



جایگاه کودهای بیولوژیک فسفاتی و ضرورت توسعه آنها در کشاورزی ایران

* فرهاد رجالی^۱، هادی اسدی رحمانی^۲، کاظم خاوازی^۳، احمد اصغرزاده^۴، میترا افشاری

۱- عضو هیات موسسه تحقیقات خاک و آب، پست الکترونیکی: frejali@yahoo.com

۲- عضو هیات موسسه تحقیقات خاک و آب، پست الکترونیکی: asadi_1999@yahoo.com

۳- عضو هیات موسسه تحقیقات خاک و آب، پست الکترونیکی: kkhavazi@yahoo.com

۴- عضو هیات موسسه تحقیقات خاک و آب، پست الکترونیکی: a_asgharzadeh_2000@yahoo.com

۵- عضو هیات موسسه تحقیقات خاک و آب پست الکترونیکی: mi_afshari@yahoo.com

چکیده:

طبیعت خاکهای کربناتی که بخش عمده ای از اراضی زراعی و باغی کشورمان را نیز شامل می گردد باعث شده تا استفاده از کودهای شیمیایی فسفره از کارایی کمی در اینگونه اراضی برخوردار بوده و بدین دلیل کشاورزان برای حصول نتیجه مورد نظر هر ساله مقادیر متنابهی از این نهاده شیمیایی را به اراضی زیر کشت اضافه نمایند محدودیت منابع فسفر در دنیا و قیمت روز افزون کودهای فسفره واردات آنها را به کشور با مشکل روبرو ساخته و مصرف بی رویه آنها در کشور آلودگیهای زیست محیطی را بدنبال داشته است. چنانچه بتوان فسفر تجمع یافته در خاک را به فرم قابل استفاده گیاه تبدیل نمود میتوان ضمن کاهش مصرف کودهای فسفره رشد و عملکرد مناسب گیاهان را نیز تضمین نمود. گروهی از میکروارگانسیم های خاکزی اعم از قارچها و باکتریها این توانایی را دارند که با استفاده از مکانیسم های ویژه ای در میکروسایتهای خاک اطراف ریشه گیاهان، فسفر را از فاز تثبیت شده خارج نمایند. جداسازی، شناسایی، تکثیر و فرمولاسیون این میکروارگانسیم ها اساس وپایه تولید نوع جدیدی از کودهای زیستی به نام کودهای بیولوژیک فسفاتی را تشکیل داده است. در کشورهای توسعه یافته هم اکنون این نوع فراورده های زیستی از فرم تک کاربردی خارج شده و فرمولاسیونهای جدید حاوی چند نوع میکروارگانسیم متفاوت با کاربردهای مختلف از جمله تامین عناصر مورد نیاز گیاه بویژه فسفر و افزایش مقاومت گیاه میزبان به انواع تنشهای زنده و غیر زنده می باشد. سابقه استفاده از این نوع فراورده های زیستی در کشور به یک دهه قبل بر می گردد. انواعی از میکروارگانسیم های بکار گرفته شده در کشور شامل میکروارگانسیم های اکسیدکننده گوگرد، میکروارگانسیم های حل کننده فسفات و قارچهای میکوریزی بوده اند. نتایج تحقیقات صورت گرفته در ارتباط با این نوع نهاده های زیستی نشان داده است که دامنه تاثیر آنها بسته به نوع گیاه میزبان و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک متفاوت بوده و کاربرد آنها توانسته است ۲۵٪ تا ۵۰٪ از نیاز فسفره گیاه میزبان را تامین نمایند. حرکت به سمت استفاده از تکنولوژیهای مدرن برای تولید این میکروارگانسیمها و استفاده از فرمولاسیونهای جدید میتواند ضمن افزایش زمینه کاربرد این ترکیبات زیستی در کشور زمینه مناسبی را برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره فراهم آورد. کلمات کلیدی: کودزیستی، فسفر، قارچهای میکوریزی، میکروارگانسیم های، حل کننده فسفات.



مقدمه

بیش از ۲۰۰۰ سال پیش کشاورزان به تاثیر مثبت ناشی از اضافه شدن مواد معدنی (خاکستر بقایای گیاهی و آهک) به خاک در افزایش رشد گیاهان پی برده بودند، لیکن این مسئله که عناصر معدنی اضافه شده به خاک در نهایت به مصرف تغذیه گیاهان می رسد تنها قدمتی ۱۵۰ ساله دارد. لیبیگ (۱۸۷۳-۱۸۰۳) اولین کسی بود که به طور علمی به اهمیت عناصر معدنی در رشد و عملکرد گیاهان اشاره کرد. کارهای صورت گرفته توسط وی سایرین را بران داشت تا تغذیه گیاهان از عناصر معدنی را بطور علمی پیگیری کرده و در نهایت شاخه جدیدی در علوم بشری به نام علم تغذیه گیاهی پایه گذاری گردید.

متعاقب شناخت تاثیر عناصر معدنی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی مصرف کودهای شیمیایی حاوی این عناصر به شدت رو به افزایش گذاشت بطوریکه در اروپا مقادیر متناهی از پتاسیم، سوپر فسفات و ازت معدنی به منظور افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی به اراضی اضافه گردید. نتیجه به کارگیری این نهاده ها در کشاورزی تولید محصولات را به شکل چشم گیری افزایش داده و منجر به وقوع انقلاب سبز گردید. انقلاب سبز در کشاورزی یکی از مهمترین دستاوردهای بشر در قرن حاضر است. این انقلاب امنیت غذایی را در کشورهای مختلف در پی داشت و باعث شد تا کشورهای در حال توسعه که به دلیل جمعیت زیاد همواره با کمبود مواد غذایی روبرو بودند این توانایی را پیدا کرده تا بتوانند بخش اعظمی از مایحتاج خود به مواد غذایی را تهیه نمایند. افزایش سطح تولید مواد غذایی به همراه توسعه بهداشت جهانی منجر به افزایش جمعیت بشر شده بطوریکه در اکثر کشورها تهیه غذای کافی دو باره به چالش فراروی دولتها تبدیل گردید. Leisinger در سال ۱۹۹۹ عنوان کرده است که برای تهیه مواد غذایی به مقدار کافی در طی ۲۰ سال آینده تولید محصولات کشاورزی می بایستی تا ۵۰ درصد افزایش یابد. بدیهی است با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت این افزایش نیاز به تولیدات کشاورزی را می بایستی از طریق افزایش تولید در واحد سطح پاسخ داد و این خود مصرف بیش از پیش کودهای شیمیایی را در پی خواهد داشت.

مصرف کودهای ازته در سال ۲۰۱۰، ۹۵/۵ میلیون تن برآورده شده است در مورد کودهای فسفوره به صورت P_2O_5 و پتاسه به صورت K_2O میزان مصرف در سال ۲۰۱۰ به ترتیب ۳۰/۴ و ۲۹/۴ تخمین زده شده است (FAO). اگر چه کاربرد کوههای شیمیایی در ابتدا تاثیر بسزائی در افزایش عملکرد داشت، لیکن استفاده بیش از حد این نهاده ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط زیست را در پی داشته است. علاوه بر این، کارایی مصرف کودهای شیمیایی هم اکنون از لحاظ تئوری به بالاترین سطح خود رسیده است بدین معنی که استفاده بیش از این از کودهای شیمیایی به سختی می تواند عملکرد را افزایش دهد (Ahmed, 1995).

