S. Farzaneh<sup>3</sup>

Received: 25-10-2017

Accepted: 15-01-2018

### Introduction

Salinity is one of the most important and adverse environmental constraint restricting growth and development of plant particularly in arid and semiarid regions. One approach to improve the salt stress problem is the use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and *Mycorrhiza*. The PGPR are a group of rhizosphere colonizing bacteria that produces substances to increase the growth of plants, synthesize different phytohormones, including auxins, cytokinins, and gibberellins, synthesize enzymes that can modulate plant growth and development. *Arbuscular mycorrhizal* fungi (AMF) symbiosis is considered a valuable component in most agricultural systems due to their role in plant nutrition and soil health. Soil microorganisms such as *Arbuscular mycorrhizal* fungi represents a key link between plants and soil mineral nutrients. Thus, they are collecting growing interest as natural fertilizers. Iron is the third most limiting nutrient for plant growth and metabolism. It is well known that iron is important component of many vital enzymes, and also participates in the synthesis of chlorophyll, indole-3-acetic acid (IAA), electron transport, chlorophyll biosynthesis and photosynthesis, and a structural stabilizer for proteins, membrane and DNA-binding proteins. The problem of soil salinization is a scourge for agricultural productivity worldwide. Iron deficiency also is a common nutritional disorder in many crop plants, resulting in poor yields and reduced nutritional quality. Since, application of bio fertilizers and iron is one of the most important strategies for alleviation of salinity stress effects. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effects of bio fertilizers and iron on yield, chlorophyll content and some components of grain filling period of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress.

### Materials and Methods

A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at research greenhouse of faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili during 2016. Factors experiment were included bio-fertilizers in four levels (non-application of biofertilizer, application of *Azospirillum*, *mycorrhiza* (*Glomus Intraradices*), both application of *mycorrhiza* and *Azospirillum*), foliar application with nano iron oxide at four levels (0, 0.3, 0.6 and 0.9 g l<sup>-1</sup>), soil salinity in four levels (0, 50, 25 and 75 mM NaCl). A two part linear model was used to quantifying the grain filling parameters. In this study, total chlorophyll, chlorophyll a, b, carotenoid, grain filling components, yield and yield components of barley were investigated. Grain dry weight and number were used to calculate the average grain weight for each sample. Total duration of grain filling was determined for each treatment combination by fitting a bilinear model:

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases}$$

Effective grain filling duration (EGFD) was calculated from the below equation: EGFD = the highest grain weight (g)/ratio of grain filling (g day<sup>-1</sup>).

1- Ph.D student of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2-Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3-Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(\*- Corresponding Author Email: raouf\_ssharifi@yahoo.com)



## Results and Discussion

Means comparison showed that the highest yield (2.46 g per plant), grain filling rate (0.00279 g day<sup>-1</sup>), effective grain filling period and grain filling period (39.96 and 26.53 days respectively), chlorophyll a (87.1 mg g<sup>-1</sup> FW), chlorophyll b (0.68 mg g<sup>-1</sup> FW), total chlorophyll (2.55 mg g<sup>-1</sup> FW) and carotenoid (0.6 mg g<sup>-1</sup> FW) were obtained at treatment of application Azospirillum, mycorrhiza, 0.9 g l<sup>-1</sup> of nano iron oxide under no saline condition. While the lowest amount of traits was obtained in no application of bio fertilizer and nano Fe oxide under on saline condition. Grain yield was decreased in 25, 50 and 75 mM levels by 5.23, 21.93 and 26.14%, respectively. While, application of biofertilizers and nano Fe oxide compensated 11.79%, 12.64% and 15.45% respectively from yield reduction in compared to control.

## Conclusions

It seems that, both application of biofertilizers and nano Fe oxide can be suggested as stabilizers stress in barley under soil salinity conditions. So, salinity of 25, 50 and 75 mM NaCl decreased 5.23, 21.93 and 26.14%, respectively from grain yield and application of biofertilizers and nano Fe oxide compensated 11.79%, 12.64% and 15.45% respectively from yield reduction in compared to control.

**Keywords:** Linear model, Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Mycorrhiza, Photosynthetic Pigments