



بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم و تیمارهای کودی بر عملکرد کمی و کیفی سویا در استان گلستان

محمود کاملی^{۱*}، ابوالفضل فرجی^۲، علیرضا طبسی^۱

۱- گروه زراعت و باغبانی، مؤسسه غیرانتفاعی و غیردولتی بهاران، گرگان، ایران

۲- بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۲۱

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر نوع بذر، تلقیح ریزوبیوم ژاپونیکوم و تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (رقم کتول) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در سال ۱۳۹۶ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول نوع بذر در دو سطح (بذور حاصل از بوته‌های دچار عارضه اختلال در غلاف بندی سویا و بذور سالم) بود. عامل دوم تلقیح بذور با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح و فاکتور سوم محلول پاشی بوته‌ها در چهار سطح عدم محلول پاشی، محلول پاشی عنصر بور، محلول پاشی عنصر پتاسیم و محلول پاشی با کود کامل بودند. نتایج نشان داد که اثر نوع بذر، تلقیح با باکتری و تیمارهای کودی بر تعداد دانه در ساقه اصلی، تعداد غلاف، وزن غلاف در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین معنی‌دار بودند. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در تیمار بذر سالم (۱۸/۴۴ گرم) و کمترین میانگین در بذر ناسالم (با میانگین ۱۶/۳۷ گرم) بود. استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم باعث افزایش ۸/۲۰ و ۱۷/۵۲ درصدی به ترتیب در میانگین وزن دانه در بوته و عملکرد دانه در مقایسه با عدم تلقیح با این باکتری شد. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری استفاده از بذر سالم و تلقیح با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم تحت شرایط استفاده از کود کامل با میانگین ۴۲۸۸ کیلوگرم در هکتار بود. استفاده از کود کامل، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۲۲۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار) و عدم استفاده از کود، کمترین میانگین این صفت (۵۴۴۵/۹ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. به عبارت دیگر استفاده از کود کامل در مقایسه با عدم استفاده موجب افزایش ۵۵/۴۴ درصدی در میانگین این صفت شد. استفاده از بذر سالم و همچنین تلقیح بذور با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم به ترتیب منجر به افزایش ۲۰/۵۹ و ۱۸/۳۱ درصد در میانگین عملکرد روغن دانه گردید. بیشترین درصد روغن در تلقیح بذر ناسالم با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم تحت شرایط استفاده از کود کامل با میانگین ۲۲/۶۶ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، روغن دانه، شاخص برداشت، عملکرد، محلول پاشی، وزن ۱۰۰ دانه

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و به علت دارا بودن مقادیر زیادی اسیدهای چرب و پروتئین از منابع مهم و حیاتی تأمین انرژی به شمار می‌روند (Caliskan et al., 2008).

سویا (*Glycine max* L.) اصلی‌ترین گیاه روغنی جهان است (Wilcox, 2004). سویا بزرگترین منبع تأمین کننده پروتئین و روغن گیاهی در دنیاست و یکی از معدود گیاهانی می‌باشد که فراهم کننده پروتئین کامل بوده، به طوری که دارای همه هشت اسید آمینه ضروری برای سلامتی بشر می‌باشد. سویا گیاهی است دو لپه از خانواده پروانه آسا، یک‌ساله و خودگشن که مقام نخست در تأمین روغن گیاهی در جهان را دارا است (عجم‌نوروزی و همکاران، ۱۳۹۶).

مصرف متعادل کودهای اصلی و ریز مغذی‌ها نه تنها باعث افزایش تولیدات کشاورزی با کیفیت بالا می‌شود، بلکه سلامت جامعه مصرف‌کننده را تضمین می‌کند. عناصر کم مصرف با وجود این- که به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، ولی نقش‌های برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان به عهده دارند که از آن جمله نقش آن‌ها در فعالیت آنزیمی، رشد و تمایز سلولی، تشکیل گل و میوه و بهبود کیفیت محصول را می‌توان ذکر نمود. همچنین نقش اساسی این عناصر به خصوص منگنز، مس، روی و بور در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفات و امراض درخور اهمیت است (ملکوئی، ۱۳۷۷).

حاتمی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم باعث بهبود روند تغییرات کلیه پارامترهای رشد گیاه اعم از وزن خشک، سرعت رشد نسبی، سایر شاخص-های رشدی گیاه و در نهایت بهبود عملکرد دانه سویا شد. دسترسی به نیتروژن و پتاسیم کافی در مراحل حساس رشد گیاه منجر به افزایش سطح فتوسنتز کننده و تجمع ماده خشک بیشتری در مقایسه با عدم مصرف آن‌ها شده و موجب افزایش سرعت رشد محصول شد.

کمبود عنصر بور در بین عناصر کم مصرف پس از آهن و روی بزرگترین خسارت را بر محصول وارد می‌سازد. مقدار بور در گیاهان حدود ۵ تا ۵۰ پی پی ام تغییر می‌کند، ولی این مقدار ممکن است در گیاهان مختلف و خاک‌های متفاوت تغییر کند. وقتی مقدار بور در گیاه کمتر از ۱۵ پی پی ام باشد، علائم کمبود ظاهر می‌شود (Movahhady-dehnavy et al., 2009). عنصر بور در فرآیندهای حمل و نقل کربوهیدرات در داخل گیاه و تنظیمات متابولیکی نقش مؤثری دارند. این عنصر برای سنتز پروتئین، تشکیل بذر و دیواره سلولی، جوانه‌زنی دانه‌گرده و رشد لوله‌ی گرده ضروری است. علائم کمبود این عنصر در گیاه به صورت زرد شدن برگ‌ها و زرد شدن فواصل بین رگبرگ‌ها، پیچیدگی رو به پایین برگ‌ها، تاب خوردگی برگ‌ها، مردگی بافت نوک برگ‌ها، تأخیر در گلدهی، تعداد کمتر غلاف و اندازه کوچک‌تر آن‌ها است (Liu et al., 2010). گزارش

عملکرد دانه با مقدار گره‌بندی در ریشه‌های سویا را گزارش کردند. در مجموع می‌توان بیان کرد که تعیین حد بهینه مصرف کودهای ماکروالمنت و میکروالمنت نه تنها از جنبه‌های اقتصادی حائز اهمیت است، بلکه از دیدگاه حفظ محیط زیست و نیز بازاریابی محصولات استحصالی از گیاهان نیز دارای اهمیت می‌باشد. از آنجایی که در کشاورزی هدف، علاوه بر به دست آوردن مرغوبیت محصول، کسب بیشترین عملکرد در واحد سطح است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر کاربرد باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم و تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن و پروتئین دانه سویا تحت شرایط استفاده از بذور با کیفیت متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف انتخاب بهترین تیمار جهت سبز شدن بذور و رسیدن بالاترین عملکرد اقتصادی گیاه به واسطه محلول‌پاشی عنصر بور و تلقیح بذر با باکتری انجام خواهد شد. آزمایش در سال ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح

شده که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بور، روی و پتاسیم پارامترهای رویشی و صفات عملکردی سویا را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Thalooth *et al.*, 2006).

