مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۱۴-۱

ISSN NO: 2008-8485

بهبود عملکرد و پروتئین دانه جو (*Hordeum valgare* L.) تحت تأثیر محلول‌پاشی برگی آهن، منگنز و روی

Improvement of the Yield and Grain Protein in Barley (*Hordeum valgare* L.) by Iron, Manganese and Zinc Foliar Spray

مجید رجایی[1*]، مجتبی چرخنده[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۲

چکیده

به منظور بررسی محلول‌پاشی برگی آهن، منگنز و روی بر عملکرد و پروتئین دانه جو آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در داراب اجرا گردید. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۸ تیمار ۱- شاهد بدون محلول‌پاشی، ۲- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ درصد آهن، ۳- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ درصد روی، ۴- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ درصد منگنز، ۵- تیمار ۲+۳، ۶- تیمار ۲+۴، ۷- تیمار ۳+۴ و ۸- تیمار ۲+۳+۴ بود. نتایج نشان داد که مصرف کودهای ریزمغذی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد جو شد. به‌طوری که محلول‌پاشی هم زمان آهن، روی و منگنز توانست عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کربوهیدرات‌های محلول ساقه و پروتئین دانه را افزایش معنی‌داری دهد. بالاترین میزان غلظت آهن، روی و منگنز دانه و برگ به ترتیب در محلول‌پاشی آهن، محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی منگنز مشاهده شد. هم‌چنین کمترین مقدار آهن، روی و منگنز دانه در ترکیب‌های روی و منگنز، آهن و منگنز و آهن و روی به دست آمد. از بین عناصر به کار رفته اثر مصرف آهن بر عملکرد دانه نسبت به سایر عناصر بیشتر بود. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مصرف کودهای ریزمغذی با فراهم کردن مواد غذایی مورد نیاز گیاه علاوه بر غنی‌سازی دانه تا حدودی توانسته است سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد جو شود.

کلمات کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عناصر ریز مغذی، وزن هزاردانه.

۱ - استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲ - دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد داراب.

*- مسئول مکاتبات: m.rajaei@areo.ir

www.iapbkiau.ac.ir

مقدمه

غلات تامین کننده ۷۰ درصد غذای مردم کره زمین هستند که به طور مستقیم و غیر مستقیم عمده‌ترین بخش مواد غذایی جهان را تشکیل می‌دهند، بنابراین برنامه‌ریزی لازم در جهت افزایش تولید این محصولات، غیر قابل اجتناب است. با افزایش سریع جمعیت، کشور نیاز به تولید بیشتر و بهتر این محصولات دارد و بهترین راه برای رسیدن به این اهداف افزایش تولید در واحد سطح، با استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی و کاهش هرچه بیشتر هزینه‌های تولید است (Smith and Chantal, 1999). در این بین مصرف متعادل کود بیشتر از سایر نهاده‌ها در افزایش تولید محصولات کشاورزی مؤثر است. جهت بهبود رشد گیاهان در مراحل مختلف رشد (هنگامی که برگ‌ها به زردی می‌گراید) محلول‌پاشی عناصر ضروری است. کمبود عناصر غذایی تقریباً در تمامی مزارع جهان متداول است و میزان کمبود از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از گیاهی به گیاه دیگر متغیر است (Maghrebi *et al*., 2014).

برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی و تصمیم‌گیری صحیح در مورد مقدار نوع کودی که لازم است کشاورز در شرایط خاص به زمین بدهد، تعیین کمبود عناصر حائز اهمیت است. با نگرشی به روند رو به رشد جمعیت جهان و نیاز روز افزون به غذا جهت افزایش بازده فرآورده‌های گیاهی و بهبود کیفیت آن‌ها، استفاده از کودهای عناصر کم مصرف در میان کشاورزان رواج یافته است (Alam and Raza, 2004). علاوه بر مقدار کم مواد آلی، به آهکی بودن خاک‌ها می‌توان اشاره کرد که از عوامل عمده ایجاد کمبود در گیاهان است (Attarzadeh *et al*., 2019). با توجه به فقر شدید خاک‌های زراعی به‌ویژه خاک‌های ایران به عناصر آهن و روی و عدم امکان تامین این عناصر از طریق خاک به دلیل پرهزینه بودن، محلول‌پاشی این عناصر کمبود این عناصر را می‌تواند جبران نماید. همچنین مصرف آن‌ها جذب برگی را افزایش داده و جذب ریشه‌ای را که در بسیاری از شرایط و خاک‌های کشور با مشکلات و محدودیت‌هایی رو به رو است جبران می‌نماید (Babaeian *et al*., 2011).

