J. of Nuclear Sci. and Tech.
No. 61, pp. 34-39, 2012

مجله علوم و فنون هسته‌ای
شماره ۶۱، صفحات ۳۹-۳۴، ۱۳۹۱

بررسی نقش باکتری‌های حل‌کننده‌ی ترکیب‌های کم محلول روی در کشت متوالی گندم و ذرت با استفاده از روی- ۶۵

مهرزاد انصاری*[۱]، محمدجعفر ملکوتی[۱]، کاظم خاوازی[۲]، علی بهرامی سامانی[۳]

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تهران ـ ایران

۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، صندوق پستی: ۳۱۱-۳۱۷۸۵، کرج ـ ایران

۳. پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران ـ ایران

چکیده: یکی از راه‌های تأمین روی (Zn) مورد نیاز گیاه، استفاده از ریزجاندارانی است که موجب افزایش انحلال‌پذیری ترکیبات کم محلول روی در خاک می‌شوند. برای اثبات این فرضیه، آزمایشی در محیط شن استریل انجام شد. عامل‌های این آزمایش شامل منبع روی (روی سولفات، روی اکسید و روی کربنات و شاهد بدون روی) و مایه‌ی تلقیح (مایه‌ی تلقیح حاوی گونه‌ی ۱۸۷ سودوموناس فلوئورسان، مایه‌ی تلقیح حاوی گونه‌ی MPFM۱ سودوموناس آیروژینوزا، مخلوط دو مایه‌ی تلقیح و شاهد بدون تلقیح) بود. برای ردیابی عنصر روی در گیاه، پرتودهی نوترونی منابع روی در رآکتور سازمان انرژی اتمی انجام، و روی از طریق واکنش (n, γ) با ^{65}Zn نشان‌دار شد. پس از کاشت متوالی دو گیاه گندم و ذرت، برداشت انجام و شمارش ^{65}Zn در گیاه در تیمارهای مختلف از طریق طیف‌سنجی گاما با استفاده از آشکارساز ژرمانیم با قدرت تفکیک بالا انجام شد. نتایج نشان داد میانگین فعالیت ^{65}Zn جذب شده در تیمارهای تلقیحی به طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای بدون تلقیح بود. بنابراین استفاده از مایه‌ی تلقیح توانست جذب روی به وسیله‌ی گیاهان مورد مطالعه را افزایش دهد. نتایج هم‌چنین نشان داد که توانایی باکتری‌های مختلف در انحلال روی از منابع مختلف، متفاوت بود.

کلیدواژه‌ها: روی-۶۵، باکتری‌های حل‌کننده روی، گندم، ذرت، آشکارسازهای نیم‌رسانای ژرمانیوم، طیف‌نمایی گاما

Study on the Role of Zinc Solubilizing Bacteria in Continuance Cultivation of Wheat and Corn by Using ^{65}Zn

M. Ansari*[1], M.J. Malakouti[1], K. Khavazi[2], A. Bahrami Samani[3]

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, P.O.Box: 14115-336, Tehran – Iran

2. Soil and Water Research Institute, P.O.Box: 31785-311, Karaj – Iran

3. Nuclear Fuel Cycle Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-8486, Tehran – Iran

Abstract: Some microorganisms can increase the solublity of relatively insoluble forms of zinc(Zn) in soils and fulfil the requirements of plants. As evidance for this hypothesis, an experiment was conducted in 2009-10 in a sand culture whitout zinc. In this experiment, factors included two kinds of inoculants with microorganisms and three kinds of zinc sources. Inoculants included pseudomonas fluorescent strain 187 and pseudomonas aeruginosa strain MPFM1; factors of zinc sources included zinc sulfate ($ZnSO_4$), zinc oxid (ZnO) and zinc carbonate ($ZnCO_3$). For detection of Zinc element in plants, (n,γ) reaction was used to convert ^{64}Zn to ^{65}Zn in reactor of Atomic Energy Organization of Iran. Wheat (Triticum aestivum L.) and corn (Zea mays L.) were planted and after growth seasons, ^{65}Zn was computed in all members of plants and all kinds of treatments with the use of High Resolution Germanium Spectrometry (HRGS). The results revealed that: a) in inoculation treatments, the mean of ^{65}Zn activity was more than the treatments whithout inoculation, b) inoculation by zinc solubilizing bacteria (ZnSB) increased the amount of Zn uptake from relatively insoluble Zn and sources, and c) the abilities of these microorganisms to release Zn from relatively insoluble Zn compounds were found to be different.