سویا مزیت‌هایی در مقایسه با سایر گیاهان زراعی دارد که شامل توانایی در تثبیت نیتروژن، نیاز کم به فسفر، تحمل به پی‌اچ پایین و مقادیر بالای آلومینیوم و تحمل به محتوای رطوبت بالای خاک است (Maleki *et al.*, 2012). گونه باکتری مورد استفاده برای ایجاد سیستم لگوم-ریزوبیوم در سویا ریزوبیوم جاپونیکوم (*Rhizobium japonicum*) است. استفاده از روش زیستی تثبیت نیتروژن باعث کاهش هزینه‌های تولید محصول سویا می‌شود (Pham *et al.*, 2010). این تثبیت می‌تواند تا حدود ۸۰ درصد از نیاز سویا را به نیتروژن جهت حصول عملکردهای بالا تأمین نماید (خواجه پور، ۱۳۸۶). بالا بودن راندمان فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم در خاک مستلزم مناسب بودن شرایط محیطی رشد گیاه از لحاظ نور، دما، رطوبت خاک، عناصر غذایی (به غیر از نیتروژن) و اسیدیته و نیز عدم شوری خاک می‌باشد. از نظر تثبیت نیتروژن بین ارقام سویا تفاوت وجود دارد (Maingi *et al.*, 2006) و تلقیح باکتریایی عملکرد سویا را تا دو برابر نیز افزایش داده است (Oje *et al.*, 2007). Caliskan *et al.* (2008) همچنین رابطه مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک اندام هوایی و

پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول نوع بذر بود که در ۲ سطح (بذور حاصل از بوته‌های دچار عارضه اختلال در غلاف بندی سویا و بذور سالم) بود. عامل دوم تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوماس در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح بود و عامل سوم محلول پاشی بوته‌ها در مراحل R1 و R3 بود که در چهار سطح (عدم محلول پاشی، محلول پاشی عنصر بور، محلول پاشی عنصر پتاسیم و محلول پاشی با کود کامل) در نظر گرفته شد. قبل از شروع آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک نمونه برداری انجام گرفت. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است. رقم مورد استفاده در این آزمایش کتول بود. هر

کرت دارای ۵ خط کاشت ۵ متری بود که خطوط اول و پنجم به عنوان حاشیه، خط دوم برای یادداشت برداری‌های طی فصل رشد و خطوط سوم و چهارم برای محاسبه عملکرد در نظر گرفته شد. الگوی کاشت به صورت ۱۰×۵۰ سانتی‌متر طراحی گردید. در فاصله بین دو کرت مجاور دو خط نکاشت در نظر گرفته شد. کشت در دهه‌ی اول تیرماه سال ۱۳۹۶ انجام پذیرفت. مراقبت‌های لازم مطابق دستورالعمل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان صورت گرفت (فرجی و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته (pH)	درصد کربن آلی	درصد نیتروژن	فسفر (mg)	پتاسیم (mg/kg)	بور (mg/kg)
رسی	۰/۹۸	۶/۶	۲/۰۳	۰/۱۸	۱۶/۶	۲۰۵	۰/۷۱

صفتی که در این مطالعه بررسی و اندازه‌گیری شد شامل صفات عملکرد و اجزای عملکرد شامل: تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در ساقه اصلی، تعداد دانه در هر غلاف، تعداد غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) بود. نمونه برداری در پایان فصل رشد و در یک مرحله انجام شد. بعد از

رسیدن محصول، برداشت از وسط هر کرت برای از بین بردن اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت و مقدار عملکرد دانه در هر کرت براساس کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. برای صفات شمارشی از هر کرت ده بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. پس از آسیاب نمونه‌های بذر هر تیمار، یک گرم برای اندازه‌گیری درصد پروتئین و دو گرم

برای اندازه‌گیری درصد روغن استفاده شد. درصد پروتئین پس از اندازه‌گیری میزان نیتروژن با دستگاه کج‌دال با استفاده از ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین (۶/۲۵) محاسبه شد. اندازه‌گیری درصد روغن با دستگاه سوکسله انجام شد (قربان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). در نهایت به منظور محاسبه عملکرد روغن و عملکرد پروتئین، درصد روغن و پروتئین در عملکرد دانه ضرب شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر مبنای مدل آماری فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام پذیرفت و میانگین تیمارها به روش آزمون LSD در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد دانه در ساقه اصلی

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر نوع بذر (در سطح احتمال ۱ درصد)، تلقیح بذر با رایزوبیوم ژاپونیکوم (در سطح احتمال ۱ درصد) و اثر تیمارهای کودی (در سطح احتمال ۱ درصد) بر تعداد دانه در ساقه اصلی معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل مورد آزمایش نشان داد که در بین تیمار نوع بذر، استفاده از بذر سالم در قیاس با بذر ناسالم دارای تعداد دانه بالاتری بود و افزایش معنی‌داری حدود ۱۶/۹۹ درصد داشت (جدول ۳). تلقیح بذر با رایزوبیوم ژاپونیکوم در مقایسه با

عدم تلقیح (تیمار شاهد) افزایش تعداد دانه در ساقه اصلی را باعث شد به طوری که افزایش ۲۰/۴۴ درصدی در قیاس با تیمار شاهد را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح تیمارهای کودی نیز نشان داد که استفاده از کود پتاسیم و همچنین کود کامل باعث ایجاد بیشترین تعداد دانه در ساقه اصلی شد (به ترتیب با میانگین ۶۵/۶۶ و ۷۱/۶۶ عدد در بوته) و عدم کاربرد کود (شاهد) کمترین میانگین این صفت (۴۱/۹۱ عدد در بوته) را داشت (جدول ۳). مدیریت کوددهی یکی از بخش‌های مهم مدیریت محصولات زراعی است. در بین عناصر غذایی ضروری گیاهان، پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش مقاومت گیاهان به کم‌آبی، انواع تنش‌ها، آفات و بیماری‌ها گردیده و کارایی آب و کود را افزایش می‌دهد (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۲). رایزوبیوم می‌تواند در خاک و در محیط ریشه گیاهان بقولات زندگی می‌کند. از جمله فعالیت‌های مفید این باکتری-ها می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه به ویژه اکسین‌ها و ترکیبات مشابه آن توسط سویه‌های مختلف رایزوبیومی اشاره داشت (Calderon *et al.*, 2004). بیشترین نیاز غذایی گیاه در مراحل مختلف رشد زایشی رخ می‌دهد. طبق این تحقیق، استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به ویژه نیتروژن موجب افزایش رشد و نمو گیاه و سطح برگ

در سویا با ساختار ژنتیکی محکمی دارد و عوامل محیطی از جمله تیمارهای آزمایشی، اثر خود را بیشتر بر اجزای دیگر عملکرد سویا مانند تعداد غلاف و یا اندازه دانه اثر می‌گذارد و این صفت سویا کمتر تحت اثر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. این موضوع در مورد سایر صفاتی که کمتر تحت تأثیر فاکتورهای آزمایشی قرار گرفتند نیز صدق می‌نماید.

