زئولیت: یک نهاده مناسب در جایگزینی با پیت در بستر کشت گیاه زینتی دیفن‌باخیا

علی محمدی ترکاشوند[۱*]، عذرا کرمی[۱] و علی محبوب خمامی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۴)

چکیده

به دلیل محدودیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی پیت ماس به عنوان بستر کشت گیاهان زینتی، محققین به دنبال جایگزین مناسب این نهاده در صنعت گل و گیاه می‌باشند. زئولیت به دلیل توانایی جذب آب و همچنین خاصیت تبادل کاتیونی زیاد، پتانسیل جایگزینی به جای پیت ماس را دارد. به منظور بررسی امکان جایگزینی زئولیت به جای پیت ماس به عنوان بستر مناسب در پرورش گیاه زینتی دیفن‌باخیا، آزمایشی با زئولیت در شش سطح جایگزینی (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد حجمی) و محلول غذایی در دو سطح (با و بدون محلول) در بستر کشت پایه با نسبت ۲پیت و ۱پرلیت به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار، سه تکرار و سه گلدان در هر تیمار، در گلخانه پایانه صادراتی گل و گیاه مازندران واقع در سلمانشهر به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ و ریشه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه در تیمار ۲۰٪ زئولیت با محلول غذایی مشاهده شد. گیاهان، کمترین رشد را در تیمارهای ۴۰ و ۵۰ درصد زئولیت داشتند. با افزایش مقدار زئولیت در سیستم جایگزین، مقدار جرم مخصوص ظاهری افزایش و میزان تخلخل کاهش یافت. زئولیت در مقادیر ۱۰ تا ۲۰ درصد بیشترین تأثیر مثبت را در رشد گیاه دیفن‌باخیا نشان داد. در کل، استفاده از زئولیت باعث رشد بهتر گیاه دیفن‌باخیا و بهبود شاخص‌های رشد شامل وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، تعداد برگ، قطر و ارتفاع ساقه و همچنین بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه در مقایسه با پیت ماس، که از بسترهای رایج در کشت هیدروپونیک است، شد.

واژه‌های کلیدی: گیاهان زینتی، کشت بدون خاک، پتانسیل جایگزینی

مقدمه

آمارهای بین‌المللی نشان می‌دهند که فقط در کشور ایالات متحده آمریکا، ارزش تولید گیاهان برگ‌زینتی از ۱۳۰ میلیون دلار در سال ۱۹۴۹ به ۵۷۴ میلیون دلار در سال ۲۰۰۰ رسیده است که این امر مؤید پیشرفت صنعت تولید و پرورش گیاهان برگ‌زینتی در ۵۰ سال اخیر می‌باشد (۲۶). یکی از نهاده‌های اصلی تولید برای پرورش گیاهان زینتی، به‌ویژه گیاهان گلدانی، بسترهای کشت مناسب است. یکی از عوامل اصلی محدودیت صادرات گیاهان گلدانی در ایران، عدم وجود بسترهای کشت مناسب و استاندارد است (۱). ضروریات پایه‌ای برای بستر کشت گیاه، ثبات و پایداری شیمیایی در حد عالی، سبک وزن بودن، ارزان بودن، عاری بودن از آفات و بیماری‌ها و فراوانی منابع مواد تشکیل دهنده بستر کشت می‌باشد (۱۳). از طرفی، بستر کشت باید نفوذپذیر بوده و استحکام و قدرت کافی داشته باشد تا گیاه را محکم نگهدارد. همچنین، توانایی بستر کشت برای حفظ آب و انتقال گازها، احتمالاً برای حفظ کیفیت گیاه،

۱. گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

۲. ایستگاه تحقیقات گل و گیاهان زینتی لاهیجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: torkashvand@iaurasht.ac.ir

مهم به‌نظر می‌رسد (۱۲). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مطلوب بستر کشت و ترکیبات آن از نکات مهم و قابل توجه است. ویژگی‌های فیزیکی مهم شامل درصد تخلخل کل، ظرفیت نگهداری آب، درصد خلل و فرج هوا، چگالی حجمی و توزیع اندازه ذرات و ویژگی‌های شیمیایی مهم شامل پ–هاش، غلظت نمک‌های محلول و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) می‌باشد (۱۹).

در صنعت گلخانه از پیت به عنوان یکی از اجزای اصلی بستر کشت تجاری بدون خاک به خاطر ترکیب آلی، CEC زیاد و ظرفیت بالای نگهداری آب (۴۶)، باثبات و پایدار بودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و سرعت کند تجزیه آن به عنوان معمول‌ترین و عمومی‌ترین بستر برای کشت گیاهان زینتی استفاده گسترده‌ای می‌شود (۲۴). ولی استفاده زیاد از آن پی‌آمد محیط‌زیستی داشته و به عنوان یک منبع تجدیدناپذیر، موجب تشکیل باتلاق‌های پیت و اکوسیستم خاص آنها می‌گردد (۱). محققین استفاده از ضایعات گیاهی، زباله شهری، الیاف نارگیل، خاک اره، خرده لاستیک (کائوچو)، کمپوست ضایعات خانگی و مواد معدنی دیگر، از جمله زئولیت (Zeolite) را به عنوان جایگزین مناسب پیت بررسی کرده‌اند (۲۹). زئولیت‌های طبیعی اغلب به منظور ایجاد بسترهای جدید کشت و پرورش گیاه، تولید نهال‌های بذری، ریشه‌دار کردن قلمه‌ها و گلدانی کردن گیاهان زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۹). در دنیا، تولید تجاری و کاربرد زئولیت‌ها در سال ۱۹۵۰ آغاز شد (۳۶).

زئولیت، کانی آلومینوسیلیکاتی است که به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی می‌تواند عناصر غذایی، بخصوص آمونیوم و پتاسیم، را به صورت مخزنی در کانال‌های ساختاری خود نگه داشته و به تدریج در اختیار گیاه قرار دهد (۲۰). زئولیت‌ها در حد خفیفی واکنش قلیایی دارند که می‌توانند با کودهای معدنی ترکیب شده تا خاصیت بافری خاک را حفظ کرده و به‌طور غیرمستقیم پ–هاش خاک را تنظیم کنند (۳۰). مهمترین زئولیت طبیعی که کاربرد آن در کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته، کلینوپتیلولایت (Clinoptilolite) می‌باشد. CEC کلینوپتیلولایت در حدود ۲/۵ میلی‌اکی‌والان بر گرم می‌اشد(۸).

