مجله علوم باغبانی ایران
دوره ۴۰، شماره ۴، ۱۳۸۸ (۵۱-۴۱)

سنگ‌های آپاتیت ایران در کشت زئوپونیک رز و بررسی امکان جایگزین کردن آنها با کودهای فسفاته

مصباح بابالار[۱]*، مریم ذوالفقاری[۲]، روح‌انگیز نادری[۳]، محمدعلی عسگری سرچشمه[۴] و حسین یزدانی[۵]
۱، ۲، ۳، ۴، ۵، استاد، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، مربی و کارشناس آزمایشگاه، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۲۳- تاریخ تصویب: ۸۷/۸/۱۵)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی امکان استفاده از سنگ‌های آپاتیت ایران در سیستم زئوپونیک و ارزشیابی این مواد به عنوان جایگزینی برای کودهای فسفاته در کشت رز گلخانه‌ای در طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۴ و در گلخانه‌های گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج به مرحله اجرا گذاشته شده است. در این تحقیق پنج بستر کشت شامل: M1 مخلوط وزنی از ۸۹٪ خاک زراعی + ۱۰٪ کلینوپتیلولیت + ۱٪ آپاتیت منطقه جیرود.M2 مخلوط وزنی از ۸۲٪ خاک زراعی + ۱۵٪ کلینوپتیلولیت + ۳٪ آپاتیت منطقه جیرود.M3 مخلوط وزنی از ۸۹٪ خاک زراعی + ۱۰٪ کلینوپتیلولیت + ۱٪ آپاتیت منطقه موندون.M4 مخلوط وزنی از ۸۲٪ خاک زراعی + ۱۵٪ کلینوپتیلولیت + ۳٪ آپاتیت منطقه موندون و M5 شامل خاک زراعی به تنهایی بود (شاهد). پنج محلول غذایی که سه محلول بر پایه محلول کوئیک و لسن و دو محلول دیگر با غلظت کم در حدود غلظت عصاره خاک بر پایه پیشنهاد هلر، برای تغذیه گیاهان بکار برده شد که عنصر فسفر در این محلول‌ها متغیر بود. رقم رز در این آزمایش Black Magic بود. نتایج تحقیق نشان داد با توجه به pH بسترها و محلول‌های غذایی و طول دوره‌ی کشت، جذب فسفر و سایر عناصر از خاک و بسترهایی که میزان سنگ آپاتیت کمتر داشته‌اند بیشتر و آسان‌تر صورت گرفته و رشد گیاهان در این بسترها بهتر بوده همچنین سنگ آپاتیت منطقه موندون نسبت به جیرود عملکرد بهتری داشته است.

واژه‌های کلیدی: آپاتیت، زئوپونیک، کلینوپتیلولیت، بستر کشت، محلول غذایی.

مقدمه

فسفر یکی از عناصر ضروری، پرمصرف گیاه و غیرقابل جایگزین در موجودات زنده است، که نیاز به آن به طور مداوم همراه با رشد جمعیت افزایش می‌یابد. اما یک خلاء وسیع بین میزان فسفر قابل تأمین از منابع طبیعی و تقاضای بخش صنعت و کشاورزی که به طور موازی افزایش می‌یابد، وجود دارد که به طور فزاینده‌ای به کاربرد کودهای فسفاتی در تولیدات کشاورزی بستگی دارد (Najafi, 2007). بزرگترین مخزن فسفر در جهان، سنگ‌ها و دیگر رسوبات مثل آپاتیت‌های اولیه[۱] و نیز کانی‌های اولیه‌ای است که درطول فرآیندهای زمین‌شناسی تشکیل شده‌اند (Alikhani, 2004). این کانی‌های فسفاته درون سنگ‌ها قرار دارند و خصوصیت اصلی آنها نامحلول بودن آنهاست، با این وجود کانی‌های مذکور بعنوان تنها و بزرگترین منبع فسفر به حساب می‌آیند، زیرا می‌توانند از طریق صنعتی و پس از طی

1. Primary Apatite

* نویسنده مسئول: مصباح بابالار تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۸۷۲۱ E-mail: mbabalar@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مراحل مختلف در کارخانه‌ها به انواع کودهای شیمیایی فسفره تبدیل شوند. بعلاوه این کانی‌ها در شرایط مناسب طبیعی نیز توسط گیاهان و ریزجانداران، انحلال یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرند (Alikhani, 2004). کمبود فسفر در گیاهان دومین مشکل عمده حاصلخیزی خاک در سراسر دنیاست (Allen et al., 1993). از نظر حاصلخیزی خاک در مورد فسفر سه مشکل وجود دارد: اولاً مقدار کل فسفر در خاک‌ها کم است، ثانیاً ترکیبات فسفر که عموماً در خاک‌ها یافت می‌شوند، عمدتاً برای گیاه قابل استفاده نیستند، که اغلب ناشی از حلالیت بسیار کم این ترکیبات است، ثالثاً وقتی کودهای شیمیایی فسفره به خاک‌ها اضافه می‌شوند، به شکل‌های غیر قابل جذب تبدیل می‌شوند و با گذشت زمان ترکیبات بسیار نامحلولی را تشکیل می‌دهند (Buckingham & Jasinski, 2004). سنگ فسفات بصورت تجاری با عنوان آپاتیت در دسترس است. هوازدگی و تخریب سنگ‌ها به تدریج فسفر را به صورت یونهای فسفر که در آب محلول هستند، آزاد می‌سازد (Helyar, 1998). فسفر از نظر شیمیایی عنصری فوق‌العاده واکنش پذیر است و در کلیه شکل‌های طبیعی خود بسیار ناپایدار و نامحلول است (Coïc & Lesaint, 1976).

در دنیای توسعه یافته امروز، برخی از کشورها به دلایل مختلف و عمدتاً به دلیل گرانی و بازدهی اندک مصرف کودهای شیمیایی فسفره، هم چنین دسترسی به منابع عظیم خاک فسفات، استفادهٔ مستقیم و فرآوری نشدهٔ خاک فسفات در اراضی کشاورزی را در دستور کارخود قرارداده اند. این منبع فسفر به جز در خاکهای اسیدی، دارای فسفر قابل جذب بسیار کمتری نسبت به کودهای شیمیایی است (Alikhani, 2004). منبع اصلی تولید کودهای فسفری، خاک فسفات (آپاتیت) است. ذخایر سنگ فسفات دنیا، حدود ۱۲۹۸۰۰۰ میلیون تن تخمین زده شده که متوسط فسفر آن حدود ۴/۴ درصد است. منابع سنگ فسفات ـ که فسفر آنها حدود ۱۲ درصد باشد ـ برای تولید کودهای فسفره اقتصادی می‌باشند. استفاده از سنگ فسفات با درصد فسفر پایین برای تولید کودهای فسفری، موجب افزایش قیمت این کودها در طی سال‌های آینده شده که این افزایش قیمت با تقاضای روز افزون برای این کودها در طی سال‌های آینده همراه خواهد شد. بنابراین افزایش قیمت همراه با تقاضای روزافزون برای کودهای فسفره، سبب شده است تا بررسی‌های زیادی در امکان مصرف مستقیم این ماده صورت گیرد (Besharati et al., 2004).

