مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، سال چهارم، شماره ۱۶، زمستان ۱۳۸۹، صفحه ۱۰۸-۹۵

اثر کاربرد باکتریایی محلول کننده‌ی فسفر و کود شیمیایی فسفات آمونیوم در زراعت کلزای پاییزه

حمید مدنی[۱]، غلامرضا نادری بروجردی[۲] و علیرضا پازکی[۳]

چکیده

به منظور بررسی اثرات مصرف و نحوه‌ی کاربرد باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر و رابطه‌ی آن با میزان مصرف کود شیمیایی فسفات آمونیوم در زراعت کلزای پاییزه، این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک انجام گرفت. تیمارها به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اعمال گردیدند. تیمار فسفر شیمیایی شامل عدم مصرف کود شیمیایی یا صفر، ۵۰٪ نیاز کودی فسفر یا ۱۲۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم در هکتار و ۱۰۰٪ نیاز کودی فسفر معادل ۲۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار بود و تیمار فسفر بیولوژیک به عنوان محرک باکتریایی رشد و نمو که شامل باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر بودند در چهار سطح شامل بدون مصرف، مصرف یک مرحله‌ای همزمان با کاشت، مصرف یک مرحله‌ای در آغاز رشد مجدد بهاره و مصرف دو مرحله‌ای پایه و سرک بهاره بود. نتایج نشان داد عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و شاخص برداشت تغییرات معنی‌داری را در اثر مصرف مقادیر مختلف کود شیمیایی فسفات آمونیوم داشتند. همچنین، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد بیولوژیک از نظر آماری در اثر مصرف کود بیولوژیک فسفر تفاوت های معنی‌داری را نشان دادند. اثرات متقابل میان تیمارها برای عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته و شاخص برداشت محصول نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد. بر اساس نتایج این بررسی، در صورت استفاده از کود بیولوژیک فسفر در زراعت کلزا در شرایط خاک این آزمایش می‌توان میزان مصرف کودهای شیمیایی فسفره را از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار بدون اینکه عملکرد دانه کاهش معنی‌داری پیدا کند رساند. اما هرگز نمی‌توان میزان مصرف کود فسفر شیمیایی را تنها به دلیل استفاده از کود فسفر بیولوژیک به صفر رساند

واژگان کلیدی: درصد روغن، شاخص برداشت، کلزا، عملکرد دانه، فسفر بیولوژیک، فسفرشیمیایی.

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک (نگارنده‌ی مسئول) h-madani@iau-arak.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و دانشجوی دکتری اگرواکولوژی
تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۵
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری
تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۲

مقدمه

فسفر بعد از نیتروژن، مهم‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان (Malakoti and Sepehr, 2002) و میکروارگانیسم‌ها است (Salehrastin, 2001). این عنصر نقش مهمی در بهبود کیفیت و کمیت دانه‌های روغنی از جمله کلزا دارد (Khodaie *et al*. 1998). شکل‌های مختلف فسفر در خاک به‌وسیله‌ی خصوصیات طبیعی خاک شامل pH، کاتیون‌های محلول و تبادلی (Fe^{2+}، Ca^{2+} و Mg^{2+})، نوع ذرات خاک و سطح آنها کنترل می‌شود. این عنصر در خاک به دو شکل معدنی و آلی یافت می‌شود (Malakoti and Tehrani, 1998) که شکل معدنی آن به صورت انواع کانی‌های مختلف شامل ترکیبات کلسیم، آهن، آلومینیوم، فلوئور و شکل آلی آن به صورت ترکیبات فیتین، فسفولیپیدها و اسیدهای نوکلئیک است (Malakoti and Sepehr, 2002).

به رغم فراوانی مقدار فسفر کل در اکثر خاک‌ها و اینکه بر خلاف نیتروژن از درصد زیادی یعنی حدود ۱۳ درصد در لیتوسفر برخوردار است، مقدار فسفر به شکل قابل جذب آن اندک است. فسفر اغلب به صورت فسفات‌های معدنی کم محلول و یا نامحلول و یا به صورت فسفر آلی در خاک وجود دارد که به سهولت برای گیاهان قابل استفاده نیستند. کمبود غلظت فسفات‌های قابل جذب خاک‌های زراعی در کشور باعث شده است که برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر به صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه شوند. به علاوه تحرک این عنصر در خاک که با پدیده‌ی انتشار و ضمن تبادل بین فاز مایع و جامد به سوی ریشه‌ها منتقل می‌شود، اندک است و نمی‌تواند پاسخگوی جذب سریع این عنصر توسط گیاهان زراعی که اغلب مانند کلزا در دوره‌های مختلف رویشی بسیار سریع‌الرشد هستند، باشد. همین امر موجب ظهور و توسعه‌ی مناطق تهی شده از فسفات در مجاورت سطح تماس ریشه‌ها با خاک به رغم وجود فسفر کل زیاد در خاک می‌شود (Malakoti and Tehrani, 1998).

امروزه با شناخت بیشتر از ابعاد میکروبیوژی خاک بحث استفاده از دو طریق اصلی برای تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان به موازات هم به میان آمده است. مصرف مستقیم کودهای شیمیایی و کاربرد کودهای بیولوژیک فسفره (Sarokhani *et al*. 2000؛ Antoun *et al*,1996 و Gupta *et al*, 1999). پیامدهای مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی فسفره علاوه بر رسوب فسفر در خاک، در ایجاد رقابت منفی با سایر عناصر، خصوصاً عناصر ریزمغذی نقش به‌سزایی دارد. مسئله‌ی مسمومیت فسفر یا بالارفتن بیش از حد غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی که باعث به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاه می‌شود، توجه به موضوع کالیبراسیون فسفر و استفاده از سایر اشکال فسفر در خاک را به ما تاکید می‌کند (Malakoti and Tehrani, 1998).

مقدار زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک تثبیت شده، به طوری که در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل و از دسترس گیاهان خارج می‌شود (Amirinejad, 2000؛ Astaraie and Koochaki, 1996؛ Nourgholipour *et al*. 2002 و Nurmohamadi *et al*. 2004).