تعداد غلاف در بوته

جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر نوع بذر (در سطح احتمال ۵ درصد) و اثر تیمارهای کودی (در سطح احتمال ۱ درصد) بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بودند. استفاده از بذر سالم باعث افزایش ۹/۲۲ درصدی تعداد غلاف در بوته در مقایسه با بذر ناسالم گردید که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی، بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط استفاده از کود پتاسیم و کود کامل (به ترتیب با میانگین ۷۵/۵۸ و ۸۱/۴۱ عدد) مشاهده شد و کمترین میانگین در تیمار شاهد بود (جدول ۳). جامسون و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی در مرحله رویشی را عاملی جهت افزایش سطح برگ، وزن خشک برگ و تعداد غلاف در واحد سطح شد. همچنین Ali and Adel Mahmoud (2013) محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی را برای پارامترهای رویشی و صفات عملکردی سویا، در

شده و بر جذب نور و میزان فتوسنتز می‌افزایند. این امر موجب افزایش مقدار ماده خشک تولید شده در برگ و متعاقباً بهبود رشد و افزایش اجزای عملکرد گیاه می‌شود (دماوندی و همکاران، ۱۳۹۵).

تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در گیاه سویا مهم‌ترین جزء عملکرد محسوب می‌شود و تحت تأثیر تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف است. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که از بین عوامل مورد آزمایش، اثر نوع بذر و تیمارهای کودی بر تعداد دانه در غلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند و بقیه عوامل اثر غیر معنی‌دار آماری داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر نوع بذر نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در استفاده از بذر سالم (با میانگین ۲/۰۸ عدد) بود و استفاده از بذر ناسالم، کمترین میانگین (۱/۵۸ عدد) را داشت (جدول ۳). در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به کاربرد کود کامل (۲/۰۸ عدد) بود که در مقایسه با تیمار شاهد که کمترین میانگین این صفت را داشت، افزایش ۳۲/۲۱ درصدی نشان داد (جدول ۳). اصولاً همه صفات به طور ترکیبی هم به ژنوتیپ و هم به محیط وابسته هستند و فقط میزان این وابستگی در صفات مختلف فرق می‌کند. عوامل محیطی بر تعداد دانه در غلاف سویا اثر کمی دارند (Liu et al., 2010). این موضوع نشان می‌دهد که این صفت

گرم بود و عدم کاربرد کود (شاهد) کمترین میانگین این صفت را با میانگین ۱۴/۵۴ گرم داشت (جدول ۳). بور نیز نقش کلیدی در انتقال آب و مواد غذایی از ریشه به اندام‌های هوایی بازی می‌کند، همچنین کاربرد بور به طرز بسیار معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ، محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Nasef et al., 2006).

وزن دانه در بوته

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل نشان داد که از بین عوامل مورد آزمایش، اثر نوع بذر، استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم و همچنین اثر تیمارهای کودی بر وزن دانه در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی نوع بذر حاکی از این مطلب بود که بیشترین وزن دانه در شرایط استفاده از بذر سالم (۱۸/۴۴ گرم) و کمترین میانگین در شرایط استفاده از بذر ناسالم (با میانگین ۱۶/۳۷ گرم) بود (جدول ۳). استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم باعث افزایش ۸/۲۰ درصدی در میانگین وزن دانه در بوته در مقایسه با عدم تلقیح با این باکتری شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای کودی نشان داد که استفاده از کود پتاسیم و کود کامل باعث ایجاد بیشترین وزن دانه در بوته (به ترتیب با میانگین ۲۰/۱۳ و ۲۰/۸۴ گرم) شد و عدم استفاده از کود کمترین

مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. - اند به طوری که عناصر ریز مغذی مانند بور به دلیل تأثیر بر فرآیند زایشی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته گردیده است و در نتیجه گیاه با محلول‌پاشی در مرحله رویشی پتانسیل بالاتری را برای تولید غلاف در واحد سطح پیدا می‌کند. کاظمی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم برادی ژاپونیکوم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا گزارش کردند که تلقیح این باکتری سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد بوته، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد نهایی سویا گردید.

وزن غلاف در بوته

وزن غلاف در بوته تحت تأثیر نوع بذر (در سطح احتمال ۵ درصد)، تلقیح با باکتری (در سطح احتمال یک درصد) و تیمارهای کودی (در سطح احتمال ۵ درصد) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر نوع بذر نشان داد که بیشترین وزن غلاف در بذر سالم (۲۵/۵۳ گرم) و کمترین وزن در بذر ناسالم (۲۳/۵۵ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). کاربرد باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث افزایش ۱۷/۶۱ درصدی در میانگین وزن غلاف شد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای کودی، بیشترین وزن غلاف در شرایط کاربرد کود بور، پتاسیم و کود کامل به ترتیب با میانگین ۲۷/۱۵، ۲۸/۱۲ و ۲۸/۳۶

غذایی در گیاه و نهایتاً کاهش کمیت و کیفیت محصول شود. در شرایط یک خاک زراعی دارای کمبود عناصر ریز مغذی و سطح خاک خشک باشد، باید از محلول پاشی برگ‌های این عناصر در گیاه سویا در اوایل دوران رشد رویشی گیاه استفاده نمود که سبب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن می‌شود (Bron *et al.*, 2003).

میانگین این صفت (۱۰/۹۵ گرم) را داشت (جدول ۳). در مجموع می‌توان بیان کرد که بعضی عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف برای رشد گیاه ضروری هستند و در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارند و کمبود آن‌ها می‌تواند موجب عدم توازن عناصر

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن و پروتئین دانه سویا

میانگین مربعات (MS)

