مجله علوم باغبانی ایران
دوره ۴۲، شماره ۱، ۱۳۹۰ (۵۲-۴۱)

تأثیر تغذیه فسفری از منابع مختلف آپاتیت‌های ایران در دوره‌های طولانی کشت بر ویژگی‌های غنچه گل رُز (*Rosa* L. *hybrids* var. Black magic) در کشت زئوپونیک

فروزان صالحی[1]*، محسن کافی[2]، مصباح بابالار[3] و احمد احمدی[4]
۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و مربی
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۱۶ - تاریخ تصویب: ۸۸/۱۰/۴)

چکیده

عنصر فسفر پدیده تشکیل گل را در گیاه تحریک کرده و به تشکیل دانه کمک می‌کند، اما فاصله‌ای زیاد بین میزان فسفر قابل تأمین از منابع طبیعی و تقاضای بخش صنعت و کشاورزی وجود دارد. به منظور ارزیابی اثر تغذیه فسفری طی زمان از آپاتیت‌های مناطق ایران بر خصوصیات گل رُز رقم بلک مجیک (Black magic) در کشت زئوپونیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار صورت گرفت. اثر ۸ نوع بستر کشت با درصدهای مختلفی از آپاتیت، زئولیت، پرلیت و خاک زراعی به همراه ۵ نوع محلول غذایی با غلظت‌های مختلف (۳ نوع محلول غذایی کوئیک و همکاران (۱۹۷۵) و ۲ نوع محلول غذایی مشابه غلظت خاک مناسب) بررسی گردید. بسترهای کشت حدود یک سال قبل تهیه شده و برای آزمایشی مشابه مورد استفاده قرار گرفته بودند. در این مطالعه میزان فسفر برگ و شاخص‌های گلدهی مانند قطر دمگل، قطر غنچه، طول غنچه و تعداد غنچه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اکثر بسترهای کشت و تمامی محلول‌های غذایی، اثر معنی‌داری بر این شاخص‌ها دارند. در تمام فاکتورهای اندازه‌گیری شده محلول غذایی کوئیک و همکاران (به عنوان شاهد) مناسب‌ترین محلول بوده که با محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران تفاوت معنی‌داری نداشت. بستر کشت حاوی ۱ درصد آپاتیت منطقه دلیر با میانگین فسفر برگ ۰/۶ درصد (در ماده خشک)، نسبت به سایر بسترها نتایج بهتری ایجاد کرد هرچند در اکثر شاخص‌های اندازه‌گیری شده با بقیه بسترها به جز بستر حاوی آپاتیت منطقه موندن و فاقد خاک زراعی با میانگین فسفر برگ ۰/۴۸ درصد (در ماده خشک)، تفاوت معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، فسفر، محلول غذایی، بستر کشت.

مقدمه

فسفر از عناصر ضروری و غیرقابل جایگزین در موجودات زنده است که نیاز به آن به طور مداوم همراه با رشد جمعیت، افزایش می‌یابد (Nadjafi, 2006). همچنین یک بخش ضروری از ساختمان آدنوزین تری فسفات[1] در سلول‌های زنده است. آدنوزین تری فسفات به عنوان ناقل انرژی عمل می‌کند و از طریق فرایندهای فتوسنتز و تنفس، تولید می‌شود. همچنین فسفر یک

1. Adenosin Tri Phosphate (ATP)

* نویسنده مسئول: فروزان صالحی تلفن: ۰۹۱۸-۸۶۱۱۱۹۷ E-mail: foroozan.salehi@gmail.com

بخش ضروری از ساختمان دزوکسی ریبونوکلئیک اسید (دی.ان.آ)[1] و ریبونوکلئیک اسید (آر.آن.آ)[2] است. فسفولیپیدهای موجود در غشای سلولی، گروه مهم دیگری از ترکیبات فسفری هستند. عنصر فسفر، پدیده تشکیل گل را تحریک کرده و به تشکیل دانه کمک می‌کند. همچنین فسفر نقش اساسی در متابولیسم گیاه، فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، ذخیره انرژی و نقل و انتقال ترکیبات فتوسنتزی دارد. در شرایط طبیعی، فسفر به صورت فسفات در ساختمان ترکیبات معدنی (آپاتیت) و آلی (بقایای جانوران و گیاهان) خاک وجود دارد (Ebrahim-Zadeh, 1994). فسفات‌های معدنی بیش از ۲۰۰ نوع کانی را شامل می‌شوند که فراوان‌ترین آنها متعلق به خانواده آپاتیت می‌باشد. فرم‌های معدنی فسفر در خاک به صورت کانی‌های اولیه‌ای همچون آپاتیت، هیدروکسی آپاتیت و اکسی‌آپاتیت می‌باشد. اغلب این کانی‌ها درون سنگ‌ها قرار دارند. معذلک کانی‌های مذکور به عنوان تنها و بزرگترین منبع فسفر به حساب می‌آیند زیرا می‌توانند از طریق صنعتی و پس از طی مراحل مختلف کارخانجات کود شیمیایی به انواع کود شیمیایی فسفره تبدیل شوند (Alikhani, 2003). از ترکیب زئولیت با آپاتیت در کشت هیدروپونیک واژه زئوپونیک ایجاد شده است (Beiersdorfer et al., 2003). زئولیت‌ها مواد معدنی کریستالی، آلومینوسیلیکات‌های هیدراته هستند که دارای ظرفیت تبادل کاتیونی[3] و تخلخل بالا، حفظ رطوبت مطلوب و ساختار سخت هستند که آنها را بهترین بستر رشد گیاهی ساخته است. زئولیت‌ها عناصر مورد نیاز گیاه را در یک رژیم تعادلی مناسب به صورت کند آزاد می‌نمایند (Andrews & Murphy, 1999). سیستم کشت گیاهی زئوپونیک به عنوان کاشت گیاهان در خاک‌های مصنوعی تعریف شده است که زئولیت از اجزای اصلی آنهاست (Allen & Ming, 1995). بستر کشت مصنوعی متشکل از زئولیت و فسفات معدنی می‌تواند به عنوان یک سیستم کودی قابل تجدید عمل کند تا عناصر مورد نیاز رشد گیاه را فراهم نماید. علاوه بر این طبیعت کندرها نمودن بسترهای زئوپونیک می‌تواند آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را که ناشی از آبشویی کودهای با حلالیت بالا می‌باشد، کاهش دهد (Beiersdorfer et al., 2003). در دنیای توسعه‌یافته امروز برخی کشورها به دلایل مختلف و عمدتاً به دلیل گرانی و بازدهی اندک کود شیمیایی فسفاته و دسترسی به منابع عظیم خاک فسفات استفاده مستقیم و فرآوری نشده خاک فسفات در اراضی کشاورزی را در دستور کار خود قرار داده‌اند (Alikhani, 2003). ایران نیز از کشورهایی است که دارای منابع عظیم سنگ فسفات است با بررسی‌های انجام شده میزان ذخیره سنگ فسفات در ایران ۶۴۵ میلیون تن تخمین زده می‌شود. باتوجه به اینکه ایران مشکلی از نظر منابع ندارد طراحی سیستم‌هایی که بتواند از سنگ‌های فسفات ایران استفاده کند می‌تواند گامی مؤثر در خودکفایی و کاهش خروج ارز از کشور باشد (Borna et al., 2004).