آهن نیز یکی از ریز مغذی‌های ضروری است که در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاهی مانند سیتوکروم شرکت می‌کند. آهن برای تنفس و عملیات اکسید و احیا در گیاه ضروری است و با توجه به نقشی که در تولید کلروفیل دارد، در فتوسنتز گیاهی نقش مهمی را ایفا می‌کند (Lucena and Hernandez-Apaolazaand, 2017). همچنین روی یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان است که در سنتز پروتئین نقش دارد. در اثر کمبود روی تشکیل پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه کاهش یافته و در نتیجه غلظت اسیدهای آمینه و آمیدها افزایش می‌یابد. در اثر کمبود این عنصر مقدار RNA (اسید ریبونوکلئیک) کاهش یافته که این امر موجب کاهش میزان پروتئین می‌شود. عنصر روی در گیاه در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی نقش کاتالیزوری، فعال کننده یا ساختمانی دارد (Morgounov *et al*., 2007). منگنز از دیگر عناصر کم مصرف و ضروری است که دارای نقش‌های متفاوتی در گیاهان است. این عنصر در خاک و در گیاه دارای ظرفیت‌های متفاوتی است. به همین دلیل در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء در سیستم الکترون و در عمل فتوسنتز شرکت می‌کند و در نتیجه در تولید کلروفیل نقش دارد. علاوه بر این منگنز به عنوان فعال کننده بسیاری از آنزیم‌ها عمل می‌کند (Irshad *et al*., 2019). محققان نیز با بررسی اثر آهن و روی بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا و سویا گزارش کردند که با مصرف عناصر ریزمغذی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. این افزایش احتمالاً به دلیل نقش این عناصر در فعال ساختن حامل‌های الکترون فتوسیستم موثر بر فتوسنتز است (Jalili Sheshbahre *et al*., 2013; Jashni *et al*., 2017). با توجه به این که خاک‌های ایران اکثرا آهکی هستند و عناصر کم مصرف از جمله آهن، روی، منگنز به خاطر pH بالا کارایی جذب پایینی دارند، بنابراین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در زمان‌های خاص و مراحل مختلف را می‌توان به

www.japb.kiau.ac.ir

کار برد. در این تحقیق تاثیر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد، ترکیب معدنی گیاه و غنی‌سازی دانه جو مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و تجمع یونی رقم تروپی جو، آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه‌ی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس واقع در فسارود داراب اجرا گردید. شهرستان داراب دارای رژیم رطوبتی خشک و نیمه خشک با متوسط بارش سالیانه ۲۵۱/۷ میلی متر و میانگین بلند مدت دمای آن ۲۲ درجه سیلسیوس است. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۸ تیمار شامل ۱- شاهد بدون محلول‌پاشی، ۲- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ درصد آهن، ۳- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ درصد روی، ۴- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ درصد منگنز، ۵- تیمار ۲+۳، ۶- تیمار ۲+۴، ۷- تیمار ۳+۴ و ۸- تیمار ۲+۳+۴ بود. محلول‌پاشی تیمارهای فوق در دو مرحله ابتدای ساقه‌رفتن و ابتدای سنبله‌دهی انجام گرفت. لازم به ذکر است که این محلول‌ها با اسید سولفوریک در اسیدیته ۵/۵ تنظیم شدند. بعد از آماده‌سازی زمین، در مساحتی به وسعت ۲۰۰۰ متر مربع اقدام به کاشت کرتی جو درون کرت‌هایی به اندازه ۵×۴ متر و فاصله‌ی بلوک‌ها از یکدیگر نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. نتایج آزمون خاک به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Analysis of soil physical and chemical testing

بافت Texture	عمق Depth (cm)	EC (dS/m)	pH	Cu	Fe	Zn	Mn	N	K	P	O.C (٪)
						(mg/kg)					
Silty loam	0- 30	1.01	7.9	0.25	4.8	0.96	3.3	0.05	220	12	0.9

کود اوره بر اساس آزمون خاک در سه مرحله (هنگام کشت، مرحله پنجه زنی و مرحله ساقه دهی) به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. کودهای آهن، روی و منگنز نیز از منابع سولفات آنها به میزان ۰/۲ درصد استفاده شد که در ابتدای ساقه‌رفتن و ابتدای سنبله‌دهی در دو مرحله محلول‌پاشی صورت گرفت. کشت بذر در نیمه دوم دی ماه انجام شد. آبیاری در فصل زمستان طی سه مرتبه، انجام پذیرفت. در بهار نیز هر شش روز یکبار آبیاری انجام شد. وجین علف‌های هرز در دو نوبت و به صورت دستی در بهار صورت گرفت. همچنین مبارزه با آفات در یک مرحله و با استفاده از سم دلتامترین با سم‌پاش پشتی انجام شد.

محل نمونه‌برداری پس از حذف دو خط از طرفین و نیم متر از بالا و پایین هر کرت سطح برداشت، از ۲ خط ۴ متری صورت گرفت. نمونه‌گیری برگ جهت اندازه‌گیری عناصر قبل از گلدهی انجام شد و نمونه‌های برداشت شده با آب مقطر کاملاً شسته شدند و به مدت دو روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. سپس یک گرم از نمونه خشک شده توزین و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خاکستر شد. از خاکستر حاصل عصاره‌گیری