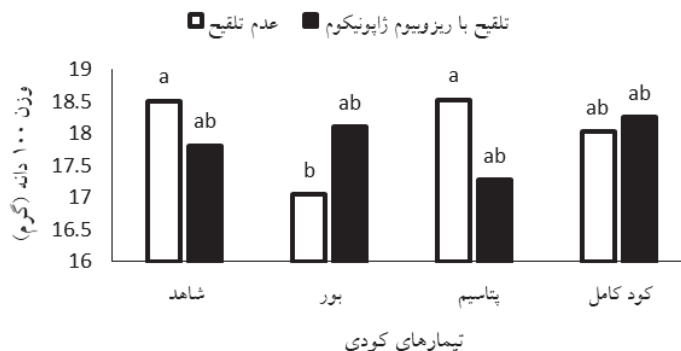
منابع تغییرات	درجه	تعداد دانه در	تعداد	تعداد غلاف	وزن غلاف	وزن دانه	وزن ۱۰۰	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	منابع تغییرات
آزادی	ساقه اصلی	دانه در	در بوته	وزن غلاف	وزن غلاف	وزن دانه	وزن ۱۰۰	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	منابع تغییرات
غلاف	دانه	دانه در	در بوته	وزن غلاف	وزن غلاف	وزن دانه	وزن ۱۰۰	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	منابع تغییرات
تکرار	۲	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱۵۴/۶ ^{ns}	۰/۶۲ ^{ns}	۱۵/۹ ^{**}	۲/۴۷ ^{ns}	۸۹۴۴۱۰/۰ [*]	۵۱۸۶۷۱۳/۸ ^{ns}	۷/۳۳ ^{ns}	۱۱۲۵۸/۲ ^{ns}	۱۹۸۹۵۲/۲ [*]	تکرار
نوع بذر (S)	۱	۱۳۷۶/۰ ^{**}	۰/۳۸ [*]	۵۰/۵۵ [*]	۴۷/۲۰ [*]	۵۱/۲۵ ^{**}	۰/۳۱ ^{ns}	۳۸۰۱۹۳۹/۱ ^{**}	۱۰۲۲۹۲۷۲۴/۱ ^{**}	۸/۴۰ [*]	۱۴۱۷۶۲/۹ ^{**}	۱۴۹۱۵۱۹/۸ ^{**}	نوع بذر (S)
رایزویوم ژئوپنیکوم (R)	۱	۲۰۶۷/۱ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۱۱/۰ ^{ns}	۲۶۸/۸ ^{**}	۲۶/۴۰ ^{**}	۰/۳۱ ^{ns}	۳۱۲۸۸۵۴/۶ ^{**}	۱۹۴۶۹۲۶۸۷ ^{**}	۲۷/۹ ^{ns}	۱۱۰۵۳۴/۰ ^{**}	۷۲۵۴۳۸/۶ ^{**}	رایزویوم ژئوپنیکوم (R)
کاربرد کود (F)	۳	۲۲۰۱/۱ ^{**}	۰/۱۴ [*]	۲۲۳۲/۹ ^{**}	۵۳۷/۰ ^{**}	۲۴۴/۶ ^{**}	۰/۸۹ ^{ns}	۱۷۱۸۰۶۸۰/۶ ^{**}	۱۰۳۸۶۹۰۹۶/۳ ^{**}	۳۴۳/۶ ^{**}	۷۳۳۱۷۷/۴ ^{**}	۳۴۴۳۳۵/۱ ^{**}	کاربرد کود (F)
S × R	۱	۲۸۵/۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۳۸/۵ ^{ns}	۷/۸۴ ^{ns}	۰/۸۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۲۸۴۵۹۳/۵ ^{ns}	۴۰۲۵۲/۱ ^{ns}	۲۷/۹ ^{ns}	۳/۱۳ ^{ns}	۸۶۵۹/۸ ^{ns}	S × R
S × F	۳	۴۸/۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱۰۹/۵ ^{ns}	۴/۲۲ ^{ns}	۳/۳۶ ^{ns}	۱/۷۴ ^{ns}	۲۱۶۸۱۵/۹ ^{ns}	۲۶۹۸۸۹/۱ ^{ns}	۱/۸۸ ^{ns}	۲۶۹۶/۱۳ ^{ns}	۱۶۵۳۸۱/۰ [*]	S × F
R × F	۳	۱/۵۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱۰۴/۸ ^{ns}	۷/۹۶ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۳/۱۳ [*]	۱۴۶۲۹۹/۹ ^{ns}	۳۱۱۶۰۸/۱۵ ^{ns}	۲۴/۱۱ ^{ns}	۳۶۷۴/۵ ^{ns}	۲۶۴۹۰/۱ ^{ns}	R × F
S × R × F	۳	۲۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۳۷/۹ ^{ns}	۷/۶۳ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۱/۰۱ ^{ns}	۶۳۳۹۱۵/۶ [*]	۱۹۸۴۷۳۵/۰ ^{ns}	۹/۴۶ ^{ns}	۳۲۲۰/۲/۷ [*]	۱۴۹۹۸۳/۴ [*]	S × R × F
اشتباه آزمایشی	۳۰	۱۰۳/۸	۰/۰۶	۱۰۴/۴	۹/۳۸	۲/۶۷	۱/۱۲	۲۰۰۲۵۰/۹	۳۳۱۸۵۱۸/۸	۱۸/۵۸	۱۲۵۶۶/۱	۵۶۵۹۲/۸	اشتباه آزمایشی
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۷/۶۸	۱۸/۸۱	۱۵/۳۰	۱۲/۴۸	۹/۳۹	۵/۹۱	۱۶/۸۳	۱۶/۱۲	۱۵/۸۵	۲۲/۵۴	۲۳/۳۷	ضریب تغییرات (درصد)

ns و ** : به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

وزن ۱۰۰ دانه

از بین عوامل مورد آزمایش، فقط اثر متقابل استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم و تیمارهای کودی بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود و اثر بقیه عوامل غیر معنی‌دار شدند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه تلقیح بذر در تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در تیمار شاهد (عدم استفاده کود و باکتری) و در شرایط استفاده از کود پتاسیم و عدم استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم به ترتیب با میانگین ۱۸/۵۱ و ۱۸/۵۳ گرم مشاهده شد. کمترین میانگین این صفت نیز در شرایط استفاده از کود بور و عدم استفاده از باکتری با میانگین ۱۷/۰۵ گرم بود (شکل ۱). در توضیح باید گفت که دوام رشد دانه در گیاهان دانه روغنی تا حدود زیادی توسط دمای محیط تعیین می‌شود که برای تمام تیمارها در این آزمایش یکسان بوده است. اما رشد دانه‌ها به عرضه مواد فتوسنتزی و آب نیز وابسته است، ولی از آنجایی که در این دسته از گیاهان سایر اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در مقایسه با انداز دانه زودتر شکل می‌گیرند، بدیهی است که سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را در جهت رشد و نمو خود مصرف می‌کنند، از این‌رو اندازه دانه و

در نتیجه وزن هزار دانه کمتر تغییر می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰). پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد همزمان کود نیتروژن و تلقیح با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم بر عملکرد و اجزای آن در سویا بسیار مؤثر است (Sogut, 2006). با این تفسیر به نظر می‌رسد هر عاملی، از جمله کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم که بر افزایش تقسیمات سلولی دانه و به ویژه آندوسپرم و انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر به آن‌ها مؤثرتر باشد، سبب افزایش وزن صد دانه خواهد شد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴). تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم عملکرد و اجزای عملکرد سویا را افزایش داد (Oad et al., 2002) و از آنجایی که همبستگی مثبتی بین عملکرد و وزن صد دانه وجود دارد، می‌توان انتظار داشت که کاربرد این میکروارگانیسم‌های مفید به عملکرد بیشتر منجر شود. محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی می‌تواند موجب افزایش کلروفیل شود که این امر سبب جلوگیری از کاهش میزان فتوسنتز در اثر کاهش سبزی‌نگی و رشد گیاه می‌شود و بدین ترتیب انتقال مواد به سمت دانه‌ها به خوبی صورت می‌گیرد که در نهایت منجر به افزایش وزن هزار دانه می‌گردد (توحیدی، ۱۳۹۴).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بذر در تلقیح با ریزوبیوم ژاپونیکوم بر وزن ۱۰۰ دانه سویا

میانگین اثر متقابل سه‌گانه (نوع بذر × باکتری × کود) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری استفاده از بذر سالم و تلقیح با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم تحت شرایط استفاده از کود کامل با میانگین ۴۲۸۸ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین میانگین این صفت نیز در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود و باکتری) در هر دو نوع بذر سالم و ناسالم به ترتیب با میانگین ۹۹۶/۳ و ۷۶۳/۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). از آنجایی که عملکرد دانه تابع اجزای عملکرد تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزا سبب تغییر در عملکرد خواهد شد. همچنین نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا گردید. گزارش شده است که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بور، روی، پتاسیم یا منیزیم پارامترهای رویشی و صفات عملکردی سویای مصرفی را در مقایسه با شاهد به طور