کمبود غلظت فسفات‌های قابل جذب خاک‌های زراعی معمولاً باعث می‌شود تا به رغم وجود فسفر نامحلول فراوان در خاک مجدداً برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر به صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه شود. تعدادی از

باکتری‌های خاکزی که عمدتاً از انواع باسیلوس و پسودوموناس‌ها می‌باشند، قادر هستند به کمک تغییر میزان اسیدیته‌ی اطراف خود و نیز به کمک فرایندهای آنزیمی و فسفاتاز، فسفر نامحلول را به صورت اسیدهای آلی فسفردار و فسفر سبک و محلول درآورند و تحرک این عنصر را در خاک افزایش دهند (Sarokhani*et al*. 2000؛ Malboobi, 1998 و Madani *et al*. 2005). این اسیدها موجب کاهش pH خاک شده و در نهایت می‌توانند در محلول سازی فسفات مؤثر باشند (Goldstein,1986). همچنین، باید به اهمیت قارچ‌های متعلق به گروه‌های Aspergillus و Penicillium که توانایی تبدیل فسفات غیر محلول به محلول به‌وسیله‌ی اسیدهای آلی را دارند نیز توجه داشت (Goldstein,1986).

بررسی‌هایی که روی گیاه سویا و به منظور ارزیابی اثرات VAM، باکتری برادیریزوبیوم و عنصر فسفر انجام گردیده است، نیز نشان داده که مصرف ۶ گرم، P_2O_5 در متر مربع به همراه باکتری و قارچ موجب تولید بیشترین میزان دانه و روغن گردیده است (Shirani rad, 2000a). نتایج بررسی کارایی مصرف آب و فسفر با VAM در گندم، بیانگر آن بود که استفاده از این میکروارگانیسم‌ها نه تنها مصرف فسفر شیمیایی را کاهش داده، بلکه سبب افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گردید (Shirani rad, 2000b). کاربرد باکتری تیوباسیلوس و استفاده آن در افزایش عملکرد ذرت نیز نشان داد که مصرف گوگرد و باکتری مذکور موجب بیشترین مقدار جذب عنصر فسفر در ذرت گردیده است (Salehrastin, 2001 و Nurmohamadi *et al*. 2004).

بهره‌گیری از باکتری‌های حل کننده‌ی فسفات به عنوان کود بیولوژیک به عنوان یک شیوه‌ی نوین در تغذیه‌ی گیاهی مطرح است و به کارگیری باکتری‌های حل کننده‌ی فسفات به عنوان یکی از راه‌های محلولیت مجدد این ترکیبات، بهبود جذب فسفر و کاهش مصرف کودهای شیمیایی است (Goldstein, 1986).

کلزا، یکی از پرمصرف‌ترین محصولات زراعی است که از منابع شیمیایی فسفر برای توسعه‌ی ریشه‌های گیاه در دوره‌ی استقرار و نیز برای تولید دانه‌ی بیشتر به فسفر وابستگی زیادی نشان داده است (Mazaheri and Majnoon hoseini, 2002 و Hinsinger, 2001). کلزا به عنوان یک گیاه روغنی وابستگی زیادی به عنصر فسفر دارد (Astaraie and Koochaki, 1996). امروزه، ارقام کلزا را در خاک‌هایی که pH آنها از ۵/۵ تا ۸ متغیر است می توان کشت نمود (Malakoti and Sepehr, 2002). این گیاه برای رسیدن به حداکثر پتانسیل عملکرد خود نیاز به زمین‌های حاصلخیز و پر بازده دارد (Ristimuki *et al*, 2000). تامین فسفر در کشت کلزا یکی از مهم‌ترین عوامل تولید محصول با کیفیت و کمیت بالا می‌باشد. کلزا نیز مانند دیگر گیاهان تیره چلیپائیان نیاز زیادی به فسفر دارد. مصرف فسفر غیر از تاثیر در مراحل توسعه‌ی ریشه و شاخه‌زایی در مراحل زایشی و پر شدن دانه نیز بسیار موثر است. مصرف بیش از حد فسفر نه تنها باعث افزایش محصول نمی‌گردد، بلکه به تدریج در خاک نیز تثبیت می‌شود. علاوه بر آن، مصرف بیش از حد این عنصر در شرایط کمبود آب و خشکسالی موجب تشدید تنش خشکی و اسمزی و کاهش محصول می‌گردد. کمبود آن علاوه بر کاهش تشکیل شاخه‌های جدید و از بین رفتن گل‌ها موجب ضعف عمومی قسمت‌های زایشی گیاه و بروز سایر کمبودها در کلزا می‌شود. فسفر مورد نیاز کلزا بستگی به مقدار آن در خاک و میزان معدنی شدن آن در خاک

دارد. کل فسفر مورد نیاز بسته به پتانسیل عملکرد منطقه، بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متفاوت است (Astaraie and Koochaki, 1996 و Malakoti and Sepehr, 2002).