Keywords: ***^{65}Zn, Zinc Solubilizing Microorganisms, Wheat, Corn, GE Semiconductor Detectors, Gamma Spectroscopy***

*email: m_ansari@modares.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۳/۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۲/۱۰

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

روی، یکی از عناصر ضروری برای بقا و زندگی گیاه، دام و انسان است که وظایف مهمی را برعهده دارد. مقدار متوسط روی در پوسته‌ی زمین کم‌تر از ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که در مقایسه با سایر عناصر کم‌مقدار نظیر آهن و منگنز بسیار کم است. میانگین آن در خاک‌های زراعی ۴۰ تا ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حد طبیعی آن در گیاه سالم ۳۰ تا ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است [۱]. روی عمدتاً به شکل Zn^{2+} به وسیله‌ی ریشه‌ی گیاه جذب می‌شود، ولی روی هیدراته و کی‌لیت‌های آلی روی نیز می‌توانند جذب شوند [۲]. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی روی مثل روی سولفات و کی‌لیت روی، از ارقام گیاهی روی-کارا و هم‌چنین از پتانسیل‌های موجود در ریزوسفر مانند ریزجانداران با توانایی فراهم‌آوری عنصر روی برای گیاه، از مهم‌ترین راهکارهای تأمین روی مورد نیاز گیاه است. این ریزجانداران قادراند با افزایش انحلال‌پذیری ترکیب‌های کم محلول روی، روی موجود در آن‌ها را به شکل دسترس‌پذیر دربیاورند. این ریزجانداران از خاک‌های کشاورزی با حاصل‌خیزی بالا جدا شده و به گیاهان کمک می‌کنند تا روی را از خاک جذب کنند [۳]. سازوکار آن‌ها اکثراً ترشح اسیدهای آلی و سیدروفور است.

در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی بر روی ریزجانداران حل‌کننده‌ی ترکیب‌های نامحلول روی انجام شده است. اینتورن و همکاران (۲۰۰۹) توانایی چندین جدایه‌ی گلوکونواستوباکتر دی آزوتروفیکوس[(۱)] برای انحلال ترکیب‌های نامحلول و کم محلول روی و فسفر را مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از روش‌های مولکولی در ایجاد موتانت‌های مختلف این باکتری‌ها نشان دادند که تولید گلونیک اسید به وسیله‌ی این باکتری‌ها علت اصلی انحلال روی و فسفر از ترکیب‌های نامحلول آن‌ها است [۴]. ساراتامبل و همکاران (۲۰۱۰) نیز با استفاده از ترکیب‌های نامحلول روی مانند ZnO و $ZnCO_3$ که با استفاده از ^{65}Zn نشان‌دار شده بودند، نشان دادند که تلقیح ذرت با استفاده از گلوکونواستوباکتر دی‌آزوتروفیکوس با توانایی انحلال روی از منابع فوق، به افزایش جذب روی نشان‌دار توسط گیاه نسبت به شاهد بدون تلقیح منجر شد. هم‌چنین در این آزمایش نقش دیگر موجودات ریزوسفری در جذب روی به وسیله‌ی گیاه از ترکیب‌های کم محلول آن به اثبات رسید [۵]. ناتیر و موتوکاروپان (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که هر پنج جدایه‌ی گلوکونواستوباکتر دی آزوتروفیکوس مورد مطالعه قادر به انحلال روی از ترکیب‌های کم محلول آن مانند روی کربنات و روی اکسید بودند. در این میان جدایه‌ی گاد-۱[(۲)] علاوه بر توانایی انحلال ترکیب‌های کم محلول روی، قادر به تثبیت نیتروژن بوده و رشد نیشکر را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش داد [۶].

