نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد سیزدهم، شماره ۱(۴۹)، بهار ۱۳۹۸، صفحه ۱۲۰-۱۰۳

ارزیابی کاربرد تلفیقی کود زیستی، شیمیایی فسفره و ریزمغذی بر عملکرد دانه و پروتئین جو (*Hordeum vulgare* L.)

منا یوسفی‌پور[۱]، شهرام لک[۲*]، و خوشناز پاینده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۲۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده

امروزه در کشاورزی پایدار علاوه بر کمیت تولید به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید محصول نیز توجه خاص می‌شود. این تحقیق بر اساس آزمایش کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۶-۹۵ در منطقه رامهرمز اجرا گردید. سطوح کودهای زیستی و شیمیایی فسفر در چهار سطح (عدم کاربرد کود فسفر، کود زیستی فسفر، کود زیستی فسفر+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل) به‌عنوان کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (روی، آهن و منگنز) در سه سطح (عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی دو در هزار، محلول‌پاشی چهار در هزار) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد اثر متقابل کود شیمیایی و زیستی×محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، ارتفاع بوته، طول سنبله، درصد و عملکرد پروتئین معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کود زیستی فسفر+۱۵۰کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل حداکثر تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، ارتفاع بوته و طول سنبله را به خود اختصاص داد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کودسوپرفسفات‌تریپل و محلول‌پاشی عناصر میکرو در غلظت چهار در هزار و کمترین مقدار از تیمار شاهد (عدم‌کاربرد کود) به‌دست آمد. در مجموع، جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و هزینه تولید، تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به همراه محلول‌پاشی عناصر کم مصرف با غلظت چهار در هزار می‌تواند در شرایط منطقه تحت آزمایش مورد توجه باشد.

واژگان کلیدی: پروتئین، عملکرد دانه، طول سنبله، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲- استاد گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. * نگارنده‌ی مسئول Sh.lack50@gmail.com
۳- استادیار گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

مقدمه

امروزه در زراعت ارگانیکی علاوه بر کمیت تولید به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود. با این حال به یک‌باره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از اکوسیستم‌های زراعی حذف کرد، زیرا لازمه‌ی پایداری در کشاورزی، اطمینان از درآمد کافی و امنیت غذایی است. در این رابطه، کاربرد توأم کودهای معدنی، آلی و زیستی، نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد بلکه به ذخیره‌ی انرژی، کاهش آلودگی محیط و بهبود شرایط فیزیکی خاک کمک می‌کند (Singh *et al.*, 2000). کاهش منابع فسفات و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تولید و مصرف کودهای شیمیایی فسفاته، باعث رویکرد جدی به نسل جدیدی از کودها، تحت عنوان کودهای بیولوژیک شده است. کودهای بیولوژیک فسفاته حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفید حل‌کننده فسفات هستند که معمولاً با اسیدی کردن محیط خاک و یا ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات نامحلول آن شده که این امر باعث قابل جذب شدن فسفر توسط گیاهان می‌گردد (Karimi *et al.*, 2011). شارما (Sharma, 2003) اظهار داشت که کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه، برای سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد. عظیمی و همکاران (Azimi *et al.*, 2013) با بررسی تأثیر کود فسفر بر عملکرد گیاه جو اظهار داشتند که اثر کود فسفر بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و کمترین عملکرد دانه در تیمار عدم مصرف کود فسفر حاصل شد. کشاورزان برای افزایش عملکرد در واحد سطح یکی از روش‌های کوددهی رایج شامل مصرف خاکی، از طریق آبیاری، اختلاط با بذر و محلول‌پاشی را مورد استفاده قرار می‌دهند که محلول‌پاشی برگی یکی از روش‌های سریع در رفع نیاز کودی بوده که در این روش در مصرف کود صرفه‌جویی نیز می‌گردد و در اثر آن علاوه بر جنبه مثبت اقتصادی، محیط زیست از آلودگی شیمیایی حفظ شده که این امر در راستای تحقق کشاورزی پایدار بسیار مؤثر می‌باشد (Malakoti and Tehrani, 2008). مصرف برگی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بهتر از مصرف خاکی می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه مؤثر واقع شود (Alloway, 2008). آهن، روی، منگنز و مس برای رشد گیاهان عالی ضروری بوده و در فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی نقش غیرقابل انکاری دارند، به‌طوری‌که هر عامل ثانویه‌ای که موجب غیرقابل دسترس بودن این عناصر برای گیاه شود علایم ناشی از کمبود به صور مختلف از قبیل کاهش عملکرد و کاهش غلظت این عناصر در اندام‌های مختلف نمایان خواهد شد، هر گونه تنش تغذیه‌ای ناشی از کمبود این عناصر نیز به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان و حیوان تأثیر نامطلوبی به جای می‌گذارد (Sadri and Malakoti, 2004). گوبارا و همکاران (Gobarah *et al.*, 2015) با بررسی عناصر ریزمغذی آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد جو گزارش کردند کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد جو در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در کل گیاه جو با کاربرد ۱۵ تن در هکتار مواد آلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز

بیشترین وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کیفی را تولید کرد. ما و همکاران (Ma *et al*., 2017) با بررسی اثر ریزمغذی روی بر عملکرد گیاه گندم گزارش نمودند که کاربرد روی باعث افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع شد. فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2009) در بررسی اثر عناصر ریزمغذی بر گیاه جو گزارش کردند بیشترین تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه با مصرف کود ریز مغذی آهن و روی به‌دست آمد. در بین عناصر مصرفی، عناصر آهن و روی در مقایسه با مس و ترکیب این سه عنصر اثر بیشتری بر رشد گیاه نشان داد. این امر ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی برای بهبود رشد گیاه در مقایسه با عدم مصرف این عناصر را نشان می‌دهد. تحقیق حاضر جهت ارزیابی اثر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره همراه با محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها بر عملکرد، اجزای عملکرد جو در منطقه رامهرمز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان رامهرمز در استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل تحقیق در جدول ۱ ارایه شده است.