در حال حاضر در کشور ما سالیانه متجاوز از ۲/۵ میلیون تن کود شیمیایی مصرف می‌شود. قسمتی از کودهای مصرفی در داخل کشور تولید و بقیه آن از کشورهای خارجی وارد می‌شود. یکی از انواع کودهای وارداتی، کودهای فسفره است. میزان مصرف کودهای فسفره در کشور حدود ۶۵۰ هزار تن است که ۲۵۰ هزار تن آن در مجموعه پتروشیمی رازی تولید و بقیه یعنی حدود ۴۰۰ هزار تن از خارج وارد کشور می‌شود (Besharati et al., 2004). در بررسی‌های انجام شده از سال ۱۳۸۲-۱۳۷۹ مقدار متوسط ارز خارج شده برای خرید فسفر کنسانتره به طور سالیانه برابر ۱۲۷ میلیارد دلار می‌باشد. به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب در خاک فسفات، همچنین آهکی بودن اکثر خاک‌ها، وجود pH بالا، تنش خشکی، وجود بی کربنات فراوان در آب‌های آبیاری و کمبود مواد آلی در خاک‌های زراعی کشور، استفاده مستقیم از این ماده در خاک‌های آهکی رایج نمی‌باشد. اما نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که می‌توان با اعمال تدابیر و روش‌های علمی، قابلیت جذب فسفر در این ماده را افزایش داد و آن را جایگزین قسمتی از کودهای فسفره وارداتی کرد. با جایگزینی این کودها با کودهای فسفره وارداتی ضمن ایجاد اشتغال در کشور عامل صرفه‌جویی ارزی و خودکفایی نیز خواهد شد (Besharati et al., 2004).

سیستم کشت زئوپونیک از مواردی است که به ما اجازه استفاده مستقیم و فرآوری نشده سنگ‌های آپاتیت را در بستر کشت گیاهان می‌دهد. سیستم کشت گیاهی زئوپونیک به عنوان کاشت گیاهان در خاک‌های مصنوعی تعریف شده است که زئولیت‌ها از اجزای اصلی آن هستند. بسترهای زئوپونیک در شرکت ناسا[1]، به عنوان بستر رشد گیاهی برای استفاده در سیستم‌های احیای حیات برای سفرهای فضایی طولانی مدت در فضا،

1. National Aeronautics and Space Administration

Archive of SID

www.SID.ir

توسعه یافته است. اجزای اصلی بستر زئوپونیک، کلینوپتیلولیت[1] و هیدروکسی آپاتیت طبیعی[2] و یا سنتزی است (Mackay et al., 1984). اندیشه کلی استفاده از سیستم زئوپونیک این است که حلالیت پایینی که توسط آپاتیت نشان داده می‌شود، می‌تواند بوسیله جدا کردن یون کلسیم Ca^{2+}، بوسیله کلینوپتیلولیت، از طریق تبادل یونی مورد غلبه قرار گیرد. تعادل شیمیایی بین کلینوپتیلولیت، آپاتیت و آب بوسیله حلالیت آپاتیت که یون کلسیم و فسفات را به درون محلول آزاد می‌کند تحت تاثیر قرار خواهند گرفت. این واکنش می‌تواند به صورت زیربیان شود:

$$Ca_5(PO_4)_3OH + 3H_2O \leftrightarrows 5Ca^{2+} + 3HPO_4^{2-} + 4OH^-$$

واکنش فوق، طرحی ساده شده از حلالیت هیدروکسی آپاتیت را بیان می‌کند (Mackay et al., 1984).

گروه کلینوپتیلولیت به عنوان با ارزش‌ترین نوع زئولیت است. زئولیت یک کانی معدنی خنثی و غیرسمی با ساختار آلومینوسیلیکاتی که دارای بارهای منفی است (Johnstone & Sinclair, 1991) و بوسیله توانایی در جذب و دفع کاتیونی بدون تغییر اساسی در ساختارش مشخص شده است (Jasinski, 2000). ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) زئولیت حدود ۲۰۰-۱۰۰ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم است. ساختار زئولیت آن را در زمینه استفاده در تولید محصولات کشاورزی نسبت به روش هیدروپونیک مفید ساخته است (Faitfull, 2002). از ترکیب کلمه زئولیت با آپاتیت در کشت هیدروپونیک، واژه زئوپونیک ایجاد شده است (Mackay et al., 1984). Allen et al. (1993) نتیجه گرفتند که مخلوط کلینوپتیلولیت همراه با سنگ فسفات، حلالیت سنگ فسفات را افزایش داد. کلسیم در محلول پایین تر از حد بهینه برای رشد گیاه بود که به دلیل حذف یون کلسیم Ca^{2+} از محلول بوسیله جایگاه‌های تعویض یون در ساختمان کلینوپتیلولیت بود. Lai & Eberl (1986)، Cheworth et al. (1987) و Barbarik et al. (1990) افزایش در فسفات آزاد شده از سنگ‌های فسفات را از طریق افزودن کلینوپتیلولیت گزارش دادند. آزمایش‌های انجام شده با گیاه گندم پاکوتاه (*Triticum aestivum* L. C.V. Super Dwarf) که در بستر زئوپونیک رشد کرده بودند، نشان داد که یک ارتباط مثبت و مستقیم بین درصد مواد زئوپونیک در بستر و تولید ماده خشک در گیاه وجود دارد. اگرچه میزان تولید ماده خشک در بسترهای زئوپونیک پایین‌تر از میزان آن در گیاهان شاهد بود (Mackay et al., 1984). در بررسی اثر بسترهای زئوپونیک و سطوح مختلف محلول‌دهی بر عملکرد و کیفیت گل بنت‌القنسول نتایج نشان داد که بسترهای زئوپونیک عملکرد بهتری داشتند و محلول‌دهی معمول را ۵۰٪ و حتی بیشتر کاهش داد. آزمایش با گل‌های حنا، جعفری، بنفشه‌فرنگی، شمعدانی و اطلسی نیز نتایج مشابهی داشته است (Rajan et al., 1996).