نتایج مطالعه عبدی و همکاران (۴) درباره اثر زئولیت بر رشد و گل‌دهی توت‌فرنگی نشان داد که مقدار عناصر معدنی شامل پتاسیم، فسفر، نیتروژن، کلسیم و منیزیم با کاربرد زئولیت، به طور قابل ملاحظه‌ای در خاک افزایش پیدا کرد. کلینوپتیلولایت اضافه شده به یک بستر کشت گلدانی برای گل داوودی، درست مانند یک کود پتاسه کندرها عمل نموده و همان رشدی را برای گیاهان نتیجه داده که آبیاری روزانه با محلول هوگلند (Hoagland) داشته است (۳۱). نابیلا و همکاران (۳۳) در بستر کشت اصلاح کننده، پرلیت- پیت با سنگ زئولیت، بدون این که هیچ‌گونه کاهشی در رشد و کیفیت گیاه زینتی کروتون (*Codiaeum variegatum*) به‌وجود آورد، نیاز به آب و کود شیمیایی در گیاه را حدود ۲۹٪ کاهش داد. ایسا و همکاران (۲۳) گزارش کردند که ژربرا (*Gerebera jamesonii*) در بستر زئولیت، نسبت به پرلیت و یا پشم سنگ (Rockwool) نتیجه بهتری داد. همچنین افزایش ۱۰ درصدی کلینوپتیلولایت به خاک شنی مورد استفاده در چمن‌ها و زمین‌های گلف در ژاپن، تأثیر به‌سزایی در افزایش محصول و استقرار آن داشته است (۱۴). مطالعات پرز و همکاران (۳۴) روی گیاه زیتون، تأثیر مثبت زئولیت را در کاهش آبشویی نیترات، افزایش قدرت نگهداری آب در خاک، راندمان بالای مصرف آب و کاهش نیاز به کوددهی در پی داشت. افزایش مصرف زئولیت اثر قابل توجهی بر وزن زیتون و میزان روغن آن داشت.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی امکان جایگزینی زئولیت به عنوان ماده معدنی اصلاح کننده به جای بخشی از پیت، در بستر کشت گیاهان زینتی می‌باشد و علت گرایش به سمت استفاده از این نهاده، به دلیل فراوانی ذخایر آن در داخل کشور، ارزان بودن و همچنین CEC زیاد، خصوصیات جذب سطحی قوی، نگهداری آب به مدت طولانی به دلیل داشتن کانال‌هایی در ساختار خود، حفظ آمونیوم، جلوگیری از هدرروی و آبشویی کودهای آمونیومی و داشتن برخی عناصر مغذی مانند پتاسیم در ساختار خود می‌باشد.

جدول ۱. برخی خصوصیات شیمیایی زئولیت و پیت ماس مورد استفاده در آزمایش

ترکیبات بستر	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	EC(dS/m) (۱:۱۰)	pH (۱:۱۰)
زئولیت	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۶۴	۰/۸۴	۲/۳۵	۹/۲
پیت	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۵۱	۰/۳۲	۵/۶۲

جدول ۲. مشخصات تیمارهای به کار رفته در بستر کشت به صورت حجمی

تیمار	مشخصات
شاهد	(۲ پیت + ۱ پرلیت)
۱۰٪ زئولیت	۱/۸ پیت + ۰/۲ زئولیت + ۱ پرلیت
۲۰٪ زئولیت	۱/٦ پیت + ۰/۴ زئولیت + ۱ پرلیت
۳۰٪ زئولیت	۱/۴ پیت + ۰/٦ زئولیت + ۱ پرلیت
۴۰٪ زئولیت	۱/۲ پیت + ۰/۸ زئولیت + ۱ پرلیت
۵۰٪ زئولیت	۱ پیت + ۱ زئولیت + ۱ پرلیت

مواد و روش‌ها

در یک آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی، امکان جایگزینی پیت با زئولیت در شش سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد حجمی) در دو سطح محلول غذایی (با و بدون محلول) بر شاخص‌های تغذیه‌ای و رشد گیاه دیفن‌باخیا انجام گرفت. سطح صفر (پیت با پرلیت ۲:۱) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. گیاه دیفن‌باخیا (*Dieffenbachia amoena*)، متعلق به خانواده آراسه، به علت جذاب و برجسته بودن شاخ و برگ، به عنوان یکی از مهمترین جنس گیاهان برگ‌زینتی مورد توجه می‌باشد (۴۰). این آزمایش در ۱۲ تیمار، سه تکرار و سه گیاه در هر تیمار در گلخانه پایانه صادراتی گل و گیاه مازندران، سلمانشهر، واقع در اسبچین، به مدت شش ماه انجام شد. گیاهان در گلخانه با شرایط نور و درصد رطوبت مطابق با رشد گیاه دیفن‌باخیا کشت داده شدند. آبیاری نیز مطابق با شرایط بستر و گیاه و شرایط محیطی در طول دوره رشد گیاه انجام شد.

زئولیت مورد استفاده از نوع کلینوپتیلولایت با قطر ذرات ۸-۳ میلی‌متر بود. جدول ۱ ترکیبات شیمیایی موجود در زئولیت و پیت مورد استفاده را نشان می‌دهد. مقادیر نیتروژن، فسفر و خصوصاً پتاسیم در پیت‌ماس مورد استفاده در این آزمایش نسبت به زئولیت بسیار چشمگیر می‌باشد. پیت ماس مورد استفاده، وارداتی از شرکت ساب (SAB) آلمان بود که از محل پایانه صادراتی گل و گیاه مازندران تأمین گردید. از پرلیت با قطر ۲ تا ۳ میلی‌متر استفاده شد. در مرحله اول، تعداد ۱۰۸ قلمه گیاه زینتی دیفن‌باخیا در تیرماه ۱۳۸۹ تهیه شد. تمام نهال‌ها هم‌اندازه و کاملاً یکسان بودند. سپس قلمه‌ها در بستر کشت خاک‌برگ، در گلدان‌های اندازه ۱۴ کشت شدند. پس از یک ماه، گیاهان کاشته شده در بستر به‌طور کامل ریشه‌دار شدند.

تیمارهای آزمایشی

جدول ۲ تیمارهای به کار رفته در تحقیق را نشان می‌دهد. تیمار شاهد گیاه دیفن‌باخیا، با بستر پیت و پرلیت به نسبت ۱:۲ است که به صورت حجمی تهیه شد. زئولیت (کلینوپتیلولایت) با نسبت‌های حجمی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد با

جدول ۳. ترکیبات اصلی محلول غذایی مورد استفاده در آزمایش

$N(NH_4,NO_3)$ (mg/L)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	S (%)	Mg (%)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)
۱۸	۱۸	۱۸	۰/۴	۲	۱۶	۱۴	۷۰	۴۲	۱۴

پیت در بستر شاهد جایگزین شدند. در تمام تیمارهای مورد آزمایش، پرلیت با حجم ثابت به کار رفت. ابتدا مخلوط کردن ترکیبات بستر کشت مورد استفاده انجام شد. جهت سهولت در تهویه بستر کشت، حدود دو سانتی‌متر ته گلدان با پوست شلتوک برنج پر شد. سپس قلمه‌های ریشه‌دار شده جوان دیفن‌باخیا در اول مرداد ۱۳۸۹ از گلدان‌های اندازه ۱۴ به گلدان‌های چهار لیتری انتقال یافتند. به این ترتیب که ابتدا قلمه‌های ریشه‌دار شده دیفن‌باخیا با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر را از گلدان اندازه ۱۴ خارج و ریشه آنها را با آب شسته تا از بستر قبلی خود کاملاً جدا شوند. سپس در هر گلدان با بستر جدید یک گیاه کشت شد. دوره رشد گیاهان تا تاریخ اول بهمن ماه ۱۳۸۹ طول کشید.