هدف اصلی این مطالعه بررسی امکان استفاده‌ی گروهی از باکتری‌هایی تحریک کننده‌ی رشد گیاهان است که از طریق تامین و آزادسازی فسفر غیرمحلول در خاک عمل می‌کنند. کاربرد کودهای بیولوژیک فسفره در زراعت کلزا شاید با جایگزینی به جای بخشی از کودهای شیمیایی بتواند یکی از مهم‌ترین اهداف این تحقیق باشد. چرا که، امروزه در کشاورزی به غیر از کودهای شیمیایی می‌توان از میکروارگانیسم‌هایی که به طور طبیعی نیز در خاک موجود می‌باشند به عنوان محرک رشد و تغذیه‌ای برای گیاهان استفاده کرد. یکی از مهم‌ترین اهداف این تحقیق بیان کارایی گروهی از باکتری‌های خاکزی به ویژه گروه باسیلوس‌ها و پسودوموناس‌ها که توانایی تبدیل فسفات غیرمحلول به محلول به‌وسیله‌ی تولید اسیدهای آلی و کاهش pH خاک را دارند، در زراعت کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی با ۱۷۵۷ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا گردید. جدول ۱ نتایج آزمایش‌های خاک شامل بافت خاک، میزان شوری، EC و نیز مقدار فسفر موجود در خاک را نشان می دهد. طرح آزمایشی به کار رفته به صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. تیمارهای آزمایشی بر اساس مقادیر فسفر قابل جذب خاک که به کمک آزمون خاک تعیین گردید با استفاده از کود شیمیایی فسفات آمونیوم و در سه سطح شامل عدم مصرف کود شیمیایی یا صفر، ۵۰٪ نیاز کودی فسفر یا ۱۲۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم در هکتار و ۱۰۰٪ نیاز کودی فسفر معادل ۲۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار بود. همچنین، تیمار فسفر بیولوژیک به عنوان محرک رشد و نمو از باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر بود در چهار سطح شاهد بدون مصرف باکتری، مصرف یک مرحله‌ای باکتری‌ها همزمان با کاشت به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار، مصرف یک مرحله‌ای باکتری‌ها در آغاز رشد مجدد بهاره به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار و مصرف دو مرحله‌ای باکتری‌ها به صورت پایه همزمان با کاشت و سرک در آغاز رشد مجدد بهاره به میزان ۵۰ گرم در هکتار در هر نوبت در نظر گرفته شد.

در این بررسی از کلزای پاییزه رقم اکاپی استفاده شد. طول کرت‌های آزمایشی ۸ متر و تعداد ۱۰ ردیف کشت با فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر در هر کرت در نظر گرفته شد. فواصل بین بذرها روی ردیف‌های کشت که به صورت متراکم انجام گرفته بود. در مرحله‌ی ۴ تا ۶ برگی و پس از استقرار کامل بوته در مزرعه و در تاریخ ۲۰ مهر ماه ۱۳۸۵ تنک و به تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع رسید. برای جلوگیری از اختلاط فاضلاب هر کرت و بلوک با آب آبیاری بین بلوک‌ها چهار متر فاصله و دو نهر جداگانه در این فواصل تعبیه گردید. عملیات کاشت و اعمال تیمارهای کودی پس از پیاده نمودن نقشه آزمایش و مراحل کاشت بذر در تاریخ پانزدهم شهریور ماه سال ۱۳۸۵ و در زمینی که در سال قبل آیش گذاشته شده بود، به صورت دستی انجام گرفت. کود باکتریایی فسفره با جمعیت 10^8 CFU/g و از منبع کود

بیولوژیک بارور۲ کـه حـاوی منـابع بیولوژیـک Pantoea agglomerance strain P5 و Pseodomonas potida strain P13 است انتخاب و به صورت محلول به خـاک و در مجاور بذور اضافه شد. برای تلقـیح بـذرها از شـیوه‌ی اضافه کردن محلول حاوی باکتری به خاک اطراف بذرها همزمان با کاشت استفاده شده و بلافاصله پس از کاشت عملیات آبیاری به صورت نشتی و به کمک سیفون انجام پذیرفت. تیمارهای مـصرف کـود بیولوژیـک در بهـار بـه صورت محلول غلیظ حاوی ۱۰۰ گرم حامل بـاکتری در ۵۰ لیتر آب تهیه و با آبپاش دستی در مجاورت بوتـه‌هـا در کرت‌های آزمایشی مورد نظر اعمال شد.

در طول مدت انجام آزمایش برای کنترل علف‌های هـرز از روش وجـین دسـتی اسـتفاده شـد. مقـدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت پایـه، همزمـان بـا کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیـز طـی دو نوبـت در بهار و در مراحل آغاز ساقه‌دهی و آغاز گلدهی به صورت محلول در آب آبیاری به مزرعه داده شد.

برای محاسبه‌ی عملکرد دانه در سطح ۴ متر مربع، کلیه‌ی بوته‌ها برداشت و پس از بوجاری بذرها با دسـت، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسـبه شـد. بـرای تعیـین تعـداد خـورجین در بوتـه، مجموعـه خورجین‌ها در تعداد۲۰ بوته شمارش و میـانگین تعـداد خـورجین در هـر بوتـه محاسـبه شـد. تعـداد دانـه در خـورجین از میـانگین تعـداد دانـه در ۶۰ خـورجین بـه دست آمد. وزن هزار دانه با شمارش تعداد ۸ تکـرار صـد تایی تصادفی از بذرهای هر کرت و ضـرب میـانگین وزن صد دانه در ضریب ۱۰ به دست آمد. درصد روغن دانه‌ها با کمک روش NMR، و از حاصل ضرب عملکرد دانـه در درصد روغن، عملکرد روغن محاسبه گردیـد. محاسـبات مربوط به تعیین عملکـرد بیولوژیـک بـر اسـاس تـوزین بوته‌ها در زمان برداشـت از سـطح ۴ متـر مربـع تعیـین گردید. شاخص برداشت محصول نیز از محاسبه‌ی خارج

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی، ۱۳۸۵

Table 1- Chemical and physical properties of farm soil, 2006

مشخصات نمونه Sample detail	نتایج Results	واحد Unite
Depth (عمق)	0-30	Cm
S.P (درصد اشباع)	37.0	%
E.C (هدایت الکتریکی)	0.60	Des/m
pH (اسیدیته)	8.00	-
T.N.V (مواد خنثی شونده)	28.00	%
O.C (کربن آلی)	0.61	%
P2O5(فسفر قابل استفاده)	11.40	mg/kg
K (پتاسیم قابل استفاده)	434	mg/kg
NO3 (نیترات)	6.20	mg/kg
Sand(شن)	52	%
Silt (سیلت)	36	%
Clay (رس)	12	%
Mn (منگنز)	10.49	mg/kg
Cu (مس)	2.16	mg/kg
Zn (روی)	2.96	mg/kg
Fe (آهن)	7.88	mg/kg