در ایران علیرغم وجود منابع متعدد هنوز برنامه مشخصی جهت تولید این ماده حیاتی تدوین نشده و واحدهای تولیدکننده اسید فسفریک و کودهای فسفری بر پایه فسفات وارداتی طراحی و از سال‌ها پیش مورد بهره‌برداری قرار دارند. با توجه به اهمیت فسفات بعنوان شاخص توسعه کشاورزی و نیز نقش کشاورزی در استقلال اقتصادی و در نتیجه ثبات سیاسی و رفاه اجتماعی توجه بیشتر به منابع شناخته شده الزامی است. در نتیجه طراحی سیستم‌هایی که بتواند از سنگ‌های فسفات ایران استفاده کنند، می‌تواند گامی موثر در خودکفایی و کاهش خروج ارز از کشور باشد. به هر حال به منظور انجام ارزیابی‌های اولیه در خصوص امکان استفاده از سنگ‌های آپاتیت ایران، این تحقیق به مرحله اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

زمان کشت و رقم مورد استفاده

این تحقیق در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در گلخانه‌های گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه گیاه به عنوان واحد آزمایشی به اجرا

1. Clinoptilolite
2. Hydroxiapatite

Archive of SID

www.SID.ir

درآمد. ۵ سطح محلول غذایی به عنوان کرت اصلی و ۵ نوع بستر به عنوان کرت فرعی (جمعاً ۲۵ سطح) انتخاب شدند. تعداد ۲۲۵ قلمهٔ ریشه‌دار شده ۶ ماهه رز رقم "Black Magic" (Hybrid Tea Rose) با رنگ گل‌های قرمز تیره، خریداری و سپس با قارچ‌کش میشوکارپ ضد عفونی شد و درون گونی‌های مرطوب پیچیده و در سردخانه‌های گروه علوم باغبانی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ماه نگهداری شدند، تا نیاز سرمایی لازم را دریافت کنند و در زمان گلدهی دچار رکود نشوند. قلمه‌های ریشه‌دار در تاریخ ۸ دی ماه ۱۳۸۴ در گلدان‌هایی به قطر ۳۰cm و ارتفاع ۳۰cm در ۵ بستر کشت مختلف کاشته شدند. این بوته‌ها در فروردین ماه ۱۳۸۵ شروع به گلدهی کردند و گل‌های آنها بر حسب زمان باز شدن غنچه گل به اندازه موردنظر (به اندازه ۱/۲ که غنچه فنجانی شکل است) چیده و صفات مورد نظر بررسی و اندازه‌گیری و ثبت شد.

بسترهای کشت

در این تحقیق از پنج بستر کشت به شرح زیراستفاده شد:

M_1: مخلوط وزنی از ۸۹٪ خاک زراعی + ۱۰٪ کلینوپتیلولیت منطقه سمنان + ۱٪ آپاتیت منطقهٔ جیرود، کوه‌های البرز.

M_2: مخلوط وزنی از ۸۲٪ خاک زراعی + ۱۵٪ کلینوپتیلولیت منطقه سمنان +۳٪ آپاتیت منطقهٔ جیرود، کوه‌های البرز.

M_3: مخلوط وزنی از ۸۹٪ خاک زراعی + ۱۰٪ کلینوپتیلولیت منطقه سمنان + ۱٪ آپاتیت منطقهٔ موندن- شیخ هابیل، کوه‌های زاگرس.

M_4: مخلوط وزنی از ۸۲٪ خاک زراعی + ۱۵٪ کلینوپتیلولیت منطقه سمنان + ۳٪ آپاتیت منطقهٔ موندن - شیخ هابیل، کوه‌های زاگرس.

M_5: فقط خاک که به عنوان بستر شاهد در نظر گرفته شده است تا بدون حضور کلینوپتیلولیت وآپاتیت تاثیر این مواد را در بستر کشت بررسی نمود.

خاک زراعی از محوطهٔ گلخانه‌های گروه علوم باغبانی تهیه شد، کلینوپتیلولیت مورد نظر نیز به قطر یک میلی‌متر از شهرستان سمنان تهیه شد، سنگ‌های آپاتیت نیز نهایتاً به ابعاد یک میلی‌متر درآمد. بسترها در گلدان‌های پلاستیکی ریخته شد، مقدار بستر ریخته شده در گلدان‌ها حدود ۱۲ کیلوگرم بود.

محلول‌های غذایی

به منظور تسهیل مدیریت محلول رسانی از پمپ‌های مناسب استفاده شد که از تایمر الکتریکی و با زمان‌بندی مناسب محلول غذایی را به قطره‌چکان‌ها ارسال می‌کردند. در ابتدای دوره کشت محلول‌دهی با فواصل زمانی بیشتر و با رشد گیاهان و گرم شدن هوا، محلول‌دهی با فاصلهٔ زمانی کمتری صورت گرفت (هر ۲۴ ساعت یکبار به مدت ۱۵ دقیقه). pH محلول‌های غذایی نهایی با استفاده از اسید نیتریک در حد ۶/۵±۰/۳ تنظیم گردید. به منظور جلوگیری از تجمع نمک در بستر کاشت، عملیات آبشویی بسترها در مراحل مختلف رشد انجام شد (هر ۱۵ روز یکبار).

محلول‌های غذایی مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر بودند:

S1: محلول استاندارد کوئیک و لسن، بعنوان محلول شاهد (Coic & Lesaint, 1976) (جدول ۱).

S2: محلول یک دوم غلظت کوئیک و لسن (جدول ۲).

S3: محلول یک دوم غلظت کوئیک و لسن بدون عنصر فسفر (جدول ۳).

S4: محلول با غلظت مشابه عناصر محلول در عصاره خاک خوب زراعی (جدول ۴).

S5: محلول با غلظت مشابه عناصر محلول در عصاره خاک خوب زراعی بدون عنصر فسفر (جدول ۵).

مقدار عناصر کم مصرف در تمام محلول‌های بکار رفته یکسان بود (جدول ۶).