و میزان غلظت عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمیک اندازه‌گیری شد. در نهایت اعداد قرائت شده از طریق مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های استاندارد، تعدیل شدند (Patterson *et al*., 1984). در زمان رسیدگی کامل بعد از جدا سازی دانه ها از کاه و کلش، نمونه‌ها در داخل پاکت‌های شماره‌گذاری شده در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت گذاشته شد. پس از آن که دانه‌ها رطوبت خود را از دست دادند، دانه‌ها آسیاب شده و در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت درون کوره برای تهیه خاکستر قرار داده شد. سپس خاکسترهای آماده را در اسید هیدروکلریک هضم کرده و با آب مقطر به حجم رسانده و با کمک دستگاه جذب اتمیک میزان غلظت عناصر موجود در عصاره‌های آماده شده اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک بوته‌های حاصل از یک متر مربع زمین کف بر شده و کل بوته‌ها توزین شد. اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد با جداسازی دانه‌ها و توزین عملکرد دانه بر اساس ۱۲ درصد رطوبت به دست آمد. همچنین تعداد دانه‌های موجود در هر سنبله شمارش گردید. شاخص برداشت محصول با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد به دست آمد. کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی با استفاده از روش نلسون (Nelson, 1994) و اندازه‌گیری پروتئین به روش نووزامسکی (Novozamsky *et al*., 1974) انجام شد. در این روش ابتدا میزان نیتروژن دانه با استفاده از کجلدال اندازه‌گیری و سپس در عدد ۶/۲۵ ضرب شد تا میزان پروتئین دانه محاسبه شود. محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹. ۱ و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد (Soltani, 2007).

نتایج و بحث

میزان آهن دانه و برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان آهن دانه و برگ نشان داد که اثر تیمارها بر میزان آهن دانه و برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به آهن دانه نشان داد که بیشترین میزان آهن دانه در تیمار محلول‌پاشی آهن (۱۷۸/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و محلول‌پاشی آهن و منگنز (۱۴۹/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین آن (۳۹/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی روی و منگنز ، محلول‌پاشی منگنز (۵۳/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و شاهد (۶۲/۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (جدول ۳). همچنین میزان آهن برگ در تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز افزایش ۳۷/۴ درصدی، محلول‌پاشی آهن افزایش ۴۴/۳ درصدی، محلول‌پاشی آهن و روی افزایش ۳۷/۰ درصدی و محلول‌پاشی آهن و منگنز افزایش ۴۲/۳ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). محلول‌پاشی آهن در گندم در یک خاک آهکی موجب ایجاد بالاترین غلظت و جذب در اندام هوایی گردید (Demirkiran, 2005). محققان نیز افزایش میزان آهن را در صورت استفاده از عناصر ریزمغذی گزارش کرده‌اند (Jokar and Ronaghi, 2015) که با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. مطالعات لی (Lee, 1969) بر گیاه کتان که یک گیاه حساس به سمیت عنصر روی است و نیز تحقیقات هلدر و مندیل (Haldar and Mandeal, 1981) در گیاه برنج نشان داد که عنصر روی نه تنها از انتقال آهن به قسمت‌های هوایی جلوگیری می‌کند بلکه در مرحله جذب توسط ریشه نیز مزاحمت شدیدی دارد. بر همین اساس در این تحقیق، روی و منگنز از جذب آهن جلوگیری کرده و انتقال آن را به بذر کاهش می‌دهند.

www.iapb.kiau.ac.ir

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات در جو

Table 2. Analysis of variance (mean squares) results for some traits in barley

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	آهن دانه Grain iron	آهن برگ Leaf iron	منگنز دانه Grain manganese	منگنز برگ Leaf manganese	روی دانه Grain zinc	روی برگ Leaf zinc
تکرار Replication	2	18.4 ns	10. 2 ns	0.401 ns	1.14 ns	0.980ns	0.69 ns
تیمار Treatment	7	151.8 **	185**	18.0 **	120.43 **	39.3 **	40.6**
خطا Error	14	4.5	11.22	0.064	8.21	0.404	0.95
ضریب تغییرات (درصد) CV (٪)	-	12.04	18.51	14.24	9.5	13.76	10.8

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- نتایج مقایسات میانگین اثر تیمارها بر غلظت عناصر مورد بررسی در دانه و برگ جو

Table 3. Results of mean comparisons for treatments effect on the concentration of elements concentration in barley seed and leaf

تیمار Treatment	آهن دانه Grain iron	آهن برگ Leaf iron	منگنز دانه Grain manganese	منگنز برگ Leaf manganese	روی دانه Grain zinc	روی برگ Leaf zinc
	mg/kg میلی‌گرم در کیلوگرم					
شاهد Control	62.04 c	95.15 d	12.56 d	57.19 c	38.31 c	34.40 c
محلول پاشی آهن Foliar Fe	178.18 a	170.90 a	10.60 d	54.14 c	28.17 c	37 b
محلول پاشی روی Foliar Zn	48.01 c	92 d	11.33 d	50.30 c	46.77 a	48.90 a
محلول پاشی منگنز Foliar Mn	53.15 c	90.50 d	27.89 a	161.40 a	30.66 c	39.50 b
محلول پاشی آهن و روی Foliar Fe+ Zn	128.09 b	151 b	9.87 d	55.90 c	35.01 b	45.14 a
محلول پاشی آهن و منگنز Foliar Fe+ Mn	149.44 a	165 a	18.07 b	150.07 ab	23.09 d	45 a
محلول پاشی روی و منگنز Foliar Zn + Mn	39.14 c	90.70 d	21.23 b	145.23 ab	38.18 b	41 a
محلول پاشی آهن، روی و منگنز Foliar Fe+ Zn+ Mn	115.61 b	152 b	16.55 bc	136.55 b	33.8 bc	46.70 a

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan Multiple Range Test at 5% probability level.