قسمت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد. تجزیه واریانس نتایج با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تغییر در میزان مصرف فسفات آمونیوم توانست تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را تحت تاثیر قرار دهد. در این بررسی درصد روغن دانه، عملکرد روغن و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفات آمونیوم قرار نگرفت. نکته‌ی قابل اهمیت این‌که بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه، عملکرد روغن، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تاثیر تیمار کاربرد محرک‌های باکتریایی قرار گرفتند. همچنین، مشخص گردید اجزای عملکرد دانه تحت تاثیر اعمال سطوح مختلف تیمار منابع مختلف فسفر قرار گرفته و منابع بیولوژیک فسفر نسبت به منابع شیمیایی تاثیر گسترده‌تری روی صفات مورد بررسی در این تحقیق به جا گذارده است. نتایج تجزیه واریانس اثرات متقابل میان تیمارهای کود شیمیایی و بیولوژیک فسفر تفاوت معنی‌دار برای عملکرد دانه و شاخص برداشت محصول را در سطوح مختلف ترکیبات تیماری نشان دادند (جدول۲).

جدول ۲- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد دانه

Table 2- Mean square analysis for yield and yield components

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات MS							
		عملکرد دانه Seed yield	تعداد خورجین در بوته Pod/Plant	تعداد دانه در خورجین Seed/Pod	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	درصد روغن دانه Oil %	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد بیولوژیک Biomass yield	شاخص برداشت HI%
تکرار Replication	1	11.91*	817.28	4.36	0.230	1.43	2.92*	25.78**	0.006ns
فسفات‌آمونیوم AP	2	0.37*	1463.27*	103.36**	0.430**	0.07ns	0.09ns	8.67ns	0.017*
باکتری PSB	3	77.80**	4550.82**	40.69**	1.630**	2.10**	19.45**	24.08**	0.015**
اثرات متقابل AP×.PSB	6	10.08*	306.73 ns	8.58ns	0.099ns	0.36ns	0.25ns	2.52ns	0.01*
خطا Error	22	2.17	326.85	4.76	0.068	0.68	0.54	3.54	0.005
ضریب تغییرات CV%		23.64	20.32	7.99	10.70	1.68	24.02	19.51	22.50

*و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5% و 1%و ns غیر معنی‌دار.

**, *, ns: significant at the 1%, 5% probability levels and non significant respectively.

عملکرد دانه

بررسی اثرات متقابل تیمارهای کودی و مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از میانگین اثرات متقابل تیمارها بر عملکرد دانه نشان داد به طورکلی میزان عملکرد دانه در صورت استفاده از منابع بیولوژیک فسفر، عدم مصرف کود شیمیایی و یا جایگزینی بخشی از آن با کود بیولوژیک در شرایط این آزمایش روند صعودی داشت. این تغییرات در صورت افزایش مصرف کود فسفره شیمیایی از ۱۲۵ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم نیز روند مشابهی را نشان داد. همچنین، با مصرف بهاره و دو مرحله‌ای کودهای بیولوژیک میزان عملکرد دانه در هر حال بیشتر از شرایطی بود که از کودهای شیمیایی به تنهایی استفاده گردید. بنابراین، به نظر می‌رسد در صورت استفاده از کود بیولوژیک فسفر در زراعت کلزا در شرایط خاک این آزمایش می‌توان میزان مصرف کودهای شیمیایی فسفره را از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار بدون اینکه عملکرد دانه کاهش معنی‌داری پیدا کند رساند. اما هرگز نمی‌توان میزان مصرف کود فسفر شیمیایی را تنها به دلیل استفاده از کود فسفر بیولوژیک به صفر رساند (جدول ۳). به عبارت دیگر می‌توان اظهار داشت برای تولید حداکثر عملکرد دانه در کلزا، مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم تفاوتی نداشت و چنانچه از کود بیولوژیک فسفر در بهار استفاده شود میزان تولید دانه در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشته و به این طریق می‌توان از مصرف کود شیمیایی تا ۵۰ درصد کاست (شکل ۱). بررسی‌های واراد و همکاران (Warade *et al*. 1996) و گوپتا و همکاران (Gupta *et al*. 1999) که به مطالعه‌ی اثرات جایگزینی کودهای بیولوژیک فسفر روی گیاه پیاز اختصاص داشت و نیز بررسی‌های شافیک و همکاران (Shafeek *et al*. 2004) و نورقلی‌پور و همکاران (Nourgholipour *et al*. 2002) روی ذرت نیز نتایج مشابه این تحقیق را در بر دارد. به طوری که در این بررسی‌ها با افزایش دامنه‌ی تولید محصول از ۷ تا ۴۷ درصد در مورد پیاز و ۱۴ تا ۳۳ درصد در مورد ذرت کارایی مصرف کودهای فسفر بیولوژیک در مقایسه با کودهای معدنی به اثبات رسیده است.

اجزای عملکرد دانه

تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به همراه وزن هزار دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه کلزا می‌باشند که در این بررسی مورد توجه قرار گرفتند (Madani *et al*. 2005). تعداد خورجین در بوته‌ی کلزا تحت تاثیر کاربرد کودهای شیمیایی و فسفره قرار گرفت. جدول ۲، نتایج تجزیه واریانس این صفات زراعی کلزا را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود با افزایش میزان مصرف کود شیمیایی فسفره از ۱۲۵ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد خورجین در بوته از حدود ۷۷ عدد به ۹۹ عدد در بوته افزایش پیدا کرد. همچنین، در بررسی اثرات کود فسفر بیولوژیک نسبت به تیمار بدون استفاده از کود بیولوژیک فسفره تعداد خورجین‌ها در بوته از حدود ۶۲ خورجین در تیمار شاهد به ۱۱۶ عدد خورجین در گیاه در نحوه‌ی مصرف دو مرحله‌ای این عوامل محلول کننده‌ی فسفر افزایش معنی دار نشان داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته نشان می‌دهد مصرف ۲۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار و مصرف یک بار کود بیولوژیک فسفر در بهار از نظر تولید خورجین در بوته در وضعیت مشابهی قرار دارند. اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵٪ برای این

صفت معنی‌دار نبود. نتایج بررسی‌های سیلسیپور و بانیافی (Silspur and Baniafi, 2000) و آنتون و همکاران (Antoun *et al*. 1996) نیز این مطلب را نشان می‌دهد.