جدول ۱- محلول S1 (غلظت ـ میلی اکی والان گرم در لیتر)

S1	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	Total
K	۳/۸	۰/۶ ۰/۸			۵/۲
Na				۰/۲	۰/۲
Ca	۶/۲				۶/۲
Mg			۱/۵		۱/۵
NH_4	۲				۲
H		۰/۳ ۱/۶			۲
Total	۱۲	۳/۳	۱/۵	۰/۲	۱۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- محلول S2 (غلظت ـ میلی‌اکی والان گرم در لیتر)

s2	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	Total
K	۱/۹	۰/۳ ۰/۴			۲/۶
Na				۰/۱	۰/۱
Ca	۳/۱				۳/۱
Mg			۰/۷۵		۰/۷۵
NH_4	۱				۱
H		۰/۸ ۰/۱۵			۰/۹۵
Total	۶	۱/۶۵	۰/۷۵	۰/۱	۸/۵

جدول ۳- محلول S3 (غلظت ـ میلی اکی والان گرم در لیتر)

S3	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	Total
K	۲/۶				۲/۶
Na				۰/۱	۰/۱
Ca	۳/۸				۳/۸
Mg			۱		۱
NH_4	۱				۱
H					
Total	۷/۴		۱	۰/۱	۸/۵

جدول ۴- محلول S4 (غلظت ـ میلی اکی والان گرم در لیتر)

S4	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	Total
K	۱	۰/۲ ۰/۳	۰/۲۵		۱/۷۵
Na				۰/۱	۰/۱
Ca	۱/۵				۱/۵
Mg			۰/۷۵		۰/۷۵
NH_4					
H		۰/۱ ۰/۶			۰/۷
Total	۲/۵	۱/۲	۱	۰/۱	۴/۸

جدول ۵- محلول S5 (غلظت ـ میلی اکی والان گرم در لیتر)

S5	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	Total
K	۱/۵		۰/۲۵		۱/۷۵
Na				۰/۱	۰/۱
Ca	۲/۲				۲/۲
Mg			۰/۷۵		۰/۷۵
NH_4					
H					
Total	۳/۷		۱	۰/۱	۴/۸

جدول ۶- مقادیر عناصر کم مصرف

نمک عناصر کم مصرف	MG/LIT
H_3BO_3	۱/۵
$CuSO_4,5H_2O$	۰/۲۵
$ZnSO_4,7H_2O$	۱
$Mn\ SO_4$	۲
$(NH_4)_6Mo_7O_{24},4\ H_2O$	۰/۰۵
EDTA-Fe	۱۰

عملیات داشت

در این تحقیق ۵ بستر، ۵ محلول غذایی، ۳ تکرار و ۳ گلدان برای هر واحد آزمایشی و در مجموع ۲۲۵ گلدان که هر یک دارای یک گیاه بود مورد استفاده قرار گرفتند. این تعداد گلدان در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی، بر روی سکوهای گلخانه تنظیم شدند. محلول‌های غذایی به عنوان کرت اصلی و بسترهای کشت کرت فرعی در نظر گرفته شدند. در اوایل دوره کشت جهت تحریک رشد بوته‌ها، سرزنی یا به اصطلاح هرس سبز صورت گرفت و در سه ماهه اول کشت عمل حذف غنچه‌ها صورت گرفت و به گیاهان اجازه گلدهی داده نشد تا گیاهان رشد رویشی مناسبی را قبل از ورود به مرحله گلدهی داشته باشند. محدوده میانگین دمای گلخانه در روز ۲۵-۳۰ و در شب ۱۵-۱۸ درجه سانتی‌گراد و محدوده رطوبت گلخانه ۶۰-۸۰ درصد بود. سایر عملیات داشت نظیر مبارزه با آفات و بیماری‌ها نیز در حد امکان و بصورت مطلوب انجام گردید. این آزمایش در تاریخ ۲۵ خرداد ۱۳۸۵، پس از ۶ ماه پایان پذیرفت.

اندازه‌گیری صفات

۱. عملکرد: تعداد گل‌های برداشت شده از هر بوته در کل دوره کشت محاسبه گردید.

۲. ارتفاع بوته: از محل طوقه گیاه تا راس بوته با خط‌کش فلزی دقیق و با واحد سانتی‌متر اندازه‌گیری و بیان شد.

۳. تعداد ساقه: پس از اتمام دوره کشت، زمانی که بوته‌ها از خاک خارج شدند، تعداد ساقه‌های بوته که گل‌دهنده بودند، شمرده شدند.

۴. درصد ماده خشک اندام هوایی: از تفاضل وزن خشک و وزن تر بخش هوایی خشک شده در آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت، محاسبه گردید.

۵. تعداد برگ: تعداد برگ بر روی ساقه گل‌هایی که روزانه و با ارتفاع تقریباً یکسان برداشت می‌شدند، شمرده می‌شد.

۶. میزان فسفر برگ: با استفاده از روش خاکستر خشک (Dry-ashing) و عصاره‌گیری و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد) (Faitfull, 2002).

۷. میزان نیتروژن برگ: اندازه‌گیری با استفاده از روش کجلدال صورت گرفت (Faitfull, 2002).

Archive of SID

www.SID.ir

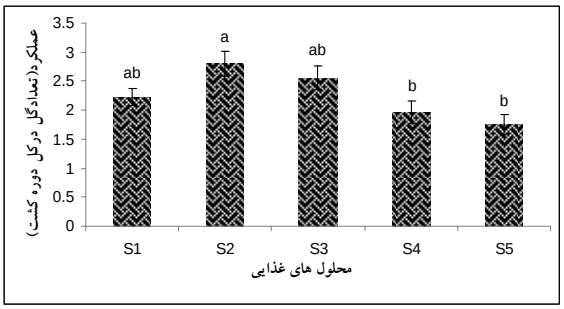
تجزیه آماری

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS MSTATC، مقایسه میانگین‌ها و رده‌بندی بر اساس آزمون دانکن و رسم نمودارها و جداول با نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج

عملکرد

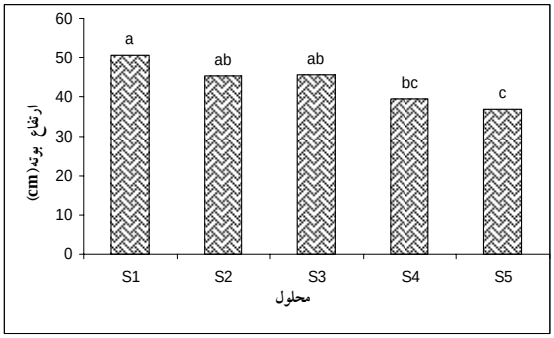
تعداد گل‌های برداشت شده از هر بوته مبنای مقایسه قرار گرفت. بسترهای کشت مختلف از نظر تعداد کل گل‌های برداشت شده تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. اما محلول‌های غذایی باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای متفاوت در تعداد گل برداشت شده از هر بوته شدند. بطوریکه محلول S_2 بالاترین عملکرد را ایجاد کرده، البته بین اثر این محلول و محلول‌های S_1، شاهد و محلول S_3 تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. محلول S_5 پایین‌ترین عملکرد را ایجاد کرده است و با محلول S_4 تفاوت معنی‌داری ندارد (شکل ۱).