محلول غذایی

کود مورد استفاده در این آزمایش، کود پودری امکس بود. فرمول کود پودری امکس به شکل ریزمغذی‌ها + MgO ۲ + ۱۸– ۱۸– ۱۸ (نیتروژن، فسفر، پتاسیم)، با ۲٪ منیزیم اضافه می‌باشد. ترکیبات اصلی کود پودری امکس در جدول ۳ نشان داده شده است. محلول‌سازی کود پودری امکس به این ترتیب انجام گرفت که ۵/۴ گرم کود را با ۱۰/۸ لیتر آب رقیق کرده و تا پایان دوره رشد شش ماهه، هر ۷ روز یک‌بار به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر به ۵۴ گلدان با تیمار محلول غذایی اضافه شد.

اندازه‌گیری‌ها

در بسترهای کشت، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل (۱۷)، پ–هاش و هدایت الکتریکی در عصاره ۱ به ۵ (۴۴)، کربن آلی به روش والکی– بلک (۵) و نیتروژن کل به روش کجلدال (۴۱) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پ–هاش توسط دستگاه پ–هاش متر مدل اریون و هدایت الکتریکی توسط دستگاه هدایت‌سنج متراهم (Metrohm) انجام شد. بسترهای کشت طبق روش سلطانپور (۴۳) با محلول آمونیوم بی‌کربنات دی تی پی آ (AB-DTPA) عصاره‌گیری و در عصاره حاصل، فسفر به روش طیف‌سنج، پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج و کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و روی با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند.

رشد و تغذیه گیاه

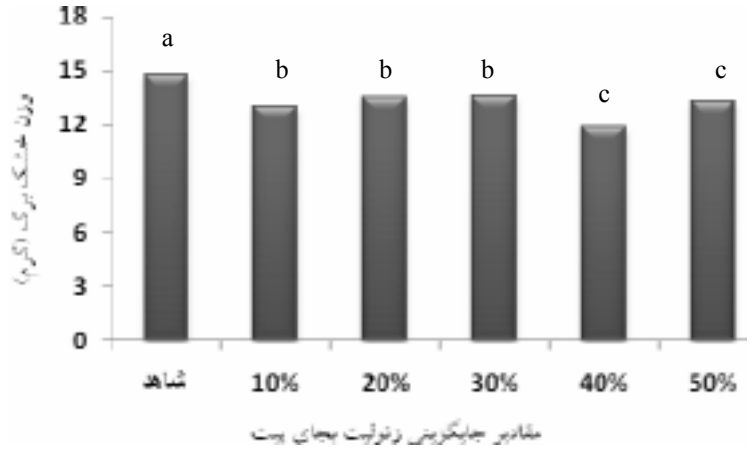
پس از پایان دوره رشد شش‌ماهه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن خشک برگ و ریشه و قطر ساقه اندازه‌گیری شد. برگ‌ها پس از خشک شدن در آون، خرد شده و به شکل پودر درآمدند. مقدار ۰/۳ گرم از نمونه خشک شده در آون را به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل کرده و سپس ۳ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها (اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک) و آب اکسیژنه به بالن ژوژه اضافه شد و به مدت یک ساعت تا دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده تا آب تبخیر شده و بخار سفید ظاهر گردد. این عمل اضافه کردن آب اکسیژنه تا بی‌رنگ شدن نمونه‌ها ادامه پیدا کرد. سپس محلول مربوطه با آب مقطر به حجم رسیده و صاف شد و غلظت عناصر غذایی در عصاره اندازه‌گیری شد (۱۸). در عصاره تهیه شده از برگ گیاه، عناصر کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و روی به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. همچنین نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر به روش طیف‌سنج و پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج در عصاره برگ تعیین شد. جهت بررسی نتایج حاصل از داده‌های مربوط به تجزیه شیمیایی برگ و شاخص‌های رشد از نرم‌افزار MSTATC استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

جدول ۴. خصوصیات شیمیایی بسترهای مورد استفاده در آزمایش

تیمار	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	نیتروژن کل	کربن آلی	نسبت	pH	EC (dS/m)
	(g/cm^3)	(٪)	غلظت قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)					(٪)		C/N	عصاره ۵ : ۱	
شاهد	۰/۲۸	۸۹	۲۶/۳	۵۰/۰	۷/۶	۸۱/۳	۲۷۶/۰	۰/۸	۳۷/۶	۴۷/۰	۵/۸	۱/۴۱
۱۰٪ زئولیت	۰/۴۳	۸۴	۱۳/۵	۱۲۹/۹	۴۴/۰	۷۶/۸	۳۰۶/۴	۰/۷۳	۲۰/۳	۲۷/۸	۶/۷	۱/۴۸
۲۰٪ زئولیت	۰/۵۰	۸۱	۱۰/۴	۲۱۸/۶	۲۲/۸	۳۴/۸	۲۸۴/۵	۰/۶۳	۱۲/۶	۲۰/۰	۶/۴	۱/۶۴
۳۰٪ زئولیت	۰/۵۴	۸۰	۷/۲	۱۶۳/۲	۲۶/۰	۳۷/۵	۲۸۴/۵	۰/۵۰	۱۰/۷	۲۱/۴	۷/۱	۱/۸۷
۴۰٪ زئولیت	۰/۵۶	۷۹	۷/۳	۱۸۰/۰	۲۸/۰	۵۲/۳	۳۲۴/۴	۰/۳۵	۱۲/۲	۳۴/۸	۷/۳	۲/۱۶
۵۰٪ زئولیت	۰/۶۰	۷۸	¾	۱۶۸/۲	۲۴/۸	۴۳/۲	۳۷۰/۰	۰/۵۰	۱۱/۷	۲۳/۴	۷/۵	۲/۴۲