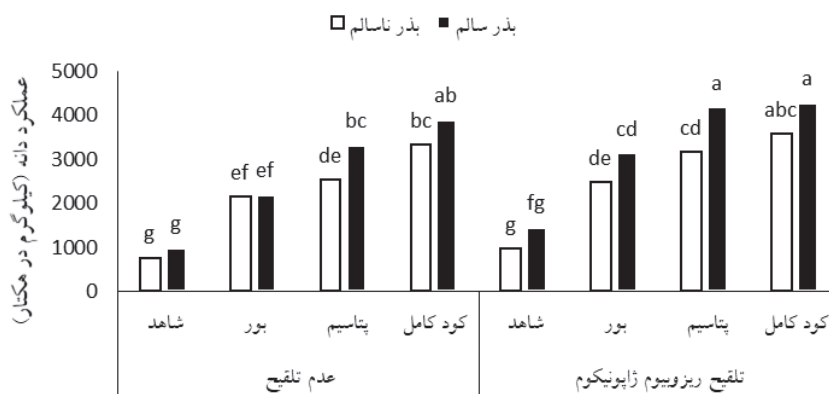
عملکرد دانه

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع بذر، باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم و اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). همچنین اثر متقابل سه‌گانه نوع بذر در باکتری در تیمار کود نیز بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). استفاده از بذر سالم در مقایسه با بذر ناسالم، افزایش ۱۹/۱۴ درصدی در میانگین عملکرد دانه را باعث شد (جدول ۳). از طرف دیگر استفاده از باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم باعث افزایش ۱۷/۵۲ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با عدم استفاده از این باکتری شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط استفاده از کود کامل (با میانگین ۳۷۷۸ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین میانگین در عدم استفاده از کود (با میانگین ۱۰۴۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه

که در متابولیسم گیاهی و سنتز اسیدهای نوکتیک نقش دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰). رضایی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که تلقیح بذور سویا با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم بر محتوی کلروفیل برگ، وزن صد دانه و عملکرد دانه اثر مثبت و معنی‌داری داشت که نتایج حاصل از این پژوهش همسو با نتایج این پژوهشگران است. عنصر پتاسیم یکی از عناصر تشکیل دهنده خاک و گیاه می‌باشد. بعضی از گیاهان قادرند پتاسیم موجود در خاک را تا حدود ۸۰ درصد وزن خشک خود جذب نمایند. توانایی عرضه پتاسیم خاک برای تغذیه گیاه در طول فصل رشد از یک سو به مقدار پتاسیم و از سوی دیگر به سرعت آزاد شدن پتاسیم از شکل‌های غیرتبادلی به تبادلی و محلول مربوط می‌شود (پالیزدار و همکاران، ۱۳۹۱). محققان گزارش کردند که عملکرد دانه با ازدیاد مصرف پتاسیم افزایش معنی‌داری نشان داد و پتاسیم جذب شده توسط گیاه به طور مؤثری برای افزایش عملکرد دانه این گیاه بکار برده شد (Abadi *et al.*, 2008). در بررسی اثر کود حاوی پتاسیم بر عملکرد و رشد ارقام سویا، گزارش شد که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود قرار گرفته است و با افزایش مصرف کود پتاسیم بر عملکرد دانه افزوده شده است (حاتمی و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج همبستگی ساده بین صفات در جدول ۴ ارائه شده است. از بین صفات مورد بررسی، عملکرد دانه به عنوان اصلی‌ترین هدف از کشت این

معنی‌داری افزایش می‌دهد (توحیدی، ۱۳۹۴). به طور کلی کاربرد کود کامل با بهبود فرآیند فیزیولوژی گیاه از طریق اثر روی آنزیم‌های مختلف، مقدار کلروفیل، هورمون اکسین و افزایش تبدیل نیترات به آمونیوم در گیاه منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Turan *et al.*, 2017). به طور کلی عنصر بور در فرآیندهای حمل و نقل کربوهیدرات در داخل گیاه و تنظیمات متابولیکی نقش مؤثری دارند. این عنصر برای سنتز پروتئین، تشکیل بذر و دیواره سلولی، جوانه‌زنی دانه‌گرده و رشد لوله‌ی گرده ضروری است (Liu *et al.*, 2010). همچنین این عنصر در طویل شدن سلول، ساخت اسیدنوکلئیک، واکنش هورمون‌ها و کارکرد غشا نقش دارد. بنابراین ممکن است کاربرد عنصر بور باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). مشخص شده است که بور با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ‌ها و افزایش سنتز ایندول استیک اسید باعث تأخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به غلاف‌ها و دانه‌های در حال رشد می‌شود. در نتیجه این عنصر می‌تواند در تأمین مواد غذایی مورد نیاز برای غلاف‌های در حال رشد مؤثر باشد. افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بر اثر مصرف بور شاید به علت میزان کم بور قابل دسترس برای گیاه در خاک و نقش اساسی این عنصر در گیاه باشد

گیاه و به عنوان مهم‌ترین صفت مورد بررسی شده با صفات تعداد دانه در غلاف (**۰/۵۳)، تعداد غلاف در بوته (**۰/۶۴)، وزن غلاف (**۰/۷۹)، وزن دانه (**۰/۹۴)، عملکرد بیولوژیک (**۰/۹۱) و شاخص برداشت (**۰/۷۴) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بذر در تلقیح با ریزوبیوم ژاپونیکوم بر عملکرد دانه سویا

نشان داد که استفاده از کود کامل، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۲۲۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار) و عدم استفاده از کود، کمترین میانگین این صفت (۵۴۴۵/۹ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. به عبارت دیگر استفاده از کود کامل در مقایسه با عدم استفاده از کود باعث افزایش ۵۵/۴۴ درصدی در میانگین این صفت شد (جدول ۳). در تحقیقی که توسط علی حسین-پور و همکاران (۱۳۹۰) با موضوع اثر کاربرد برگی عنصر بور در خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا صورت گرفت، نتایج بیانگر آن بود که محلول‌پاشی عنصر بور باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن و درصد پروتئین دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردید. عادل و همکاران (۱۳۹۰)

عملکرد بیولوژیک

جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر نوع بذر، باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم و تیمارهای کودی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند. جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که کاربرد بذر سالم و ناسالم به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک (به ترتیب با میانگین ۱۰۹۰۶/۳ و ۷۹۸۵/۳ کیلوگرم در هکتار) را داشتند (جدول ۳). استفاده از باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم باعث افزایش ۱۲/۶۳ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شرایط عدم استفاده از این باکتری گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای کودی

گزارش نمودند که پتاسیم علاوه بر افزایش توسعه برگ‌ها و افزایش رشد گیاه، باعث افزایش تولید ماده خشک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه گردید، نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج فوق مطابقت داشت.