تغییرات تعداد دانه در خورجین تحت تاثیر کاربرد کودهای شیمیایی و فسفره قرار گرفت. صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی فسفره نیز با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار توانست بالاترین تعداد دانه در خورجین را با میانگین ۳۱ دانه تولید کند (جدول ۳). به‌طوری‌که، فراهمی تدریجی فسفر قابل جذب برای گیاه که در صورت استفاده از باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر و با توجه به فسفر پایه‌ی خاک به‌وجود آمد، باعث شد تا تعداد دانه در خورجین‌ها از متوسط ۲۵ عدد به حدود ۳۰ عدد افزایش یابد. نکته‌ی مهم‌تر این‌که مصرف یک مرحله‌ای باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر در بهار و نیز مصرف دو مرحله‌ای آنها به صورت پاییزه و بهاره تفاوت معنی‌داری را در تعداد دانه در خورجین به وجود نیاورد. به نظر می‌رسد برای تولید تعداد دانه‌ی بیشتر در خورجین‌های کلزا، عنصر فسفر نقش تعیین کننده‌ای دارد و استفاده از حداقل میزان ۱۲۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار همان تاثیری را دارد که مصرف کود بیولوژیک فسفر در زراعت کلزا خواهد داشت. با این توضیح که در این زراعت بهتر است باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر پس از برطرف شدن شرایط رکود در رشد گیاه در اواخر زمستان و یا خروج از مرحله‌ی روزت و یا در اوایل بهار در اختیار گیاه قرار داده شوند.

بررسی تاثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن هزار دانه‌ی کلزا نشان داد این صفت از میزان حساسیت فراوانی در این آزمایش برخوردار بوده است. به‌طوری‌که در صورت تامین مقادیر کافی از فسفر برای گیاه کلزا وزن هزار دانه از ۱/۹۵ گرم تا ۲/۹۵ گرم متغییر بود. بالاترین وزن هزار دانه در شرایط مصرف دو مرحله‌ای کود بیولوژیک فسفر که باعث افزایش وزن دانه نسبت به عدم مصرف این دسته از باکتری‌ها گردید. به نظر می‌رسد مصرف فسفر و فراهمی آن در خاک بیشتر از آن‌که موجب افزایش وزن دانه‌ها شود، موجب افزایش تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته می‌شود. این مطلب با توجه به اثرات مفید فسفر در گرده افشانی و تولید دانه‌های گرده بارور قابل توجیه است. مطالعات سیلسیپور و بانیافی (Silspur and Baniafi, 2000) و آنتون و همکاران (Antoun *et al*. 1996) نیز نتیجه‌ی افزایش عملکرد دانه را ناشی از تاثیر مصرف کود بیولوژیک فسفر بر اجزای عملکرد دانه خصوصاً وزن هزار دانه و تعداد دانه در واحد سطح معرفی کردند. همچنان که ملاحظه می‌شود در این بررسی نیز وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر کاربرد کود فسفر بیولوژیک قرار گرفتند(جدول ۲).

مطالعات شیرانی‌راد (Shirani rad, 2000)، عابدی اصل و همکاران (Abedi asl, 2000) و مدنی و همکاران (Madani *et al*. 2005) نیز به اهمیت تاثیرپذیری اجزای عملکرد محصول در صورت تغییر در رژیم تغذیه‌ای گیاه از معدنی به بیولوژیک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی بدون تاثیر معنی‌دار بر اجزای عملکرد محصول تاکید داشته است.

درصد و عملکرد روغن

مقایسه اثرات ساده و متقابل تیمارهای آزمایشی در این بررسی نشان داد درصد روغن دانه در شرایط استفاده از مقادیر منابع مختلف فسفر در محدوده‌ی ۴۸ تا ۴۹/۷ درصد تغییر نشان داد. هرچند افزایش درصد

روغن دانه با مصرف کودهای بیولوژیک فسفر تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). علت اصلی چنین موضوعی را شاید به اهمیت فراهمی فسفر مولکولی ناشی از آزادسازی تدریجی این عنصر به کمک واکنش‌های حیاتی باکتری‌های محرک رشد مورد استفاده و تاثیر آن بر بیوسنتز روغن و اسیدهای چرب مرتبط دانست. نتایج سنجش درصد روغن دانه‌های کلزا نشان داد اغلب و به طور نسبی تولید روغن بیشتر در ترکیبات تیماری که باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر مورد استفاده قرار گرفته بود، بیشتر بودند.

مطابق با جدول ۳ در این بررسی عملکرد روغن تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. هرچند به‌طور نسبی عملکرد روغن در صورت کاربرد باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر روند صعودی را نشان می دهد که اثبات این موضوع به بررسی‌های بیشتر نیاز دارد. بررسی های سیلسپور و بانیافی (Silspur and Baniafi, 2000) این گونه اثرات تغذیه ای را اغلب تابع نوع رقم و ژنوتیپ دانسته و از این نظر با نتایج این بررسی تطابق پیدا می‌کند.

عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک کلزا نشان داد مصرف کود شیمیایی فسفات آمونیوم بدون این‌که تفاوت معنی‌داری را نشان دهد موجب بروز تغییراتی در محدوده‌ی ۹ تا ۱۰/۶ تن عملکرد بیولوژیک در هکتار گردید. به عبارت دیگر و مطابق با جدول ۲ این میزان تفاوت در عملکرد بیولوژیک فاقد اختلاف معنی‌دار بود و از طرف دیگر میزان تغییرات این صفت در صورت کاربرد کود فسفر بیولوژیک در سطح احتمال آماری ۹۹ درصد متفاوت بود. به‌طوری‌که، عملکرد بیولوژیک کلزا در شرایط عدم کاربرد باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر ۷/۵ تن در هکتار بود که با کاربرد یک مرحله از این عوامل بیولوژیک در پاییز و یا بدون این‌که تفاوت آماری متفاوتی داشته باشند به حدود ۱۰ تن بیوماس در هکتار رسید. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود این میزان از عملکرد بیولوژیک در صورت کاربرد دو مرحله‌ای باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر به‌طور معنی‌داری تا ۱۱/۴ تن در هکتار افزایش یافت. این نتایج به اهمیت نقش ۳۸ تا ۴۰ درصدی فسفر در اسیمیلاسیون مواد ذخیره‌ای و تولید بیوماس اشاره دارد.