تیمار	N (٪)	P (٪)	K (٪)	Ca (٪)	Mg (٪)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
شاهد	۲/۹ a	۰/۴۵ b	۳/۴ c	۱/۳۸ b	۰/۶۵ ab	۶۹۶/۲ c	۲۷۰/۲ a	۲۸۴/۸ a
۱۰٪ زئولیت	۲/۹ a	۰/۴۳ b	۴/۲ b	۱/۵۶ a	۰/۵۷ ab	۱۱۶۰/۰ a	۲۷۰/۲ a	۲۱۶/۸ b
۲۰٪ زئولیت	۳/۰ a	۰/۵۲ ab	۵/۱ a	۱/۳۷ b	۰/۷۳ a	۹۳۱/۵ b	۲۷۰/۳ a	۲۲۴/۲ b
۳۰٪ زئولیت	۲/۷ ab	۰/۴۲ b	۵/۰ a	۱/۴۸ ab	۰/۷۱ a	۱۱۱۸/۰ a	۲۷۰/۲ a	۲۲۳/۸ b
۴۰٪ زئولیت	۳/۰ a	۰/۵۵ a	۵/۳ a	۱/۳۰ b	۰/۷۳ a	۷۱۹/۵ c	۲۷۰/۲ a	۱۹۷/۲ b
۵۰٪ زئولیت	۳/۰ a	۰/۵۱ ab	۴/۹ a	۱/۵۸ a	۰/۶۴ ab	۱۰۸۴/۰ a	۲۷۰/۲ a	۲۴۹/۹ ab

در هر ستون، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

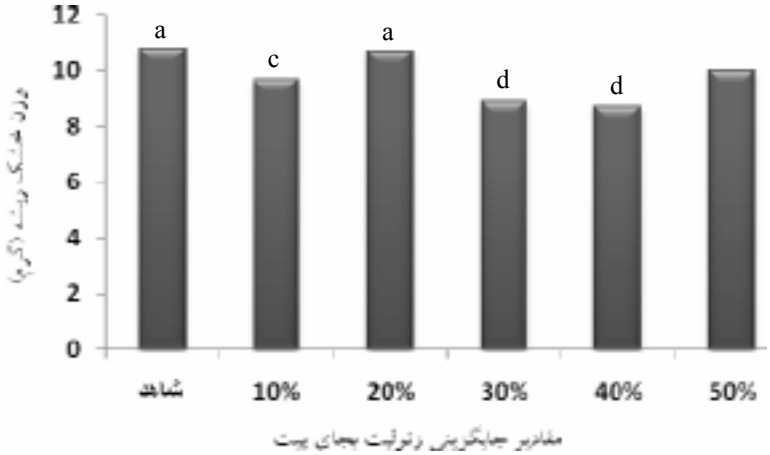


شکل ۱. اثر سطوح مختلف زئولیت بر وزن خشک برگ

نتایج

اثر تیمارها بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی بسترها

خصوصیات بسترهای کشت در جدول ۴ دیده می‌شود. داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که جرم مخصوص ظاهری متناسب با افزایش مقدار زئولیت در بستر، افزایش یافت. بیشترین جرم مخصوص ظاهری (۰/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به



شکل ۲. اثر سطوح مختلف زئولیت بر وزن خشک ریشه

بستر ۵۰٪ زئولیت و کمترین جرم مخصوص ظاهری (۰/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به تیمار شاهد بود. متناسب با افزایش مقدار زئولیت در بستر کشت، تخلخل کل روند کاهشی داشت. مقدار نیتروژن در سطوح زئولیت نسبت به شاهد روند کاهشی داشت. بیشترین میزان نیتروژن (۰/۸٪) در بستر شاهد (پیت + پرلیت) و کمترین میزان نیتروژن (۰/۳۵٪) در بستر ۴۰٪ زئولیت مشاهده شد. بیشترین مقدار فسفر در بستر شاهد (۲۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار فسفر (۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بستر ۵۰٪ زئولیت مشاهده شد.

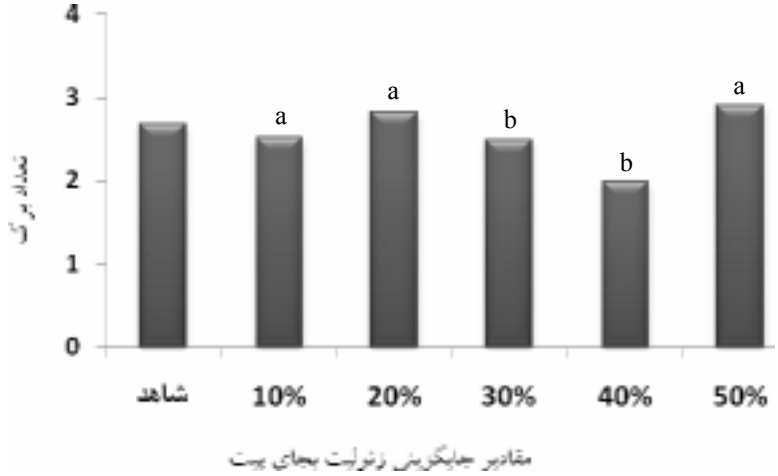
برخلاف نیتروژن و فسفر، مقدار پتاسیم در سطوح زئولیت افزایش چشمگیری نسبت به شاهد داشته است. به طوری که بیشترین مقدار پتاسیم (۲۱۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار ۲۰٪ زئولیت و کمترین مقدار پتاسیم (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین نسبت C/N (۵۵/۷) در بستر با ۴۰٪ زئولیت و کمترین نسبت C/N (۲۰) در ۲۰٪ زئولیت مشاهده شد. داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهند که با افزایش مقدار زئولیت در بستر کشت، پ–هاش روند افزایشی داشته است. همچنین متناسب با افزایش مقدار زئولیت، هدایت الکتریکی نیز به همان نسبت افزایش نشان داد. به طوری که بیشترین میزان هدایت الکتریکی (۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر ۵۰٪ زئولیت و کمترین میزان هدایت الکتریکی (۱/۴۱ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر شاهد مشاهده شد.

اثر تیمارهای زئولیت و اثر متقابل زئولیت و محلول غذایی بر شاخص‌های رشد

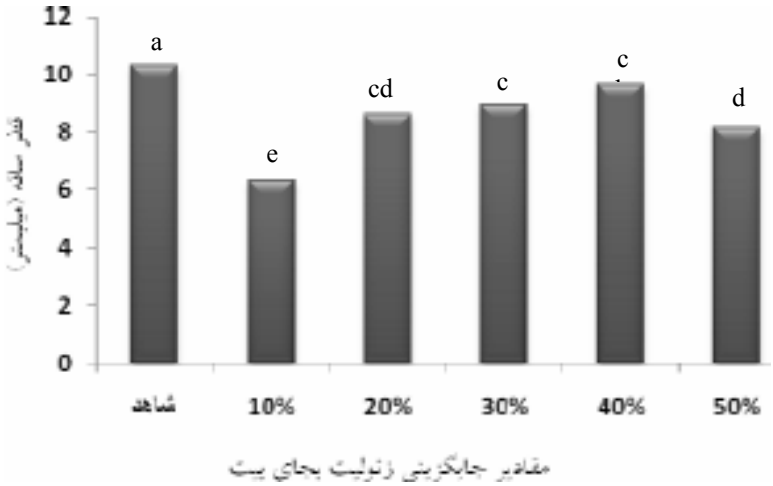
مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱) نشان می‌دهد که استفاده از زئولیت در تمام سطوح منجر به کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ در مقایسه با شاهد شد. به طوری که بیشترین میزان وزن خشک برگ (۱۴/۸ گرم) در تیمار شاهد و کمترین میزان وزن خشک برگ (۱۱/۹ گرم) در تیمار ۴۰٪ زئولیت مشاهده شد. بیشترین میزان وزن خشک ریشه (۱۰/۸ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمار ۲۰٪ زئولیت اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۲).