از بین عناصر معدنی کمبود دو عنصر ازت و فسفر بیشترین محدودیت را برای رشد و عملکرد گیاهان ایجاد می نمایند برای پاسخ به این نیاز سالیانه بیش از ۴۵ میلیارد دلار صرف تهیه و مصرف کودهای شیمیایی ازته (Kush and Bennet, 1992).

و بیش از ۴ میلیارد دلار صرف کودهای فسفوره (Goldestein et al., 1993) در جهان می شود در کشور ایران نیز سالیانه متجاوز از ۳ میلیون تن کود مصرف می شود قسمتی از کودهای مصرفی در داخل کشور تولید و مابقی از کشورهای دیگر وارد میگردد. یکی از انواع کودهای وارداتی کودهای فسفوره است. میزان مصرف کودهای فسفوره در کشور حدود ۷۰۰ هزار تن است که بخش اندکی از آن در داخل و سالیانه حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ هزار تن از این محصول شیمیایی از خارج وارد



اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود

۱۲-۱۱ اسفند ۸۹ تهران - هتل المپیک

The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress
Half a Century of the Fertilizer Consumption

میگردد. برای تامین کل کود وارداتی سالانه ۲۰۰ میلیون دلار ارز از کشور خارج میگردد (ملکوئی ۱۳۷۸). این در حالی است که هر ساله بین ۷۵ الی ۹۰ درصد فسفر اضافه شده به خاک به دلیل آهکی بودن اکثر خاکها وجود pH بالا، تنش خشکی، وجود بیکربنات در آب آبیاری و کمبود مواد آلی موجود در خاک و همچنین در اثر ترکیب با یونهای کلسیم، آلومینیم و آهن در خاک به صورت رسوب در می آید و از حیز انتفاع برای گیاه خارج می گردد (Stevenson 1986, Vig and Dev, 1984).

ادامه چنین روندی برای مصرف کودهای فسفره علاوه بر اتلاف هزینه، تخریب و آلودگی منابع پایه یعنی خاک و آب را در پی دارد. از طرف دیگر بیش از سه دهه از توجه جهانی به موضوع حفاظت محیط زیست و حدود دو دهه از مباحث پیرامون توسعه پایدار میگذرد. قبل از این ایام، در تمامی پروژه های توسعه، صرفا دیدگاه اقتصادی و ایجاد درآمد و بازده اقتصادی بیشتر مد نظر بود. لیکن در دهه میلادی ۱۹۷۰ این ذهنیت در افکار سیاستگذاران و برنامه ریزان توسعه مطرح گردید که اینگونه روند رشد اقتصادی نهایتا منجر به تخریب محیط زیست، نابرابری اجتماعی، کاهش منابع پایه و ... می شود و جبران این معضلات در دراز مدت موجب ضررهای فراوان اقتصادی خواهد شد. بنابراین اندیشمندان جهان تعریف جدیدی از توسعه را ارائه نمودند که از ان با عنوان توسعه پایدار یاد می شود. طبق تعریف سازمان ملل توسعه پایدار ان گونه توسعه ای است که از نظر اقتصادی پویا و پربازده، از نظر زیست محیطی غیر مخرب، از نظر اجتماعی عادلانه و قابل قبول و از نظر فناوری متناسب و مطلوب باشد.

در زمینه کشاورزی نیز هم اکنون مفاهیم کشاورزی پایدار و سیستمهای حداقل شخم و بدون شخم به تدریج جایگزین روشهای رایج متکی بر حداکثر استفاده از کود و سم و منابع پایه (آب و خاک) و انرژیهای تجدید ناپذیر گردیده است (Sharma, 2002). به عبارت دیگر دغدغه هم اکنون اندیشمندان جهانی تلاش در جهت رسیدن به اصل زیستن در حد ظرفیت محیط زیست و حفاظت زمین، آب و ذخایر ژنتیکی گیاهی، جانوری و میکروبی خاک است. در چنین سیستمی عناصر معدنی مورد نیاز گیاهان به مقدار مناسب و در زمان مطلوب در اختیار گیاه قرار گرفته و آلودگی منابع آب و خاک را نیز در پی نخواهد داشت. از مهمترین عناصر مورد نیاز گیاهان فسفر می باشد که کمبود آن کاهش رشد و عملکرد را بدنبال دارد.

بر اساس تخمین های تئوری میزان فسفر تجمع پیدا کرده در اراضی کشاورزی در صورت قابل جذب شدن گیاه می تواند نیاز گیاهان به فسفر را برای داشتن حداکثر عملکرد تا یک صد سال آینده تضمین نماید (Goldestein. et al., 1993).

تنها راه عملی برای استفاده از فسفر تجمع پیدا کرده در اراضی بکارگیری کودهای بیولوژیک فسفات می باشد این نهاد های بیولوژیک در واقع حای میکروارگانسیم هایی هستند که از طریق فرآیندهای ویژه ای می توانند حلالیت ترکیبات فسفره رسوب کرده در خاک را افزایش داده و بدین صورت بخشی از فسفر مورد نیاز گیاه را تامین نمایند.

این میکروارگانسیمها به دو گروه باکتریها و قارچهای حل کننده فسفات و قارچهای میکوریزی تقسیم می شوند.

میکروارگانسیم های خاکزی و نقش آنها در افزایش انحلال فسفر

گزارشات متعددی وجود دارد که توانایی سویه های مختلف باکتریایی را برای انحلال فسفاتهای معدنی نامحلول همچون تری کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات، دی هیدروکسی آپاتیت و خاک فسفات، نشان می دهد (Goldstein 1986). در میان انواع باکتری که توان حل فسفات آنها ثابت شده است، می توان جنس های فلاویباکتریوم، سودوموناس، باسیلوس، آگروباکتریوم، میکروکوکوس، انتروباکترو همچنین جنس های مختلف باکتری های ریزوبیومی را نام برد. (Katznelson et al 1962).



مکانیسم های انحلال فسفاتهای معدنی نامحلول مورد مطالعه قرار گرفته است. تولید اسیدهای آلی توسط باکتریهای حل کننده فسفاتهای معدنی کاملاً ثابت شده می باشد و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفاتهای معدنی توسط باکتری های خاک تشخیص داده شده است (Rodriguez and Frage 1999). از میان اسیدهای آلی ، اسید گلوکونیک به عنوان یکی از مهمترین عوامل در انحلال فسفاتهای معدنی محسوب می شود (Dalal, 1977). تولید این اسید آلی بوسیله ی باکتریهای حل کننده فسفات متعلق به جنس های سودو موناس، ریزوبیوم، اروینیا و بورکولدریا گزارش شده است. اسید های آلی تولید شده از دوطریق باعث افزایش فسفر قابل دسترس میشوند که یکی از طریق کاهش pH در منطقه ریزوسفر است و دیگری از طریق کلاته شدن یون الومینیم در خاکهای اسیدی و یون کلسیم در خاکهای قلیایی است (Kucey, 1983)

انحلال فسفاتهای آلی توسط باکتریها

خاک حاوی طیف وسیعی از مواد آلی است که می تواند به عنوان یک منبع فسفر، در تغذیه و رشد گیاه نقش مهمی به عهده داشته باشد. برای اینکه فسفر آلی به فرم قابل جذب گیاه در آید می بایست ابتدا از طریق هیدرولیز مواد آلی بفرم معدنی تبدیل گردد. انحلال فسفاتهای آلی ، معدنی شدن فسفر آلی نیز نامیده می شود. معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم های فسفاتاز انجام می پذیرد (Rodriguez and Frage 1999). وجود مقادیر قابل توجهی از آنزیم های فسفاتاز فعال و دارای منشاء میکروبی در خاک گزارش شده است (Kirchner et al 1993).