شاخص برداشت

نسبتی از عملکرد بیوژنیک که عملکرد اقتصادی را نشان می‌دهد، شاخص برداشت نامیده می‌شود و بیان‌کننده انتقال ماده خشک به قسمتی از گیاه است که برداشت می‌شود. شاخص برداشت واقعی از نسبت وزن دانه به حداکثر وزن گیاه که در مرحله پایان گلدهی به دست می‌آید، محاسبه می‌گردد. نتایج داده‌های به دست آمده نشان داد که اثر نوع بذر (در سطح ۵ درصد) و تیمارهای کودی (در سطح احتمال ۱ درصد) بر شاخص برداشت معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که بذر ناسالم بیشترین شاخص برداشت و بذر سالم کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای کودی، بیشترین شاخص برداشت مربوط به استفاده از کود کامل با میانگین ۳۱/۲۰ درصد و کمترین شاخص برداشت مربوط به عدم استفاده از کود (شاهد) با میانگین ۱۹/۵۸ درصد بود (جدول ۳). در تفسیر نتایج ابتدا باید به این موضوع اشاره کرد که در مطالعات صرفاً شاخص برداشت بالا ملاک نمی‌باشد. زیرا ممکن است شاخص برداشت بالا در نتیجه کاهش صورت و

مخرج کسر حاصل شود (شیرانی‌راد، ۱۳۸۴). شاخص برداشت بالا زمانی قابل قبول می‌باشد که حاصل از افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی و یا هر دو آن‌ها باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۵). لذا باید شاخص برداشت را همراه با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) مورد بررسی قرار داد. بنابراین با توجه به مسائل مطرح شده محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی باعث افزایش شاخص برداشت در گیاه سویا گردید. در واقع اغلب به دلیل زیاد شدن توان رشدی گیاه، راندمان اندام‌های رویشی در تولید اندام‌های زیایشی افزایش یافته و شاخص برداشت زیاد می‌شود (حسینی، ۱۳۷۵). افزایش شاخص برداشت در تیمارهای کودی را می‌توان به دلیل دسترسی بهتر مواد غذایی ضروری در گیاه سویا ذکر کرد که منجر به رشد بهتر و در نتیجه تولید بیشتر می‌شود و این باعث بزرگ شدن عملکرد اقتصادی گیاه شده است. جامسون و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی نشان دادند که کاربرد عناصر ریز مغذی باعث افزایش شاخص برداشت گیاه سویا در مقایسه با شاهد گردید. این موضوع با نتایج تحقیقات Jafari Moghadam et al (2012) مطابقت دارد. افزایش شاخص برداشت بر اثر استفاده از عناصر ریز مغذی ممکن است به دلیل تأثیر آن از طریق افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به بخش هدف و همچنین افزایش فعالیت

آنزیمی و دیگر فعالیت بیولوژیکی باشد (Bameriet *al.*, 2012).

جدول ۴- ضریب همبستگی ساده بین صفات مورد آزمون تحت تأثیر نوع بذر، باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم و تیمارهای مختلف کودی

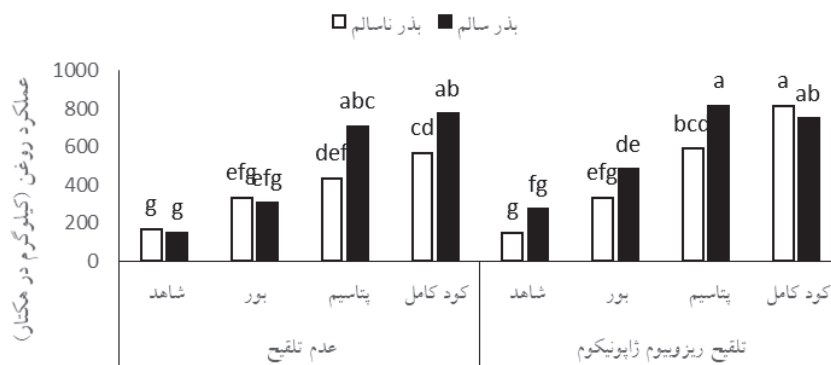
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱. تعداد ساقه اصلی	۱										
۲. تعداد دانه در غلاف	۰/۳۸**	۱									
۳. تعداد غلاف در بوته	۰/۶۱**	۰/۳۶*	۱								
۴. وزن غلاف	۰/۶۸**	۰/۳۸**	۰/۶۱**	۱							
۵. وزن دانه	۰/۷۰**	۰/۵۴**	۰/۶۱**	۰/۷۹**	۱						
۶. وزن ۱۰۰ دانه	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۹	-۰/۰۸	-۰/۰۷	۱					
۷. عملکرد دانه	۰/۷۵**	۰/۵۳**	۰/۶۴**	۰/۷۹**	۰/۹۴**	-۰/۰۷	۱				
۸. عملکرد بیولوژیک	۰/۷۱**	۰/۵۳**	۰/۵۷**	۰/۷۲**	۰/۸۵**	-۰/۰۶	۰/۹۱**	۱			
۹. شاخص برداشت	۰/۴۸**	۰/۳۲*	۰/۴۸**	۰/۶۱**	۰/۷۳**	-۰/۰۹	۰/۷۴**	۰/۴۳**	۱		
۱۰. عملکرد روغن	۰/۷۱**	۰/۴۹**	۰/۶۴**	۰/۶۸**	۰/۸۵**	۰/۰۰۳	۰/۹۱**	۰/۶۳**	۰/۵۳**	۱	
۱۱. عملکرد پروتئین	۰/۷۳**	۰/۷۳**	۰/۶۴**	۰/۷۳**	۰/۸۸**	۰/۰۰۶	۰/۹۴**	۰/۸۹**	۰/۶۳**	۰/۹۳**	۱

بدون علامت غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

شاهد (عدم استفاده از باکتری و کود) مشاهده شد (شکل ۳). پژوهشگران گزارش کردند که افزایش عملکرد روغن ارتباط مستقیم با عملکرد دانه دارد، بنابراین با افزایش عملکرد بذر، محصول روغن در هکتار افزایش می‌یابد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۴) که همسو با نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. یکی از مهم‌ترین صفات کیفی گیاهان دانه روغنی، عملکرد روغن تولید شده می‌باشد. براساس نتایج همبستگی بین صفات، عملکرد روغن با صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، وزن دانه، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴).

محتوی روغن دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع بذر، تلقیح با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم، تیمارهای کودی و اثر متقابل سه‌گانه بر عملکرد روغن دانه سویا معنی‌دار بودند (جدول ۲). استفاده از بذر سالم و همچنین تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم به ترتیب منجر به افزایش ۲۰/۵۹ و ۱۸/۳۱ درصد در میانگین عملکرد روغن دانه گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که عملکرد روغن در تلقیح بذر سالم با رایزوبیوم ژاپونیکوم و محلول‌پاشی کود پتاسیم و همچنین تلقیح بذر ناسالم و استفاده از کود کامل بیشترین عملکرد روغن به ترتیب ۸۱۴/۹ و ۸۱۳/۲ کیلوگرم در هکتار را داشتند. کمترین عملکرد روغن نیز در تیمار

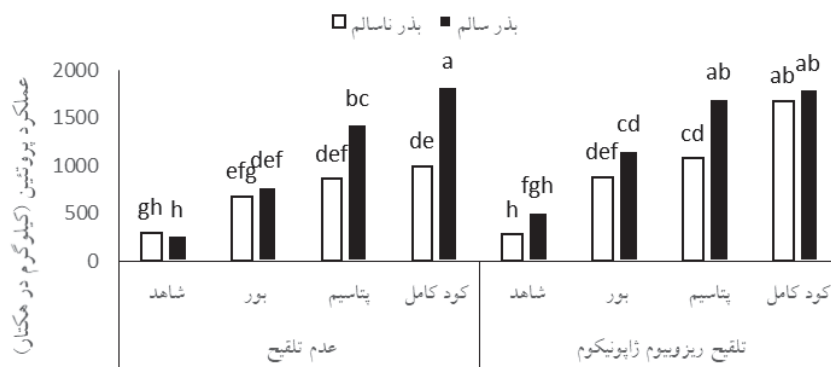


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بذر در تلقیح با رایزوبیوم ژاپونیکوم بر عملکرد روغن دانه سویا