شکل ۳ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد برگ (۲/۹عدد) در تیمار ۵۰٪ زئولیت مشاهده شد. ولی با تیمارهای شاهد، ۱۰٪ و ۲۰٪ زئولیت اختلاف معنی‌دار نداشته است. کمترین تعداد برگ (۲ عدد) در تیمار ۴۰٪ زئولیت مشاهد شد. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) نشان داد که استفاده از زئولیت در تمام سطوح منجر به کاهش معنی‌دار قطر ساقه در مقایسه با شاهد شد. به طوری که بیشترین قطر ساقه (۱۰/۳ میلی‌متر) در تیمار شاهد و کمترین قطر ساقه (۶/۳ میلی‌متر) در تیمار ۱۰٪ زئولیت مشاهده شد. ارتفاع ساقه در ۴۰٪ زئولیت تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. اما در مقادیر دیگر زئولیت کاهش معنی‌دار ارتفاع مشاهده شد (شکل ۵).

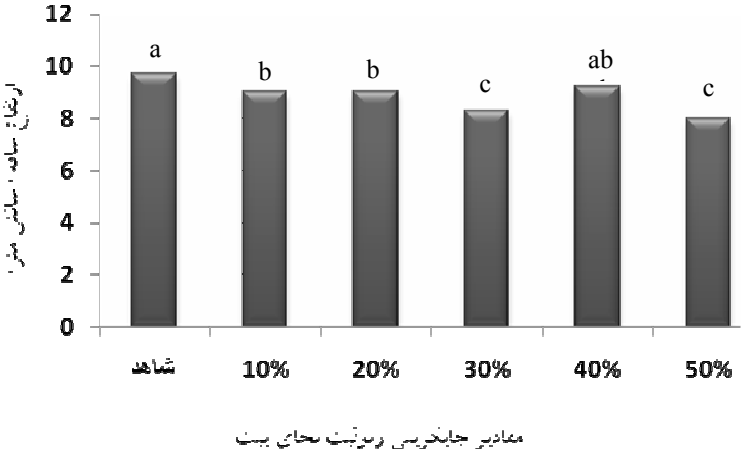
نتایج شکل ۶ نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ (۲۱/۹ گرم) در تیمار ۲۰٪ زئولیت با محلول غذایی مشاهده شد



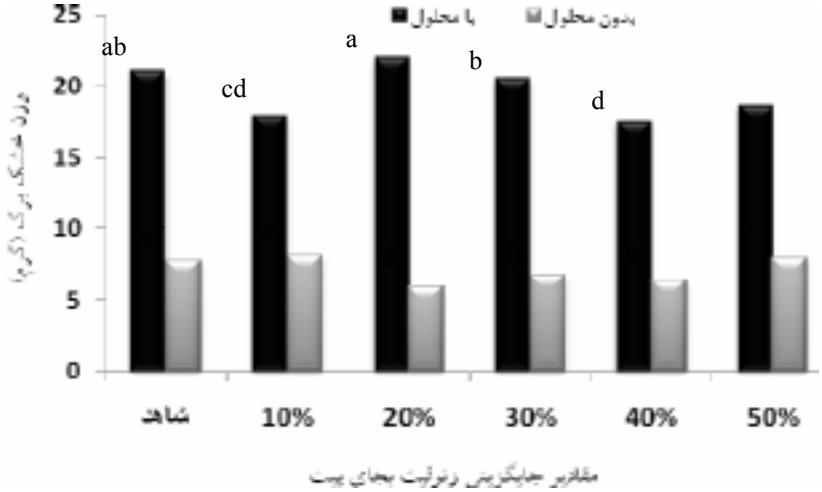
شکل ۳. اثر سطوح مختلف زئولیت بر تعداد برگ



شکل ۴. اثر سطوح مختلف زئولیت بر قطر ساقه



شکل ۵. اثر سطوح مختلف زئولیت بر ارتفاع ساقه

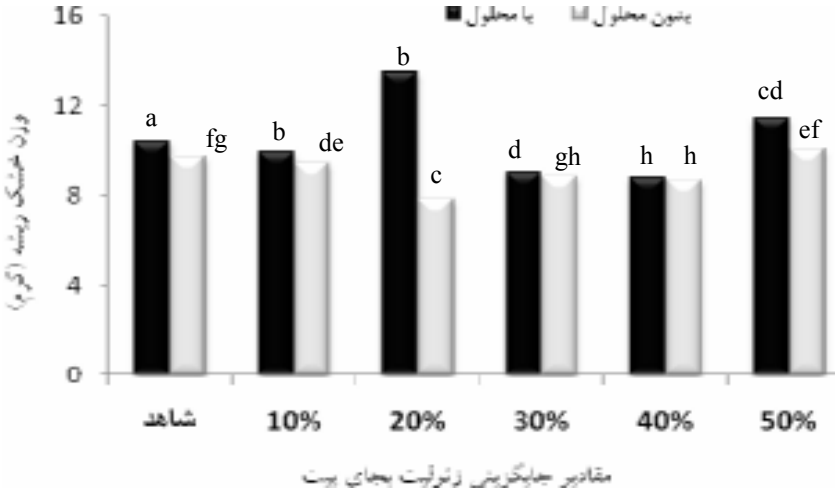


شکل ۶. اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت و محلول غذایی بر وزن خشک برگ