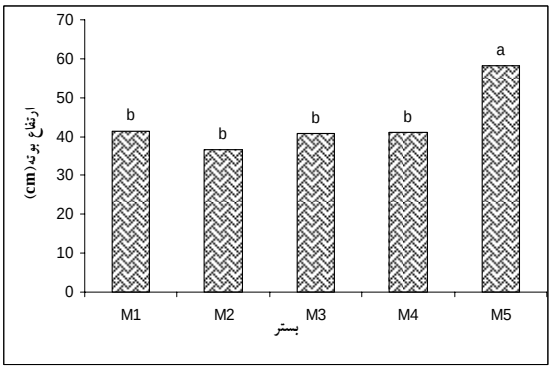
شکل ۱- اثر محلول‌های غذایی بر عملکرد گل‌ها

خصوصیات رشد گیاه

تیمارهای متفاوت محلول غذایی و همچنین بستر کشت بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌دار نشان داده‌اند. محلول S1 به عنوان محلول شاهد، بالاترین ارتفاع بوته و محلول S5 کمترین ارتفاع بوته را در مقایسه با سایر محلول‌ها ایجاد کرده‌اند (شکل ۲). در مقایسه بسترها بستر M5، شاهد، بالاترین ارتفاع بوته را ایجاد کرده و سایر بسترها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (شکل۳).

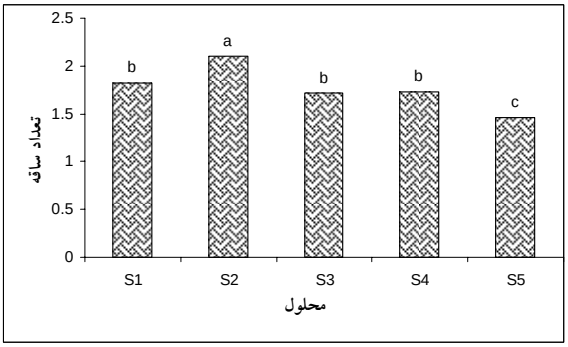


شکل ۲- اثر محلول‌های غذایی بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر)



شکل۳- اثر بستر بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر)

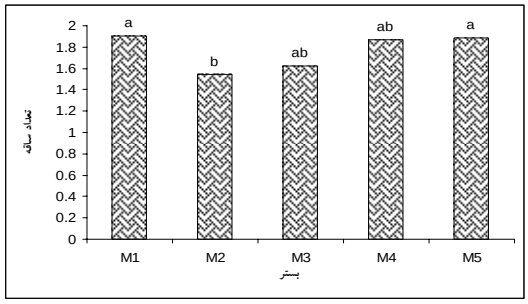
محلول‌های غذایی مختلف در تعداد ساقه‌های تولید شده توسط هر بوته تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اما بسترهای کشت بر تعداد ساقه‌ها معنی‌دار نبودند. محلول S2 بیشترین و محلول S5 کمترین تعداد ساقه را در هر بوته ایجاد کردند، سایر محلول‌ها اثر مشابهی داشته‌اند (شکل ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها در گروه‌بندی دانکن، بستر M5 و یا شاهد، بیشترین تعداد ساقه را ایجاد کرده، نتایج بستر M1 مشابه با بستر شاهد است و بستر M2 کمترین تعداد ساقه را داشته است (شکل ۵).



شکل۴- اثر محلول‌های غذایی بر تعداد ساقه

Archive of SID

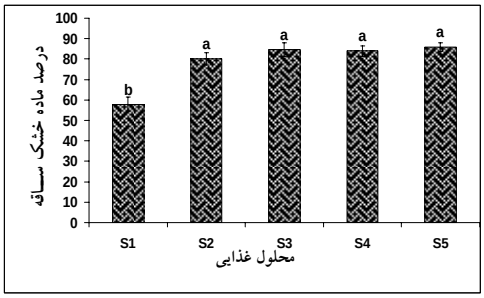
www.SID.ir



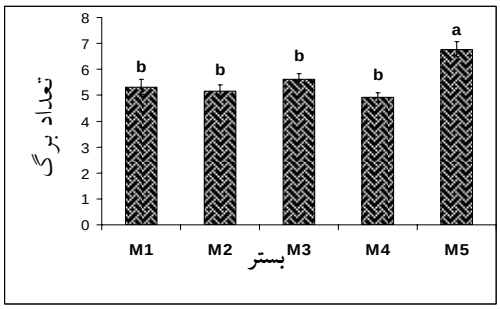
شکل ۵- اثر بسترهای کشت بر تعداد ساقه

تیمار محلول‌های غذایی بر درصد ماده خشک ساقه معنی‌دار شده است، اما بسترهای کشت متفاوت تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند. محلول S1، شاهد، کمترین درصد ماده خشک ساقه را ایجاد کرده است و سایر محلول‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان نمی‌دهند (شکل۶).

بسترهای کشت متفاوت تاثیر معنی‌داری بر تعداد برگ گل‌های چیده شده داشته‌اند. اما شاهد، بیشترین تعداد برگ مشاهده شده است، تاثیر سایر بسترها بر تعداد برگ چیده شده یکسان و کمتر از بستر شاهد بوده است (شکل۷).



شکل۶- اثر محلول‌های غذایی بر درصد ماده خشک ساقه

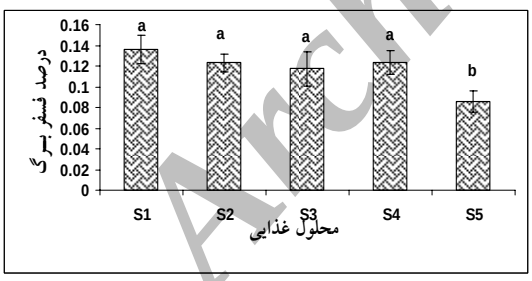


شکل۷- اثر بسترهای کشت بر تعداد برگ

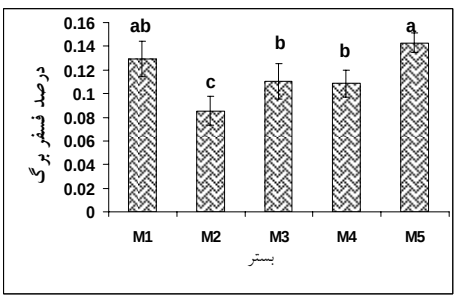
میزان عناصر برگ

میزان فسفر برگ در تیمارهای مختلف محلول غذایی و بستر کشت تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. بطوریکه محلول S1، شاهد، بیشترین و محلول S5 کمترین میزان فسفر را در برگ‌ها ایجاد کرده است، سایر محلول‌ها اثری مشابه با محلول شاهد دارند (شکل۸). در بین بسترها، بستر M_5، شاهد، بیشترین و M_2 کمترین میزان فسفر برگ را داشته‌اند. بستر M_1 نیز مشابه شاهد عمل کرده است (شکل ۹). اثر متقابل بین تیمارهای بستر کشت و محلول غذایی نیز بر میزان فسفر برگ تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. بستر M_1 همراه با محلول S_3 بالاترین و بستر M_2 همراه با محلول S_3، پایین‌ترین میزان فسفر برگ را سبب شده‌اند (شکل۱۰).