ورد (رُز) یکی از مشهورترین گل‌های دنیاست. عموماً به عنوان گل بریده، گلدانی یا در باغچه‌ها کشت می‌شود. گیاهان معدودی مانند رُز هستند که می‌توانند کمبود عناصر را سریع بیان کنند و خیلی کند به حالت رشد طبیعی بر می‌گردند؛ از این رو برای داشتن تولید پایدار این گل، داشتن بستر مناسب برای رشد گیاه از نیازهای ضروری است (Wilkins & Dole, 1999).

Gruener et al. (2007) در بررسی باروری گیاه و خصوصیات بستر زئوپونیک بعد از سه دوره متوالی (۶۲ روز) محصول‌دهی تربچه[4]، تمایل به افزایش در عملکرد محصول تربچه را ثابت کردند. همچنین داده‌های مربوط به آزمایش‌های دیگر (برای مثال آزمایش‌های زئوپونیک گندم، ۲۷۲ روز) و توانمندی آزاد نمودن طولانی مدت عناصر غذایی بستر زئوپونیک را تأیید نمودند.

Pickering et al. (2002) در یک مطالعه گلخانه‌ای بر روی گل‌های آفتابگردان، ترکیب حجمی زئولیت معادن استرالیا/ سنگ فسفات را به عنوان کود دارای خاصیت تبادلی در نسبت‌های ۳/۵:۱ و ۷:۱ مورد استفاده قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سیستم زئولیت/ سنگ فسفات مزایای قابل توجهی از آزاد شدن فسفر در

1. Deoxy ribo Nucleic Acid (DNA)
2. Ribo Nucleic Acid (RNA)
3. Cation Echange Capacity (CEC)
4. *Raphanus sativus* L.

پاسخ به نیاز گیاه را نشان می‌دهد و در حالت‌هایی که کند رها شدن عناصر مورد نیاز است، کاربرد دارد. این سیستم به ویژه در حالتی که غلظت کم فسفر باید در کشت‌های گلدانی ایجاد شود مناسب خواهد بود.

هدف از این تحقیق، ارزیابی استفاده از آپاتیت‌های معادن ایران به عنوان جایگزین کود فسفاته برای گیاهان می‌باشد. همچنین با انجام این پژوهش طی چندین دوره می‌توان زئولیت و آپاتیت را به عنوان کود کند رها مورد مطالعه قرار داد. چرا که آپاتیت، فسفر موجود در ساختار خود را به صورت تدریجی آزاد می‌کند. همچنین به دلیل حضور زئولیت در بستر کشت و خاصیت جذب کاتیونی بالای آن ممکن است بعضی از عناصر آزادشده از آپاتیت در ساختمان آن جذب شده و در دوره‌های کوتاه کشت فرصت آزاد شدن و جذب توسط گیاه را نداشته باشد. به طور خلاصه می‌توان بیان کرد هدف از این تحقیق، تعیین میزان ارزش سنگ‌های فسفات ایران و استفاده مستقیم از آنها در بخش کشاورزی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۸۷-۸۶ در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران صورت پذیرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. بستر کشت به عنوان فاکتور اول و محلول‌های غذایی فاکتور دوم بودند. برای هر تکرار ۳ واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. بسترهای کشت که حدود یک سال قبل تهیه شده و شامل مخلوطی از خاک زراعی، پرلیت، زئولیت و آپاتیت بود، در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. قبلاً برای تهیه بسترهای کشت از زئولیت نوع کلینوپتیلولیت شهرستان سمنان و از آپاتیت کوه‌های البرز و زاگرس استفاده شده بود که به ابعاد تقریبی ۱- ۰/۵ میلی‌متر درآمده بودند. سه نوع سنگ آپاتیت مورد بررسی قرار گرفت: سنگ کوه‌های زاگرس (منطقه موندن ـ شیخ هابیل) زردرنگ و با عیار فسفات ۲۵/۹۸ درصد و سنگ کوه‌های البرز (منطقهٔ جیرود و دلیر) که به رنگ سیاه و خاکستری و به ترتیب با عیار فسفات ۲۴/۳ و ۱۱/۵ درصد بودند. برای بررسی میزان آزاد شدن فسفر این سنگ‌ها در بستر کشت و جذب آن توسط گیاهان، از هر کدام از آنها در دو سطح ۱ درصد و ۳ درصد استفاده شد. خاک زراعی نیز از محوطهٔ گلخانه‌های گروه باغبانی تهیه شده بود. ۸ تیمار به شرح زیر برای بسترهای کشت در نظر گرفته شد (نسبت‌ها بر حسب درصد بیان شده است):

- بستر AP1- ۸۹:۱۰:۱ (آپاتیت سیاه رنگ منطقهٔ جیرود کوه‌های البرز: زئولیت: خاک زراعی + پرلیت)
- بستر AP2- ۸۲:۱۵:۳ (آپاتیت سیاه رنگ منطقهٔ جیرود کوه‌های البرز: زئولیت: خاک زراعی+پرلیت)
- بستر A'P'1- ۸۹:۱۰:۱ (آپاتیت کرم‌رنگ و یا زردرنگ منطقهٔ موندن کوه‌های زاگرس: زئولیت: خاک زراعی+ پرلیت)
- بستر A'P'2- ۸۲:۱۵:۳ (آپاتیت کرم رنگ و یا زردرنگ منطقهٔ موندن کوه‌های زاگرس: زئولیت: خاک زراعی+ پرلیت)
- بستر A"P"1- ۸۹:۱۰:۱ (آپاتیت خاکستری رنگ منطقه دلیر کوه‌های البرز: زئولیت: خاک زراعی + پرلیت)
- بستر A"P"2- ۸۲:۱۵:۳ (آپاتیت خاکستری رنگ منطقه دلیر کوه‌های البرز: زئولیت: خاک زراعی+ پرلیت)
- بستر APZ- ۸۴:۱۳:۳ (آپاتیت کرم رنگ و یا زردرنگ منطقه موندن کوه‌های زاگرس: زئولیت: پرلیت)
- بستر APO- خاک زراعی (شاهد).