میزان منگنز دانه و برگ

میزان منگنز دانه و برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان منگنز دانه (۲۷/۸۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی منگنز و پس از آن به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی روی و منگنز (۲۱/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و محلول‌پاشی آهن و منگنز (۱۸/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. اگرچه از لحاظ آماری این دو تیمار تفاوت معنی-داری با محلول‌پاشی آهن، منگنز و روی نداشتند (جدول ۳). کمترین میزان منگنز (۹/۸۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی ، محلول‌پاشی آهن (۱۰/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم)، محلول‌پاشی روی (۱۱/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و شاهد (۱۲/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میزان منگنز برگ (۱۶۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی منگنز و سپس در تیمار محلول‌پاشی آهن و منگنز (۱۵۰/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی روی، منگنز نداشت. کمترین میزان منگنز (۵۰/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی آهن و سپس به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی روی (۵۰/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، محلول‌پاشی آهن و روی (۵۵/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و شاهد (۵۷/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (جدول ۳). کاهش میزان منگنز در اثر محلول‌پاشی آهن و روی به اثر آنتاگونیستی این دو عنصر با عنصر روی بر می‌گردد. محققان نیز گزارش کردند که کاربرد ۲ میلی‌مولار روی در محیط آبکشت گیاه جو غلظت منگنز را در ساقه و ریشه کاهش می‌دهد، که به اثر آنتاگونیستی عناصر روی با منگنز بر می‌گردد (Graham *et al*., 1987).

میزان روی دانه و برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان عنصر روی در دانه و برگ نشان داد که میزان عنصر روی در دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که میزان عنصر روی در دانه در تیمار محلول‌پاشی روی، افزایش ۱۸ درصدی نسبت به شاهد نشان داد. سپس به ترتیب بیشترین میزان عنصر روی در دانه در تیمارهای محلول‌پاشی عناصر روی و منگنز (۳۸/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و محلول‌پاشی عناصر آهن و روی (۳۵/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد، اگرچه بین تیمارهای محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز، عناصر آهن و روی و محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان عنصر روی در دانه نیز در تیمار محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز (۲۳/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (جدول ۳). همچنین بیشترین میزان عنصر روی در برگ در تیمارهای محلول‌پاشی عنصر روی (۴۸/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم)، محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز (۴۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم)، محلول‌پاشی عناصر آهن و روی (۴۵/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم)، محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز (۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و محلول‌پاشی عناصر روی و منگنز (۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (جدول ۳). همچنین کمترین میزان عنصر روی در برگ (۳۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). افزایش غلظت یک عنصر در گیاه در اثر افزایش میزان قابل جذب آن عنصر در محیط رشد گیاه در آزمایشات متعددی گزارش شده و توسط سایر محققین نیز نتایج مشابهی به دست آمده است (Haldar and Mandeal, 1981؛ Jokar and Ronaghi, 2015). در گلرنگ با محلول‌پاشی سولفات روی، غلظت روی در دانه افزایش یافت (Movahhedi Dehnavi *et al*., 2009). محققان یکی از حالت‌های وقوع کمبود عنصر روی را به علت وجود اثرات آنتاگونیستی عنصر منگنز و آهن در جذب و

www.japb.kiau.ac.ir

انتقال عنصر روی ذکر کرده‌اند. گزارش شده است که افزایش غلظت عنصر منگنز در محیط ریشه میزان عنصر روی را در گیاهان ذرت و سورگوم کاهش داد (Brar and Sekhon, 1976). همچنین این محققان گزارش کردند که افزایش غلظت آهن در محیط کشت، جذب عنصر روی را در گیاه برنج کاهش داد.