در ایران نیز، پژوهش‌های محدودی در این زمینه انجام شده است. حامدی در سال ۱۳۸۴، اثر سودوموناس‌های فلوئورسان[(۳)] بر شاخص‌های رشد و خصوصیات ریخت‌شناختی ارقام مختلف گندم را بررسی کرد. نتایج مطالعه‌ی وی حاکی از تأثیر معنی‌دار گونه‌ها بر شاخص‌های ارقام مورد مطالعه بود. هم‌چنین عکس‌های میکروسکوپی حاکی از افزایش قابل توجه تراکم تارهای کشنده‌ی ریشه‌ی گندم تلقیح شده در مقایسه با شاهد بود [۷]. رسولی صدقیانی (۱۳۸۴)، سیدروفور سودوموناس‌های فلوئورسان در جذب روی به وسیله‌ی گندم را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که سیدروفور گونه‌های سودوموناس‌های فلوئورسان باعث افزایش جذب روی گشته و می‌توان آن‌ها را از نظر توانایی طبقه‌بندی کرد [۸]. پس از آن در آزمایشی که باپیری (۱۳۸۷) انجام داد، کارایی گونه‌های مختلف سودوموناس‌های فلوئورسان در افزایش انحلال‌پذیری ترکیب‌های کم محلول روی را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که باکتری‌ها قادراند در حضور ترکیب‌های کم محلول روی، نیاز گیاه به این عنصر را برطرف نموده و مقدار قابل‌توجهی روی محلول ایجاد نمایند [۹].

امروزه برای بررسی و اثبات عملکرد ریزجانداران می‌توان از روش‌های هسته‌ای و از رادیوایزوتوپ‌ها بهره برد. رادیوایزوتوپ‌ها، در صنعت، علوم، کشاورزی، پژوهش‌های دارویی و طب عملی کاربردهای زیادی دارند و نقش مهمی را در بهبود تولید و کیفیت محصول‌های صنعتی ایفا می‌کنند. تولید محصول‌های کشاورزی بیش‌تر و بهتر، بهبود سلامتی بشر و فهم بهتر جهان فیزیکی و زیست‌شناختی، نمونه‌هایی از این کاربردها است.

در این مقاله با استفاده از روش‌های هسته‌ای، عملکرد دو گونه‌ی باکتری در انحلال ترکیب‌های کم محلول روی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲. روش انجام آزمایش

آزمایش‌ها در مجموعه گلخانه‌های دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به صورت طراحی فاکتوریل و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد.

۱.۲ منبع روی پرتوزا

عامل منابع روی شامل روی سولفات ($ZnSO_4$)، روی کربنات ($ZnCO_3$) و روی اکسید (ZnO) و بدون روی (کنترل منفی) بود. برای تعیین میزان جذب روی به وسیله‌ی گیاه، از روی نشان‌دار استفاده شد. با توجه به حد بحرانی روی برای گیاه (۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مقدار معینی از این ترکیب‌ها تهیه (روی سولفات ۳۲۶ میلی‌گرم، روی کربنات ۱۴۲٫۱۵۳ میلی‌گرم و روی اکسید ۹۲٫۱۱ میلی‌گرم) و به مدت ۱۵ دقیقه در قلب رآکتور با شار نوترونی ۳ تا 4×10^{13} $n/cm^2 s$ پرتودهی شدند که در نتیجه، ^{64}Zn موجود در این ترکیب‌ها، به صورت ^{65}Zn با فعالیت 2×10^{8} Bq/mol نشان‌دار شدند.

۲.۲ مایه‌ی تلقیح‌های مورد استفاده

عامل تلقیح شامل مایه‌ی تلقیح حاوی گونه‌ی ۱۸۷ سودوموناس فلوئورسانس، مایه‌ی تلقیح حاوی گونه‌ی MPFM۱ سودوموناس آیروژینوزا[۴]، مایه‌ی تلقیح حاوی هر دو گونه‌ی مذکور و شاهد بدون تلقیح (N) بود. کلیه‌ی مایه‌ی تلقیح‌ها از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب تهیه شد. غلظت باکتری‌ها در مایه‌ی تلقیح در حد (CFU/g) 1×10^{8} تنظیم شده بود. گونه‌ی ۱۸۷، از گونه‌های بومی ایران بود که از خاک جداسازی شد و گونه‌ی MPFM۱ موتانت سیدروفور منفی گونه‌ی ۷NSk۲ بود که از دانشگاه گنت بلژیک تهیه شد.