پس از تهیه مخلوط نهایی، این مخلوط در گلدان‌هایی به ابعاد ۳۰ سانتی‌متر قطر دهانه و ۳۰ سانتیمتر ارتفاع ریخته شده بود. برای آماده‌سازی مجدد بسترها این مخلوط‌ها که از قبل تهیه شده بودند از گلدان‌ها خارج شده و پس از نرم و الک کردن و ضدعفونی، مجدداً به همان گلدان‌ها بازگردانده شدند.

۵ نوع محلول غذایی شامل (a1) محلول غذایی کوئیک و همکاران (Coïc & Lesaint, 1975) به عنوان شاهد، (a2) محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران (Coïc & Lesaint, 1975)، (a3) محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر، (a4) محلول غذایی مشابه عصاره غلظت خاک مناسب (Zolfaghari et al., 2006)، (a5) محلول غذایی مشابه عصاره غلظت خاک مناسب بدون عنصر فسفر (Zolfaghari et al., 2006) مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه محلول‌های غذایی ابتدا سه نوع محلول ساخته شد: ۱) محلول پایه عناصر پرمصرف، ۲) محلول پایه عناصر کم‌مصرف، ۳) محلول پایه آهن. برای تهیه محلول پایه عناصر پرمصرف از هر کدام از نمک‌ها، محلول‌های غذایی با غلظت ۱۰۰۰ برابر ساخته و در زمان ساختن محلول نهایی، به ازای هر یک لیتر یک میلی‌لیتر از محلول‌های پایه مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه محلول‌های پایه عناصر کم‌مصرف عناصر میکرو به غیر از آهن همگی با غلظت ۱۰۰۰ برابر تهیه و در زمان ساخت محلول نهایی به ازای هر لیتر ۱ میلی‌لیتر از محلول‌های پایه استفاده شد. یعنی محلول پایه در زمان تهیه محلول نهایی هزار برابر رقیق شد. برای تهیه محلول پایه آهن، ۱۰ گرم از سکسترون آهن در آب مقطر حل و به حجم یک لیتر رسانیده شد که این حجم برای ۱۰۰۰ لیتر محلول نهایی بود. سطح pH محلول‌ها ۰/۱± ۶/۵ تنظیم شد و EC در حد نرمال نگهداری شد. برای محلول‌رسانی به بوته‌ها از بشکه‌های ۱۶۰ لیتری که قبلاً ضدعفونی شده و تا حجم مورد نظر به دقت کالیبره شده بودند به تعداد ۵ عدد استفاده شد. گلدان‌ها روی سکوها طوری قرار گرفتند که هر محلول غذایی بتواند تمام تیمارهای بستر کشت را تغذیه کند. برای تخمین میزان محلول‌دهی به هر گلدان در روش دستی از هر نوع بستر یک گلدان انتخاب شد و تا اندازه‌ای به آن محلول داده شد که مقدار کمی از محلول از گلدان خارج شود و بدین ترتیب میزان محلول مورد نیاز برای هر بستر به طور تقریبی مشخص گردید. به طور تقریب در هر آبیاری مقدار محلول‌دهی برای هر گلدان حدود ۱ لیتر بود.

قلمه‌های رُز رقم بلیک مجیک[1] ریشه‌دار شده، بعد از ضدعفونی و هرس مختصر ریشه و شاخه در تاریخ ۱۹ آذر ۱۳۸۶ کاشته شدند و در ۲۰ خردادماه ۱۳۸۷ آزمایش به اتمام رسید. بوته‌ها حدود ۱۵ روز با آب بدون محلول غذایی آبیاری شدند تا با محیط سازگار شوند و استقرار یابند. سپس محلول‌دهی با روش دستی بسته به شرایط دمایی آغاز شد به طوری که در اوایل دوره کشت به دلیل سرعت پایین رشد و دمای پایین هوا، فاصله محلول‌دهی بیشتر و حدود ۳ بار در هفته انجام می‌شد. با گذشت زمان و رشد بیشتر بوته‌ها و گرم شدن هوا (در اواسط و اواخر دوره رشد) محلول‌دهی با فاصله زمانی کمتر حدود یک روز در میان انجام می‌گرفت. در مراحل ابتدایی رشد که بوته‌ها گلدهی را آغاز کردند غنچه‌هایشان حذف شد. این کار برای افزایش قدرت گیاه صورت گرفت و از اوایل اسفندماه به گیاهان اجازه گلدهی داده شد. در طول دوره رشد و در صورت نیاز، برای کنترل آفات و بیماری‌های بوته‌ها از دیازینون، میشوکارپ و بنومیل استفاده شد. زمانی که غنچه‌ها به اندازه ۱/۲ (فنجانی‌شکل) باز شدند برداشت آغاز می‌شد و شاخص‌های کمی آنها شامل قطر دمگل، طول غنچه و قطر غنچه، با خط‌کش دقیق و کولیس ورنیه اندازه‌گیری و تعداد غنچه شمارش می‌گردید. برای اندازه‌گیری فسفر، نمونه‌های برگ در اواخر دوره جمع‌آوری و در حرارت ۷۲°C به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و آسیاب شد و از این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری عناصر استفاده شد (Allen, 1989). ابتدا وزن مشخصی از هر نمونه (یک گرم) درون بوته چینی ریخته و در حرارت ۸۰۰°C در کوره خاکستر شدند و با اسید کلریدریک ۱ نرمال بر روی حمام بخار هضم شدند، نمونه‌ها با عبور از کاغذ صافی واتمن صاف شدند و سپس تا حجم مشخصی (۱۰۰cc) با آب مقطر دو بار تقطیر، رقیق شدند (Faitfull, 2002). اندازه‌گیری فسفر از این عصاره که با روش هضم اسیدی به دست آمده بود با استفاده از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری انجام شد (Emami, 1996).