میزان نیتروژن برگ تحت تاثیر تیمار محلول‌های غذایی و بسترهای کشت تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. محلول S_1، شاهد، بیشترین و محلول S_5 پایین‌ترین میزان نیتروژن برگ را ایجاد کرده‌اند. سایر محلول‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (شکل۱۱). در مقایسه بین بسترها، بستر M5، شاهد، بیشترین میزان نیتروژن و بستر M2 پایین‌ترین میزان نیتروژن برگ را دارند، بسترهای M4, M3, M1 نیز اثری مشابه بستر شاهد داشته‌اند (شکل ۱۲).



شکل ۸- اثر محلول‌های غذایی بر میزان فسفر برگ (درصد)



شکل ۹- اثر بسترهای کشت بر میزان فسفر برگ (درصد)

Archive of SID

www.SID.ir

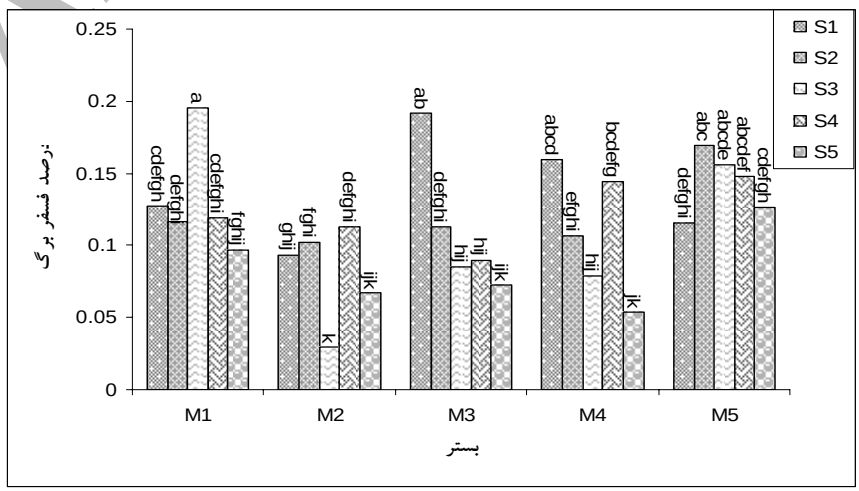
بحث

در مقایسه محلول‌های غذایی، محلول S5 در شاخص‌های رویشی اندازه‌گیری شده مثل عملکرد و تعداد ساقه، سبب کاهش این ویژگی‌ها شده است. در این محلول غلظت کل عناصر موجود در محلول پایین‌تر از سایر محلول‌هاست. در واقع می‌توان گفت غلظت کم محلول و نبود فسفر، ممکن است موجب کاهش رشد رویشی گیاهان رز شده باشد. از طرف دیگر عنصر فسفر از عناصر پرمصرف برای گیاه به شمار می‌آید، در رشد رویشی نقش به سزایی دارد، از آنجا که محلول S5 فاقد این عنصر است، رشد رویشی تحت تاثیر عدم حضور این عنصر کاهش نشان داده است. همچنین محلول S4، در اکثر شاخص‌های اندازه‌گیری شده مشابه محلول S5 عمل کرده و باعث کاهش این ویژگی‌ها شده است. اما محلول S2 سبب افزایش شاخص‌های رویشی شده و در مقایسه با سایر محلول‌ها، بهترین نتیجه را داشته است. در بعضی ویژگی‌ها محلول S1 و محلول S3، مشابه با محلول S2 عمل کرده و نتایج خوبی را داشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که محلول یک دوم کوئیک ولسن از نظر غلظت و میزان عناصر و نوع عناصر موجود در آن حالت نرمال‌تری نسبت به سایر محلول‌ها دارد.

در مقایسه اثر محلول‌های غذایی مختلف بر میزان عناصر موجود در برگ، محلول S1 بیشترین و محلول S5 کمترین میزان عناصر را ایجاد کرده‌اند. محلول غذایی S1 محلول کوئیک ولسن کامل است و در مقایسه با سایر محلول‌های بکار رفته میزان عناصر بالاتری دارد و مقدار نمک‌های موجود در آن بیشتر از سایر محلول‌هاست و بالاتر بودن میزان عناصر در برگ‌ها در اثر مصرف این محلول غذایی از محدوده استاندارد بالاتر نیست. همچنین میزان کم عناصر برگ که در تیمار محلول S5 مشاهده می‌شود به دلیل کم بودن غلظت این محلول و عدم حضور فسفر در آن است.

در بعضی موارد که نتایج متضاد و غیرقابل پیش‌بینی مشاهده شده است، مثلاً در بین محلول‌ها S1 و S3 که از نظر غلظت و حضور فسفر متفاوت هستند تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود و یا عدم حضور فسفر در محلول‌های مختلف در میزان فسفر برگ که تاثیر آن مشابه با محلول شاهد است و سایر موارد اینچنین را می‌توان به بهینه نبودن احتمالی سایر شرایط و عوامل موثر در تولید نسبت داد. بعبارت ساده‌تر تفاوت در روش تغذیه و ترکیب محلول غذایی در صورتی بروز خواهد کرد که سایر عوامل موثر در تولید (دما، نور، رطوبت، دی‌اکسیدکربن و ...) به صورت بسیار مناسبی کنترل شده و در حد مطلوبی تنظیم شوند. به علت عدم وجود امکانات فیزیکی مناسب (گلخانه مدرن) تامین دقیق چنین شرایطی عملاً در این تحقیق میسر نگردید. نتایج فوق لزوم انجام تحقیقات بیشتر با توجه به شرایط و عوامل مختلف را گوشزد می‌کند.