۳.۲ آماده‌سازی بستر کشت

از مخلوط شن استریل و پرلیت به عنوان بستر کشت استفاده شد. ترکیب‌های روی نشان‌دار با توجه به تیمارهای مختلف، با شن استریل مخلوط و همرا با پرلیت به درون ۶۴ گلدان ۳ کیلوگرمی منتقل گردید. به منظور تلقیح بذرها، از روش بذرمال استفاده شد، بدین منظور بذرهای گندم رقم کرخه، در درون پلاستیکی ریخته شد و بر مبنای ۰٫۵ میلی‌لیتر صمغ عربی ۴۰ درصد برای یک کیلوگرم بذر، مقدار ماده‌ی چسباننده‌ی لازم به بذرها اضافه و به خوبی هم‌زده شد تا سطح کلیه‌ی بذرها چسبناک شود. سپس بذرهای چسبناک به داخل پلاستیک حاوی مایه‌ی تلقیح پودری ریخته و به خوبی تکان داده شد تا مایه‌ی تلقیح باکتری، سطح کلیه‌ی بذرها را بپوشاند (مقدار مایه‌ی تلقیح مصرفی ۳۰ گرم به ازای هر کیلوگرم بذر گندم بود). سپس بذرها کاشته شدند. پس از برداشت گندم، با همان روش تلقیح قبلی، بذرهای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴، در همان گلدان‌ها کاشته شدند. برای تغذیه‌ی گیاهان مورد آزمایش، از محلول غذایی هوگلند بدون روی استفاده شد. آبیاری گیاهان هم به طریق وزنی انجام شد.

۴.۲ تعیین میزان روی جذب شده در گیاه

پس از برداشت، گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه گرم‌کننده با دمای ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک و در ادامه پودر و نمونه‌های هر دو گیاه با هم مخلوط شدند. سپس نمونه‌های پودر شده با استفاده از طیف‌سنج گامای مجهز به آشکارساز ژرمانیم با قدرت تفکیک بالا (بازده ٪۸۰)، شمارش و سطح زیر قله برای انرژی ۱۱۱۵ keV مربوط به ^{65}Zn اندازه‌گیری شد. به دلیل نیم- عمر طولانی (۲۴۵ روز) ^{65}Zn، تمام مراحل آزمایش در خلال یک نیم- عمر به پایان رسید.

۵.۲ تجزیه و تحلیل‌های آماری

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و روش آماری دانکن[۵] انجام شدند.

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل و تجزیه و تحلیل داده‌های آماری آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است

طبق نتایج به دست آمده، بیش‌ترین فعالیت متوسط روی نشان‌دار جذب شده صرف‌نظر از نوع باکتری مورد استفاده، به ترتیب مربوط به ترکیب‌های روی سولفات، روی کربنات و روی اکسید بود که با میزان انحلال‌پذیری این ترکیب‌ها هم‌خوانی دارد، اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین روی کربنات و روی اکسید دیده نشد (شکل ۱).

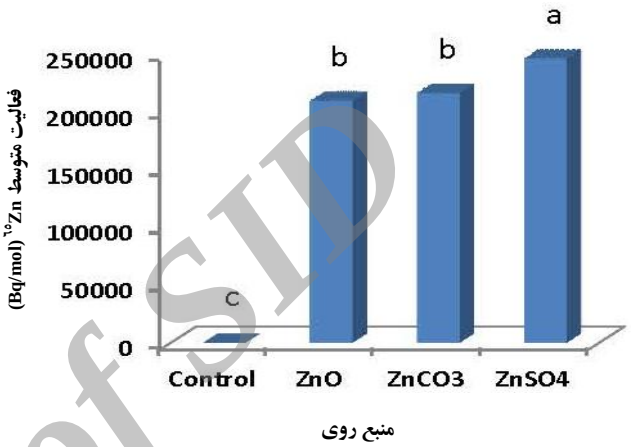
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. تجزیه‌ی واریانس برای تأثیر منابع روی و باکتری بر فعالیت ^{65}Zn جذب شده در گیاه گندم و ذرت