آنالیز داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد صورت گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

محلول غذایی

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) تأثیر تیمار محلول غذایی بر قطر دمگل و قطر غنچه معنی‌دار شده است. بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد محلول‌های غذایی کوئیک و همکاران به عنوان شاهد

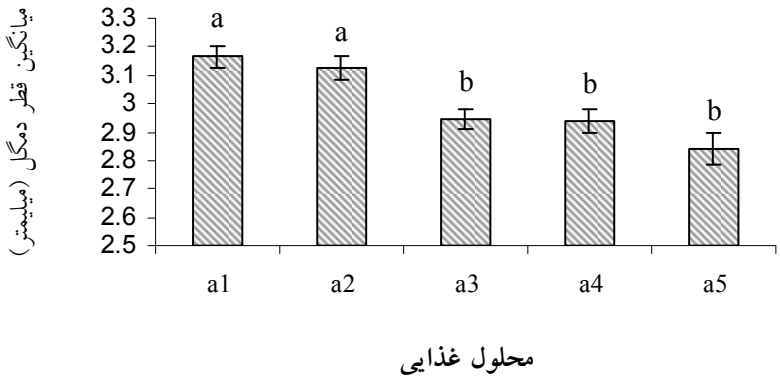
1. Black magic

(a1) و محلول یک دوم کوئیک و همکاران (a2) بیشترین قطر دمگل (با میانگین‌های به ترتیب ۳/۱۶ میلی‌متر و ۳/۱۲ میلی‌متر) و قطر غنچه (با میانگین‌های به ترتیب ۲۴/۱ میلی‌متر و ۲۳/۶ میلی‌متر) را ایجاد کرده‌اند و محلول‌های یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر (a3)، محلول غذایی مشابه غلظت خاک (a4) و محلول غذایی مشابه غلظت خاک بدون عنصر فسفر (a5)، بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر کمترین قطر دمگل و قطر غنچه را ایجاد کرده‌اند (شکل‌های ۱ و ۲).

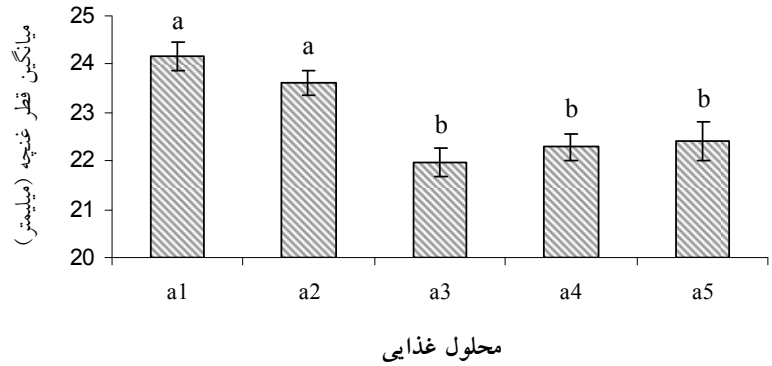
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱) نشان می‌دهد تأثیر تیمار محلول غذایی بر طول غنچه معنی‌دار شده است به طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد محلول‌های غذایی کوئیک و همکاران به عنوان شاهد و یک دوم کوئیک و همکاران، بالاترین طول غنچه را ایجاد کرده‌اند (با میانگین‌های به ترتیب ۳۳/۴۸ میلی‌متر و ۳۳/۱۲ میلی‌متر) درحالی که اختلاف معنی‌داری با هم و

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر بسترهای کشت و محلول‌های غذایی بر قطر دمگل، قطر غنچه، طول غنچه، تعداد غنچه

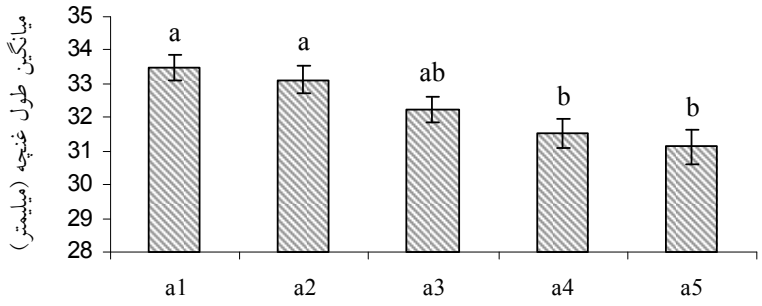
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		قطر دمگل	قطر غنچه	طول غنچه	تعداد غنچه
بستر	۷	۰/۴۵*	۱۳/۰۹^{ns}	۱۶/۶۳^{ns}	۰/۰۰۸۴**
محلول غذایی	۴	۱/۳۴**	۶۴/۴۱**	۷۲/۹۹**	۰/۰۱۱۲**
بستر * محلول غذایی	۲۸	۰/۱۴^{ns}	۱۰/۰۴^{ns}	۱۴/۴۹^{ns}	۰/۰۰۲۷^{ns}
خطا	۸۰	۰/۱۷	۸/۸۳	۱۶/۵۶	۰/۰۰۲۱
خطای نمونه برداری	۲۴۰	۰/۱۰	۵/۶۰	۱۲/۰۵	۰/۰۰۲۱
CV		۱۱/۰۴	۱۰/۳۴	۱۰/۷۴	۱۳/۵۹



شکل ۱- اثر محلول غذایی بر قطر دمگل گل رُز رقم Black magic



شکل ۲- اثر محلول غذایی بر قطر غنچه گل رُز رقم Black magic



شکل ۳- اثر محلول غذایی بر طول غنچه گل رُز رقم Black magic

با محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر ندارند و محلول‌های غذایی مشابه غلظت خاک و مشابه غلظت خاک بدون عنصر فسفر نیز پایین‌ترین طول غنچه را ایجاد کرده‌اند در حالی که اختلاف معنی‌داری با هم و با محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر ندارند (شکل۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد تأثیر تیمار محلول غذایی بر تعداد غنچه معنی‌دار شده است. بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول غذایی کوئیک و همکاران به عنوان شاهد، بالاترین تعداد غنچه را ایجاد کرده (با میانگین ۱/۳ به ازای هر گیاه) در حالی که با محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر اختلاف معنی‌داری ندارد و محلول غذایی مشابه غلظت خاک بدون عنصر فسفر پایین‌ترین تعداد غنچه (با میانگین ۱/۱۲ به ازای هر گیاه) را ایجاد کرده است درحالی که با محلول‌های غذایی یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر و محلول مشابه غلظت خاک مناسب، اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۴).