عملکرد دانه و تعداد دانه در خوشه

عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). استفاده از کودهای ریزمغذی باعث افزایش عملکرد دانه شد؛ به‌طوری که میزان عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی آهن افزایش ۲۶/۴ درصدی، محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز افزایش ۲۲/۲ درصدی، محلول‌پاشی آهن و منگنز افزایش ۲۱/۵ درصدی و محلول‌پاشی آهن و روی افزایش ۲۰/۳ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). عنصر روی با بهبود ساخت مواد فتوسنتزی و مشارکت در تولید اندام‌های زایشی گندم سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Shaikh and Saraf, 2017). همچنین در این بررسی اثر مصرف کود آهن نیز بر عملکرد دانه قابل ملاحظه بود و عملکردی معادل ۳۴۶۵ کیلوگرم در هکتار را تولید کرد. آهن در گیاه جو زمینه تشکیل تعداد مناسبتری سنبله و در نتیجه تعداد بیشتری دانه در سنبله را فراهم می‌کند. از طرفی با حضور در ساختمان کلروفیل زمینه افزایش فتوسنتز را افزایش می‌دهد و به این طریق بر عملکرد موثر خواهد بود (Lucena and Hernandez-Apaolazaand, 2017). در برهمکنش عناصر نیز در هر تیماری که آهن حضور داشت، عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت. اما در تیمار منگنز و روی به دلیل عدم حضور آهن، عملکرد دانه افزایش نیافت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد دانه در خوشه نشان داد که تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). تعداد دانه در خوشه در محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز و محلول‌پاشی آهن و منگنز افزایش ۲۵/۰ درصدی، محلول‌پاشی آهن افزایش ۲۲/۲ درصدی، محلول‌پاشی آهن و روی افزایش ۱۹/۲ درصدی و محلول‌پاشی روی افزایش ۱۶/۰ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). علت افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر کاربرد آهن و روی، تأثیر این دو عنصر بر مقدار کلروفیل برگ و غلظت ایندول استیک اسید است (Hemantaranjan and Gray, 1988). از سوی دیگر نقش عنصر روی به عنوان بخش فلزی یا به عنوان فعال کننده برخی آنزیم‌ها مطرح است. همچنین عنصر روی در فعال سازی آنزیم‌هایی مثل DNA پلی مراز و RNA پلیمراز و دی هیدروژناز نقش اساسی دارد. بنابراین نقش آن در سوخت و ساز گیاه کاملاً مشخص است (Morgounov *et al*., 2007). محققان با استفاده از کاربرد عنصر روی در گندم مشاهده کردند که مصرف این عنصر با افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها، سبب می‌شود که عملکرد را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (Liu *et al*., 2017). مهم ترین عامل عدم جذب آهن در خاک‌های آهکی غلظت بالای بی‌کربنات است و تغذیه برگی را روش مناسبی برای رفع این کمبود بیان می‌کنند. با وجود این که حدود ۵ درصد وزن پوسته زمین را آهن تشکیل می‌دهد، فعالیت آهن محلول در خاک بسیار پایین است و pH قابل استفاده خاک به مقدار زیاد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Dahiyx, 1982).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در جو

Table 4. Analysis of variance (mean squares) results of the studied traits in barley

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در سنبله number of grains per ear	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن کاه و کلش Straw weight	کربوهیدرات‌های محلول ساقه Stem soluble carbohydrates	پروتئین دانه Grain protein
تکرار Replication	2	21172^{ns}	2.8174^{ns}	1.715^{ns}	1667^{ns}	0.001^{ns}	0.002^{ns}	0.045 ^{ns}	3.14 ^{ns}
تیمار Treatment	7	4041839 **	81.23**	47.91 **	59251 **	0.009 **	0.111 **	1.35 **	13.43 **
خطا Error	14	69506	1.005	1.026	3229	0.001	0.002	0.058	3.047
ضریب تغییرات (درصد) CV (٪)	-	23.87	13.09	14.62	15.67	16.08	17.48	11.85	10.31

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.ir

جدول ۵- نتایج مقایسات میانگین صفات مورد بررسی در جو

Table 5. Results of mean comparisons of the studied traits in barley

تیمار Treatment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	تعداد دانه در سنبله number of grains per ear	وزن هزار دانه(گرم) 1000 seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت(٪) Harvest index	وزن کاه و کلش (گرم در مترمربع) Straw weight (g/m^2)	کربوهیدرات‌های محلول ساقه (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) Stem soluble carbohydrates (mg/g leaf fresh weight)	پروتئین دانه (درصد) Grain protein (Percent)
شاهد Control	2550 c	21b	35 c	7500 d	34 b	495 d	1.65 c	8.51 b
محلول پاشی آهن Foliar Fe	3465 a	27 a	43 a	9000 b	39 a	553 c	2.14 ab	9.31 ab
محلول پاشی روی Foliar Zn	2972 b	25 a	40 b	8050 c	37 a	507 d	1.78 bc	9.20 ab
محلول پاشی منگنز Foliar Mn	2760 bc	23 b	39 b	8000 c	35 b	524 c	1.80 bc	9.11 ab
محلول پاشی آهن و روی Foliar Fe+ Zn	3200 a	26 a	45 a	9500 a	34 b	630 a	2.17 ab	9.73 a
محلول پاشی آهن و منگنز Foliar Fe+ Mn	3250 a	28 a	41 b	9500 a	34 b	625 a	2.16 ab	9.92 a
محلول پاشی روی و منگنز Foliar Zn + Mn	2450 c	24 b	48 a	8700 b	28 c	625 a	2.15 ab	9.82 a
محلول پاشی آهن، روی و منگنز Foliar Fe+ Zn+ Mn	3280 a	28 a	48 a	9200 a	36 a	592 b	2.39 a	10.28 a

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan Multiple Range Test at 5% probability level.

وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن هزار دانه نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴). وزن هزار دانه در تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز و محلول‌پاشی آهن و منگنز افزایش ۲۷/۰ درصدی، محلول‌پاشی آهن و روی افزایش ۲۲/۲ درصدی و محلول‌پاشی آهن افزایش ۱۸/۶ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). کاربرد عناصر آهن و روی در زراعت گندم، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Hemantaranjan and Gray, 1988). این محققان اضافه کردند که علت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در اثر کاربرد آهن و روی، به واسطه تاثیر این دو عنصر بر مقدار کلروفیل برگ می‌باشد. در اثر مصرف عناصر آهن و روی، مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین دانه بالا می‌رود که نهایتاً افزایش عملکرد و وزن هزار دانه را به دنبال خواهد داشت (Brown *et al*., 1993).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد بیولوژیک نشان داد که عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی، همچنین آهن و منگنز و محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز (۹۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن (۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). با مصرف مقادیر کودهای میکرو عملکرد بیولوژیکی متغیر شد، به‌نحوی که با مصرف سه نوع کود آهن، روی و منگنز در مقایسه با شاهد عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت. ظهور پتانسیل ارقام جو و تجمع ماده خشک در صورت وجود منابع تغذیه‌ای امکان پذیر می‌شود. افزایش وزن خشک و بهبود صفات کیفی گیاه کلزا با مصرف توأم کودهای آهن و روی نیز گزارش شده است (Jashni *et al*., 2017). در این رابطه مصرف عناصر ریزمغذی باعث افزایش تولید ماده خشک بیشتر شده و در نتیجه تجمع مواد خشک شده نهایی در انتهای دوره رشد گیاه افزایش یافت. البته در شرایط کمبود مواد ریزمغذی، افزایش تجمع ماده خشک محدود می‌شود و عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش خواهد یافت (جدول ۵).

شاخص برداشت و وزن کاه و کلش

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص برداشت نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین شاخص برداشت (۳۹ درصد) در تیمارهای محلول‌پاشی آهن ، روی (۳۷ درصد) و محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز (۳۶ درصد) و کمترین آن (۲۸ درصد) نیز در تیمار محلول‌پاشی روی و منگنز مشاهده شد (جدول ۵). کاربرد عناصر ریزمغذی آهن و روی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نشان داد، به طوری که تیمارهای آهن و روی و برهمکنش سه عنصر ریزمغذی نسبت به شاهد، شاخص برداشت بیشتری داشتند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن کاه و کلش نشان داد که وزن کاه و کلش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴). وزن کاه و کلش در تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی افزایش ۲۱/۴ درصدی، محلول‌پاشی آهن و منگنز و همچنین روی و منگنز افزایش ۲۰/۱ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). محققان نیز با بررسی اثر آهن، منگنز و روی بر عملکرد و کیفیت دانه گندم گزارش کردند که با مصرف عناصر ریزمغذی، عملکرد دانه، کاه، وزن هزاردانه و میزان دانه افزایش می‌یابد (Malakouti *et al*., 1999). این افزایش احتمالاً به دلیل نقش آهن در فعال ساختن حامل‌های الکترون هر دو فتوسیستم (II, I) است. در اثر کمبود آهن فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد، در حالی‌که کمبود آن اثری بر تنفس ندارد. افزایش کودهای آهن، موجب افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز می‌شود که این امر موجب

www.iapb.kiau.ac.ir

تولید ماده خشک و عملکرد بیشتری می‌شود، از طرف دیگر از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند و در نتیجه میزان عملکرد بیشتر می‌شود (Shaikh and Saraf, 2017).

کربوهیدرات‌های محلول ساقه و پروتئین دانه در مرحله گلدهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کربوهیدرات‌های محلول ساقه نشان داد که کربوهیدرات‌های محلول ساقه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴). بیشترین کربوهیدرات‌های محلول ساقه در تیمار محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز (۲/۳۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و سپس به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی (۲/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و محلول‌پاشی آهن و منگنز (۲/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد (جدول ۵). همچنین کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول ساقه در شاهد (۲/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد که با محلول‌پاشی عنصر روی و محلول‌پاشی منگنز از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. براساس نظر مارشنر (Marschner, 1995) عناصر آهن، روی و منگنز هر کدام به نوعی در فرایند فتوسنتز دخالت دارند. مشابه با نتایج این پژوهش کربوهیدرات‌های محلول ساقه در محلول‌پاشی تلفیقی عناصر روی و منگنز (Jafar dokht *et al.*, 2015) و آهن و روی (Nasiri *et al.*, 2013) در مقایسه با تیمار منفرد آنها افزایش بیشتری داشتند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پروتئین دانه نشان داد که پروتئین دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴). بیشترین پروتئین دانه در تیمار محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز (۱۰/۲۸ درصد) و سپس به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی آهن و منگنز (۹/۹۲ درصد)، محلول‌پاشی روی و منگنز (۹/۸۲ درصد) و محلول‌پاشی آهن و روی (۹/۷۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). همچنین کمترین میزان پروتئین دانه در شاهد (۸/۵۱ درصد) مشاهده شد. علت افزایش پروتئین دانه در اثر کاربرد برهمکنش سه عنصر ریزمغذی، تاثیر این این عناصر بر مقدار جذب نیتروژن و سنتز پروتئین دانه است. محققان گزارش کردند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مثل منگنز، محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز در گیاه را افزایش داده که نهایتاً افزایش پروتئین دانه را به دنبال خواهد داشت (Irshad *et al.*, 2019). با افزایش مصرف عناصر ریزمغذی میزان درصد پروتئین دانه به‌دلیل توانایی گیاه برای استفاده مناسبت‌تر از نیتروژن و جذب و انتقال آن به اندام‌های هوایی و در نتیجه سنتز پروتئین افزایش یافته است (Bellaloui *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش چنین می‌توان استنباط کرد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز به خوبی سبب افزایش غلظت آنها در برگ جو، انتقال آنها به دانه و غنی‌سازی دانه با این عناصر شد. از سوی دیگر مصرف کودهای ریزمغذی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد جو شد. به طوری که محلول‌پاشی هم زمان آهن، روی و منگنز توانست عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کربوهیدرات‌های محلول ساقه و پروتئین دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. در این بررسی از بین عناصر به کار رفته اثر مصرف کود آهن بر عملکرد دانه قابل ملاحظه بود و محلول‌پاشی آن به‌تنهایی توانست عملکردی معادل ۳۴۶۵ کیلوگرم در هکتار تولید کند. در برهمکنش عناصر نیز در هر تیماری که آهن حضور داشت عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت، اما در تیمار منگنز و روی به دلیل عدم حضور آهن عملکرد دانه افزایش چشم گیری نداشت. در واقع عنصر آهن در گیاه جو زمینه تشکیل تعداد مناسبتری سنبله و در نتیجه تعداد بیشتری دانه در سنبله را فراهم می‌کند. از طرفی با حضور در ساختمان کلروفیل زمینه افزایش فتوسنتز را سبب می‌شود که به این طریق بر عملکرد موثر خواهد بود.