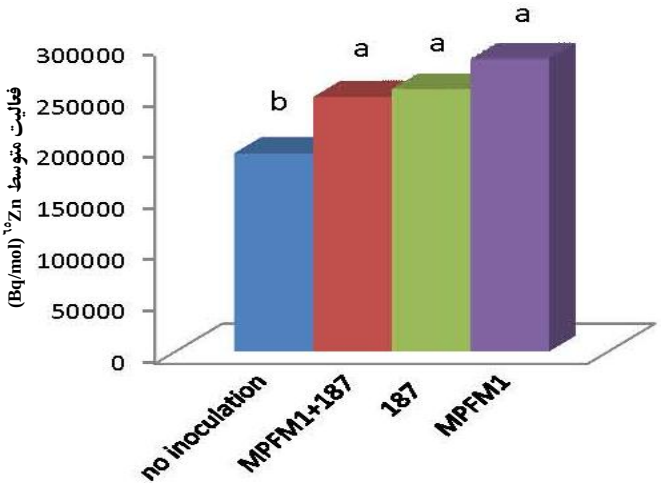
منبع تغییرات	درجه‌ی آزادی (df)	میانگین مربعات فعالیت روی نشان‌دار (MBq)	F value
باکتری	۳	۲۰۴۶۶۹٫۳۱**	۱۲۲٫۷۲
منبع روی	۳	۲۳۲۶۸٫۶۱۸**	۱۳٫۹۵
باکتری × منبع روی	۹	۳۳۷۱٫۲۴۱*	۲٫۰۲
خطا	۴۷	۱۶۶۷٫۷۸۸	
کل	۶۲		

* و ** تأثیر معنی‌دار عامل موردنظر در سطح به ترتیب ۵ درصد و یک

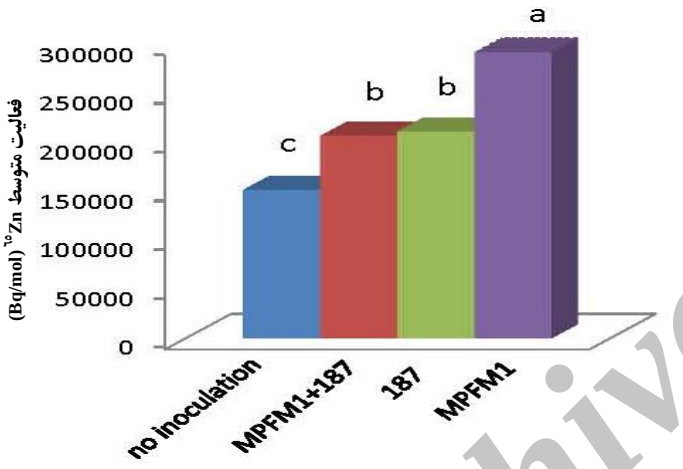


شکل ۱. مقایسه‌ی فعالیت متوسط ^{65}Zn جذب شده از منابع مختلف روی (حروف غیریکسان به معنی تفاوت معنی‌دار تیمارهای موردنظر در سطح ۵ درصد می‌باشد).