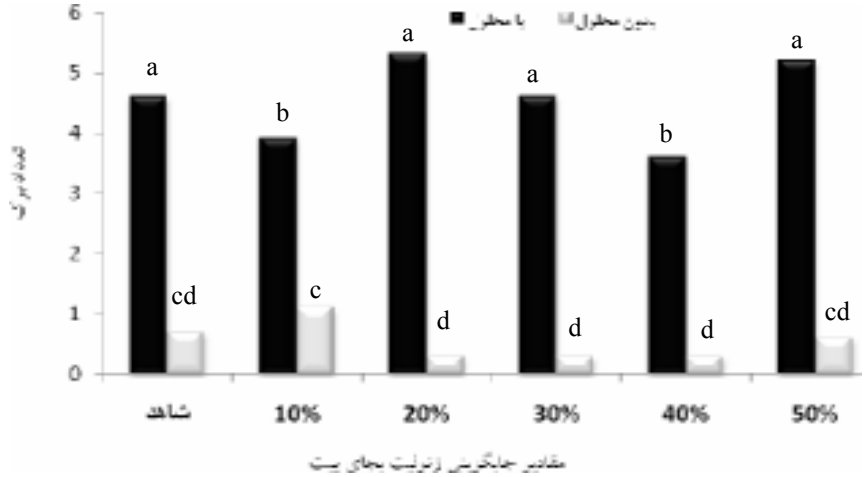
که با شاهد و مقادیر دیگر زئولیت اختلاف معنی‌دار داشته است. استفاده از محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار اثر زئولیت بر وزن خشک برگ نسبت به شرایط بدون محلول غذایی در مقایسه با شاهد شد. با این که در تیمار ۲۰٪ زئولیت بدون محلول غذایی، وزن خشک ریشه نسبت به شاهد کمتر بود، اما استفاده از محلول غذایی سبب افزایش قابل ملاحظه وزن خشک ریشه در این تیمار نسبت به شاهد شد (شکل ۷). همین موضوع در تعداد برگ تحت تیمار ۲۰٪ زئولیت با محلول غذایی در مقایسه با شاهد نسبت به شرایط بدون محلول غذایی مشاهده می‌شود (شکل ۸). با توجه به نتایج شکل ۹، افزایش معنی‌دار قطر ساقه در مقادیر ۴۰ و ۵۰ درصد زئولیت با محلول غذایی نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. در شرایط بدون محلول، شاهد اثر بیشتری بر قطر ساقه داشته است. اما استفاده از محلول منجر به افزایش تأثیر زئولیت بر قطر ساقه شده است. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۰) افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه در تیمار ۲۰٪ زئولیت نسبت به شاهد را نشان می‌دهد. تأثیر زئولیت با محلول غذایی در مقدار ۲۰٪ نسبت به شاهد بر ارتفاع ساقه بیشتر از همین مقدار بدون محلول غذایی در مقایسه با شاهد بوده است.

اثر تیمارهای زئولیت و اثر متقابل زئولیت و محلول غذایی بر غلظت عناصر غذایی در برگ

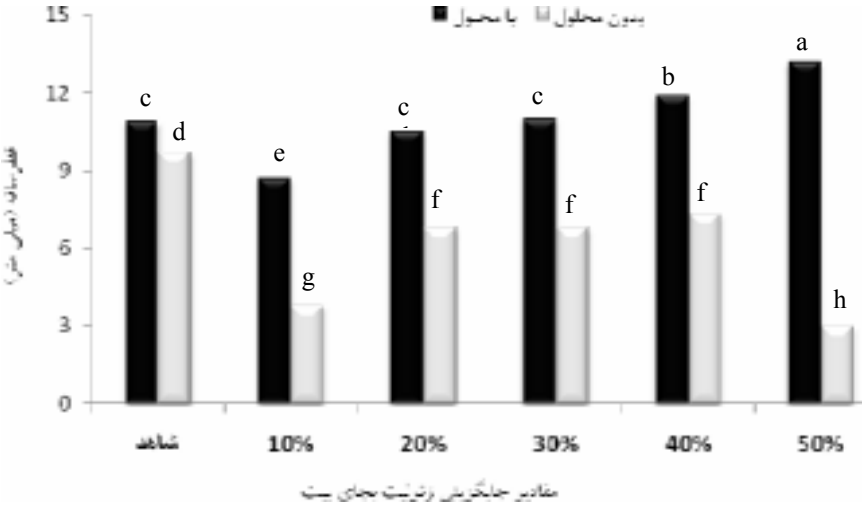
جدول ۵ اثر سطوح مختلف زئولیت بر غلظت عناصر غذایی در برگ گیاه دیفن باخیا را نشان می‌دهد. اختلاف معنی‌داری در غلظت نیتروژن تیمارهای زئولیت با شاهد و در مقایسه با یکدیگر دیده نشد. غلظت فسفر در تیمارهای ۲۰، ۴۰ و ۵۰ درصد به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. استفاده از زئولیت در تمام سطوح منجر به افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم برگ نسبت به شاهد شد. به طوری که بیشترین غلظت پتاسیم (۵/۶٪) در تیمار ۴۰٪ زئولیت مشاهده شد که با تیمارهای ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد زئولیت اختلاف معنی‌دار نداشته است. با این که بیشترین غلظت کلسیم برگ (۱/۶٪) در تیمار ۱۰ و ۵۰ درصد زئولیت مشاهده شد ولی با کمترین غلظت کلسیم (تیمار ۴۰٪ زئولیت)، شاهد و دیگر سطوح زئولیت اختلاف معنی‌دار نداشت. اختلاف معنی‌داری در غلظت منیزیم شاهد با تیمارهای زئولیت مشاهده نشد. زئولیت در مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد، غلظت آهن برگ را نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داد. استفاده از زئولیت در تمام سطوح منجر به کاهش غلظت روی در برگ در مقایسه با شاهد شد که این کاهش در تیمار ۵۰٪ زئولیت معنی‌دار نبود.



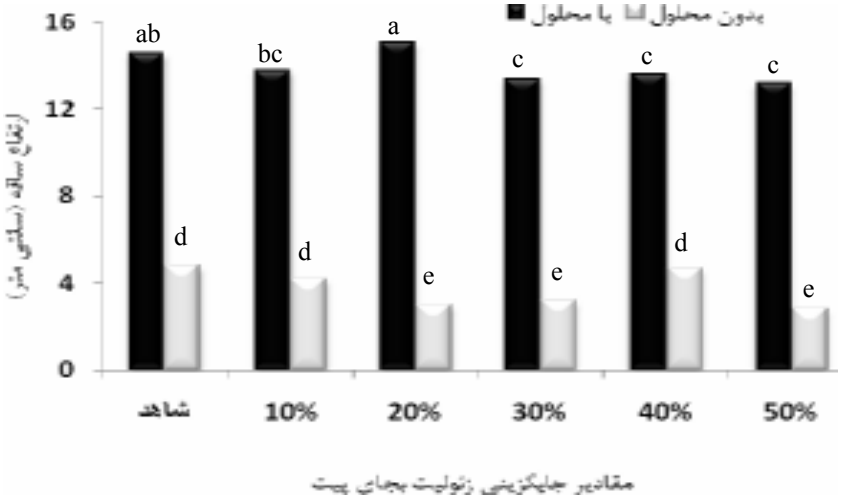
شکل ۷. اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت و محلول غذایی بر وزن خشک ریشه



شکل ۸. اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت و محلول غذایی بر تعداد برگ



شکل ۹. اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت و محلول غذایی بر قطر ساقه