این تحقیق بر اساس آزمایش کرت‌خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل کودهای زیستی و شیمیایی فسفر در چهار سطح (عدم کاربرد کود شیمیایی فسفر (شاهد)، کود زیستی فسفر، کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل) و محلول‌پاشی با کود مایع میکرو کیمیا (حاوی عناصر ریزمغذی روی، آهن و منگنز) در سه سطح (عدم محلول‌پاشی یا شاهد، محلول‌پاشی با غلظت‌های دو و چهار در هزار) به کرت‌های فرعی تعلق گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل یک شخم به عمق ۲۰ سانتی‌متر سپس دو دیسک عمود بر هم و به‌منظور از بین بردن پستی و بلندی‌های حاصل از شخم یک ماله زده شد. آزمایش از ۳۶ کرت تشکیل شده بود. هر کرت دارای هفت خط هر کدام به طول چهار متر که فاصله ردیف‌ها در آن ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره همراه با دیسک در مزرعه پخش و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در مرحله ساقه رفتن (کد ۳۰ مقیاس زادوکس)[۱] توزیع شد. ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به فرم پایه مصرف گردید. کود فسفره نیز بر حسب نوع تیمارهای آزمایشی قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. برای اعمال کود زیستی فسفر نیز ابتدا کود مورد نظر (به مقدار ۱۰۰ گرم در هکتار) در یک ظرف ۱۰ لیتری پر از آب حل گردید، سپس بذور جو (رقم جنوب با شجره "Gloria s/Copla s" تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان) قبل از کاشت به مدت ۱۰ دقیقه در این ظروف قرار داده و با محلول کودی (به صورت بذرمال) آغشته و سپس اقدام به کاشت آنها شد. محلول‌پاشی کود مایع در مقادیر قید شده در اوایل صبح که هوا خنک باشد (ساعات ۸-۷ صبح) در مزرعه اعمال گردید. کود زیستی فسفره (با نام تجاری بارور ۲) حاوی 10^7 تا 10^8 باکتری حل‌کننده فسفات (پانتوآ

۱- 30 Zadox stage

آگلومرانس سویه P5 و سودوموناس پوتیدا سویه P13) در هر گرم از محصول است که با تولید اسیدهای ارگانیک و آنزیم‌های فسفاتاز در اطراف ریشه باعث آزاد شدن یون فسفات می‌شوند. محلول‌پاشی کود مایع میکرو کیمیا (که حاوی عناصر ریزمغذی روی، آهن و منگنز) در مرحله ساقه‌رفتن طبق تیمارهای آزمایش انجام گرفت. کود مایع کامل از نوع سوسپانسیون حاوی سه عنصر آهن (۳ درصد)، روی (۳ درصد) و منگنز (۲ درصد) می‌باشد که با اسیدهای ارگانیک کلات شده است چرا که این سه عنصر با هم سازگاری نداشته و موجب رسوب یکدیگر می‌شوند. پس از آماده شدن خطوط کشت، کاشت به‌صورت دستی در عمق ۳ سانتی‌متری در تاریخ ۵ آبان ۱۳۹۵ انجام شد. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه انجام گردید. کنترل علف‌های‌هرز به صورت وجین دستی و کنترل آفات و بیماری‌های احتمالی با استفاده از سموم مؤثر و سم‌پاش انجام گرفت. برای محاسبه ارتفاع بوته، به طور تصادفی ارتفاع حدود ۲۰ بوته از سطح خاک تا انتهای ریشک در زمان برداشت محاسبه و میانگین آنها در نظر گرفته شد. به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثرات حاشیه‌ایی حذف و برداشت نهایی از مساحتی معادل ۱/۵ مترمربع از ردیف‌های سه، چهار و پنج هرکرت در ۲۵ اردیبهشت ۹۶ انجام شد. برای تعیین تعداد سنبله در مترمربع از طریق شمارش تمامی سنبله‌های سطح برداشت شده در هر کرت به‌طور جداگانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به‌دست آمد. برای تعیین تعداد سنبلچه در سنبله در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی از سطح برداشت هر کرت به‌طور تصادفی ده نمونه انتخاب و تعداد سنبلچه‌های هر سنبله شمارش و میانگین آنها در نظر گرفته شد و جهت تعیین وزن هزار دانه از هر تیمار، هزار عدد بذر به‌وسیله دستگاه بذرشمار، شمارش و توزین شد (Hashemidezfoli *et al.*, 1995).

برای تعیین درصد پروتئین دانه در زمان برداشت نهایی ابتدا درصد نیتروژن دانه به‌وسیله دستگاه کجلدال که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود، اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین دانه نیز با ضرب کردن درصد نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵، به‌دست آمد. عمکرد پروتئین دانه نیز از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه حاصل شد (Keeney and Nelson, 1982).

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS (Ver.8) انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد سنبله در متر مربع: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تیمارها بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تلفیق کود زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد بیشترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار و کمترین مقدار به تیمار شاهد اختصاص یافت (جدول ۳). در این تحقیق اگرچه کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به تنهایی بر تعداد سنبله مؤثر بود ولی هنگامی که کود زیستی همراه با کود شیمیایی فسفاته استفاده شد نتایج مطلوب‌تری به‌دست آمد. می‌توان دلیل این امر را جذب بیشتر فسفر توسط میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفر و فراهم شدن