بررسی میانگین شاخص برداشت محصول نشان داد این صفت به‌طور کامل تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل منابع فسفر شیمیایی و بیولوژیک قرار گرفت. در تیمارهایی که بدون مصرف کودهای فسفره شیمیایی مقایسه‌ها انجام شد، کاربرد کودهای بیولوژیک فسفره موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت شد و مصرف یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای باکتری‌های محلول کننده‌ی فسفر در صورت مصرف ۱۲۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار باعث بوجود آمدن بالاترین درصد نسبت برداشت محصول کلزا به متوسط ۴۶ تا ۴۸ درصد گردید. بررسی نتایج مربوط به اثرات متقابل تیمارها بر درصد شاخص برداشت کلزا نشان داد در صورت مصرف کود شیمیایی بیشتر (۲۵۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) و همزمان با آن کاربرد دو مرحله‌ای فسفر زیستی نه تنها شاخص برداشت کلزا نسبت به مصرف یک مرحله‌ای و عدم مصرف فسفر شیمیایی از ۳۴ درصد افزایش بیشتری پیدا نکرد بلکه به دلیل تولید بیوماس بیشتر، تعادل بین وزن خشک اندام‌های گیاهی کلزا را بهم زده و شاخص تولید دانه نسبت به بیوماس در محصول کلزا را تا از حداکثر ۴۸ درصد به ۲۶ درصد کاهش داد (شکل ۲). بررسی‌های نیکولای و همکاران

(Nikolay *et al.* 1996) و الجـــوادی و گـــائور (Alagawadi and Gaur, 1992) روی عملکرد بیولوژیک و درصد شاخص برداشت سایر محصولات زراعـی ماننـد چغندرقند و سورگوم نیز نشان دادنـد کـه فـسفر نقـش موثری بر افزایش عملکـرد بیولوژیـک محـصول و تولیـد دانه دارد.

نتایج نهایی این بررسی نشان داد تعـداد خـورجین در گیاه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه‌ی کلـزا تحـت تاثیر اثـرات متقابـل تیمارهـای کـود شـیمیایی فـسفات آمونیوم و بیولوژیک فسفر قرار گرفت. بـه عبـارت دیگـر، تعداد خورجین در بوته یکی از صفات زراعی کلـزا اسـت که تحت تاثیر تیمار کود فسفر قرار می‌گیرد. بـه عبـارت دیگر، تامین فسفر به کمک بـاکتری‌هـای آزاد کننـده‌ی خـاکزی عـلاوه بـر افـزایش ظرفیـت منبـع یـا تعـداد خورجین‌ها در گیاه موجب افـزایش وزن هـزار دانـه نیـز می‌گردد و به این ترتیب تاثیر فسفر بر افـزایش عملکـرد دانه‌ی کلزا تابعی از افزایش ظرفیت منبع و وزن دانـه‌هـا می‌باشد.

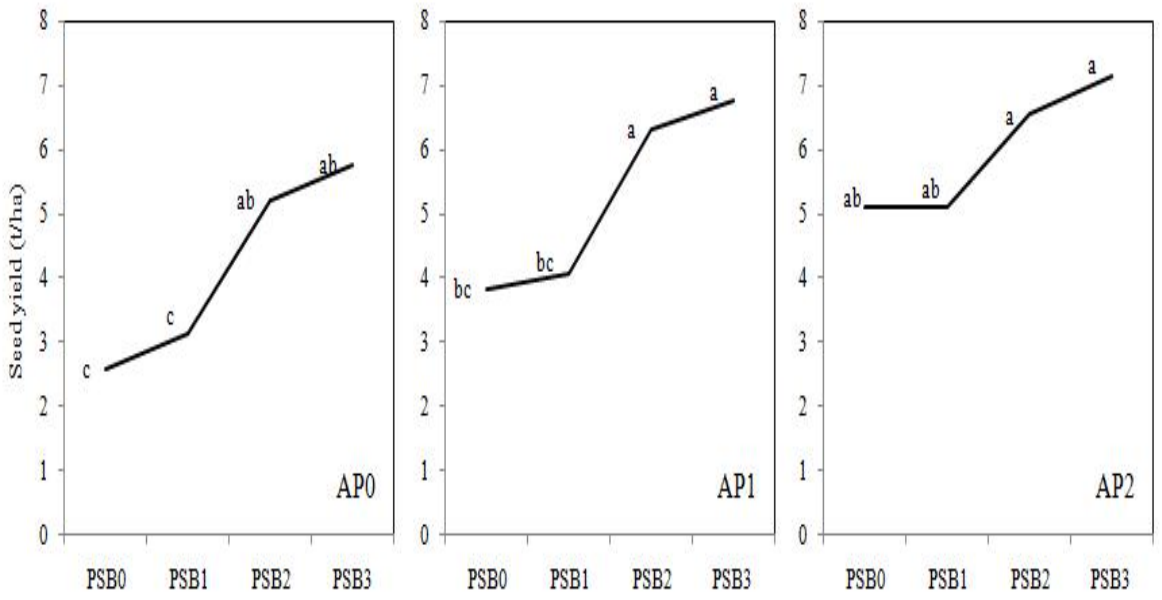
جدول ۳- گروه‌بندی میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد دانه