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول۲) اثر تیمار محلول غذایی بر میزان فسفر برگ معنی‌دار نشده است. براساس مقایسه میانگین‌ها، محلول غذایی کوئیک و همکاران به عنوان شاهد، بالاترین میزان فسفر و محلول غذایی a5 (مشابه غلظت خاک مناسب بدون عنصر فسفر) کمترین میزان فسفر را ایجاد کرده است. سایر محلول‌های غذایی با محلول غذایی a1 و از طرفی a5 تفاوت معنی‌داری ندارند ولی در سطح بعد از محلول غذایی a1 قرار می‌گیرند (شکل۵).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر بسترهای کشت و محلول‌های غذایی بر میزان فسفر برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		میزان فسفر برگ
بستر	۷	۰/۸۲**
محلول غذایی	۴	۰/۳۱ns
بستر * محلول غذایی	۲۸	۰/۴۳**
خطا	۸۰	۰/۱۵
CV		۹/۰۷

*، **: اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد ns: فاقد اختلاف معنی‌دار

بستر کشت

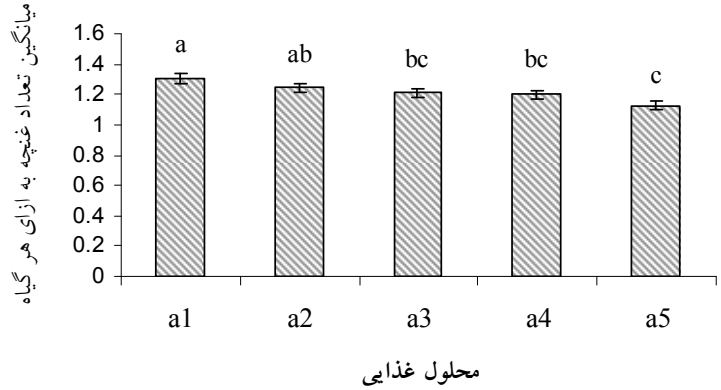
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۱) اثر بسترهای کشت بر قطر دمگل معنی‌دار شده است، به طوری که بر اساس مقایسه میانگین‌ها بسترهای کشت AP1، AP2، A'P'1، A'P'2، A"P"1 و A"P"2 بیشترین قطر دمگل را (با میانگین‌های به ترتیب ۳/۰۶ میلی‌متر، ۳/۰۲ میلی‌متر، ۳/۰۵ میلی‌متر، ۳/۰۷ میلی‌متر، ۳/۰۱ میلی‌متر، ۳/۰۷ میلی‌متر) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ایجاد کرده‌اند. بستر کشت APZ کمترین قطر دمگل (با میانگین‌های ۲/۷۷ میلی‌متر) را ایجاد کرده بدون اینکه با بستر APO (با میانگین‌های ۲/۹۴ میلی‌متر) اختلاف معنی‌داری داشته باشد (شکل ۶).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱) اثر تیمارهای بستر کشت بر قطر غنچه و طول غنچه تأثیر معنی‌داری نداشته است.

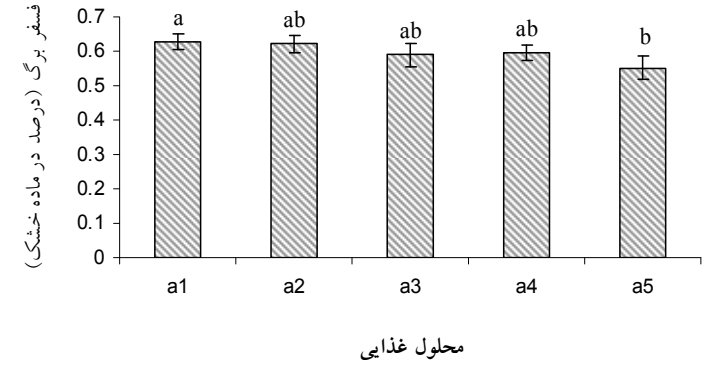
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱) اثر بسترهای کشت بر تعداد غنچه معنی دار شده است. بستر کشت A"P"1 بالاترین تعداد غنچه (با میانگین

۱/۳۴ به ازای هر گیاه) را بدون اختلاف معنی‌دار با بسترهای کشت AP1 و A"P"2 ایجاد کرده است. بستر کشت APZ پایین‌ترین تعداد غنچه (با میانگین ۱/۱ به ازای هر گیاه) را ایجاد کرد در حالی که با بسترهای APO، A'P'1، A'P'2 و AP2 اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل۷).

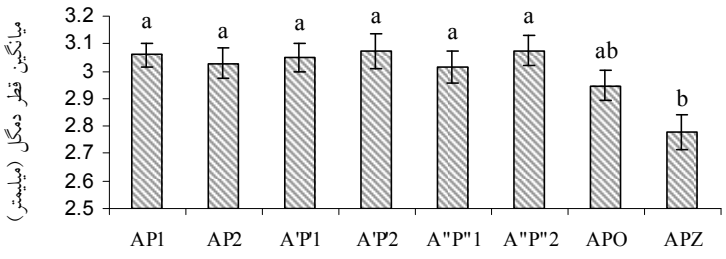
بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر تیمارهای بستر کشت بر میزان فسفر برگ معنی‌دار شده است. بر اساس مقایسه میانگین‌ها بسترهای AP1، AP2، A'P'1، A'P'2، A"P"1، A"P"2 و APO بالاترین میزان فسفر برگ (به ترتیب با میانگین‌های ۰/۶۵، ۰/۵۹، ۰/۶۵، ۰/۵۷، ۰/۶۰، ۰/۶۳ و ۰/۵۷ فسفر برگ (درصد در ماده خشک) را بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ایجاد کرده‌اند و بستر APZ پایین‌ترین میزان فسفر برگ (با میانگین ۰/۴۸ فسفر برگ (درصد در ماده خشک)) را ایجاد کرده است (شکل ۸).