شرایط تغذیه‌ای مناسب از جمله افزایش جذب نیتروژن برای گیاه در طول دوره تمایز گل‌ها و رشد گل‌ها و در نتیجه کاهش سقط گل‌ها که باعث افزایش تعداد سنبله در مترمربع شد. نتایج آزمایش فرنیا و مؤیدی (Farnia and Moayedi, 2014) نشان داد کودهای زیستی به تنهایی قادر به تأمین عناصر غذایی فسفر مورد نیاز گیاه نبوده و لذا همراه با مقدار کمی از سوپرفسفات‌تریپل به کار روند، می‌توانند در افزایش اجزای عملکرد گیاه مؤثر واقع شوند. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار و کمترین آن در تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد مدیریت تغذیه منجر به رشد بیشتر و به تبع آن افزایش تعداد پنجه بارور منجر به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح گردیده است. محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی آهن و روی به دلیل تأثیر مثبت بر شاخص سطح برگ و جذب بهتر بعضی عناصر مانند نیتروژن، باعث افزایش فعالیت‌های حیاتی گیاه، افزایش جذب نیتروژن، افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد سنبله در مترمربع و در نهایت افزایش فتوسنتز می‌شود. در این رابطه مردان و کاظمی (Mardan and Kazemi, 2011) با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (آهن، روی و منگنز) در گیاه جو به نتایج مشابهی دست یافتند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. از طرفی فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2009) در بررسی تأثیر عناصر ریزمغذی بر گیاه جو گزارش نمودند که بیشترین تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله با مصرف کود ریزمغذی آهن و روی به‌دست آمد. در بین عناصر مصرفی، عناصر آهن و روی در مقایسه با مس و ترکیب این سه عنصر اثر بیشتری بر رشد گیاه نشان داد. این امر ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی برای بهبود رشد گیاه در مقایسه با شاهد بدون مصرف این عناصر را نشان می‌دهد.

تعداد دانه در سنبله: در این تحقیق تأثیر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما بر همکنش این دو عامل اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و کمترین مقدار به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد مدیریت تغذیه به گونه‌ایی است که انتقال مواد پرورده به مخزن (دانه) منجر به افزایش تعداد دانه گردید. روند افزایشی تعداد دانه در سنبله، تحت تأثیر افزایش میزان کود شیمیایی و زیستی فسفره به خوبی بیانگر اثر مثبت فسفر بر این صفت می‌باشد. به‌نظر می‌رسد فراهم شدن شرایط تغذیه‌ای مناسب از جمله افزایش جذب فسفر برای گیاه در طول دوره تمایز سنبلچه‌ها و رشد گل‌ها باعث کاهش سقط سنبلچه‌ها و افزایش تعداد دانه می‌گردد. همچنین موجب افزایش سطح برگ و بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در دانه‌ها می‌شود که این نتایج با یافته‌های خزاعی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2009) مطابقت داشت. همچنین زاهدی‌فر و همکاران (Zahedi Far *et al.*, 2011) گزارش نمودند افزایش مصرف کود فسفره به واسطه افزایش قدرت زایشی گیاه، تعداد گل‌ها، و تولید بذر بیشتر در گیاه گندم می‌شود. مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله به تیمار

محلول‌پاشی چهار در هزار و کمترین مقدار به تیمار عدم محلول‌پاشی تعلق گرفت (جدول ۳).

علت بالا بودن تعداد دانه در گیاه در تیمارهای محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی را شاید بتوان در عدم وجود محدودیت منبع در شرایط مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف دانست. وجود غلظت مناسب عناصر کم‌مصرف در گیاه از سقط بیش از حد دانه‌ها جلوگیری می‌کند. لذا در صورت عدم وجود محدودیت منبع، محدودیت مخزن نیز کمتر پیش می‌آید که این نتایج با یافته‌های پندی و همکاران (Pandey *et al.*, 2006) که اعلام نمودند تعداد دانه در غلاف با مصرف کود روی افزایش یافت، مطابقت داشت. در این رابطه گوباراه و همکاران (Gobarah *et al.*, 2015) گزارش نمودند که کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله جو در مقایسه با تیمار شاهد بود.

وزن هزاردانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما برهمکنش این دو عامل اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد بیشترین وزن هزار دانه به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و کمترین مقدار به تیمار عدم کاربرد کود اختصاص یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد فراهمی عناصر غذایی در مرحله ساقه رفتن از طریق افزایش سرعت رشد گیاه با اعمال تیمار ذکر شده بر افزایش تعداد دانه در سنبله مؤثر بود، به عبارتی افزایش تولید ماده خشک می‌تواند منجر به افزایش دوام سطح برگ و به تبع آن با افزایش فتوسنتز جاری منجر به افزایش وزن دانه شود. به نظر می‌رسد در این تحقیق ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی و بیولوژیک به‌واسطه تغذیه بیشتر فسفر افزایش یافته، که به‌دلیل انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به محل دانه‌ها، وزن دانه‌ها نیز افزایش می‌یابند. در این رابطه خزاعی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2009) گزارش کردند افزایش میزان کود فسفر موجب افزایش وزن هزار دانه در گندم شد. بیشترین وزن هزار دانه از بیشترین تیمار کودی فسفر و کمترین به تیمار شاهد تعلق گرفت. همچنان که جونز و همکاران (Jones *et al.*, 2003) با انجام آزمایش مشابهی بر روی بذور جو، گزارش کردند احتمالاً به‌دلیل مقدار ناکافی فسفر اولیه خاک در طی دوره پر شدن دانه، بذور جو از شرایط مناسبی برای پرشدن برخوردار نبودند و وزن هزار دانه کاهش یافت که نتایج این تحقیق را تأیید نمود.

مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نشان داد بیشترین وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی با غلظت چهار در هزار و کمترین آن در تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد وجود مواد تغذیه‌ای ریزمغذی به میزان کافی در اندام‌های گیاهی و انتقال آن به دانه باعث افزایش وزن دانه‌ها می‌شود. نتایج تحقیقات گوباراه و همکاران (Gobarah *et al.*, 2015) در گیاه جو مؤید آن است کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو در مقایسه با تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، گیاه جو با کودپاشی ۱۵ تن در هکتار مواد آلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بیشترین وزن هزار دانه را به‌دست آورد. همچنان ولدسنبت و همکاران (Woldesenbet *et al.*,