نقش باکتریهای حل کننده فسفات در بهبود جذب فسفر و افزایش رشد گیاه

گرچه باکتری های حل کننده فسفات متعددی در خاک وجود دارند ولی معمولاً تعداد این باکتری ها در مقایسه با دیگر باکتری های معمول و مستقر در ریزوسفر گیاهان مختلف قابل توجه نمی باشد (Rodriguez and Frage 1999). بنا براین مقدار فسفر آزاد شده به وسیله این باکتری ها معمولاً به اندازه ای نیست که افزایش کافی در رشد گیاهان ایجاد نماید. لذا تلقیح گیاهان با یک باکتری خاص با جمعیت بسیار بیشتر از آنچه در خاک یافت می شود لازم است تا سود مندی ناشی از خصوصیت انحلال فسفات آن باکتری در افزایش رشد و عملکرد محصول به طور معنی داری بروز نماید. محققین روسی در سال ۱۹۵۰ مایه تلقیح میکروبی به نام فسفو باکترین حاوی وارپته فسفاتیکم باکتری باسیلوس مگاتریم را به عنوان یک حل کننده فسفات تولید نمودند. این کود در سال ۱۹۵۸ تقریباً در ۱۰ میلیون هکتار از اراضی کشور روسیه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین نشان داده شد که حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد از محصولات زراعی مختلف تلقیح شده با فسفو باکترین بهره مثبتی از تلقیح دریافت کرده اند و در بین موارد مثبت حدود ۱۰ تا ۷۰ درصد افزایش عملکرد حاصل شد است. بهترین نتایج مربوط به محصولات علوفه ای بوده اما غلات و سیب زمینی نیز عکس العمل مناسبی به فسفو باکترین نشان داده. اکنون تولید صنعتی کود های بیولوژیک، به صورت مخلوطی از چند نوع باکتری که علاوه بر توانایی حل فسفات قادر به تحریک رشد گیاه و افزایش عملکرد می باشند در حال توسعه است. مثال هایی برای این نوع توسعه یافتگی در تولید کود میکروبی مخلوط به نام فیلازونیت-ام است. این کود که حاوی باکتری باسیلوس مگاتریم و از تو باکتر کروکوکوم می باشد موجب افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاهان می گردد. (Rodriguez and Frage 1999)

مروری اجمالی بر برخی نتایج حاصل از بکارگیری میکروارگانیسم های حل کننده فسفات در کشور



در ارتباط با بکارگیری میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات در تامین فسفر مورد نیاز گیاهان تحقیقات متعددی در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای صورت گرفته است که به پاره‌ای از آنها اشاره می‌شود.

سلطانی (۱۳۸۵) با بررسی تعداد ۹۰ نمونه خاک ریزوسفری گندم تعداد ۲۵ جدایه سودوموناس فلورسنس و ۴۴ جدایه فلاووباکتریوم را جداسازی و خالص‌سازی نمود. بنا به گزارش وی، توانایی حل‌کنندگی فسفات این جدایه‌ها در محیط کشت اسپربر، با استفاده از منبع تری‌کلسیوم فسفات و بعد از ۱۲۰ ساعت ۲۸۷/۵ و دامنه آن از ۱۲۹/۹ تا ۳۸۶/۱ میکروگرم در میلی‌لیتر متغیر بود.

آزمونه‌های گلخانه‌ای صورت گرفته با گیاه ذرت نشان داده است که چنانچه به خاک فسفات، میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات اضافه شده و همچنین از تیمار گوگرد و باکتری اکسیدکننده گوگرد نیز استفاده شود، نتیجه حاصل از نظر وزن خشک تولیدی و جذب عناصر نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری با استفاده از سوپر فسفات تریپل ندارد (بشارتی و همکاران، ۱۳۸۳، نورقلی پور و همکاران، الف ۱۳۸۳). افزودن ماده آلی به این ترکیب (نورقلی پور، ۱۳۷۹) و یا استفاده از آب اسیدی که با استفاده از اسید سولفوریک pH آن به ۵ تا ۵/۲ رسیده بود (نورقلی پور و همکاران، ب ۱۳۸۳) نیز در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت و افزایش جذب فسفر در این گیاه موثر است. البته نوع ترکیب ماده آلی اضافه شده می‌تواند باعث افزایش و یا کاهش فعالیت میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات گردد (کوچک زاده، ۱۳۸۰).

استفاده از خاک فسفات، مواد آلی، گوگرد و تیوباسیلوس در مزرعه، علوفه تولیدی ذرت را به مقدار ۸۴/۶ تن در هکتار رسانید در حالیکه عملکرد حاصل از سوپر فسفات تریپل ۷۶/۷ تن در هکتار گزارش شده است (لطف الهی و همکاران، ۱۳۸۳). در آزمون مزرعه‌ای دیگر خاک فسفات به همراه باکتری‌های حل‌کننده فسفات و ماده آلی، عملکرد خشک ذرت، درصد کل ماده خشک در بوته ذرت، سرعت رشد گیاه و کارایی زراعی نسبی را نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل افزایش داده است (ایرانی پور و همکاران، ۱۳۸۲). استفاده از سطوح مختلف سوپر فسفات تریپل (۱۲۰، ۹۰، ۶۰، ۳۰، ۰ کیلوگرم در هکتار) در کشت مزرعه‌ای گیاه جو و تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات نشان داد بالاترین عملکرد وزن خشک گیاه در سطح ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و تلقیح با باکتری بدست آمد در حالیکه بالاترین وزن خشک دانه تولیدی در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و تلقیح با باکتری بدست آمد (حسن زاده، ۱۳۸۶). استفاده همزمان از میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات و قارچهای میکوریزا اریسکولار در کشت مزرعه‌ای ذرت و در شرایط تنش رطوبتی نشان داد که در تیمارهای تلقیح شده عملکرد، اجزاء عملکرد و جذب عناصر فسفر و نیتروژن افزایش یافته است (Ehteshami et al, 2007). در کشت مزرعه‌ای کلزا نیز استفاده از خاک فسفات، میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات، گوگرد، تیوباسیلوس و ماده آلی به صورت یک تیمار ترکیبی باعث شد تا عملکرد گیاه تفاوت معنی‌داری با ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل نداشته باشد در حالیکه میزان روغن تولیدی در تیمار ترکیبی بیشتر از کود شیمیایی بوده است (Salimpour et al, 2010).