شکل ۱۰. اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت و محلول غذایی بر ارتفاع ساقه

جدول ۵. اثر سطوح مختلف زئولیت بر غلظت عناصر غذایی در برگ گیاه دیفن‌باخیا

تیمار	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
شاهد	۲/۹ a	۰/۴۵ b	۳/۴ c	۱/۳۸ b	۰/۶۵ ab	۶۹۶/۲ c	۲۷۰/۲ a	۲۸۴/۸ a
۱۰ درصد زئولیت	۲/۹ a	۰/۴۳ b	۴/۲ b	۱/۵۶ a	۰/۵۷ ab	۱۱۶۰/۰ a	۲۷۰/۲ a	۲۱۶/۸ b
۲۰ درصد زئولیت	۳/۰ a	۰/۵۲ ab	۵/۱ a	۱/۳۷ b	۰/۷۳ a	۹۳۱/۵ b	۲۷۰/۳ a	۲۲۴/۲ b
۳۰ درصد زئولیت	۲/۷ ab	۰/۴۲ b	۵/۰ a	۱/۴۸ ab	۰/۷۱ a	۱۱۱۸/۰ a	۲۷۰/۲ a	۲۲۳/۸ b
۴۰ درصد زئولیت	۳/۰ a	۰/۵۵ a	۵/۳ a	۱/۳۰ b	۰/۷۳ a	۷۱۹/۵ c	۲۷۰/۲ a	۱۹۷/۲ b
۵۰ درصد زئولیت	۳/۰ a	۰/۵۱ ab	۴/۹ a	۱/۵۸ a	۰/۶۴ ab	۱۰۸۴/۰ a	۲۷۰/۲ a	۲۴۹/۹ ab

در هر ستون، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

جدول ۶. اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت و محلول غذایی بر غلظت عناصر غذایی در برگ گیاه دیفن‌باخیا

تیمار	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
شاهد با محلول غذایی	۳/۲۰ b	۰/۵۰ abc	۳/۴ c	۱/۴ ab	۰/۷ b	۸۴۴/۷ e	۳۱۵/۷ a	۳۲۵/۴ a
۱۰٪ زئولیت با محلول غذایی	۳/۱۸ b	۰/۵۲ abc	۴/۶ b	۱/۶ a	۰/۶ bc	۱۱۱۸/۰ ab	۲۵۶/۵ bc	۲۳۱/۴ b
۲۰٪ زئولیت با محلول غذایی	۳/۲۳ b	۰/۵۶ ab	۴/۹ ab	۱/۴ ab	۰/۷ b	۹۴۷/۹ cde	۳۱۹/۸ a	۲۲۷/۷ b
۳۰٪ زئولیت با محلول غذایی	۳/۷۲ a	۰/۶۰ ab	۵/۲ ab	۱/۵ a	۰/۹ a	۱۳۰۲/۰ a	۳۳۱/۴ a	۲۶۶/۳ ab
۴۰٪ زئولیت با محلول غذایی	۳/۱۹ b	۰/۷۰ a	۵/۶ a	۱/۳ b	۰/۷ b	۹۸۸/۷ b-e	۲۸۹/۳ ab	۲۱۰/۵ b
۵۰٪ زئولیت با محلول غذایی	۳/۲۸ b	۰/۴۷ abc	۵/۱ ab	۱/۶ a	۰/۸ ab	۱۱۴۱/۰ abc	۲۵۷/۴ bc	۲۵۶/۴ ab
شاهد بدون محلول غذایی	۲/۶۷ c	۰/۴۰ bcd	۳/۴ c	۱/۳ b	۰/۶ bc	۵۴۷/۷ f	۲۸۹/۲ ab	۲۴۴/۲ ab
۱۰٪ زئولیت بدون محلول غذایی	۲/۷۹ bc	۰/۳۵ cd	۳/۹ bc	۱/۵ a	۰/۴ c	۱۱۳۱/۰ a-d	۲۵۱/۵ bc	۲۰۲/۱ b
۲۰٪ زئولیت بدون محلول غذایی	۲/۹۰ bc	۰/۴۹ abc	۳/۴ c	۱/۲ bc	۰/۶ bc	۹۱۵/۰ de	۲۲۳/۲ c	۲۱۹/۸ b
۳۰٪ زئولیت بدون محلول غذایی	۲/۷۵ c	۰/۲۴ d	۴/۸ b	۱/۴ ab	۰/۴ b	۹۳۴/۳ cde	۲۰۲/۸ c	۱۸۱/۲ b
۴۰٪ زئولیت بدون محلول غذایی	۲/۸۱ bc	۰/۴۱ bcd	۵/۱ ab	۱/۲ bc	۰/۶ bc	۴۵۰/۳ f	۲۵۵/۵ bc	۱۸۳/۸ b
۵۰٪ زئولیت بدون محلول غذایی	۲/۷۹ c	۰/۵۰ abc	۴/۶ b	۱/۵ a	۰/۴ c	۱۰۲۷/۰ b-e	۲۵۴/۵ bc	۲۴۳/۳ ab

در هر ستون، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

نتایج اثر متقابل سطوح مختلف زئولیت با محلول غذایی در جدول ۶ دیده می‌شود. در مجموع، تیمارهای زئولیت با محلول غذایی، افزایش بیشتری از غلظت عناصر غذایی نسبت به شرایط بدون محلول غذایی نشان دادند. نتایج نشان داد که در شرایط بدون محلول غذایی، افزودن زئولیت به بستر کشت، به ویژه در مقادیر بیشتر، توانسته است تا حدودی غلظت عناصر غذایی در برگ را به حد شرایط با محلول غذایی افزایش دهد. این موضوع برای عناصر فسفر و آهن در تیمار ۵۰٪ زئولیت، پتاسیم، کلسیم و روی در مقادیر ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد زئولیت و منیزیم و منگنز در مقادیر ۴۰ و ۵۰ درصد زئولیت دیده می‌شود.

بحث

خصوصیات فیزیکوشیمیایی بسترهای کشت

جرم مخصوص ظاهری مهمترین فاکتور تشریح خصوصیات فیزیکی بستر کشت می‌باشد. چن و همکاران (۱۱) گزارش کردند که خصوصیات فیزیکی مهمترین عاملی است که کارآیی گیاه را در بسترهای کشت گیاهان گلدانی تحت تأثیر قرار می‌دهد. جرم مخصوص ظاهری در بستر کشت بدون خاک کم است و رابطه معکوسی با درصد تخلخل دارد. وقتی جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد، تعداد خلل و فرج و روزنه‌های بزرگ کم می‌شود (۳۸). در این آزمایش، تمام سطوح زئولیت از نظر جرم مخصوص ظاهری بیشتر از حد بهینه بودند و با افزایش مقدار زئولیت در بستر کشت، جرم مخصوص ظاهری افزایش یافت. به نظر می‌رسد که این افزایش به علت وجود ماده معدنی (زئولیت) با وزن بیشتر در مقایسه با پیت باشد که منجر به افزایش جرم مخصوص ظاهری شد. این نتیجه با یافته‌های کولار و همکاران (۲۵) که بیان کردند با افزایش زئولیت گرانوله شده (دانه دانه) در بستر کشت با پایه پیت در گیاه شمعدانی، جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد، همخوانی و مطابقت دارد. آباد و همکاران (۳) حد بهینه جرم مخصوص ظاهری بستر کشت ایده‌آل را کمتر از ۰/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیان کردند.