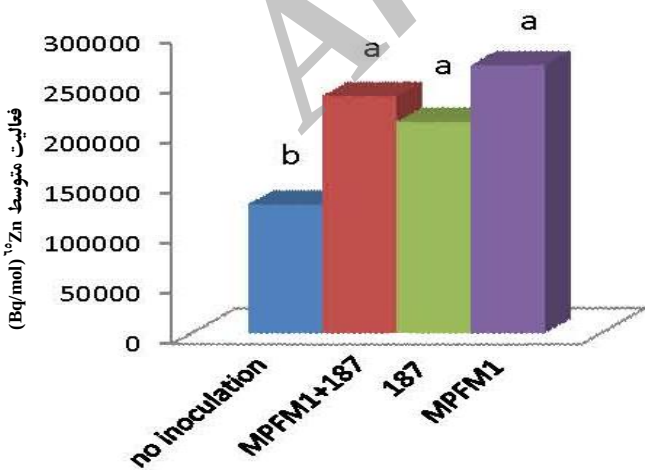
در بررسی جداگانه‌ی تیمارهای حاوی ترکیبات مختلف روی، تفاوت معنی‌دار و مشخصی در جذب روی نشان‌دار بین تیمارهای تلقیحی و تیمارهای فاقد تلقیح وجود داشت که مؤید این مطلب است که استفاده از باکتری‌های فوق موجب انحلال ترکیبات کم محلول روی شده و جذب روی توسط گیاه افزایش یافته است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). در تأیید این مطلب ساراتمبل و همکاران (۲۰۱۰) نیز با استفاده از ^{65}Zn نشان دادند که تلقیح ذرت با باکتری اندوفیت گلوکونواستوباکتر دی آزوتروفیکوس، به طور معنی‌داری میزان جذب روی را نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش می‌دهد. استفاده از باکتری‌های حل‌کننده‌ی ترکیب‌های کم محلول روی در سایر پژوهش‌ها نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب روی و رشد گیاه داشته است به طور مثال اقبال و همکاران (۲۰۱۰) طی آزمایشی نشان دادند که باکتری‌های مورد مطالعه‌ی آن‌ها قادر به انحلال روی و فسفر از روی فسفات نامحلول بوده و بعضی از آن‌ها منجر به جذب بهتر روی و فسفر توسط ماش شده‌اند [۱۰].



شکل ۲. مقایسه‌ی عملکرد باکتری‌های مورد مطالعه در جذب روی نشان‌دار ترکیب روی سولفات.



شکل ۳. مقایسه‌ی عملکرد باکتری‌های مورد مطالعه در جذب روی نشان‌دار ترکیب روی کربنات.



شکل ٤. مقایسه‌ی عملکرد باکتری‌های مورد مطالعه در جذب روی نشان‌دار ترکیب روی اکسید.