هم‌چنین این مشاهدات با حساسیت شدید آهن به شرایط قلیایی و کمبود شدیدتر آن نسبت به سایر عناصر کم‌مصرف در خاک‌های آهکی هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش تعداد عناصر به کار رفته در محلول‌پاشی، از کارایی آنها در تامین نیاز گیاه کاسته شد. به عبارتی زمانی که هر یک از عناصر به تنهایی به کار رفتند، غلظت آن عنصر در گیاه به مراتب افزایش بیشتری نسبت به کاربرد توأم آن با سایر عناصر داشت. این امر را به افزایش قدرت یونی محلول و کاهش فعالیت عناصر و رقابت آنها در جذب می‌توان نسبت داد.

فهرست منابع References

Alam, S., and S. Raza. 2004. Micronutrient fertilizer. Pakistan Journal of Biological Sciences 4: 1446-1450.

Attarzadeh, M., H. Balouchi., M. Rajaie., M. Movahhedi Dehnavi., A. Salehi. 2019. Improvement of *Echinacea purpurea* L. performance by integration of phosphorus with soil microorganisms under different irrigation regimes. Agricultural Water Management 221(1): 238-247.

Babaeian, M., M. Heidari., and Ghanbari, A. 2011. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 12 (4): 377-391.

Bellaloui, N., M.W. Ebelhar., A.M. Gillen., D.K. Fisher., H.K. Abbas., A. Mengistu., K.N. Reddy., and R.L. Paris. 2011. Soybean seed protein, and fatty acids are altered by S and S+N fertilizers under irrigated and no irrigated environments. Agricultural Sciences 2(4): 465-476.

Brar, M.S., and G.S. Sekhon. 1976. Interaction of zinc with other micronutrient cautions: II. Effect of iron on zinc absorption by rice seedlings and its translocation within the plants. Journal of Plant and Soil 45: 145-150.

Brown, P.H., L. Cakmak., and Q. Zang. 1993. Form and junction of zinc in plant. Kluwer Academic Publishers. Dord Recht Netherlands.

Dahiyx, S.S. 1983. Effect of application of CaCo and Fe on dry material, yield and nutrient up take in oats (*Avena sativa*). Plant Soil 65:79-86.

Demirkiran, A.R. 2005. Determination of Fe, Cu and Zn contents of wheat and corn grains from different growing site. Journal of animal and veterinary advances 8(8): 1563-1567.

Graham, R.D., R.M. welch, D.L. Grunes., E.E. Cary., and W.A. Norvell. 1987. Effect of zinc deficiency on the accumulation of boron and other mineral nutrient in barley. Journal of Soil Society, American 51: 625-657.

Haldar, M., and L.N. Mandal, 1981. Effect of phosphorus and zinc on the growth and phosphorus, zinc, copper, iron and manganese nutrition of rice. Journal of Plant and Soil 59: 415-425.

Hemantaranjan, A., and O.K. Gray. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality *Triticum aestivum.* L. Journal of Plant Nutrition 11: 1439-1452.

Irshad, A., M. Kamran., X. Yang., X. Meng., S. Ali., S. Ahmad., X. Zhang., B. Bilegjargal., B. Ahmad., and T. Liu. 2019. Effects of applying uniconazole alone or combined with manganese on the photosynthetic efficiency, antioxidant defense system, and yield in wheat in semiarid regions. Agricultural Water Management 216: 400-414.

Jafar dokht, R., N.S. Mosavi., A. Mehraban., and M. Basiri. 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in mung bean. Electronic Journal of Crop Production 8(1): 121-141. (in Persian with English abstract).

Jalili Sheshbahre, M., M. Movahhedi Dehnavi., and S.M. Hashemi jazi. 2013. Quantity and quality improving of soybean yield by zinc and iron foliar application under drought stress. Journal of Plant Production 36(2): 111-122.

www.jpb.Kgu.ac.ir

Jashni, R., E. Fateh., and A. Aynehband. 2017. Effect of thiobacillus and nitrocara biological fertilizers and foliar fpplication of zinc and iron on some qualitative characteristic and remobilization of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Production. 36(2): 111-122.