در سالهای اخیر در کشور تنها یک شرکت کود میکروبی فسفات گرانوله را در سطحی محدود تولید و به کشاورزان عرضه کرده است لیکن علیرغم نیاز کشور به این فراورده حداقل به میزان ۲۰۰۰۰ تن و علیرغم کارایی مناسب این فراورده زیستی لیکن به دلیل مشکلات موجود این شرکت هم اکنون غیر فعال گردیده است. تعدادی دیگر از شرکتهای خصوصی نیز مقادیری از مایه تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات را تولید و به دو صورت پودری و مایع به کشاورزان عرضه نموده اند که از مقدار دقیقی آن اطلاع درستی در دست نمی‌باشد.



تعریف و اهمیت رابطه همزیستی میکوریزی:

قارچهای میکوریزی از با اهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاکهای تخریب نشده می‌باشند. بطوریکه بر طبق تخمین‌های موجود حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاکها را میسلیموم این قارچها تشکیل می‌دهد (Mukerji and Chamola, 2003).

نقش رابطه همزیستی میکوریزی در جذب عناصر غذایی

مهمترین و معتبرترین تاثیر رابطه همزیستی میکوریز اربسکولار افزایش جذب عناصر معدنی و بویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد (Clark and Zeto., 1996). این تاثیر بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می‌باشد (Jakobsen, 1995).

تاثیر رابطه همزیستی میکوریزی بر جذب فسفر از منابع غیر قابل استفاده این عنصر برای گیاه

اثر متقابل بین قارچهای میکوریز اربسکولار و باکتریهای حل‌کننده فسفات، این توانایی را به گیاه می‌دهد که بتواند قسمتی از نیاز فسفره خود را از منابعی مثل خاک فسفات که در حالت معمول غیر قابل استفاده برای گیاه می‌باشد تأمین نماید (Kim et al., 1998 Singh and Kapoor, 1999). همچنین شواهدی از فعالیت آنزیمهای فسفاتاز اسیدی (Tarafdar, 1995) و فسفاتاز قلیایی (Kojima et al., 1998) در قارچهای میکوریز اربسکولار وجود دارد که نشان‌دهنده توانایی این قارچها در استفاده از منابع فسفره موجود در ترکیبات آلی می‌باشد. از طرف دیگر این قارچها با ترشح اسیدهای آلی مثل اگزالاتها که میل ترکیبی بیشتری با Fe, Ca و Al نسبت به P دارند، باعث آزاد شدن فسفر از ترکیب با این عناصر شده و فسفر آزاد شده را جذب می‌نمایند. اگزالات ترشح شده نهایتاً توسط اکتینومیسستها تجزیه شده و به CO₂ تبدیل می‌شوند. دی‌اکسید کربن حاصله از طریق کاهش pH در خاکهای قلیایی مقدار بیشتری فسفر را از ترکیبات غیر محلول آن جدا کرده و به مصرف گیاه می‌رساند (Raman and Mahadevan, 1996).

تهیه مایه تلقیح قارچهای میکوریز اربسکولار

علی‌رغم تأثیرات شگرفی که قارچهای میکوریز اربسکولار در همزیستی با گیاهان میزبان از خود بروز می‌دهند، استفاده عملی از آنها در مقیاس وسیع و در اراضی کشاورزی همچنان به صورت یک معضل پا برجاست. چرا که این میکروارگانیسمها برخلاف سایر میکروارگانیسم‌های مفیدی که به صورت وسیع و با سهولت تولید و در اراضی کشاورزی مصرف می‌گردند (از جمله انواع ریزوبیومها، تیوباسیلوسها، ازتوباکترها، استوباکترها، ازوسپریلیومها و باکتریهای محرک رشد) در محیط مصنوعی رشد نکرده و به دلیل طبیعت همزیست اجباری آنها با ریشه، تنها در مجاورت و حمایت ریشه قابل تکثیر می‌باشند این مسئله محققین را بر آن داشته است تا با استفاده از تکنیک‌های ویژه (غیر از محیط‌های کشت مصنوعی) مایه تلقیح این قارچها را در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی تهیه نمایند. تاکنون سه روش N²، ائروپونیک^۳ و کشت درون



شیشه‌ای^۴ قارچ و ریشه گیاه میزبان بیشترین موفقیت را در پی داشته است. بررسیهای اقتصادی صورت گرفته بر روی این سه روش تکثیر نشان می‌دهد کشت درون شیشه‌ای قارچ و ریشه گیاه میزبان از لحاظ تأمین امکانات و تجهیزات پایه و همچنین هزینه لازم برای افزایش حجم مایه تلقیح تولیدی نسبت به دو روش دیگر از مزیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد (Varma and Adholeya, 1996). از طرف دیگر، پتانسیل بسیار خوب این روش برای تکثیر اسپوره‌های عاری از آلودگیهای جنبی، محققین را برآن داشته تا از این تکنیک ویژه به صورت وسیع در تحقیقات مدرن در زمینه‌های مختلف مربوط به قارچهای میکوریز اربسکولار استفاده نمایند (Fortin et al., 2002).

تکثیر درون شیشه ای قارچ *Glomus intraradices* در بخش بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب و با همکاری موسسه بین المللی TERI هندوستان با موفقیت انجام گرفت (رجالی و همکاران، ۱۳۸۵). از آنجائیکه اساس این روش بر تهیه ریشه های القایی حاصل از تلقیح با *Agrobacterium rhizogenes* استوار می باشد لذا به منظور بومی سازی این تکنیک از بافتهای گیاهی مختلف برای تهیه ریشه های مورد نیاز استفاده گردید (شاه محمدی و همکاران، ۱۳۸۵، رجالی و همکاران، ۱۳۸۶). با استفاده از ریشه های القایی تهیه شده در کشور دو قارچ *Glomus etunicatum* و *Glomus intraradiced* به صورت درون شیشه ای تکثیر گردیدند (رجالی، ۱۳۸۹) و بدین ترتیب امکان استفاده از مایه تلقیح قارچهای میکوریز اربسکولار به صورت تلقیح بذری و استفاده در کشت گیاهان زراعی امکان پذیر گردید.

مروری بر برخی نتایج حاصل از بکارگیری قارچهای میکوریزی در کشت گیاهان زراعی و باغی در کشور

-تاثیر قارچهای میکوریزی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان

نتایج تحقیقات گلخانه ای و مزرعه ای صورت گرفته نشان می دهد که در اکثر موارد تلقیح با قارچهای میکوریزی عملکرد گیاهان را افزایش داده است و در بیشتر موارد حداقل تعدادی از شاخصهای رشد گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش معنی دار آماری داشته اند. ملک ثابت و رجالی (۱۳۸۵) با انجام آزمون گلخانه ای نشان دادند که بین سه رقم طبعی، مهدوی و موتانت ، لاین موتانت وابستگی بیشتری به همزیستی میکوریزی داشته و بالاترین درصد همزیستی را با قارچ *Glomus etunicatum* به خود اختصاص داده است. طبق گزارشی آنها قارچ *G. etunicatum* در همزیستی با لاین موتانت با بیشترین افزایش طول ریشه، وزن خشک ریشه، و درصد کلنیزاسیون باعث افزایش سطح جذب ریشه گردیده است. در تیمارهای تلقیح شده با قارچهای میکوریزی، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، سطح برگ پرچم، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه افزایش یافته است (ملک ثابت و همکاران ۱۳۸۵).