2014) با بررسی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه از تیماری که عناصر ریزمغذی را به طور توأم دریافت نموده بود به دست آمد. استفاده از عناصر کم‌مصرف با توجه به تأثیر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان گردیده و انتقال مواد به محل‌های ذخیره‌ای را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه‌ها گردیده که نتایج این تحقیق را تأیید نمود.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و برهمکنش آنها بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد بیشترین عملکرد دانه از تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و محلول‌پاشی چهار در هزار و کمترین مقدار از تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی و زیستی فسفر و عدم محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی حاصل شد (جدول ۴). کاربرد تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی به همراه محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، باعث رشد تصاعدی عملکرد دانه شده است. در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی فسفر و جذب بیشتر آنها توسط گیاه جو از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. قابلیت حل شدن فسفات‌های غیرقابل حل توسط میکروارگانیزم‌ها از طریق تولید اسیدهای آلی، کلات کردن اگزواسیدها از قندها و تبادل واکنش‌هایی در محیط رشد ریشه، از دیگر سازوکار این میکروارگانیزم‌ها در افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌باشد (Aytak *et al.*, 2015). در این رابطه عظیمی و همکاران (Azimi *et al.*, 2013) با بررسی تأثیر کود فسفر بر عملکرد گیاه جو اظهار داشتند که اثر کود فسفر بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و کمترین عملکرد دانه در تیمار عدم مصرف کود فسفر حاصل شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. همچنین گوباراه و همکاران (Gobarah *et al.*, 2015) گزارش نمودند کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو در مقایسه با تیمار شاهد گردید. به طورکلی گیاه جو با کودپاشی ۱۵ تن در هکتار کاربرد مواد آلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بیشترین عملکرد را به‌دست آورد. نتایج تحقیقات فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2009) بر گیاه جو مؤید آن است که بیشترین تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه با مصرف کود ریزمغذی آهن و روی به‌دست آمد. در بین عناصر مصرفی، عناصر آهن و روی در مقایسه با مس و ترکیب این سه عنصر اثر بیشتری بر رشد گیاه نشان داد. این امر ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی برای بهبود رشد گیاه در مقایسه با شاهد بدون مصرف این عناصر را نشان می‌دهد. محققین در مطالعات خود بیان نمودند محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی می‌تواند نقش معنی‌داری را در بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین ذرت داشته باشد. به‌گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول‌پاشی با کود میکرو و کمترین میزان عملکرد به تیمار شاهد تعلق گرفت (Motaei *et al.*, 2015). ولدسنبت و همکاران (Woldesenbet *et al.*, 2014) با بررسی

محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو گزارش نمودند بیشترین عملکرد دانه از تیماری که عناصر ریزمغذی را به‌طور توأم دریافت نموده بود، به‌دست آمد. استفاده از عناصر کم‌مصرف با توجه به تأثیر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان گردیده و انتقال مواد به محل‌های ذخیره‌ای را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه‌ها گردیده لذا عملکرد دانه را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد و کمترین عملکرد دانه از تیمار بدون محلول‌پاشی به‌دست آمد. سلطانا و همکاران (Sultana *et al*., 2016) گزارش نمودند کاربرد ریزمغذی روی باعث افزایش عملکرد دانه گندم می‌گردد. جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه، رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه می‌شود.

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و برهمکنش آنها بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بیشترین عملکرد بیولوژیک از تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و محلول‌پاشی با غلظت چهار در هزار و پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک از تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی و زیستی فسفر و عدم محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی حاصل شد (جدول ۴). میروات و همکاران (Mirvat *et al*., 2015) گزارش نمودند کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش محلول‌پاشی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد بود. همچنین می‌توان اظهار داشت محلول‌پاشی عناصر آهن و روی به‌دلیل تاثیر مثبت روی در بیوسنتز اکسین و تأثیر آهن در افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر قابل انتظار می‌باشد. به نظر می‌رسد کاربرد همزمان عناصر ریزمغذی و کود شیمیایی و زیستی فسفر بر عملکرد بیولوژیک مؤثر بوده و باعث افزایش آن شده است. در شرایط تغذیه‌ای مناسب و دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، مخصوصاً فسفر از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته و در نهایت افزایش بیوماس گیاهان بسیار مؤثر بوده است (Ehsanipor, 2016).

شاخص برداشت: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر برهمکنش این دو عامل غیر معنی‌داری بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد بیشترین شاخص برداشت به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و کمترین شاخص برداشت به تیمار عدم کاربرد کود تعلق گرفت (جدول ۳). در این تحقیق باکتری‌های محرک رشد با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر و افزایش عملکرد در دانه‌ها سبب بالا رفتن شاخص برداشت شده‌اند که این نتایج با یافته‌های عظیمی و همکاران (Azimi *et al*., 2013) مطابقت داشت. نکته حایز اهمیت در این نتایج این است که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی فسفر به مراتب تأثیر بیشتری نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی بر شاخص برداشت گذاشته‌اند. از جمله دلایل آن می‌توان به

قابلیت کودهای بیولوژیک آزاد کننده فسفر در افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو اشاره کرد، نتایج به‌دست آمده از مطالعات ضرابی و خلیلی (Zarabi and Khalili, 2010) یافته‌های حاصل از این تحقیق را تأیید می‌کنند. مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نشان داد بیشترین شاخص برداشت از تیمار محلول‌پاشی با غلظت چهار در هزار و کمترین شاخص برداشت از تیمار عدم محلول‌پاشی حاصل شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر روی و آهن عملکرد دانه را نسبت به عملکرد بیولوژیک بیشتر افزایش داده و این امر باعث افزایش شاخص برداشت شده است. از آنجایی که شاخص برداشت از کسر عملکرد اقتصادی (دانه) بر عملکرد بیولوژیک حاصل می‌گردد، لذا با افزایش عملکرد دانه شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد، این یافته با نتایج فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2009) مطابقت دارد.