Jokar, L., and A. Ronaghi, 2015. Effect of foliar application of different Fe levels and sources on growth and concentration of some nutrients in sorghum. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6 (2): 163-174. (in Persian with English abstract).

Lee, C.R., G.R. Graddock., and H.E. Hammar, 1969. Factors affecting plant growth in high-zinc medium: I. Influence of iron on growth of flax at various Zinc levels. Journal of Plant Nutrition 61: 562-565.

Liu, D.Y., W. Zhang., L.L. Pang., Y.Q. Zhang., X.Z. Wang., Y.M. Liu., X.P. Chen, F.S. Zhang., and C.Q. Zou. 2017. Effects of zinc application rate and zinc distribution relative to root distribution on grain yield and grain Zn concentration in wheat. Plant and Soil 411(1-2): 167-178.

Lucena, J., and L. Hernandez-Apaolazaand. 2017. Iron nutrition in plants: an overview. Plant and Soil 418(1-2): 1-4.

Maghrebi, M., F.F. Nocito., and G.A. Sacchi. 2014. Monitoring plant nutritional status. In: Hawkesford MJ, Kopriva S, De Kok LJ (eds) Nutrient use efficiency in plants, Concepts and approaches. Plant Ecophysiology 10: 253–272.

Malakouti, M. J., M. N. Gheibi., M. R. Balali., and S. Divanbeyghi. 1999. Effects of micronutrients on the protein and fortification on wheat in 10 provinces. Soil and Water Sciences Journal 12(6): 169-176. (in Persian with English abstract).

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.

Morgounov, A., H.F. Gomez-Becerra., A. Abugalieva., M. Dzhunusova., M. Yessimbekova., H. Muminjanov., Y. Zelenskiy., L. Ozturk., and I. Cakmak. 2007. Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. Euphytica 155: 193-203.

Movahhedi Dehnavi, M., A. M. Modarres-Sanavy., and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress, Industrial Crops and Products 30(1): 82-92.

Nasiri, Y., S. Zehtab Salmasi., S. Nasrullah Zadeh., K. Ghassemi Gholezani., N. Najafi., and A. Javanmard. 2013. Evaluation of Foliar Spray of Ferrous Sulfate and Zinc Sulfate on Yield and Nutrients Concentration of Aerial Parts in German Chamomile. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 23: 105-15. (in Persian with English abstract).

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the somogyi method for the determina-tion of glucose. Journal of Biology 153: 375-380.

Novozamsky, I., R. V. Eck., J. C. V Schouwenburg., and I. Walinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherlands Journal of Agricultural Science 22: 3-5.

Patterson, B., E. Macraeand., and I. Ferguson. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). Annual Biochemical 139: 487-492.

Shaikh, S., and M. Saraf. 2017. Biofortification of *Triticum aestivum* through the inoculation of zinc solubilizing plant growth promoting rhizobacteria in field experiment. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 9: 120-126.

Smith, D., and H. Chantal. 1999. Crop Yield, Physiology and Processes. Springer 504 pp.

Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. JDM Press, Mashhad, Iran.

Iranian Journal of Agronomy & Plant Breeding Islamic Azad University, Karaj Branch

Improvement of the yield and grain protein in barley (*Hordeum valgare* L.) by iron, manganese and zinc foliar spray

M. Rajaie[1*], M. Charkhandeh[2]

Received date: 31 May 2018 Accepted date: 11 Feb 2019

Abstract

In order to investigate the effect of iron, manganese and zinc foliar spray on the yield and grain protein in barley, an experiment was carried out in a randomized completely block design with 3 replications in Darab, Iran during 2012-2013. The total of 8 treatments were used that consisted of T1- Control test without spraying, T2- Spraying with a concentration of 0.2% iron, T3- 0.2% zinc, T4- 0.2% Mn, T5- T2+T3, T6- T2+T4, T7- T3+T4 and T8- T2+T3+T4. The results showed that application of micronutrient fertilizers increased the yield and yield components of barley. So that the simultaneous application of iron, zinc and manganese could significantly increase the grain yield, number of grains per ear, 1000 seed weight, biological yield, harvest index, stem soluble carbohydrates and grain protein. The highest concentrations of iron, zinc and manganese in grain and leaf were observed when each one of the elements was individually sprayed on plant aerial parts. The lowest concentrations of iron, zinc and manganese in grain were obtained in the combination of zinc + manganese, iron + manganese and iron + zinc, respectively. Among the applied micronutrient, iron had the best effect on the increase of grain yield than the other elements. By increasing the number of elements used in the spraying solutions, their efficiency in supplying the plant requirement was reduced. Based on the results of this study, it can be concluded that in addition to grain enrichment, the micronutrient fertilizers have been able to increase the yield and yield components of the barley.

Keywords: Biological yield, Micronutrient elements, Harvest index, 1000 seed weight.

www.ijpbkiau.ac.ir

۱ - Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

۲ - Graduated student for Master of Science Degree in Soil Science major, Islamic Azad University, Darab Branch.

*Corresponding Author: m.rajaei@areo.ir