Archive of SID

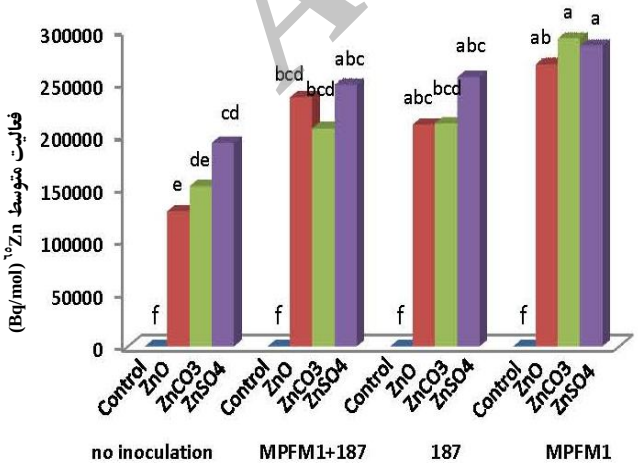
www.SID.ir

هم‌چنین ساراوانان و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایش‌هایی، به نتایج مشابهی رسیدند [۱۱]. هرچند بیش‌ترین فعالیت متوسط روی نشان‌دار به ترتیب در موارد استفاده از باکتری‌های MPFM۱، ۱۸۷، مخلوط MPFM۱+۱۸۷ و در نهایت شاهد بدون باکتری مشاهده شد، اما در اکثر موارد تفاوت معنی‌داری بین نوع باکتری‌های مورد استفاده به دست نیامد. تنها در حالت استفاده از روی کربنات، تلقیح باکتری MPFM۱، تفاوت آشکاری را با سایر حالت‌ها نشان داد که از نظر تغذیه‌ی گیاه در شرایط خاک‌های آهکی ایران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تولید اسیدهای آلی توسط این باکتری‌ها مهم‌ترین عاملی است که برای توجیه انحلال ترکیب‌های روی می‌توان از آن نام برد. اسیدهای آلی، هم منبع پروتون و هم منبع آنیون‌های کی‌لیت‌ساز برای تولید کمپلکس‌های فلزی می‌باشد [۱۲]. سایر پژوهشگران نیز تولید اسیدهای آلی مانند گلوکونیک اسید را عامل انحلال روی از ترکیب‌های کم محلول روی ذکر کرده‌اند [۴، ۱۰]. انحلال‌پذیری کانی‌های حاوی روی در خاک مانند اسمیت سونایت ($ZnCO_3$) و روی اکسید (ZnO) نیز تحت تأثیر pH می‌باشد به طوری که فعالیت Zn^{2+} با تغییر یک واحد pH تا صد برابر تغییر می‌کند [۱۳]. با این وجود، رسولی صدقیانی (۱۳۸۴) با استفاده از روی نشان‌دار، نقش سیدروفورهای میکروبی در انتقال Zn^{2+} به گیاه را به اثبات رساند [۸]. ولی برای ایجاد کی‌لیت سیدروفور- روی، باید روی در محلول خاک و در ریزوسفر به اندازه کافی به شکل Zn^{2+} وجود داشته باشد تا کی‌لیت فوق، تشکیل و مورد استفاده‌ی ریشه قرار گیرد. گونه‌ی MPFM۱ مورد استفاده در این پژوهش، موتانت سیدروفور منفی گونه‌ی NSK۲۷ بود و از این‌رو، فرضیه‌ی تولید اسیدهای آلی از قوت بیش‌تری برخوردار است. توانایی باکتری‌های مختلف در انحلال ترکیب‌های کم محلول روی نیز متأثر از نوع و مقدار اسیدهای آلی است که توسط این باکتری‌ها در ریزسفر تولید می‌شود. از طرفی مقدار و نوع اسیدهای آلی تولید شده توسط باکتری‌ها متأثر از ترشح‌های ریشه‌ای گیاه و بالاخص قندها است. بنابراین رفتارهای مختلف باکتری‌ها و تأثیرهای متفاوت مایه‌ی تلقیح آن‌ها بسیار طبیعی است، هرچند در این پژوهش تنها در خصوص روی کربنات، تفاوت معنی‌داری بین مایه‌های تلقیح وجود داشت به طوری که گونه‌ی MPFM۱ از کارایی بهتری نسبت به بقیه‌ی گونه‌ها برخوردار بود. در مطالعه‌ی ناتیر و موتوکاروپان (۲۰۱۱) نیز جدایه‌های مورد مطالعه از کارایی متفاوتی در انحلال روی از ترکیب‌های روی برخوردار بودند و گونه‌ی گاد- ۱ بیش‌ترین تأثیر را بر رشد نیشکر در شرایط کمبود روی داشت [۶]. در پژوهش لی و همکاران (۲۰۱۰) که در ارتباط با انحلال روی و کادمیم به وسیله‌ی باکتری‌های ریزوسفری و با هدف زیست پالایی صورت گرفت نیز مشخص شد که باکتری‌ها و حتی گونه‌های مختلف، عکس‌العمل‌های متفاوتی در مقابل ترکیب‌های نامحلول روی و کادمیم از خود نشان می‌دهند. به عنوان مثال، در حضور روی اکسید، باکتری باسیلوس سپاسیا[۶]، سوکسنیک اسید تولید می‌کند در حالی که در حضور منابع کم محلول کادمیم و سرب، علاوه بر سوکسنیک اسید، فرمیک اسید نیز تولید می‌شود [۱۴].

هرچند انحلال‌پذیری روی سولفات از روی کربنات و روی اکسید بیش‌تر است، اما همان‌طور که در شکل ۵ مشخص شده است، از لحاظ آماری تفاوتی بین ترکیب‌های روی مورد استفاده برای هر کدام از باکتری‌ها وجود ندارد و در همه‌ی حالت‌های تلقیح، میزان جذب روی افزایش می‌یابد.

٤. نتیجه‌گیری

از روش‌های هسته‌ای و از رادیوایزوتوپ‌ها می‌توان برای بررسی و اثبات عملکرد گونه‌های ریزجانداران در انحلال ترکیبات کم محلول روی بهره برد. در این پژوهش نشان داده شد که تلقیح گندم و ذرت با باکتری‌های حل‌کننده‌ی روی توانست میزان جذب روی نشان‌دار (^{65}Zn) را نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش دهد. با توجه به این‌که کربنات روی درصد عمده‌ای از ترکیب‌های کم محلول روی در خاک‌های آهکی ایران، را تشکیل می‌دهد، ضرورت دارد پژوهش گسترده‌ای در زمینه‌ی غربال‌گری این باکتری‌ها و ابعاد مختلف آن صورت گیرد.