مقدار پروتئین: طبق نتایج تجزیه واریانس تأثیر توأم کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر مقدار پروتئین دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد اما برهمکنش این دو عامل بر مقدار پروتئین تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد بیشترین مقدار پروتئین به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و کمترین مقدار به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۳). مظلومی میمندی و همکاران (Mazlomi Mamyandi *et al*., 2016) گزارش کردند که کاربرد کود بیولوژیک فسفر در تشکیل و ثبات خاکدانه‌های خاک نقش مهمی را داشته و در نتیجه هدایت هیدرولیتیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است. می‌توان بیان داشت که تیمارهای کود زیستی و یا تیمارهایی با میزان فسفر محلول بیشتر به علت جذب و فراهمی بیشتر نیتروژن در ساختار خود، میزان پروتئین بیشتری را دارا می‌باشند که این نتایج با یافته‌های زیدان (Zeidan, 2007) مطابقت داشت. در این رابطه احمدی واسری و پیردشتی (Ahmadi Vasseri and Pirdashti, 2010) در بررسی کود فسفره از منبع سوپرفسفات‌تریپل و بیولوژیک فسفر، مشخص شد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کود فسفر از لحاظ درصد پروتئین وجود دارد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نشان داد بیشترین میزان پروتئین دانه در تیمار محلول‌پاشی با غلظت چهار در هزار و کمترین آن در تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاهش درصد پروتئین در تیمار شاهد این باشد که اولین علایم احتمالی کمبود آهن و روی، کاهش زیاد در سطوح RNA و مقدار ریبوزوم سلول‌ها است. این کاهش در ساخته شدن RNA منجر به جلوگیری از تشکیل پروتئین می‌شود اما مقدار گلوکز، نیتروژن غیرپروتئینی و DNA نسبتاً افزایش می‌یابد. همچنین، این عناصر در فعالیت‌های دهیدروژناز و پروتئیناز دخالت دارد و نقش کلیدی در تولید پروتئین ایفا می‌نماید (Thalooth *et al*., 2009). گوباراه و همکاران (Gobarah *et al*., 2015) در گیاه جو گزارش نمودند کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد کیفی جو در مقایسه با تیمار شاهد بود. گیاه جو با کودپاشی ۱۵ تن در هکتار

کاربرد مواد آلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بیشترین درصد و عملکرد پروتئین را به‌دست آورد. همچنان‌که موسوی فیض‌آبادی و همکاران (Mousavifeyzabadi *et al.*, 2013) در خصوص محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نشان دادند بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمار محلول‌پاشی به‌دست آمد.

عملکرد پروتئین: بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق عملکرد پروتئین تحت تأثیر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما برهمکنش این دو عامل اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و کمترین مقدار به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۳). عملکرد پروتئین تحت تاثیر عملکرد دانه و درصد پروتئین قرار دارد و هر عاملی که باعث افزایش یا کاهش صفات ذیل گردد بر میزان عملکرد پروتئین نیز تاثیر می‌گذارد. نکته حایز اهمیت در این نتایج این است که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی زیستی به مراتب تأثیر بیشتری نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی بر عملکرد پروتئین داشته‌اند. از جمله دلایل آن می‌توان به قابلیت کودهای بیولوژیک آزاد کننده فسفر در افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو اشاره کرد، نتایج به‌دست آمده از مطالعات کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2011) یافته‌های حاصل از این تحقیق را تأیید می‌کنند. از طرفی احمدی واسری و پیردشتی (AhmadiVasseri and Pirdashti, 2010) گزارش نمودند تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کود فسفر از لحاظ درصد پروتئین و عملکرد پروتئین وجود دارد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. زیدان (Zeidan, 2007) نشان داد که تلفیق کود زیستی فسفره و شیمیایی باعث افزایش میزان پروتئین، فسفر و آهن می‌گردد به‌طوری‌که حداکثر مقدار عملکرد پروتئین در میزان کود فسفره زیستی و شیمیایی به‌دست آمد. همچنین، عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی قرار گرفت و بیشترین عملکرد پروتئین از تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار که با تیمار محلول‌پاشی دو در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد پروتئین از تیمار عدم محلول‌پاشی حاصل شد. در بیان علت افزایش در محتوی پروتئین بذور با کاربرد عناصر ریزمغذی روی و آهن باید گفت که این عناصر به‌طور مستقیم در هر دو پروسه بیان ژن و سنتز پروتئین نقش دارند. محققان به این نتیجه رسیدند که شاید کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود که در نتیجه باعث صدمات اکسیداتیو به مولکول‌های پروتئین، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و همین امر باعث کاهش عملکرد پروتئین در گیاه می‌گردد (Cakmak, 2008). چنانکه گوباراه و همکاران (Gobarah *et al.*, 2015) در گیاه جو گزارش نمودند کاربرد عناصر ریزمغذی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین جو در مقایسه با تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، گیاه جو با کودپاشی ۱۵ تن در هکتار کاربرد مواد آلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بیشترین درصد و عملکرد پروتئین را به‌دست آورد. از طرفی قطاوی و همکاران (Ghotavi *et al.*, 2011) گزارش نمودند عنصر روی به‌دلیل اثر مثبت بر شاخص

سطح برگ و جذب بهتر نیتروژن، باعث افزایش فعالیت‌های حیاتی گیاه، افزایش جذب نیتروژن، افزایش فتوسنتز و در نهایت میزان ذخیره‌سازی پروتئین در دانه افزایش می‌یابد.

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ارتفاع بوته تحت تأثیر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش آنها اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تلفیق کود زیستی و شیمیایی فسفره نشان داد بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار و کمترین ارتفاع بوته به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات از طریق تولید مواد تحریک کننده رشد سبب افزایش رشد گیاهان می‌شوند و از طرفی ارتفاع بوته صفتی است که تحت تأثیر هورمون‌های رشد به‌خصوص اکسین قرار می‌گیرد که این نتایج با یافته‌های مهرورز و همکاران (Mehrvarz *et al*., 2008) مطابقت داشت. مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در محلول‌پاشی چهار در هزار و کمترین آن در تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که عناصر ریزمغذی نقش مهمی در سنتز تریپتوفان (آمینو اسید لازم برای سنتز اکسین) دارد که موجب افزایش ارتفاع و تعداد گره در ساقه می‌شود (El-Gizawy and Mehasen, 2009). در این رابطه احسانی‌پور (Ehsanipor, 2016) گزارش نمود محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌دار داشت و یک مرحله محلول‌پاشی کود کامل میکرو در مرحله ساقه رفتن باعث بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه جو در مقایسه با شرایط عدم مصرف ریزمغذی‌ها گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

طول سنبله: طبق نتایج تجزیه واریانس اثر تأثیر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل تیمارها اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر توأم کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر طول سنبله نشان داد بیشترین طول سنبله مربوط به تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و کمترین طول سنبله به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی نشان داد بیشترین طول سنبله متعلق به تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار و کمترین طول سنبله از تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) حاصل شد (جدول ۳). در این تحقیق در اثر کمبود عناصر ریزمغذی در گیاه، به تدریج توقف رشد حاصل می‌شود و در نتیجه اندام‌های رویشی گیاه دچار مشکل می‌شود. همچنین، آفوسو و لیتچ (Ofosu-Anim and Leitch, 2009) اعلام کردند کمبود عناصر کم‌مصرف، بیوسنتز اکسین را مختل کرده و در اثر آن طول سنبله کاهش می‌یابد که نتایج این تحقیق را تأیید نمود.