Table 3- Mean comparison for yield and yield components

تیمارها Treatments	عملکرد دانه Seed yield t/ha	تعداد خورجین در بوته Pod/plant	تعداد دانه در خورجین Seed/pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	روغن دانه Oil %	عملکرد روغن Oil yield t/ha	عملکرد بیولوژیک Biomass yield t/ha	شاخص برداشت HI%
AP: Amonium phosphate fertilizer 45% (کود شیمیایی فسفات آمونیوم)								
AP (0kg/ha)	3.43 c	71.58 b	25.25 b	2.63 a	48.93 a	3.16 a	9.39 a	0.33 a
AP1(125kg/ha)	5.16 b	76.85 b	30.67 a	2.43 ab	49.07 a	3.03 a	8.96 a	0.34 a
AP2(250kg/ha)	6.11 a	98.50 a	26.00 b	2.25 b	49.05 a	3.01 a	10.57 a	0.27 b
PSB: Phosphorus solublizing bacteris (باکتری های محلول کننده فسفر)								
PSB0 (N/A)	3.02 b	62.29 c	25.11 b	1.95 b	48.36 b	2.46 b	7.45 c	0.20 c
PSB1 (W/A)	4.99 b	82.38 b	26.11 ab	2.28 b	49.04 a	2.44 b	10.00 b	0.24 c
PSB2 (S/A)	7.03 a	95.48 ab	28.11 a	2.58 a	49.16 a	3.46 a	9.74 b	0.37 a
PSB3 (W&S/A)	7.90 a	115.78 a	29.89 a	2.95 a	49.51 a	4.90 a	11.40 a	0.44 a

میانگین‌های عددی با یک حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

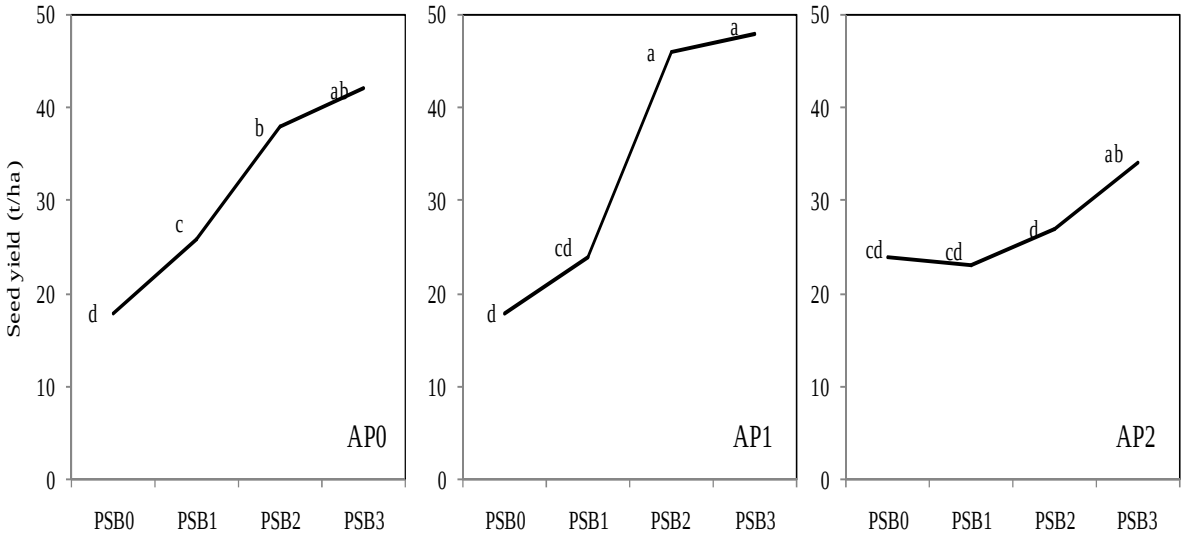
Means followed by similar letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability according to Tokay's Test. N: non, W:winter, S:sprink, A:application.



شکل ۱- اثرات متقابل تیمارهای شیمیایی و بیولوژیک فسفر بر عملکرد دانه کلزا

Figure 1- Interaction effect of chemical and biological phosphate on rapeseed yield.

AP: Amoniom phosphate (0, 125 and 250 kgh^{-1}) and PSB: Phosphorous solublizing bacteris (0, 1:one time in winter, 2: one time in spring and 3: two time in winter and spring growth stages 100 gh^{-1} each).



شکل ۲- اثرات متقابل تیمارهای شیمیایی و بیولوژیک فسفر بر شاخص برداشت کلزا

Figure 2- Interaction effect of chemical and biological phosphate on rapeseed harvest index

AP: Amoniom phosphate (0, 125 and 250 kgh^{-1}) and PSB: Phosphorous solublizing bacteris (0, 1: one time in winter, 2: one time in spring and 3: two time in winter and spring growth stages 100 gh^{-1} each)