شکل ۵. مقایسه‌ی عملکرد مایه‌ی تلقیح‌های مختلف در انحلال ترکیب‌های مختلف روی.

Archive of SID
www.SID.ir

پی‌نوشت‌ها:

۱. Gluconacetobacter Diazotrophicus

۲. Gad1

۳. Pseudomonas Fluorescent

۴. Pseudomonas Aeruginosa Strain MPFM1

۵. Duncan

۶. Bacillus Cepacia

منابع:

1. م.ج. ملکوتی، پ. کشاورز، ن. کریمیان، روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار، چاپ هفتم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۷۶۴، تهران- ایران (۱۳۸۷).

2. ن. کریمیان، م. مفتون، ع. ابطحی، ج. یثربی، اثر باقی‌مانده سولفات روی بر فرم‌های شیمیایی روی در خاک و رابطه این فرم‌ها با جذب روی توسط گیاه، معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز، انتشارات دانشگاه شیراز، ۸۱، شیراز- ایران (۱۳۷۳).

3. A. Kulkarni, Biozink solubilizing microbes, Available on the WWW.biomax.traeindia.com (2009).

4. A.C. Intorne, M.V.V. De Olierira, M.L. Lima, J.F. Da Silva, G.A. De Souza Filho, Identification and Characterization of Gluconacetobacter diazotrophicus Mutants Defective in the Solubilization of Phosphrous and Zinc, Arch, Microbiol, 191 (2009) 477-483.

5. G. Sarathambal, M. Thangaraju, J.C. Paulra, M. Gomathy, Assesing the Zinc Solubilization Ability of Gluconacetobacter diazotrophicus in Maize Rhizosphere Using Labelled ^{65}Zn Compounds, Indian J, Microbiol, 50 (2010) 103-109.

6. S.E. Natheer and S. Muthukkaruppan, Assessing the in Vitro Zinc Solubilization Potential and Improving Sugarcane Growth by Inoculating Gluconacetobacter diazotrophicus, Ann, Microbiol, DOI 10, 1007/s, 13213-011-0259-9 (2011).

7. س. حامدی، بررسی تأثیر سودوموناس‌های فلوئورسان بر رشد و عملکرد ارقام مختلف گندم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۸۴).

8. م.ح. رسولی صدقیانی، بررسی نقش فیتوسیدروفورها و سودوموناس‌های تولید کننده سیدروفور در تأمین آهن و روی موردنیاز ارقام گندم، پایان‌نامه دکتری، گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران- ایران (۱۳۸۴).

9. آ. باپیری، ارزیابی کارایی سویه‌های مختلف سودوموناس‌های فلوئورسان در افزایش حلالیت منابع کم محلول روی، پایان‌نامه دکتری، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات تهران)، تهران- ایران (۱۳۸۷).

10. N. Ighbal, N. Jamil, I. Ali, S. Hasnain, Effect of zinc-phosphate solubilizing bacterial isolates on growth of vigna radiata, Ann, Microbiol, 60 (2010) 243-248.

11. V.S. Saravanan, M. Madhaiyan, M. Thangaraju, Solubilization of zinc compounds by the diazotrophic plant growth promoting bacteria Gluconacetobacter diazotrophicus, Chemosphere, 66 (2007) 1794-1798.

12. O. Devevre, J. Garbaye, B. Botton, Release of complexing organic acids by rhizosphere fungi as a factor in norway spruce yellowing in acidic soil, Mycol, Res, 100 (1996) 1367-1374.

13. W.L. Lindsy, Chemical equilibria in soils, Jhon Wiley and Sons, New York (1979).

14. W.C. Li, Z.H. Ye, Wong M.H. metal mobilization and production of short-chain organic acids by rhizosphere bacteria associated with a Cd/Zn hyperaccumulating plant, sedum alfredii, Plant Soil, 326 (2010) 453-467.

Archive of SID

www.SID.ir