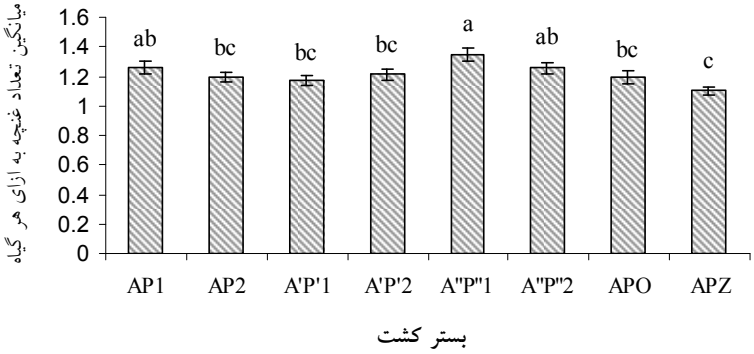
شکل ۴- اثر محلول غذایی بر تعداد غنچه گل رُز رقم Black magic



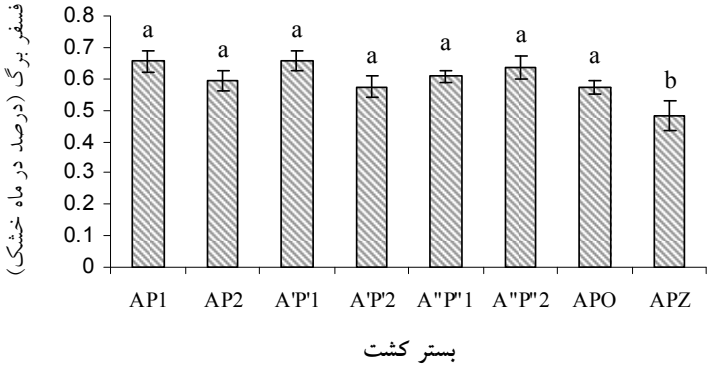
شکل ۵ - اثر محلول غذایی بر میزان فسفر برگ گل رُز رقم Black magic



شکل ۶- اثر بستر کشت بر قطر دمگل گل رز رقم Black magic



شکل ۷- اثر بستر کشت بر تعداد غنچه گل رُز رقم Black magic



شکل ۸- اثر بستر کشت بر میزان فسفر برگ گل رُز رقم Black magic

اثر متقابل بستر کشت و محلول غذایی

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول۲) اثر متقابل بین تیمارهای بستر کشت و محلول غذایی بر فسفر برگ معنی‌دار شده است. به طوری که بستر A"P"2 به همراه محلول غذایی a5 بیشترین میزان فسفر (با میانگین ۰/۷۹ فسفر برگ (درصد در ماده خشک)) را در برگ ایجاد کرده و تفاوت معنی‌داری با اکثر محیط‌های کشت تغذیه شده با انواع محلول‌های غذایی به جز بستر APZ ندارد. بستر کشت APZ همراه با محلول غذایی a3 کمترین میزان فسفر (با میانگین ۰/۲۸ فسفر برگ (درصد در ماده خشک)) را در برگ ایجاد کرده است گرچه تفاوت معنی‌داری نیز با اغلب محلول‌های غذایی تغذیه‌کننده این بستر ندارد (جدول ۳).

عنصر فسفر از عناصر ضروری و پرمصرف برای گیاه است، در رشد رویشی گیاه و پدیده تشکیل گل و ... نقش بسزایی دارد. نتایج نشان داد بستر A"P"1 با ترکیب ۱ درصد آپاتیت + ۱۰درصد زئولیت + ۸۹ درصد «خاک زراعی + پرلیت» بهترین بستر کشت به کار رفته در آزمایش می‌باشد یعنی در تمام شاخص‌های بیومتری اندازه‌گیری شده مانند قطر دمگل، طول غنچه، قطر غنچه و تعداد غنچه بیشترین مقادیر را سبب شده و بهترین نتیجه را نسبت به سایر بسترها داشته است. در حالی که در اکثر موارد نیز تفاوت معنی‌داری با سایر بسترهای کشت حاوی آپاتیت به جز بستر APZ ندارد. می‌توان نتیجه گرفت که بسترهای کشت حاوی سنگ فسفات و زئولیت (به جز بستر APZ) طی دوره‌های طولانی‌تر کشت توانسته‌اند نیازهای فسفری و تغذیه‌ای گیاه را تأمین کرده و همانند بهترین بستر و بستر شاهد (APO) شامل خاک زراعی تنها و حتی بهتر از آن عمل کنند که موافق با نتایج Blaine (1999) می‌باشد مبنی بر اینکه بسترهای کشت غنی‌شده با زئولیت، طول ساقه، مقاومت ساقه و تعداد گل‌ها را در میخک افزایش داد. تجزیه عنصری بافت برگ گیاه نیز این نتایج را تأیید می‌کند. چرا که بسترهای کشت حاوی آپاتیت دارای بالاترین میزان فسفر بوده و توانسته‌اند نیازهای عنصری گیاه را طی دوره‌های طولانی کشت

جدول ۳- مقایسه میانگین های اثر متقابل بستر کشت و محلول غذایی بر میزان فسفر برگ گل رُز رقم Black magic