References منابع مورد استفاده

- Abedi asl, G. 2000. Effect of different seed densities and amounts of phosphorus on seed yield of two Sahand barley cultivars under dryland conditions. Sixth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Babolsar. Iran. Pp: 469. (In Persian).
- Alagawadi, A.R. and A.C. Gaur. 1992. Inoculation of *Azospirillum brasilense* and phosphate-solubilizing bacteria on yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in dry land. *Trop Agric*. 69: 347-50.
- Amirinejad, A. 2000. Production of biological fertilizers in Iran. Procceding of Second Congress, Optimum Use of Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj. Iran. Pp: 320. (In Persian).
- Antoun, H., R. Chabot, and P.C Escas. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar, phaseoli. *Plant and Soil*. 184: 311-321.
- Astaraie A.R., and A. Koochaki. 1996. Biological fertilizers in sustainable agriculture. JDM Press. Pp.168. (In Persian).
- Ghoname, A.A., and M.R. Shafeek. 2004. Growth and productivity of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) grown in plastic house as affected by organic, mineral and bio-N-fertilizer. *Pakistan Journal of Agronomy*. 4(4): 369-372.
- Goldstein A.H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phoshates: historical perspective and fuctture prospects. *Am. Y. Altern. Agric*. 1: 51-57.
- Gupta, R.P., V.P. Sharma, D.K. Singh, and K.J. Srivastava. 1999. Effect of organic manures and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of onion variety Agrifound Dark Red. *News Letter, National Horticultural Research and Development Foundation*. 19(2/3): 7-11.
- Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A Review. *Plant and Soil*. 237(2) 173-195.
- Khodaie R., A. Mini, V.N. Golati, and P. Shokla. 1998. Changes in soil nitrogen and phosphorus in soybean cultivation associate with phosphorus solublizing bacteria. 3ed National Conference in Development and Application of Biological Materials Using Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj. Iran. Pp: 303. (In Persian).
- Madani H., Malboobi M.A., Noshad .H., Ghohari .J.,1998. Bio-fertilizer effect on yield and other agronomic characteristics of sugar beet (CV. IC1). 3ed national conference in development and application of biological materials using fertilizers and pesticides in agriculture. Karaj. Iran. Pp: 303. (In Persian).
- Madani H., G. Nurmohamadi, I. Majid, A.H. Shirani Rad, and M.R. Naderi. 2005. Comparing winter rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) according to yield and yield components in cold regions of Iran. *Iranian J. Agric. Sci*. 7(1): 55-70. (In Persian).
- Malakoti M.J., and A. Sepehr. 2002. Optimum Nutrition for oilseeds. Proceeding Khaniran Press. Pp. 452. (In Persian).
- Malakoti M.J., and M. Tehrani. 1998. The role of micronutrients on yield and quality of crop production, macro effects of microelements. Tarbiat Modarres University of Tehran, Iran Press. Pp. 43-76. (In Persian).

- Malboobi, M.A. 1998. Molecular biology of plant responses to environmental factors. Fifth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Tehran. Iran. Pp: 433. (In Persian)
- Mazaheri D., and N. Majnoon hoseini. 2002. Fundamentals of agriculture. Tehran University Press. Pp: 320. (In Persian).
- Nikolay, V., F. Irena, V. Maria, and A. Rosario. 1996. Improved plant growth with rock phosphate solubilized by *Aspergillus niger* on sugar-beet waste Estacion Experimental del Zaidin, CSIC Prof. Albareda, 1, 18008, Granada, Spain Received 5 July 1995; Accepted 6 January 1996; Available online 17 February.
- Nourgholipour, F., K. Khavazi, and T.G. Khoshkam. 2002. Effect of soil application of phosphate with Thiobacillus and phosphate solubilizing microorganisms on yield quality and quantity of corn. 3ed National Conference in Development and Application of Biological Materials Using Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj. Iran. Pp: 303 (In Persian).
- Nurmohamadi, G., M. Karimi, H. Nadian, and M. Rafie. 2004. Effects of drought stress, phosphorous and zinc application on concentration and total nutrient uptake by corn (*Zea mays* L.). *Iranian J. Agric. Sci*. 35(1): 235-243. (In Persian).
- Ristimuki, L.M., I. Papadopoulos, C. Sannwel, and N.J. Berhoyen, 2000. Slow release fertilizers on vegetables. *Acta Hort*. 511: 125-131.
- Salehrastin, N. 2001. Biological fertilizers and their role in order to achieve sustainable agriculture, Journal of Soil and Water Science. Special Issue: Biological Fertilizers. Pp: 46. (In Persion).
- Sarokhani, E., P. Owlia, M.B. Yakhchali, and Malboobi, M.A. 2000. Isolation of a phosphate-solubilizing bacterium from Iran soils. Soil bacterial isolates. Sixth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Babolsar. Iran. Pp: 469.(In Persian).
- Shafeek, M.R., S. Faten, Abd El-Al. Aisha, and H. Ali. 2004. The productivity of broad bean plant as affected by chemical and/or natural phosphorus with different bio-fertilizer. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ*. 29(5): 2727-2740.
- Shirani rad A.H. 2000 a. Effect of VAM, brad Rhizobium bacteria and phosphorus on yield and soybean oil. Sixth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Babolsar. Iran. Pp: 469. (In Persian).
- Shirani rad A.H. 2000 b. Effect of VAM, phosphorus and drought on wheat yield and water and P use efficiency. Sixth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Babolsar. Iran. Pp: 469. (In Persian).
- Silspur M., and E. Baniafi. 2000. Feasibility of using microbial phosphate fertilizers in the cultivation of cotton with the aim of exploring the use of phosphate fertilizers. Sixth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Babolsar. Iran. Pp: 469. (In Persian).
- Warade, S.D., S.B. Desale, and K.G. Shinde. 1996. Effects of organic inorganic and bio-fertilizers on yield of onion bulbs cv.B-780. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities Pub*. l0(3): 467-468.

Use of Phosphorus Solublizing Bacteria and Ammonium Phosphate Fertilizers in Winter Rapeseed Production

Madani, H.[1]*, G.R. Naderi Brojerdi[2], and A. Pazoki[3]

Abstract:

In order to study of the effect of phosphorus suloblizing bacteria (PSB) and ammonium phosphate (AP) fertilizer on rapeseed yield this field experiments was conducted at Research Farm Station of Arak Branch, Islamic Azad University. Ammonium phosphate applications were at 3 rates (0, 125 and 250 kg/ha) and phosphor suloblizing bacteria at 4 levels (not application, application at seeding date in autumn, application at spring and application both in the autumn and spring). The treatments were used as factorial on randomize complete block design arrangement. The results showed that the differences grain yield, no. of pod per plants, no. of seed per pod, 1000 seed weight and harvest index were significant at 5% levels of probability when were used. Generally, oil percent, oil yield, and biomass yield showed significant difference when biological phosphate treatments were applied. Therefore, the effect of interactions among treatments showed significant difference for grain yield, no. of pod per plants and harvest index.

Key words: Ammonium phosphate, Rapeseed, Phosphorus suloblizing bacteria.

1- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breading, Arak Branch ,Islamic Azad University, Arak, Iran.
2- Staff member of Department of Agronomy and Plant Breading, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
3- Assistant Prof., Department of Agronomy and Plant Breading, Shahr- e -Rey Branch ,Islamic Azad University, Shahr- e -Rey, Iran.
* ***Corresponding Author:*** *h-madani@iau-arak.ac.ir*