رجالی (۱۳۸۸) با انجام آزمون گلخانه‌ای، تاثیر ده تیمار قارچی میکوریز اربسکولار را بر رشد گیاه گندم رقم پیش‌تاز مورد بررسی قرار داد، طبق نتایج گزارش شده ، همزیستی خوبی بین تمام تیمارهای قارچی با گیاه گندم بوجود آمد افزایش در صد کلنیزاسیون ریشه از طریق جذب بهتر عناصر معدنی باعث افزایش رشد گیاه و افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه گردید. همچنین نتایج این تحقیق به این نکته اشاره وارد که اگر چه گاها مایه تلقیح های قارچی تک گونه ای نتیجه بهتری در افزایش رشد گیاه یا افزایش جذب عناصر معدنی داشته اند لیکن در بسیاری از موارد مجموعه ای از چند گونه قارچ نتیجه موثرتری از خود نشان داده است. رضوانی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر گونه های مختلف قارچهای میکوریزی را در رشد و



جذب عناصر معدنی گیاه یونجه مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته اند که از بین گونه های مختلف قارچهای میکوریزی، گونه *G.mosseae* توانسته است جذب و انتقال عناصر فسفر، روی و پتاسیم را در سطح معنی دار آماری در گیاه یونجه افزایش دهد. تلقیح گیاه یونجه یکساله *Medicago scutellata* با قارچ میکوریزی *G.intraradices* نیز توانسته است به طور معنی داری رشد رویشی اندام هوایی و ریشه این گیاه را افزایش دهد (Zarea, et al., 2009).

استفاده از مایه تلقیح قارچهای میکوریزی در کشت گندم و در شرایط مزرعه ای نشان داد که همزیستی میکوریزی از طریق افزایش کارایی جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین عناصر کم مصرف روی و مس توانسته است رشد و عملکرد گیاه گندم را افزایش دهد (ملک ثابت و همکاران ۱۳۸۵).

قارچهای میکوریزی اربسکولار در کشت ذرت در شرایط مزرعه ای عملکرد ماده خشک و غلظت فسفر را به ترتیب ۴/۹ و ۲۸/۸ درصد افزایش و منگنز را به ترتیب به مقدار ۱۴/۹ و ۹ درصد کاهش داد (امیر آباد و همکاران الف ۱۳۸۸).

همزیستی میکوریزی همچنین تاثیر معنی داری در اجزاء عملکرد ذرت علوفه ای یعنی شاخسهای ردیف دانه در بلال، دانه در ردیف بلال، وزن بلال و عملکرد ماده خشک داشته است (امیر آبادی و همکاران ب ۱۳۸۸).

قارچهای میکوریزی در کشت مزرعه ای ذرت توانسته اند ارتفاع گیاه، طول بلال، جذب پتاسیم، نیتروژن و فسفر و همچنین درصد کلنیزاسیون ریشه را در سطح معنی دار افزایش دهند (امیر آبادی و همکاران ۱۳۸۹).

استفاده از قارچهای میکوریزی در کشت گیاه آفتابگردان در شرایط مزرعه ای نیز نشان داد این قارچها از طریق افزایش معنی دار قطر طبق، تعداد دانه در طبق عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است. طبق نتایج این تحقیق مناسب ترین و اقتصادی ترین تیمار استفاده از تلقیح با قارچهای میکوریزی و مصرف ۵۰٪ کود فسفات توصیه شده می باشد (سلیمان زاده و همکاران ۱۳۸۸).

آزمون مزرعه ای دو ساله از کشت گیاه دارویی رازیانه نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۵/۶ سانتی متر) تعداد چتر در بوته (۳۱ چتر)، وزن هزار دانه (۳/۵۳ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۳۹۷۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۰۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تلقیح با مایکورایزا حاصل شد (درزی و همکاران ۱۳۸۵).

در کشت شبدر نیز قارچ میکوریزی *G.mosseae* از طریق افزایش معنی دار جذب فسفر و نیتروژن توانست وزن علوفه تولیدی را افزایش دهد (Zarea, 2009).

-تاثیر قارچهای میکوریزی در افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی

قارچهای میکوریزی از طریق مکانیسم های مختلفی حلالیت عناصر موجود در خاک را که در حالت عادی غیر قابل جذب برای گیاه می باشد افزایش داده و با گسترده کردن شبکه هیفهای خود در خاک سطح جذب ریشه گیاه را افزایش می دهند بنابراین چنانچه مایه تلقیح قارچهای میکوریزی بدرستی مورد استفاده قرار گیرند می تواند مصرف کودهای شیمیایی و بویژه کودهای فسفوره را کاهش داد. از طرف دیگر قارچهای میکوریزی سازگار خوبی با میکروارگانیسم های حل کننده فسفات و انواع باکتریهای محرک رشد گیاه دارند که کاربرد آنها به تدریج سطح حاصلخیزی خاک را افزایش داده و در چنین خاکهایی گیاهان به مقادیر کمتری از کودهای شیمیایی نیاز دارند (Zarea et al., 2008, 2009).



در طی دو آزمون مزرعه ای جداگانه تاثیر استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر و قارچ میکوریزی در سطح مختلف کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل و کود ازته از منبع اوره بر رشد و عملکرد ذرت علوفه ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این دو تحقیق نشان داد که عملکرد گیاه در تیمار استفاده از مایه تلقیح قارچهای میکوریزی و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از سوپر فسفات تریپل معادل مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل به تنهایی می باشد (امیر آبادی و همکاران ۱۳۸۸). همچنین با استفاده از قارچهای میکوریزی و ازتوباکتر می توان بدون کاهش عملکرد مصرف کود اوره را نیز در کشت ذرت کاهش داد (سیفی و همکاران ۱۳۸۵).

تلقیح دو گانه بذر گلرنگ بهاره با ازتوباکتر و مایکورایزا در سطوح مختلف فسفر و ازت نشان داد که از نظر تولید روغن می توان بدون کاهش عملکرد مصرف کودهای شیمیایی را به میزان ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش داده و به جای آن از مایه تلقیح های میکروبی استفاده نمود (Mirzakhani et al., 2009).

هم اکنون در کشور فقط یک شرکت کود زیستی حاوی قارچهای میکوریزی را به صورت محدود تولید و در اختیار متقاضیان قرار می دهد.