در مقایسه بین بسترهای مختلف بکار رفته در آزمایش، بستر M5 (شاهد) که شامل خاک زراعی به تنهایی است، در شاخص‌های رویشی اندازه‌گیری شده بهترین نتایج را داشته است. این گویای این است که

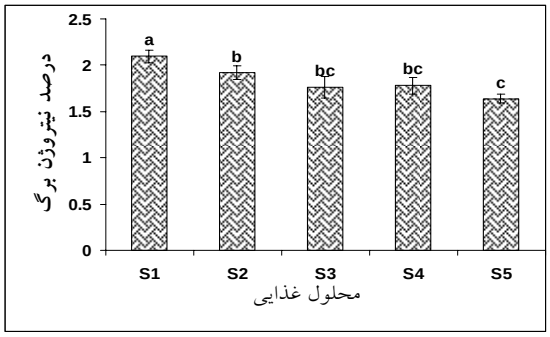


شکل ۱۰- اثر متقابل محلول غذایی و بستر کشت بر میزان فسفر برگ (درصد)

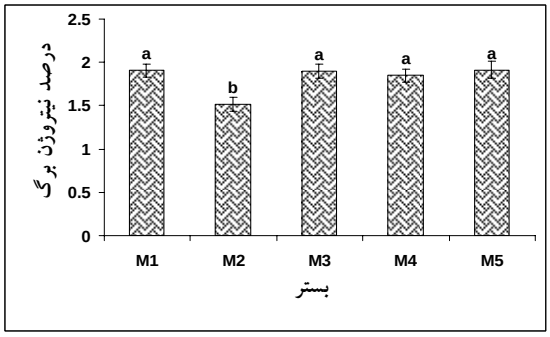
Archive of SID

www.SID.ir

محلول‌های غذایی که حاوی تمامی عناصر پرمصرف و کم مصرف باشند به خوبی می‌توانند کمبود خاک را جبران نمایند که این موضوع عادی می‌باشد. بستر M1 در بسیاری از شاخص‌های رویشی اندازه‌گیری شده نتایجی مشابه با بستر شاهد دارد. اما بستر M2، در مقایسه با سایر بسترها نتیجه مناسبی نداشته است. با توجه به یکسان بودن نوع سنگ آپاتیت در این بسترها و تفاوت در میزان آپاتیت بکار رفته به نظر می‌رسد که افزایش میزان آپاتیت در بستر کشت، نیاز به زمان بیشتری برای آزاد شدن دارد و در طی دوره‌های کوتاه رشد نمی‌تواند به اندازه کافی مناسب و مطلوب باشد. در این آزمایش بستر شاهد شامل خاک رسی- لومی با میزان ۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر کل قابل جذب بوده است و بوسیله محلول‌های غذایی تغذیه می‌شده، نتایج تجزیه عنصری بافت گیاه نشان می‌دهد که بستر شاهد، میزان فسفر بالاتری در مقایسه با سایر بسترها ایجاد کرده است، این نتیجه به این معناست که جذب فسفر توسط ریشه‌های گیاه از خاک نسبت به سایر منابع فسفر آسان‌تر و سریع‌تر بوده است (شکل ۹).



شکل ۱۱- اثر محلول غذایی بر میزان نیتروژن برگ (درصد)



شکل۱۲- اثر بسترهای کشت بر میزان نیتروژن برگ (درصد)

در بسترهایی که کلینوپتیلولیت بکار برده شده مقدار بالایی دارد، مثل بسترهای M2 و M4 در مقایسه با بسترهای M1 و M3، رشد گیاهان کمتر و همچنین میزان عناصر در بافت برگ پایین‌تر می‌باشد. به دلیل ظرفیت جذب سطحی بسیار بالایی که کلینوپتیلولیت دارد، می‌توان اینطور نتیجه گرفت که در شروع تحقیقات زئولیت به طور غیرمستقیم باعث کمبود عناصر و ممانعت از رشد گیاهان می‌شود. Bohme & Lua (1997) نتایج مشابهی را از کاربرد کلینوپتیلولیت در کشت گوجه‌فرنگی گزارش دادند.

میزان آپاتیت بکار رفته در بستر M2، از نظر مقدار مساوی با میزان آپاتیت بکار رفته در بستر M4 است و تفاوت بین دو بستر در منبع آپاتیت و عیار فسفر موجود در سنگ است. سنگ بکار رفته در بستر M4 متعلق به منطقه موندن (شیخ هابیل) با عیار متوسط فسفر ۲۲ درصد و سنگ بکار رفته در بستر M2 متعلق به منطقه جیرود با عیار متوسط ۱۰ درصد می‌باشد، نتایج آزمایش نشان می‌دهد که بستر M4 هم در شاخص‌های رویشی و هم در میزان عناصر برگ نتایج بهتری نسبت به بستر M2 داشته است. کم بودن میزان فسفر در سنگ‌های منطقه جیرود نسبت به منطقه موندن و یا عدم آزاد شدن فسفر به اندازه نیاز گیاه برای مصرف در طی دوره رشد و یا حتی حضور عناصر و مواد مزاحم و شاید سمی در سنگ‌ها باعث شده تا سنگ‌های منطقه جیرود نتوانند نتایج مطلوبی به ما بدهند. در این تحقیق pH محلول غذایی به میزان ۶/۵ ±۰/۳ تنظیم شده بود که pH مناسب برای آزادسازی و جذب فسفر می‌باشد. اما pH اجزای تشکیل‌دهنده بستر کشت حدود ۸ بود. این احتمال داده می‌شود که pH بالای بستر، فسفری را که از آپاتیت به درون محلول خاک آزاد شده بلوکه می‌کند و همچنین از انحلال بیشتر سنگ آپاتیت جلوگیری می‌کند. واکنش‌هایی که میزان فسفر در دسترس را کاهش می‌دهند، در همه دامنه pH خاک اتفاق می‌افتند اما در pHهای بالاتر از ۷/۳ و کمتر از ۵/۵ بسیار مشهود هستند (Busman et al., 2002).

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد سنگ‌های آپاتیت در بستر کشت در مقادیر پایین و در دوره‌های رشدی کوتاه، می‌تواند فسفر را برای گیاهان فراهم سازد