محتوی پروتئین دانه

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها به دست آمده نشان داد که اثر نوع بذر، تلقیح با باکتری، تیمار کودی و اثر متقابل نوع بذر \times تلقیح با باکتری \times تیمار کودی بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بودند (جدول ۲). استفاده از بذر سالم منجر به افزایش ۲۹/۵۲ درصدی در عملکرد پروتئین دانه شد (جدول ۳). عملکرد پروتئین دانه سویا در شرایط عدم تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم و استفاده از بذر

سالم و محلول‌پاشی کود کامل بیشترین میانگین (۱۸۳۶/۶ کیلوگرم در هکتار) را داشت و کمترین میانگین این صفت در تیمار شاهد بود (شکل ۴). نیتروژن یکی از عناصر اساسی ساخت پروتئین بوده و سبب افزایش پروتئین در سویا می‌شود، به همین دلیل گیاه سویا به میزان زیادی به آن نیاز دارد (Akbari *et al.*, 2012). به احتمال فراوان افزایش میزان پروتئین در تیمار تلقیح بذر با ریزوبیوم ژاپونیکوم به این دلیل باشد.



شکل ۴-مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بذر در تلقیح با ریزوبیوم ژاپونیکوم بر عملکرد پروتئین دانه سویا

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که استفاده از بذر سالم در مقایسه با بذر ناسالم (با کیفیت پایین)، باعث رشد تعداد بوته بیشتر در واحد سطح، افزایش پارامترهای رشدی گیاه و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه گردید. همچنین، تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم با افزایش تثبیت نیتروژن هوا، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سویا در مقایسه با عدم تلقیح شد. استفاده از کودهای مغذی بور، پتاسیم و کود کامل موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شد. به خصوص کاربرد کود در مقایسه با سایر سطوح کودی افزایش معنی‌داری در میانگین صفات مورد مطالعه داشت. از طرف دیگر نتایج نشان داد که عدم استفاده از کود (تیمار شاهد) کمترین میانگین صفات مورد مطالعه را نشان داد. استفاده از کود کامل و تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم توانست در شرایط استفاده از بذر ناسالم، میزان پروتئین مطلوبی را تولید نماید. به عبارت دیگر، استفاده از تلقیح و کاربرد کود کامل منجر به کاهش اثرات منفی کاربرد بذر ناسالم شد. نتایج همبستگی صفات نشان داد که بین اکثر صفات مورد مطالعه رشدی (ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و غیره)، عملکردی (تعداد دانه، تعداد غلاف، وزن دانه و غیره) و کیفی (میزان روغن و پروتئین دانه) همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود

داشت. بنابراین به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب دانه در کشت سویا در منطقه استان گلستان، محلول‌پاشی عناصر به صورت کود کامل و تلقیح بذر سالم (برداشت شده در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم توصیه می‌گردد.

منابع

- پالیزدار، م.، ب. دلخوش، ا.ح. شیرانی‌راد، و ق. نورمحمدی. ۱۳۹۱. بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۴): ۶۴۵-۶۲۸.
- توحیدی، م. ۱۳۹۴. تأثیر زمان مصرف محلول-پاشی کود کامل ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۲(۷): ۵۷-۵۰.
- جامسون، م.، س. ا. گالشی، م. ه. پهلوانی، و ا. زینلی. ۱۳۸۸. بررسی اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه دو رقم سویا در کشت تابستانه، مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۶(۱): ۴۵-۵۶.
- جعفرزاده، ر.، م. جامی معینی، و م. حکم‌آبادی. ۱۳۹۲. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گندم به مصرف خاکی و

- محلول پاشی نانو کود پتاسیم. پژوهش‌های به زراعی. ۱۸۹-۱۹۷: (۲)۵.
- حاتمی، ح.، ا. آینه بند، م. عزیززی، وع.ر. سلطانی، دادخواه. ۱۳۸۹. پاسخ چند رقم سویا به کاربرد نیتروژن و پتاسیم در خراسان شمالی. دانش نوین کشاورزی، ۱۵(۵): ۲۳-۱۳.
- حسینی، س. ح. ۱۳۷۵. تأثیر سدیم، روی و آهن بر رشد و ترکیبات شیمیایی گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ص ۱۰۵.
- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. چاپ سوم. ۹۳-۱۲۰.
- دماوندی، م.، ح. صبوری، ع. بیابانی، رئیس، س، و م. ح. ارزانش. ۱۳۹۵. تأثیر قارچ مایکوریزا و باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم روی خصوصیات رشدی و عملکرد سویا در سطوح مختلف کود فسفر. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳(۱): ۱۵۴-۱۳۹.
- رضایی، ا.، ف. رحیم‌زاده خویی، م. جعفرزاده کنارسری، م. یارنیا، و ع. جعفری. ۱۳۹۴. پاسخ کلروفیل برگ، ظرفیت مخزن و اجزای عملکرد به کاربرد ریزوبیوم و نیتروژن معدنی در تراکم‌های متفاوت سویا. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲۷(۷): ۳۶-۲۷.
- شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی. موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران. چاپ سوم. ص ۲۷۹-۲۷۸.
- عادل، ع.، ع. نشاط، ه. نقوی، و م. ایرندوست. ۱۳۹۰. بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک و اقتصادی گیاه جو. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور.
- عجم‌نوروزی، ح.، ا. سلطانی، م. ع. تجری غریب عبدی، و ه. مصنوعی. ۱۳۹۶. تأثیر تراکم کاشت و زوال بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا رقم کتول. پژوهش‌های به زراعی. ۹(۴): ۳۷۲-۳۵۱.
- عزیزی، خ. ف.، ع. نوروزیان، س. حیدری، و م. یعقوبی. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. دانش زراعت. ۴(۵): ۱۶-۱.
- علی‌حسین‌پور، ف.، م. رفیعی، و ا. فرنیا. ۱۳۹۰. بررسی اثر محلول پاشی بور بر خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱(۳): ۴۶-۳۳.

- فرجی، ا.، س. ریسی، ج. محمدزاده، م. رضی نتاج، م. فتحی، و ل. محمدپور زیدی. ۱۳۹۵. سویا، جلد اول: اصلاح، فیزیولوژی عملکرد و مدیریت مزرعه. انتشارات نوروزی. ۴۴۴ ص.
- قربانزاده، ن.، ح.ر. بابایی، ق. رسام، ع. دادخواه، و ا. خ. یزدی. ۱۳۹۲. پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد، محتوی پروتئین و روغن دانه ارقام سویا به تغییر تاریخ کاشت در منطقه شیروان. به زراعی کشاورزی. ۳۱-۴۱: (۲) ۱۵.
- کاظمی، ش.، س. گالشی، ا. قنبری، و غ.ع. کیانوش. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تلقیح بذر با باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۰-۲۶: (۴) ۱۲.
- کافی، م.، ازند، ا. مهدوی دامغانی ع م. عباسی ف. شریفی ا ر. ۱۳۸۸. تایز و زایگر. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول. ویرایش چهارم، ص ۲۰۱-۱۹۶.
- کوچکی، ع.، و غ. ح. سرمدنیا. ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۳۲۰ ص.
- محسنی، ع.، غ. خواجه‌ی نژاد، و ق. محمدی نژاد. ۱۳۹۴. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا به تلقیح باکتری برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم و کود نیتروژن. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۷۳-۸۸: (۱) ۲۲.
- ملکوتی، م. ۱۳۷۷. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. شماره ۲. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۵-۱۱۵.
- حسینی، س. ح. ۱۳۷۵. تأثیر سدیم، روی و آهن بر رشد و ترکیبات شیمیایی گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ص: ۱۰۵.
- Abbadi, J., J. Gerendas, and B. Sattelmacher, . 2008.** Effects of potassium supply on growth and yield of safflower as compared to sunflower. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 171(2): 272-280.
- Akbari, G. h., H.M.R. Khalaj LabbafiHossenabadi, and H. Sabzi.** 2012. Investigation of different bacteria *Bradyrhizobium japonicum* inoculation on soybean seeds quality and quantity (*Glycine max* (L.) merr.). *Agron.J.(Pajohesh & Sazandegi)*. 25(94): 1-6.
- Ali, E.A. and M. Adel Mahmoud.** 2013. Effect of foliar spray by different salicylic acid and zinc concentrations on seed yield and yield components of