شماره	بستر کاشت	محلول غذایی	میزان فسفر برگ (درصد در ماده خشک)
۱	AP1	A1	0.73ABC
۲	AP1	A2	0.59ABCDE
۳	AP1	A3	0.66ABCD
۴	AP1	A4	0.61ABCDE
۵	AP1	A5	0.67ABCD
۶	AP2	A1	0.62ABCDE
۷	AP2	A2	0.62ABCDE
۸	AP2	A3	0.60ABCDE
۹	AP2	A4	0.55BCDEF
۱۰	AP2	A5	0.55BCDEF
۱۱	A'P'1	A1	0.58ABCDEF
۱۲	A'P'1	A2	0.70ABC
۱۳	A'P'1	A3	0.60ABCDE
۱۴	A'P'1	A4	0.73ABC
۱۵	A'P'1	A5	0.66ABCD
۱۶	A'P'2	A1	0.51CDEF
۱۷	A'P'2	A2	0.41EFG
۱۸	A'P'2	A3	0.70ABC
۱۹	A'P'2	A4	0.55BCDEF
۲۰	A'P'2	A5	0.69ABC
۲۱	A"P"1	A1	0.63ABCDE
۲۲	A"P"1	A2	0.54CDEF
۲۳	A"P"1	A3	0.58ABCDEF
۲۴	A"P"1	A4	0.64ABCDE
۲۵	A"P"1	A5	0.63ABCDE
۲۶	A"P"2	A1	0.62ABCDE
۲۷	A"P"2	A2	0.56BCDEF
۲۸	A"P"2	A3	0.69ABC
۲۹	A"P"2	A4	0.51CDEF
۳۰	A"P"2	A5	0.79A
۳۱	APO	A1	0.55BCDEF
۳۲	APO	A2	0.51CDEF
۳۳	APO	A3	0.58ABCDEF
۳۴	APO	A4	0.61ABCDE
۳۵	APO	A5	0.58ABCDEF
۳۶	APZ	A1	0.77AB
۳۷	APZ	A2	0.45DEFG
۳۸	APZ	A3	0.28G
۳۹	APZ	A4	0.53CDEF
۴۰	APZ	A5	0.36FG

تأمین کنند و گیاهانی با بهترین شکل گل ایجاد کنند چرا که عنصر فسفر در مرحله زایشی گیاه نقش بسزایی دارد. گیاهان نیاز دارند محتوای فسفر ترکیب غذایی در طول فاز گلدهی ـ میوه‌دهی چرخه زندگی‌اشان بالا باشد. بستر APZ (۳ درصد آپاتیت + ۱۳درصد زئولیت + ۸۴ درصد پرلیت + صفر درصد خاک زراعی) در مقایسه با سایر بسترها سبب تولید بوته‌هایی شد که کمترین طول ساقه گل، قطر ساقه و سایر صفات ذکر شده را داشتند. شاید علت این موضوع در وهله اول به ترکیب این بستر مربوط شود چراکه بستر A'P'2 با همان نوع و میزان آپاتیت در اکثر موارد بهتر از بستر APZ عمل کرده است بنابراین ترکیب این بستر مناسب برای رشد گیاه نمی‌باشد. زیرا حجم عمده این بستر را پرلیت تشکیل داده و فاقد خاک زراعی است در نتیجه می‌توان گفت دارای ظرفیت تبادل کاتیونی پایین می‌باشد. همچنین به نظر می‌رسد پس از تغذیه این بستر، محلول غذایی به همراه بخشی از زئولیت و سنگ آپاتیت از آن خارج شده (به دلیل تخلخل بالا) و جذب توسط ریشه بخوبی انجام نمی‌گیرد. از طرفی بستر A'P'1 نیز با وجود اینکه نوع آپاتیت آن مربوط به منطقه موندن زاگرس می‌باشد نتایج بسیار بهتری از بستر APZ ایجاد کرده است که می‌توان این موضوع را به میزان سنگ آپاتیت موجود در آن مربوط دانست چرا که میزان آپاتیت در این بستر ۱ درصد است. پس ممکن است میزان سنگ آپاتیت به کار رفته در این بستر نیز چندان مناسب نباشد. همچنین بسترهای A"P"2 و AP2 نیز با وجود اینکه درصد آپاتیت به کار رفته در آنها مشابه با بستر APZ و A'P'2 یعنی ۳ درصد است و فقط در نوع آپاتیت متفاوت هستند بهترین نتایج را بخصوص در مورد بستر A"P"2 ایجاد کرده‌اند. بنابراین نوع آپاتیت منطقه موندن زاگرس نیز نسبت به آپاتیت کوه‌های البرز بخصوص منطقه دلیر چندان مناسب نیست. به عبارتی سنگ‌های آپاتیت موجود در این بسترها فسفر کمتری از سنگ‌های آپاتیت کوه‌های البرز آزاد می‌کند. بنابراین استفاده از آپاتیت منطقه موندن زاگرس در بسترهای کشت به عنوان جایگزین کود فسفاته به ویژه در بسترهای فاقد خاک زراعی توصیه نمی‌شود. با توجه به این بررسی‌ها می‌توان گفت که نوع و میزان سنگ آپاتیت به کار رفته در بسترهای کشت در رشد و میزان عناصر گیاه بسیار مهم است. در نتیجه آپاتیت منطقه موندن زاگرس با نسبت ۳ درصد نامناسب‌ترین و آپاتیت خاکستری رنگ منطقه دلیر البرز به میزان ۱ درصد بهترین ترکیب سنگ فسفات در بسترها می‌باشد. همچنین آنالیز بافت‌های گیاه نشان‌دهنده این موضوع است که تقریباً تمامی بسترهای حاوی آپاتیت با تمامی محلول‌ها حتی محلول‌هایی که حاوی فسفر نیستند توانسته‌اند نیاز فسفری گیاه را تأمین کرده و از نظر میزان فسفر در حد بالایی قرار بگیرند. بنابراین قابل توجه است که می‌توان سنگ‌های فسفات در بسترهای کشت را جایگزین کودهای فسفره کرد. چرا که می‌توانند نیاز فسفری گیاه را با گذشت زمان تأمین کنند که این امر مطابق با یافته‌های Hedley & Bolan (2003) است که گزارش دادند، ممکن است تأخیری قبل از اینکه سنگ فسفات شروع به فعال شدن کند وجود داشته باشد در نتیجه نیاز به ۶-۴ مرتبه استفاده از سنگ فسفات قبل از این که این سنگ به اندازه کافی فعال شود، می‌باشد. همچنین با یافته‌های .Barbarik et al (1990) که برخی موفقیت‌ها را در استفاده از زئولیت ـ سنگ‌های فسفات به عنوان محیط تبادلی در سیستم کودی در کند رها کردن فسفر در خاکی که سورگوم در آن رشد یافته، گزارش کردند همخوانی دارد.