Archive of SID

www.SID.ir

و کارایی سنگ فسفات بستگی به عوامل مختلفی مثل دوره رشدی گیاه، گونه گیاه و pH بستر دارد. گونه‌های گیاهی در الگوی جذب و نیاز به فسفر، همانند توانایی‌شان برای جذب فسفر محلول خاک، متفاوت هستند (Baligar et al., 2001; Halford, 1997) و قبل از اینکه سنگ‌های فسفات به طور موثری شروع به فعال‌شدن کنند، یک تاخیر زمانی ممکن است وجود داشته باشد. این نتایج توسط Hedley & Bolan (2003) نیز گزارش شده است. به طور معمول حلالیت سنگ فسفات سبب افزایش در میزان فسفر قابل دسترس گیاه و منجر به بهبود جذب فسفر و عملکرد محصول می‌شود اما بسیاری از عوامل و اثر متقابل آنها کارآیی سنگ فسفات را کم و متاثر می‌سازد (Hedley & Bolan, 2003; Jasinski, 2000). بنابراین در این آزمایش نیز ممکن است حلالیت سنگ فسفات بوسیله عوامل محیطی مختلف و شرایط رشدی گیاه تحت تاثیر قرار گرفته باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به عنوان نتیجه کلی می‌توان گفت که، سنگ‌های آپاتیت می‌توانند در بسترهای زئوپونیک برای تامین فسفر مورد نیاز گیاهان مورد استفاده قرار گیرد، اما زمان و طول دوره کشت، گونه گیاهی، pH بستر و محلول، حلالیت سنگ‌های فسفات را متاثر می‌سازد. سنگ‌های آپاتیت حاوی فسفات بعنوان کودهای کند رها شناخته شده و بطور موفقیت‌آمیزی در کشاورزی پایدار، در بسیاری از کشورها جایگزین کودهای فسفری شده‌اند. استفاده مستقیم از سنگ فسفات یکی از راهکارهای اقتصادی در کشاورزی بعنوان جایگزینی مناسب برای کودهای بسیار گران قیمت سوپرفسفات است. تحقیقات بیشتری نیاز است تا اثر متقابل بین سنگ آپاتیت و ویژگی‌های بستر کشت برای دوره‌های کشت مختلف و گونه‌های گیاهی متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرد. در کل نتایج ثابت می‌کنند که؛ ویژگی‌های ذاتی و سنگ‌های فسفات، مهمترین عامل تعیین‌کننده ارزیابی پتانسیل کشاورزی آنهاست. با این حال نتایج حاصل از آزمایش نیازمند تعبیر محتاطانه می‌باشد. زیرا محققان تخمین زده‌اند که حداقل ۴۰ تکرار برای آزمایش نیاز است تا بتوان با احتمال ۹۰ درصد، تفاوت بین دو سنگ فسفات که در میزان فسفر قابل دسترس ۱۰ درصد تفاوت دارند، تشخیص داد (Jasinski, 2000).

سپاسگزاری

این تحقیق یکی از طرح‌های پژوهشی انجام شده در دانشگاه تهران است که با امکانات گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و با اعتبارات صندوق حمایت از پژوهشگران دانشگاه به اجرا درآمده است که بدینوسیله از معاونین محترم پژوهشی دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و مدیریت گروه علوم باغبانی و مسئولین صندوق حمایت از پژوهشگران کشور قدردانی می‌گردد. همچنین از همکاران وزارت صنایع و معادن برای در اختیار قرار دادن سنگ‌های آپاتیت و ژئولیت سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

1. Allen, E. R., Hossner, L. R., Ming, D. W. & Henninger, D. L. (1993). Solubility and cation- exchange in phosphate rock and saturated clinoptilolite mixtures. *Soil Science Society of America Journal*, 57 (5), 1368-1374.
2. Alikhani, H. A. (2004). Potential use of Native Rhizobia strains as plant Growh-promoting Rhizobacteria (PGPR) and effects of selected strains on growth characteristics of wheat, Corn and Alfalfa.
3. Baligar, V. C., Fageria, N. K. & Ze, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Comunications in Soil Science and Plant Analysis*, 32, 921-950.
4. Barbarick, K. A., Lai, T. M., Eberl, D. & Ebrel, D. (1990). Exchange fertilizer (Phosphate rock plus ammonium-zeolite) effects on sorghum sudangrass. *Soil Science Society of America Journal*, 54 (3), 911-916.
5. Besharati, H., Gholipoor, F., Malakooti, J. & Khavazi, K. (2004). A review and direct consumption of phosphate soil in alkaline soils. In: *optimum fertilizer consumption method for sustainability in Agricultural production*. Nashr Amoozesh Keshavarzi publisher (orderd by Soil & Water institute). pp:575. (In Farsi).
6. Böhme, M. & Lua, H. (1997). Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the

Archive of SID

www.SID.ir

growth of tomato palnts. *Acta Hortorticulturae Abstract. I.S. Growing Media and Plant Nutrition in Horticulture*.
7. Buckingham, D. A. & Jasinski, S. M. (2004). *Phosphate rock statistics*. Mineral Resources of the United States and Mineral Yearbook.
8. Busman, L., John Lamb, G., Randall, G., Rehm, & Schmitt, M. (2002). *The nature of Phosphorous in soils*. Extention Service.
9. Cheworth, W., Van Straaten, P., Smith, P. & Sandra, S. (1987). *Applied Clay Science.*
10. Coïc, Y., et, & Lesaint, C. (1976). *Influence de la modalité de deficience en phosphore sur. lequilibre photosynthese protidosynthese*. Academic dagriculture de France pp 1251-1256.
11. Ebrahymzadeh, H. (1994). *Plant Physiology*. Mineral Nutrition. (In Farsi).
12. Faitfull, N. T. (2002). *Methods in Agricultural Chemical Analysis (A Practical Handbook).* CABI Publishing.
13. Halford, I. C. R. (1997). Soil phosphorouse, it's measurement and it's uptake by palnt. *Australian Journal of Soil Research*, 35, 227-239.
14. Harland, J., Lane, S. & Price, D. (1999). Further expeiment with recycled Zeolite as a substarate for the sweet pepper crop. *Acta. Hort. 481. Abstract. I.S. Growing Media and Hydroponics*.
15. Helyar, K. R. (1998). Efficiency of nutreint utilization and sustaining soil fertility with particular reference to phosphorus. *Field Crops Resources*, 56, 187-195.
16. Hedley, M. J. & Bolan, N. S. (2003). Key outputs from reactive phosphate rock research in New Zealand. In S.S.S. Rajan & S.H. Chien, (Eds.). Direct application of phosphate rock and related technology: latest developments and practical experiences. In: Proceedins of *Int. Meeting, Kuala Lumpur*, 16-20 July 2001. Muscle Shoals, USA, IFDC. 441pp.
17. Jasinski, S. M. (2000). *Drillbits and Tailing*. 5(2).
18. Johnstone, P. D. & Sinclair, A. G. (1991). Replication requirements in field experiments for comparing phosphate fertilizers. *Fert Research*, 29, 329-333.
19. Lai, T. M. & Eberl, D. D. (1986). *Zeolites*. P. 129.
20. Mackay, A. D., Syers, J. K. & Gregg, P. E. H. (1984). Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock materials. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, 27, 219-230.
21. Najafi. N. (2007). *Effect of Rhizosphere of Rice on the inorganic phosphorus fractions in paddy soils of North of Iran*. Retrived from: www. Civilica.com. (In Farsi).
22. Rajan, S. S. S., Watkinson, J. H. & Sinclair, A. G. (1996). Phosphate rock for direct application to soils. *Advanced Agronomy*, 57, 77-159.

Archive of SID

www.SID.ir