نتیجه نهایی:

ادامه روند کنونی مصرف کودهای شیمیایی و بویژه کودهای فسفره که بخش اعظمی از آنها وارداتی بوده و با خروج ارز تامین و توزیع میگردد. چیزی جز اتلاف هزینه از یک سو و از سوی دیگر تخریب و آلودگی منابع پایه یعنی خاک و آب نمی باشد. نتایج تحقیقات صورت گرفته در کشور که در این مقاله فقط به پاره ای از آنها اشاره گردید نشان می دهد خاکهای کشور، مامن میکروارگانیسمهایی است که در صورت استفاده درست از آنها این توانایی را دارند که با استفاده از مکانیسمهای ویژه ای ذخائر فسفره تجمع پیدا کرده در خاکهای آهکی کشور را به صورت فسفر قابل استفاده گیاه تبدیل نمایند و بدین صورت می توانند مصرف کودهای فسفره را در کشور کاهش دهند. نتایج بررسی های صورت گرفته نشان می دهد که میکروارگانیسم های حل کننده فسفر و قارچهای میکوریزی چنانچه به صورت مایه تلقیح و به روش تلقیح بذری مورد استفاده قرار گیرند، می توانند بین ۲۵ تا ۵۰ درصد نیاز فسفره گیاه را در خاکهای با فسفر کل بالا و فسفر قابل جذب پائین تامین نمایند. بنابراین توصیه می شود، مایه تلقیح این میکروارگانیسم ها به صورت مخلوط با کودهای شیمیایی به میزان ۵۰ درصد توصیه شده توسط آزمون خاک مورد استفاده قرار گیرند. البته گونه های مختلف میکروارگانیسم های حل کننده فسفات و قارچهای میکوریزی توانایی متفاوتی در انحلال و جذب ترکیبات فسفره کم محلول دارند. و معمولاً مشاهده شده است که استفاده از مایه تلقیح های حاوی چند میکروارگانیسم تاثیر به مراتب بهتر از بکارگیری فقط یک نوع میکروارگانیسم در پی دارد. اضافه کردن ماده آلی به خاک در هنگام استفاده از میکروارگانیسم ها معمولاً باعث افزایش کارایی آنها می شود که البته در بعضی از موارد، اضافه کردن ماده آلی از منابع به خصوصی کاهش کارایی میکروارگانیسم های حل کننده فسفات را در پی داشته است. ویژگی بسیار خوب میکروارگانیسم های حل کننده فسفات امکان استفاده همزمان آنها با قارچهای میکوریزی و میکروارگانیسم های محرک رشد گیاه می باشد که بدین صورت نه تنها نیاز گیاه میزبان به فسفر بلکه سایر عناصر مورد نیاز گیاه نیز بدین صورت تامین شده و همزمان بدلیل سنتز هورمونهای محرک رشد، گیاه از رشد و توسعه بیشتری برخوردار خواهد بود. در مواقعی که گیاه با تنشهای محیطی بویژه خشکی و شوری روبرو می باشد و در استفاده از کودهای شیمیایی بدلیل تاثیر آنها در افزایش فشار اسمزی محلول خاک و کاهش توانایی گیاه در جذب آب محدودیت وجود دارد، قارچهای میکوریز



اریسکولار گزینه بسیار مناسبی می‌باشند. فارچهای میکوریزی از طریق افزایش سطح جذب ریشه نه تنها توانایی گیاه میزبان را در جذب آب و عناصر معدنی افزایش می‌دهند. بلکه با اصلاح ساختمان فیزیکی خاک، محیط مناسبتری را برای رشد و توسعه بستر ریشه‌های گیاه میزبان بوجود می‌آورند. در نهایت مصرف کودهای شیمیایی بویژه کودهای فسفوره را کاهش می‌دهند. قابلیت دیگر میکروارگانسیم‌های حل‌کننده فسفات امکان استفاده از آنها با منابع خاک فسفات، گوگرد، مواد آلی و باکتریهای تیوباسیلوس می‌باشد که منابع همگی آنها در داخل کشور موجود می‌باشد. بررسیهای گلخانه‌ای و مزرعه‌ای صورت گرفته در داخل کشور نشان می‌دهد استفاده از این منابع معدنی و آلی به همراه میکروارگانسیم‌های حل‌کننده فسفات و تیوباسیلوس می‌تواند عمده نیاز گیاهان به فسفر را تامین نماید که این امر هم از نظر مسائل اقتصادی خروج ارز از کشور و هم از نظر فعال کردن بخش خصوصی در داخل کشور برای تولید این فرآوردهای بیولوژیک بسیار حائز اهمیت می‌باشد. البته نمی‌بایستی تحقیقات وسیع‌تر در ارتباط با کارایی این میکروارگانسیم‌ها به همراه منابع مختلف موادآلی و معدنی در خاکها و اقلیم‌های مختلف کشور را از نظر دور داشت.

چالشهای پیش روی استفاده از کودهای بیولوژیک فسفوره و راهکارهای آن در کشور:

- اولین و مهمترین چالش در این ارتباط اختصاص تمامی یارانه در نظر گرفته شده توسط دولت برای خرید و واردات کودهای شیمیایی و عدم اختصاص حتی بخش کمی از این یارانه به خرید کودهای بیولوژیک می‌باشد. بدیهی است تا زمانی که وزارت کشاورزی حمایت عملی از تولید کودهای بیولوژیک را در دستور کار خود قرار ندهد. این فرآوردهای بیولوژیک با ارزش قدرت رقابت با رقیب شیمیایی خود را نداشته و جامعه کشاورزان از فواید آنها محروم خواهند بود بنابراین اولین راهکار حمایت عملی از کودهای زیستی با تخصیص بخشی از یارانه کود به انواع کودهای زیستی و آلی.
- عدم اطلاع کافی کارشناسان و کشاورزان از کارایی و فواید فرآوردهای بیولوژیک و بویژه انواع فسفات‌ها رفع این چالش همت بیشتر بخش ترویج وزارت جهاد کشاورزی را طالب می‌باشد تا از طریق برگزاری سخنرانی‌های ترویجی، چاپ و توزیع انواع کتابچه‌ها، نشریات و تعامل بیشتر با رسانه ملی اطلاعات کافی را در اختیار کشاورزان قرار دهد.
- عدم وجود امکانات و تجهیزات لازم مطابق با تکنولوژی روز دنیا در بیشتر شرکتهای خصوصی داخلی تولیدکننده کودهای بیولوژیک فسفات‌ها که بدون تردید در کیفیت فرآوردهای تولیدی توسط آنها موثر می‌باشد برای رفع این چالش سیستم بانکی کشور می‌تواند با فراهم نمودن منابع مالی، شرکتهای تولیدکننده فرآوردهای بیولوژیک را در اصلاح و ارتقاء سیستم‌های تولیدی یاری نماید..
- عدم وجود قوانین مشخصی و الزام‌آور در حمایت از حق مالکیت فرآوردهای بیولوژیک فسفات‌ها که توسط شرکتهای داخلی تولید می‌گردد. بدیهی است دستیابی به یک میکروارگانسیم با صفات ویژه مناسب برای فرموله شدن به عنوان مایه تلقیح میکروارگانسیم‌های حل‌کننده فسفات به صرف هزینه و زمان زیادی نیاز دارد. لیکن پس از وارد شدن آن فرآورده به بازار ممکن است میکروارگانسیم مربوطه توسط سایر شرکتهای جداسازی و با نام جدید مورد استفاده قرار گیرد همکاری موسسه‌های تحقیقاتی ذیربط با دفاتر حقوقی وزارت جهاد کشاورزی می‌تواند منجر به تهیه قوانین لازم در این ارتباط گردد.
- عدم وجود گروههای متخصص کنترل کیفی، که فرآوردهای شرکتهای تولیدی را در زمان تولید، انبارداری، توزیع و مصرف کنترل کرده تا از رسیدن فرآورده با کیفیت به کشاورزان اطمینان حاصل گردد. تشکیل شرکتهای خصوصی با نیروهای



متخصص و آموزش دیده همانند آنچه که هم اکنون برای کنترل محصولات ارگانیک موجود می باشد و فعالیت نظام مند این شرکتها می تواند در رفع این نقیصه بسیار موثر باشد..