نتیجه‌گیری کلی

تثبیت کودهای شیمیایی فسفره و تبدیل آن به فرم‌های غیرمحلول مشکل جدی محسوب می‌گردد. بنابراین، کود زیستی فسفر (که در زمان استفاده دارای تاریخ مصرف معتبر بودند) در تلفیق با میزان مناسبی از کود شیمیایی سوپرفسفات‌تریپل با رهاسازی تدریجی فسفر و تبدیل آن به شکل قابل جذب گیاه، نیاز به

کودهای شیمیایی فسفره را کاسته و کارایی آنها را بالا می‌برد. در مجموع جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی، هزینه تولید و آلودگی خاک‌های زراعی تیمار کود زیستی فسفر + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به‌همراه محلول‌پاشی عناصر کم مصرف با غلظت چهار در هزار با کسب حداکثر عملکرد دانه می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Physical and chemical properties of field's soil

عمق خاک Soil Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	کربن آلی (٪) Organic Carbon (%)	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)
0-30	Clay loam	0.61	3.55	7.41	163	7.19

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر کود های زیستی و شیمیایی فسفره و عناصر ریزمغذی
Table 2- Result of analysis of variance of measured traits affected chemical and biological phosphorus fertilizers and micronutrients

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد سنبله در متر مربع No. spike per m^2	تعداد دانه در سنبله No. seed per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	2253^{ns}	18.61^{ns}	4.3^{ns}	8930.6^{ns}	11743^{ns}	56.07^{ns}
کود زیستی و شیمیایی فسفره Chemical and biological phosphorus fertilizers (F)	3	7380.3^{**}	57.07^{*}	30.93^{**}	48154.5^{**}	56966^{**}	69.72^{**}
خطای اصلی (E_a)	6	183.52	10.52	2.42	2717.1	1695	5.31
عناصر ریزمغذی Micronutrient (M)	2	3579.86^{**}	32.63^{*}	25.87^{**}	14258.1^{**}	24204^{**}	51.64^{**}
اثرات متقابل (F × M)	6	123^{ns}	1.73^{ns}	1.08^{ns}	19432^{**}	17671^{**}	1.78^{ns}
خطای فرعی (E_b)	16	158.1	4.65	1.85	1245	1420.1	3.25
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	3.41	8.28	4.08	10.94	3.06	6.9

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, ** and *: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۲-
Table 2- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	مقدار پروتئین Protein amount	عملکرد پروتئین Protein yield	ارتفاع بوته Plant hight	طول سنبله Spike length
تکرار Replication	2	0.29^{ns}	71.29^{ns}	35.89^{ns}	3.22^{ns}
کود زیستی و شیمیایی فسفره Chemical and biological phosphorus fertilizers (F)	3	17.58^{*}	703.68^{**}	89.8^{*}	31.89^{**}
خطای اصلی (E_a)	6	3.14	16.26	14.61	2.82
عناصر ریزمغذی Micronutrient (M)	2	15.84^{*}	523.44^{**}	76.77^{*}	26.89^{**}
اثرات متقابل (F × M)	6	0.26^{ns}	$5.66^{n.s}$	4.7^{ns}	1.01^{ns}
خطای فرعی (E_b)	16	1.24	11.03	11.14	0.8
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	9.09	8.3	3.76	7.26

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, ** and *: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر کود زیستی و شیمیایی فسفره و عناصر ریزمغذی
Table 3- Mean comparison Result of measured traits affected chemical and biological phosphorus fertilizers and micronutrients

تیمارها Treatments	تعداد سنبله در متر مربع No. spike per m^2	تعداد دانه در سنبله No. seed per spike	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (gr)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
کود های فسفره (F)				
عدم کاربرد کود (شاهد) Non use Phosphate fertilizer (Control)	340.15 c	22.8 c	30.2 c	20.19c
کود زیستی فسفر Phosphate biofertilizer	360.24 b	25.27 b	32.85 b	24.53b
کود زیستی فسفر +۱۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل Phosphate biofertilizer + 150 kg Triple Super Phosphate	389.26 a	28.65 a	35.6 a	31.22a
۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل 200 kg Triple Super Phosphate	382.35 ab	27.42 ab	34.11 ab	28.68a
عناصر ریزمغذی (Micronutrients)				
عدم محلول پاشی Non spraying micronutrients (Control)	334.53 b	24 b	30.54 b	21.23b
اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۲ در هزار Spraying micronutrients at 0.002 concentration	380.9 ab	26.83 ab	32.44 ab	27.93a
اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۴ در هزار Spraying micronutrients at 0.004 concentration	388.57 a	27.28 a	34.87 a	29.14a

*میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.
*Means in each column, following same letter(s) are not significantly different at 5% probability level by Duncan test.

ادامه جدول ۳-
Table 3 - Continued

تیمارها Treatments	مقدار پروتئین (٪) Protein amount (%)	عملکرد پروتئین Protein yield ($g.m^{-2}$)	ارتفاع بوته Plant hight (cm)	طول سنبله Spike length (cm)
کود های فسفره (F)				
عدم کاربرد کود (شاهد) Non use Phosphate fertilizer (Control)	10.41 c	24.38 c	83.3c	4.12c
کود زیستی فسفر Phosphate biofertilizer	11.96 b	35.76 b	87.14b	5.26b
کود زیستی فسفر +۱۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل Phosphate biofertilizer + 150 kg Triple Super Phosphate	13.98 a	53.47 a	92.57a	6.47a
۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل 200 kg Triple Super Phosphate	13.01 ab	47.42 ab	90.4ab	6.0ab
عناصر ریزمغذی (Micronutrients)				
عدم محلول پاشی Non spraying micronutrients (Control)	11 b	26.97 b	85.32b	4.41b
اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۲ در هزار Spraying micronutrients at 0.002 concentration	12.65 ab	40 ab	88.82ab	5.14ab
اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۴ در هزار Spraying micronutrients at 0.004 concentration	13.07 a	46.75 a	90.85a	6.15a

*میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.
*Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability (by Duncan test).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کود زیستی و شیمیایی فسفره و عناصر ریزمغذی بر صفات عملکرد دانه و بیولوژیک

Table 4- Mean comparison interaction effect of chemical and biological phosphorus fertilizers and micronutrients on seed yield and biologic yield

کود زیستی و شیمیایی فسفره Chemical and biological phosphorus fertilizers	عناصر ریزمغذی Micronutrients	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield ($g.m^{-2}$)
عدم کاربرد کود (شاهد) Non use Phosphate fertilizer (Control)	عدم محلول پاشی Non spraying micronutrients (Control)	234.81^{e}	1139.3^{e}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۲ در هزار Spraying micronutrients at 0.002 concentration	258.09^{d}	1184.77^{d}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۴ در هزار Spraying micronutrients at 0.004 concentration	264.52^{d}	1186.5^{d}
کود زیستی فسفر Phosphate biofertilizer	عدم محلول پاشی Non spraying micronutrients (Control)	255.21^{de}	1180.41^{d}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۲ در هزار Spraying micronutrients at 0.002 concentration	320.54^{bc}	1232.2^{c}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۴ در هزار Spraying micronutrients at 0.004 concentration	330.45^{b}	1266.4^{b}
کود زیستی فسفر +۱۵۰کیلوگرم سوپر فسفات تریپل Phosphate biofertilizer + 150 kg Triple Super Phosphate	عدم محلول پاشی Non spraying micronutrients (Control)	317.5^{c}	1231.4^{c}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۲ در هزار Spraying micronutrients at 0.002 concentration	390.47^{ab}	1293.67^{ab}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۴ در هزار Spraying micronutrients at 0.004 concentration	400.1^{a}	1300.21^{a}
۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل 200 kg Triple Super Phosphate	عدم محلول پاشی Non spraying micronutrients (Control)	315.25^{c}	1233.21^{c}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۲ در هزار Spraying micronutrients at 0.002 concentration	389.41^{ab}	1285.77^{ab}
	اسپری عناصر زیر مغذی با غلظت ۴ در هزار Spraying micronutrients at 0.004 concentration	391.57^{ab}	1290.1^{ab}

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability (by Duncan test).

References منابع مورد استفاده

- Ahmadi Vasseri, F., and H. M. Pirdashti. 2010. The Effect of combined biodegradation and P reduced quantities on salt and seed yield. 3th International Seminar on Oilseeds and Edible Oils. pp: 1-4. (In Persian)
- Alloway, B.J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition (2th Ed.). Brussels: International Zinc Association (IZA). 136p.
- Aytak, Z., N. Gulmezoglu, Z. Sirel, and I. Tolay. 2015. The effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes. *Network of Botany, Horticulture and Agrology*. 42(1): 202-208.
- Azimi, S.M., E. Nabati, M. Lak, and M. Shaban. 2013. Effect of N and P fertilizers on yield components of barley. *International Journal Advance Biology and Biomedical Research*. 2(2): 365-370.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or denetic bio fortification. *Plant and Soil Journal*. 302: 1-17.
- Ehsanipor, R. 2016. Effect of spray mono potassium phosphate and micronutrient on seed yield and its components of barley. Msc Theses. Islamic Azad University. Sabzevar Branch. 126 p. (In Persian)
- El-Gizawy, N.Kh.B., and S.A.S. Mehasen. 2009. Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Appled Science Journal*. 6: 1359-1365.
- Farnia, A., and M. Moayedi. 2014. Effect of phosphate and nitrogen bio-fertilizers on yield, yield components, oil and protein in sunflower (*Helianthus annus* L.). Bull. *Environmental Pharmacology Life Science*. 3: 110-117.
- Fathi, Gh., and M.A. Enayat Gholizadeh. 2009. Effect of iron, zinc and copper mineral fertilizers on growth and yield of barley cultivars in Khuzestan climate. *Journal of Crop Physiology*. 1(1): 16-23. (In Persian)
- Ghotavi, H., Gh. Moafporian, and A. Bahrani. 2011. Effect of zinc sulfate spraying and irrigation intervals on yield, yield components and corn protein content. *Journal of Plant Ecophysiology*. 4(1): 92-80. (In Persian)
- Gobarah, M.E., W.M. Haggag, M.M. Tawfik, G.A. Amal, and E.A. Ebtesam. 2015. Effect of Zn, Mn, and organic manures applications on yield, yield components and chemical constituents of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown in newly sandy soil. *International Journal of ChemTech Research*. 8(4): 2120-2130.
- Hashemidezpholi, A., A. Kochaki, and M. Banayanaval. 1995. Improved crop yield. Jahad Daneshgahi of Mashhad University. 287 pp. (In Persian)
- Jones, C.A., J.S. Jacobsen, and J.M. Wraith. 2003. Effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. *Western Nutrient Management*. 5: 88-93.
- Karimi, A., A. Sepehri, J. Hamzehei, and G. Salimi. 2011. Biological phosphorus and nitrogen fertilizers impact on the quantity and quality of the herb borage under water stress. *Journal of Plant Production Technology*. 1: 37-50. (In Persian)