در رابطه با محلول‌های غذایی، محلول کوئیک و همکاران به عنوان شاهد، از نظر غلظت، میزان و نوع عناصر موجود در آن و نیز محلول یک دوم کوئیک و همکاران، مناسب‌ترین محلول‌های غذایی در تأثیر بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گل رُز می‌باشند و در حالت متعادل‌تری نسبت به سایر محلول‌ها قرار گرفته‌اند. بنابراین قابل پیش‌بینی است که یک محلول غذایی کامل بتواند عناصر مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و در نتیجه گیاه ویژگی‌های رشدی مناسبی از خود نشان دهد. محلول غذایی a5 (مشابه غلظت خاک مناسب بدون عنصر فسفر) بوته‌هایی با کمترین میزان صفات ذکر شده ایجاد کرده است که تقریباً در تمامی صفات، تفاوت معنی‌داری با محلول‌های غذایی a3 (محلول غذایی یک دوم کوئیک و همکاران بدون عنصر فسفر) و a4 (مشابه غلظت خاک مناسب) نداشته است. بنابراین می‌توان گفت عدم حضور عنصر فسفر و همچنین غلظت

کم عناصر در این محلول‌ها نسبت به دو محلول a1 و a2 ذکر شده سبب کاهش میزان فسفر در گیاه رُز و در نتیجه کاهش رشد رویشی و گلدهی بوته‌ها شده است. این نتیجه با یافته‌های Zolfaghari et al. (2006) که بیان نموده‌اند محلول غذایی a5 (مشابه غلظت خاک مناسب بدون عنصر فسفر) نسبت به دیگر محلول‌های غذایی از عملکرد ضعیف‌تری برخوردار بوده است همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد زئولیت و آپاتیت به عنوان کودهای کند رها کننده ـ که عناصر غذایی موجود در خود و عناصری را که از محلول‌های غذایی جذب کرده‌اند با گذشت زمان، به تدریج و در زمان نیاز گیاه به آنها، در اختیار گیاه قرار می‌دهند ـ در بسترهای کشت، طی زمان طولانی، توانسته است نیازهای غذایی گیاه را تأمین کند و همانند بسترهای بدون این ترکیبات مانند APO که فقط شامل خاک زراعی است و حتی بهتر از آن، عمل کند. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سنگ آپاتیت می‌تواند نیاز فسفری گیاه را با گذشت زمان تأمین کرده و به عنوان جایگزین کود فسفره در گیاهان عمل کند. این پیشرفت قابل ملاحظه خواهد بود که بتوانیم از سنگ‌های آپاتیت معادن کشور خود به عنوان جایگزین و همچنین برای صادر کردن به سایر کشورها استفاده کنیم.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و همچنین مدیریت محترم صندوق حمایت از پژوهشگران جوان کشور تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Alikhani, H. (2003). *The investigation of rhyzobium native lineages application as stimulants of growth plant (PGPR) and characterizing of the effects of their inoculation on the indexes of wheat, maize, and alfalfa growth*. Ph. D. thesis, Soil-Science Group, Agriculture Department, University of Tehran. (In Farsi).
2. Allen, E. R. & Ming, D. W. (1995). Recent progress in the use of natural Zeolites in agronomy and horticulture. In: D. W. Ming and F. A. Mumpton, (Eds.), *Natural Zeolites: Occurrence, properties, use*. International Committee on Natural Zeolites, Brockport, NewYork. 447-490.
3. Allen, S. E. (1989). *Chemical analysis of ecological materials*. Black Well scientific Publications.
4. Andrews, R. J. S. & Murphy, J. (1999). *Zeoponic turf root zone systems*. Adams Business Media, Inc.
5. Barbarik, K. A., Lai, T. M. & Eberl, D. D. (1990). Exchange fertilizer phosphate rock plus ammonium zeolite effectss on sorghum-sudangrass. *American Journal of Soil science Society*, 54, 911-916.
6. Beiersdorfer, R. E., Ming, D. W. & Galindo, C. (2003). Solubility and cation exchange properties of Zeoponic substrates. *Microporous and Mesoporous Materials*, 61, 231–247.
7. Blaine, A. C. (1999). *Selection and production of six herbaceous flowering perennial species as greenhouse grown alternative cut flowers*. M. Sc. thesis Colorado State University.
8. Borna, B., Rezaei, S. J. R. & Alijani, N. (2004). *A brief view on the situation of phosphorus in Iran*. Publication of Country Geology and Mine discoveries Organization. (In Farsi).
9. Coiċ, Y. & Lesaint, C. (1975). La Nutrition mineral et en eav des.plants eu Horticulture avanceé. Document technique de. *SCPA*, 23, 1-22. (In French).
10. Ebrahim-Zadeh, H. (1994). *Plant physiology (Feeding and absorption topic)*. University of Tehran Publication. (In Farsi).
11. Emami, A. (1996). *The methods of plant analysis*. Administration of Culture, Research Organization, Agriculture Education and Development. Water and Soil Research Institute. (In Farsi).
12. Faitfull, N. T. (2002). *Methods in agricultural chemical analysis* (A Practical Handbook). CABI Publishing.
13. Gruener, J. E., Ming, D. W., Galindo, C., Henderson, K. E. & Golden, D. C. (2007). Plant productivity and characterization of Zeoponic substrates after three successive crops of Radish (*Raphanus sativus* L.). *Microporous and Mesoporous Materials*, 105, 279-284.
14. Hedley, M. J. & Bolan, N. S. (2003). Key outputs from reactive Phosphate Rock research in New Zealand. In: S. S. S. Rajan and S. H. Chien, (Eds.). *Direct application of Phosphate Rock and related technology: latest developments and practical experiences*. Muscle Shoals, USA, IFDC. 441 pp.
15. Nadjafi, N. (2006). *The effect of rice rhyzosphere on the mineral phosphorus forms in northern regions soils of Iran*. Ph. D. thesis, Soil-Science Group, Faculty of Agriculture, University of Tehran.

(In Farsi).
16. Pickering, H. W., Menzies, N. W. & Hunter, M. N. (2002). Zeolite/ rock phosphate-a novel slow release phosphorus fertiliser for potted plant production. *Scientia Horticulturae*, 94, 333-343
17. Wilkins, H. F. & Dole, J. M. (1999). *Floriculture. Principles and Species*. Prentic-Hall, Inc.
18. Zolfaghari, M., Babalar, M. & Naderi, R. (2006). *Zeoponic and rose phosphorus feeding from Iranian apatites*. M. Sc. thesis. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tehran. (In Farsi).