- علیرغم کارایی بالایی که برای قارچهای میکوریزی در این مقاله ذکر شد بدلیل مشکلات تکنیکی موجود هنوز بخش خصوصی داخل کشور در زمینه تولید این فرآورده با ارزش فعال نگردیده و هم اکنون تنها یک شرکت و با روشهای ابتدایی به تولید کود بیولوژیک میکوریزی مشغول می باشد. بدیهی است برای رفع این کاستی می بایستی روشهای مدرن تولید مایه تلقیح قارچهای میکوریزی از جمله روشهای هیدروپونیک، آئروپونیک و کشت درون شیشه‌ای در اختیار بخش خصوصی گزارده شود تا نسبت به تولید این فرآورده بیولوژیک اقدام گردد.

- عدم وجود کلکسیون‌های معتبر دارای انواع میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفر و قارچهای میکوریزی در کشور که با کلکسیونهای بین‌المللی در ارتباط بوده و بتواند بخش خصوصی را در -تامین میکروارگانیسم‌های مورد نیاز حمایت نماید. تاسیس و راه اندازی کلکسیونهای مورد نیاز در موسسات تحقیقاتی ذیربط و بوجود آمدن راهکارهای قانونی برای تعامل بیشتر موسسات تحقیقاتی با شرکت های تولید کننده داخلی می تواند گامی موثر در تولید کودهای بیولوژیک فسفره در کشور باشد..

- عدم وجود سیستم های مناسب برای انبارداری و توزیع فرآورده های بیولوژیک در شرکت خدمات حمایتی.. بدیهی است بدلیل حضور میکروارگانیسم های زنده در مایه تلقیح های میکروبی در صورت حمل و نقل و انبار داری نامناسب به تدریج از جمعیت میکروبی و کارایی این فرآوردهای بیولوژیک کاسته می شود. تامین منابع مالی برای تجهیز انبارهای موجود و ساخت انبارهای استاندارد نگهداری کودهای زیستی و انتقال و توزیع صحیح آنها از عوامل موثر در توسعه کودهای زیستی در کشور می باشد.

منابع:

- ۱- م. اردکانی. م. رجالی. ف. برجی. م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ازتوباکتر کروکوکوم و قارچ میکوریزی در سطوح مختلف فسفر بر برخی صفات مورفولوژیکی و خصوصیات کیفی ذرت علوفه ای (سینگل کراس ۷۰۴). مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۴۱، ش ۱، ص ۴۹ الی ۵۶.
- ۲- م. اردکانی. م. رجالی. ف. برجی. م. خاقانی. ش. ۱۳۸۸. تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکتر تحت تأثیر سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت علوفه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در اراک. مجله علوم گیاهان زراعی ایران دوره ۴۰، ش ۲، ص ۴۵ الی ۵۱.
- ۳- م. رجالی. ف. اردکانی. م. برجی. م. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر و قارچ میکوریزی بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب). ج ۲۳، ش ۱، ص ۱۰۷ الی ۱۱۵.
- ۴- ح. نورقلی پور ف، ملکوتی. م. ج. خاوازی. ک ۱۳۸۳ مروری بر کارهای انجام شده در زمینه نحو استفاده مستقیم از خاک فسفات در خاکهای آهکی در ملکوتی. م. ج. و بلالی. م. ر مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی نشر آموزش کشاورزی تهران ایران.
- ۵- حسن زاده. ۱۳۸۶ تاثیر انواع کودهای بیولوژیک حاوی باکتریهای تسهیل کننده جذب فسفر بر مقادیر مصرف کود شیمیایی فسفر، عملکرد و اجزای عملکرد جو . پ. یان نامه کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران.



- ۶- رجالی، ف.، علیزاده، ع.، ملکوتی، م. ج.، صالح راستین، ن.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا. ۱۳۸۵. تکثیر قارچ *Glomus intraradices* و تهیه مایه تلقیح آن قارچ به روش کشت درون شیشه ای. مجله علوم خاک و آب ج ۲۰ شماره ۲ ص ۲۷۳ الی ۲۸۳.
- ۷- رجالی، ف. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر گونه های مختلف قارچهای میکوریزا آربسکولار در جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف در گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی نشریه شماره ۱۴۴۶ موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۸- رجالی، ف.، علیزاده، ع.، ملکوتی، م.، صالح راستین، ن. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر رابطه همزیستی میکوریزا آربسکولار در رشد، عملکرد و جذب عناصر معدنی در گیاه گندم تحت تنش خشکی. مجله علوم خاک و آب. ج ۲۱، ش ۲، ص ۲۴۱ الی ۲۵۹.
- ۹- ع ۱۳۸۵. جداسازی، شناسایی و بررسی صفات محرک رشدی باکتریهای فلاو و باکتریوم و سودوموناس فلورسنت بومی خاک های ایران و بررسی تاثیر آنها بر رشد و نمو گندم با نام کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران.
- ۱۰- سلیمان زاده، ح.، حبیبی، د.، اردکانی، م.، پاک نژاد، ف.، رجالی، ف. ۱۳۸۸. کارایی میکوریزا در سطوح مختلف فسفر و تأثیر آن بر عملکرد آفتابگردان. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان.
- ۱۱- سیفی، م.، اردکانی، م.، رجالی، ف.، خودشناس، م. ع.، امیرآبادی، م. ۱۳۸۵. تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکتر تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت علوفه ای در استان مرکزی. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
- ۱۲- شاه محمدی، م.، قربانی، ش.، اصغرزاده، آ.، رجالی، ف.، نجاتی، ع. ۱۳۸۵. استفاده از *Agrobacterium rhizogenes* برای ایجاد ریشه های القایی در چند گیاه دولپه. مجله علوم خاک و آب ج ۲۰، ش ۲، ص ۲۶۳ الی ۲۷۲.
- ۱۳- کوچک زاده، ی. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل کننده های فسفات و مواد آلی در تامین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک فسفات در خاکهای آهکی. با نام کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۴- لطف الهی، م.، ملکوتی، م. ج.، خاوازی، ک.، بشارتی، ح. ۱۳۸۳. ارزیابی روشهای مصرف مستقیم خاک فسفات در افزایش عملکرد ذرت علوفه ای در کرج. در ملکوتی، م. ج. و بلالی، م. ر. مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی نشر آموزش کشاورزی کرج ایران.
- ۱۵- ملک ثابت، ع.، اردکانی، م.، رجالی، ف. ۱۳۸۵. ارزیابی کارایی جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز توسط ارقام مختلف گندم تلقیح شده با سویه های قارچ میکوریزا آربسکولار در شرایط مزرعه. همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار.
- ۱۶- ملک ثابت، ع.، اردکانی، م.، رجالی، ف. ۱۳۸۵. محاسبه کارایی جذب عناصر ماکرو در ارقام گندم تحت تأثیر کاربرد سویه های مختلف میکوریزایی در شرایط مزرعه. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران کرج.
- ۱۷- ملک ثابت، ع.، اردکانی، م.، ماهور، ع.، رجالی، ف.، سیادت، ع. ۱۳۸۵. بررسی رابطه همزیستی سویه های میکوریزایی با صفات مهم مرفولوژیکی و جذب عناصر میکرو در ارقام مختلف گندم. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ۱۸- ملک ثابت، علی، رجالی، فرهاد. ۱۳۸۵. مقایسه وابستگی میکرونیاری سه نوع گندم با سویه های مختلف قارچ میکوریزا آربسکولار در شرایط گلخانه. همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
- ۱۹- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران (چاپ دوم با بازنگری کامل) نشر آموزش کشاورزی کرج ایران
- ۲۰- میرانصاری مهابادی، م.، بهرامی، ح.، رجالی، ف.، ملکوتی، ج. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر قارچهای میکوریزا آربسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت در شرایط تنش تراکم خاک. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۰، شماره ۱. ص ۱۰۶ الی ۱۲۱
- ۲۱- نور قلی پور، ف. ۱۳۷۹. اثر اسیدی کردن آب آبیاری و دو میکرو ارگانسیم بر قابلیت جذب آهن از کنسارته آهن و فسفر از خاک فسفات به وسیله گیاه ذرت. با نام کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس.