- Liu, B., Liu, X.B., Wang, C., Jin, J., Herbert, S.J, and M. Hashemi.** 2010. Responses of Soybean yield and components to light enrichment and planting density. *International Journal of Plant Production*. 4 (1): 1-10
- Maingi, J. M., N. M. Gitonga, C. A. Shisanya, B. Hornetz, and G. M. Muluv.** 2006. Population levels of indigenous *Brady rhizobia* nodulating promiscuous soybean in two Kenyan soils of the semi-arid and semi-humid agroecological zones. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 107(2): 149-159.
- Maleki, A., A.Naderi, A. Siadat, A. Tahmasbi, and S. H. Fazel.** 2012. The effect of water stress on phenological stages on yield and yield components of soybean. *Journal of Crop Sciences*. 15: 71-82.
- Movahhedy-dehnavy, M., S.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: 82-92.
- Nasef, M. A., N. M. Badran, and A.F. Abd El-Hamide.** 2006. The response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(12): 1330-1337.
- mungbean in sandy soil. *Asian J. Crop Sci.* 5(1): 33-40.
- Bameri, M., R. Abdolshahi, G. Mohammadi-Nejad, K. Yousefi, and S. Tabatabaie.** 2012. Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield, and related attributes. *J. Applied and Basic Sciences*. 3(1):219-228.
- Bron, J. C., J. E. Amblers, R.L. Change, and C.D. Foy.** 2003. Differential response of plant genotype to micronutrients pp.389-418. In: J. moved et al. (ed) *Micronutrients in an agriculture soil science society of America in a corporation, Medison, Wisconsin*.
- Calderón, F.J., G.W. McCarty, J.A.S. Van-Kessel, and J. B. Reeves.** 2004. Carbon and nitrogen dynamics during incubation of manured soil. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1592-1599.
- Caliskan, S., I. Ozakaya, M.E. Caliskan, and M. Arslan,** 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. *Field Crops Res.*, 108: 126-132.
- Jafari Moghadam, M., H. Heidari Sharifabad, Noormohamadi, G.h. S. Y. Sadeghian motahar, and S. A. Siadat.** 2012. The Effect of zinc, boron and copper foliar application, on yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Biological Research*, 2012, 3 (8):3875-3884

- Thalooth, A.T.,M.M. Tawfik, and H. Magda Mohammad.** 2006. A.comparative steady yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress. *World Journal of Agricultural Sciences* 2 (1): 37-46.
- Turan, M., E. Yildirim, N. Kitir, C. Unek E. Nikerel, B.S. Ozdemir, and N. E. P. Mokhtari.** 2017. Beneficial role of plant growth-promoting bacteria in vegetable production under abiotic stress. In *Microbial Strategies for Vegetable Production*. Springer International Publishing. (pp. 151-166).
- Wilcox, J. R.** 2004. World distribution and trade of soybean. In: Boerma, H.R. and Specht, J. E. (Eds). *Soybeans: Improvement, production, and Uses*, Third Edition. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp. 1-14.
- Oad, F. C., L. Kumar, and J. K. Biswas.** 2002. Effect of *Rhizobium japonicum* inoculums doses (liquid culture) on the growth and seed yield of the soybean crop. *Asian Journal of Plant Science*. 1: 340-342.
- Oje, D. K., J.O. Amira, and O. A. Oduwaye.** 2007. Genetic variability for biological nitrogen fixation traits in tropical soybeans (*Glycine max* L. Merr). *Nature and Science*. 5 (2): 11-15.
- Pham, T.P.L.,F.T. Trung, L.H. T.B.MAN, and D.V.Thuy.** 2010. The symbiotic nitrogen-fixing efficiency of different rhizobial strains on grain and vegetable soybeans at common, Vietnam. *Omonrice*. 7: 1-9
- Sogut, T.** 2006. Rhizobium inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars better than fertilizer. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 34: 115-120.

Effect of seed inoculation with *Rhizobium japonicum* and fertilizer treatments on quantitative and qualitative yield of soybean in Golestan province

M. Kameli^{1*}, A. Faraji², A.R. Tabasi¹

1- Department of Agronomy and Horticulture, Baharan non-profit & non-governmental Institute, Gorgan, Iran.

2- Horticulture and Agronomy Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of seed type, inoculation of *Rhizobium japonicum* and different fertilizer treatments on yield and yield components of soybean (Katoul cultivar) at the Iraqi mahaleh agricultural research station in Gorgan, affiliated to Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center in 2017 was conducted a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications. The first factor was seed type in two levels (seeds of plants with complications of soybean sheathing and healthy seeds). The second factor was inoculation of seeds with *Rhizobium japonicum* bacterium, which had two levels of inoculated and non-inoculation. The third factor was spraying of fertilizers (in two stages of growth R1 and R3) in four levels (non-application as control, spraying of boron, spraying of potassium and spraying of complete fertilizer). The results showed that the effects of seed type, inoculation with bacteria and fertilizer treatments were significant on number of seeds, pod weight per plant, seed weight per plant, grain yield, biological yield, oil yield, and protein yield. The highest grain weights were in terms of healthy seed (18.44g) and lowest mean in unhealthy seed (16.77g). The use of *Rhizobium japonicum* increased 8.20% and 17.52%, respectively, in the mean grain weight per plant and grain yield compared to the non-inoculation with this bacterium. Interaction effects (seed type × bacteria × fertilizers) showed that the highest grain yield in the treatment combination was using healthy seed and inoculation with *Rhizobium japonicum* under complete fertilizer conditions with an average of 4288 kg.ha⁻¹. The use of complete fertilizer had the highest biological yield (12223.3 kg.ha⁻¹) and non-application of fertilizer showed the lowest mean of this trait (5445.9 kg.ha⁻¹). In the other words, the use of complete fertilizer in comparison with non-use of fertilizer increased the average of this trait by 55.44%. The application of healthy seed, as well as seed inoculation with *Rhizobium japonicum*, resulted in an increase of 20.59% and 18.31% in the seed oil yield, respectively.

Keywords: Grain yield, 100 seed weight, Harvest index, Seed oil, Potassium, Protein, yield

*Corresponding author (M.kameli@gmail.com)