- Keeney, D.R., and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen in organic forms. Pp: 643-698. *In:* A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Method of soil analysis. Part II.
- Khazaei, H., A. Nezami, and A. Barzoei. 2009. Effect of different levels of phosphorus and superabsorbent on the response of two resistant wheat cultivars to water deficit. *Iranian Journal of Crop Research*. 4: 131-138. (In Persian)
- Ma, D., D. Sun, C. Wang, H. Ding, H. Qin, J. Hou, X. Huang, Y. Xie, and T. Guo. 2017. Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. *Front Plant Science*. 8: 860-868.
- Malakoti, M.J., and M.M. Tehrani. 2008. Effect of micronutrients to improve yield and quality of agricultural products. Tarbiat Modares University. 292 p. (In Persian).
- Mardan, R., and Sh. Kazemi. 2011. Response of morphological characteristics and biological function of barley to low element (Iron, Zinc and Cu). 1th National Conference on Modern Topics in Agriculture at Saveh University. (In Persian)
- Markova Ruzdik, N., D. Valcheva, D. Vulchev, L.J. Mihajlov, I. Karov, and V. Ilieva. 2015. Correlation between grain yield and yield components in winter barley varieties. *Agricultural Seience and Technology*. 7(1): 40-44.
- Mazlomi Mamyandi, M., A. Pirzad, and J. Jalilian. 2016. Effect of mycorrhizal symbiosis and supplementary irrigation on wheat grain yield and quality under variable end-season rainfall conditions. *Iranian Journal of Dry Land Agriculture*. 5(2): 203-223. (In Persian)
- Mehrvarz, S., M.R. Chaichai, and H.A. Alikhani. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizing on yield of barely. *Journal of Agriculture and Environmental Science*. 5(4): 822–828.
- Mirvat, E., M. Haggag, M.M. Tawfik, and G.A. Amal. 2015. Effect of Zn, Mn, and organic manures applications on yield, yield components and chemical constituents of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown in newly sandy soil. *International Journal of Chemical Technology Research*. 8(4): 2120- 2130.
- Motaei, S., R. Amirinia, M. Tajbakhsh, and B. Abdollahi Mandolkhani. 2015. Effect of iron, zinc and manganese and their method of application on phenology, yield and quality of sweet corn grain. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*. 4 (11): 230-240. (In Persian).
- Mousavifeyzabadi, H., Sh. Lack, and M. Alavi Fazel. 2013. Analysis of correlation and stepwise regression between grain protein yield and related traits of maize in conditions of drought stress and zinc sulfate spraying. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5(23): 2783-2788.
- Ofosu- Anim, J., and M. Leitch. 2009. Relative efficacy of organic manures in spring barley production. *Australian Journal of Crop Science*. 3(1): 13-19.
- Pandey, N., G.C. Pathak, and C.P. Sharma. 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilization inlentil. *Trace Elements in Medicine and Biology*. 20: 89-96.
- Sadri, M.H., and M.J. Malakoti. 2004. The effects of iron, zinc and copper on the quantity and quality of wheat. *Journal Soil and Water*. 5: 71-83.

- Sharma, A.K. 2003. Bio-fertilizer for sustainable agriculture. Agro-bios (India). 218 pp.
- Singh, B., Y. Singh, U.S. Sadana, and O.P. Meelu. 2000. Effect of green manure, wheat straw and organic manures on DTPA extractable Fe, MN, Zn and Cu in a calcareous sandy loam soil at field capacity and under waterlogged conditions. *Journal Indian Socity Soil Science*. 40(1): 114-118.
- Sultana, S., H.M. Naser, N.C. Shil, S. Akhter, and R.A. Begum. 2016. Effect of foliar application of zinc on yield of wheat grown by avoiding irrigation at different growth stages. *Bangladesh Journal Agriculture Research*. 41: 323–334.
- Thalooth, A., M. Tawfik, and M.A. Magda Mohamed. 2009. Comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mung bean plants grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2(1): 37-46.
- Woldesenbet, M., T. Tana, T.N. Sing, and T. Mekonnen. 2014. Effect of integrated nutrient management on yield and its components of food barley in Kaffa zone, south western Ethiopia. *ScienceTechnologt Arts Research Journal*. 3(2): 34-42.
- Zahedi Far, M., N. Karimian, A. Roghani, G. Yathrebi, and Y. Imam. 2011. Distribution of phosphorus and zinc in the organs and at different stages of wheat growth in the field. *Water and Soil Journal*. 25(3): 445-436. (In Persian)
- Zarabi, M., and A. Khalili. 2010. Effect of harmful use of phosphate fertilizer in ecosystem cycle. 1th Conference of Environmental Engineering. pp: 25-29.
- Zeidan, M.S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Research Journal Agriculture Biology Science*. 3(6): 748-752.

Evaluation of the Combined Effect of Biological and Chemical Phosphorous Fertilizers and Micronutrient on Seed and Protein Yield of Barley (*Hordeum vulgare* L.)

Mona Yousefipor[1], Shahram Lack[2]*, and Khoshnaz Payandeh[3]

Received: September 2018 , Revised: 14 March 2019, Accepted: 20 April 2019

Abstract

Now-a-days, in addition to the quantity of production its quality, stability and sustainability are taken into account. This research was conducted in a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications at Ramhormoz region in 2016-2017. The main treatments consisted of phosphorus fertilizers and bio-fertilizers with four levels (without using phosphorus fertilizer as control, bio-fertilizer, phosphorus bio-fertilizer + 150 $kg.ha^{-1}$ superphosphate fertilizer and 200 $kg.ha^{-1}$ superphosphate fertilizer) and foliar application of micro-nutrients (zinc, iron and manganese) with three levels (without application of micro-nutrients as control, spraying of micro-nutrients with 0.002 and 0.004 concentrations) assigned to sub plots. The analysis of variance of data showed that the combined effect of chemical and biological phosphorus fertilizer and foliar application of micronutrient on seed yield, its components, protein yield and its percentage, plant height and spike length were significant. Mean comparisons indicated that phosphorus bio-fertilizer + 150 $kg.ha^{-1}$ superphosphate fertilizer produced highest number of spike per m^2, seeds per spike, 1000-seed weight, harvest index, protein percentage, protein yield, plant height and spike length. The highest seed yield belonged to phosphorus bio-fertilizer + 150 $kg.ha^{-1}$ superphosphate fertilizer and foliar application of micro-nutrients with 0.004 concentration and the lowest to the control treatment. Generally, to reduce the use of chemical fertilizers, cost of production and the prevention of soil contamination use of phosphorus bio-fertilizer +150 $kg.ha^{-1}$ superphosphate fertilizer and spraying micronutrients with 0.004 concentration can be recommended to the farmers of the region.

Key words: Micronutrient foliar application, Protein, Seed yield, Spike length.

1- Graduated MSc, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3- Assistant professor, Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
* *Corresponding Author: Sh.lack50@gmail.com*