- ۲۲- نورقلی پور. ف، ملکوتی. م.ج، خاوازی ک ۱۳۷۳ الف اثر اسیدی کردن اب ایباری و بیوسفات در قابلیت جذب فسفر از منبع خاک فسفات و امکان جایگزینی آنها با کودهای فسفات در کشت ذرت. در ملکوتی. م.ج و بلالی. م. ر مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی نشر آموزش کشاورزی کرج ایران
- ۲۳- نورقلی پور. ف، ملکوتی. م.ج، خاوازی ک ۱۳۷۳ ب نقش باکتریهای تیو باسیلوس و حل کننده های فسفات بر افزایش جذب فسفر از منبع خاک فسفات در ملکوتی. م.ج و بلالی. م. ر مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی نشر آموزش کشاورزی کرج ایران

- 24- Ahmed, S. 1995. Agriculture-Fertilizer Interface in Asia-Issues of Growth and sustainability . Oxford and IBH Publ. Co. New Delhi.
- 25- Clark, R. B., and Zeto, S. K. 1996. Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. Soil Biology and Biochemistry. 28: 1405-1503.
- 26- Dalal, R. C. (1977). Soil Organic Phosphorus. Adv. Agron . 29: 83-117.
- 27- FAO, Current world fertilizer trends and out look to 2009/10.
- 28- Fortin, J. A., Becard, G., Declerck, S., Dalpe, Y. St-Arnaud, M., Coughlan, A. P. and Piche, Y. 2002. Arbuscular mycorrhiza on root-organ culture. Canadian. Journal of Botany. 80: 1-20.
- 29- Goldstein, A. H. (1986).Recent progress in understanding the molecular genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by gram negative bacteria. Biological Agriculture and Horticulture, 12: 185- 193.
- 30- Goldstein, A. H., Rogres. R. D. and Mead, G. 1993. Mining by microbe. Bio/Technol. 11, 1250-1254.
- 31- Jakobsen, I. 1995. Transport of phosphorus and carbon in VA mycorrhiza *In: Mycorrhiza, Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology*. A. Varma and B. Hock (eds). Springer – Verlag. Berlin. PP. 297-324.
- 32- -Kabri, Z., P'Halloran, I. P., and Hamle, C. 1996. The proliferation of fungal hyphae in soils supporting mycorrhizal and nonmycorrhizal plants. Mycorrhiza 6:477-480.
- 33- Katznelson, H., Peterson , E. A. and Rovatt, J. W. (1962). Phosphate dissolving microorganisms on seed and in the root zone of plants . Can. J. Bot . 40: 1181-1186.
- 34- Kirchner, M. J., Wollum , A. G., King , L. D. (1993). Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. Soil . Soc. Amer. J. 57: 1289-1295.
- 35- -Kush, G. S. and Bennet. J (eds). 1992. Nodulation and Nitrogen Fixation in Rice: Potential and Prospect. International Rice Research Institute, Manila Philippines.
- 36- Leisinger, K. M. 1999. Biotechnology and food security. Curr. Sci. 76:488-500.
- 37-Mirzakhani.M.,Ardekani.M.R.,Aeene Band .A.,Rejali.F.,Shirani Rad A.H. 2009 Response of spring safflower to co –inoculation with *Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* under different level of nitrogen and phosphorus. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4(3): 255-261.
- 38- Rodriguez, H. and Frage , R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances,17: 319-339.
- 39- Sharma, A. K. and Johri, B. N. (eds.). 2002. Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in Plants, Rhizosphere and Soils. Oxford and IBH Publishing. New Delhi. P. 308.
- 40- Stevenson, F. J. 1986. Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphours, Sulfur, Micronutrients. Wiley, New York.
- 41- Verma, A and Adholeya, A.1996. Cost – economics of existing methodologies for inoculum production of vesicular-arbuscular mucorrhizal fungi In Mukkerji (ed.), Concept in Mycorrhizal Research. Kluwer Academic Publisher. P 179-194
- 42- Vig, A. C. and Dev, G. 1984. Phosphorus adsorption characteristics of some acid and alkaline soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 32, 235-239.
- 43-Zarea,M.J.,Ghalavand,A.,Goltapeh,M.E. and Rejali,F 2008. Green manure, mycorrhiza and soil fertility.American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 2 (3): 294-299.



اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود

۱۲-۱۰ اسفند ۸۹ تهران - هتل المپیک

The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress

Half a Century of the Fertilizer Consumption

44-Zarea,M.J.,Ghalavand,A.,Goltapeh,M.E. and Rejali,F.2009 Effect of mixed cropping, earthworms, and arbuscular mycorrhizal fungi on plant yield, mycorrhizal colonization rate , soil microbial biomass, and nitrogenase activity of free-living bacteria. *Pedobiologia* 52:223-235

45-Zarea,M.J.,Ghalavand,A.,Goltapeh,M.E. and Rejali,F.2009.Interaction of mycorrhiza, earthworm and rhizobium on growth of annual medic under light stress. *Journal of Agricultural Technology* 5(2):249-259.

46-Zarea,M.J.,Ghalavand,A.,Goltapeh,M.E. and Rejali,F.2009.Role of clover species and AM fungi on forage yield, nutrient uptake, nitrogenase activity and soil microbial biomass. *Journal of Agricultural Technology* 5(2):337-347