فونتانو و همکاران (۱۵) گزارش کردند که یک بستر کشت ایده‌آل باید دارای تخلخل بیش از ۸۵٪ باشد. در این آزمایش فقط درصد تخلخل بستر شاهد در حد بهینه قرار داشت. ولی با افزایش نسبت‌های جایگزینی زئولیت بجای پیت، خصوصاً در نسبت‌های بالاتر، تخلخل روند کاهشی داشته و کمتر از حد بهینه بود. در کل، با افزایش نسبت‌های جایگزینی پیت با زئولیت، جرم مخصوص ظاهری بسترها افزایش یافت و این منجر به کاهش تدریجی در تخلخل کل و تغییر در پراکنش خلل و فرج بسترها شد. یکی از دلایل کاهش رشد گیاه دیفن‌باخیا در سطوح بالاتر زئولیت (خصوصاً ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) را می‌توان کمبود فضای هوا و عدم تهویه مناسب دانست. کولار و همکاران (۲۵) نیز بیان کردند که با افزایش درصد زئولیت در بستر کشت شمعدانی، تهویه فضای بستر کشت کاهش می‌یابد و آن را به دلیل قدرت زیاد زئولیت در جذب و نگهداری آب دانستند.

خصوصیات شیمیایی بستر باید مورد توجه قرار گیرد، چون تأثیر زیادی بر کیفیت گیاه دارند. ویژگی‌های شیمیایی مستقیماً روی قابلیت انحلال مواد غذایی و حفظ و نگهداری آنها تأثیر دارند (۳۸). در سیستم‌های کشت بدون خاک یا هیدروپونیک، مقدار عناصر در محلول غذایی با توجه به میزان جذب گیاه و میزان نیاز آن تغییر می‌کند (۷). در تغذیه بیشتر گیاهان، نیتروژن سهم عمده‌ای را به خود اختصاص می‌دهد و به همین دلیل مهمترین عنصر محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شود. زئولیت‌ها به‌عنوان یک جاذب برای کاهش تغییر و دگرگونی نیتروژن مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۲). میزان فسفر نیز همانند نیتروژن با افزایش مقدار زئولیت در بستر کشت به همان نسبت کاهش یافت. بیشترین میزان فسفر مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان فسفر مربوط به تیمار ۵۰٪ زئولیت بود. با توجه به این که در ترکیب ماده آلی نیتروژن و در مرتبه بعد فسفر وجود دارد، لذا با افزایش ماده معدنی زئولیت در بستر کشت، طبیعتاً مقدار نیتروژن و فسفر بستر کشت کاهش می‌یابد. بنابراین به نظر می‌رسد که در مقادیر بالای زئولیت،

مقدار این دو عنصر در بستر کشت کمتر باشد. نتایج این مطالعه با یافته‌های عبدی (۴) در افزایش عناصر نیتروژن و فسفر در بستر کشت توت‌فرنگی (حاوی زئولیت در ترکیب بستر کشت) همخوانی ندارد. ولی با مطالعه محبوب خمامی (۲۷) که بیان کرد در جایگزینی پیت با زئولیت در بستر کشت فیکوس بنجامین، افزایش مقدار زئولیت در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری منجر به کاهش کل مقدار نیتروژن و فسفر بستر شد، مطابقت دارد.

بیشترین میزان پتاسیم بستر کشت مربوط به تیمار ۲۰٪ زئولیت و کمترین میزان پتاسیم مربوط به تیمار شاهد بود. زئولیت‌ها با داشتن مقادیر قابل توجه پتاسیم در ترکیب خود به عنوان منبع پتاسیم قابل دسترس گیاه شناخته می‌شوند (۴۵). بونت (۹) نیز در مطالعات خود روی محیط‌های کشت گلدانی بیان داشت که مقدار پتاسیم موجود در مواد آلی معمولاً کمتر از مقدار آن در خاک‌های معدنی است که نتیجه این آزمایش را تأیید می‌کند. چالینور و همکاران (۱۰) با آزمایش روی میخک استاندارد و استفاده از زئولیت در بستر، به این نتیجه رسیدند که زئولیت قدرت جذب بسیار بالایی برای پتاسیم و نیتروژن آمونیومی دارد و بدون تغییر اساسی در ساختار، توان مبادله کاتیون را دارد. آنها گزارش کردند که کلینوپتیلولایت در جذب پتاسیم و نیتروژن آمونیومی به صورت انتخابی عمل می‌کند و ثابت کردند که زئولیت آبشویی پتاسیم را کاهش می‌دهد. همچنین نتیجه این آزمایش با یافته‌های محبوب خمامی (۲۷) در جایگزینی ۴۰٪ زئولیت به جای پیت در بستر کشت فیکوس بنجامین و عبدی (۴) در بستر حاوی زئولیت بر رشد و گل‌دهی توت‌فرنگی مطابقت دارد.

سه ترکیب اصلی و مهم خصوصیات شیمیایی بستر کشت، پ–هاش، EC و CEC می‌باشد (۳۸). بررسی خصوصیات شیمیایی بستر نشان داد که با افزایش مقدار زئولیت در بستر کشت، پ–هاش روند افزایشی داشت. به طوری که بیشترین میزان پ–هاش (۷/۵)، مربوط به بستر ۵۰٪ زئولیت و کمترین میزان پ–هاش (۵/۸) در بستر شاهد مشاهده شد. افزودن زئولیت، معمولاًپ–هاش خاک را افزایش می‌دهد (۳۴). این نتیجه با مطالعه محبوب خمامی(۲۷) در جایگزینی زئولیت به جای پیت در بستر کشت فیکوس بنجامین و بالا رفتن پ–هاش ترکیبات بستر کشت، با افزایش جایگزینی زئولیت به‌جای پیت، همخوانی دارد. همچنین نتایج کولار و همکاران (۲۵) که بیان کردند با افزایش مقادیر زئولیت در بستر کشت شمعدانی، میزان پ–هاش افزایش یافت، نتیجه این آزمایش را تأیید می‌کند.

بررسی‌ها نشان داد که با افزایش مقادیر زئولیت در بستر کشت، مقادیر هدایت الکتریکی نیز به همان نسبت در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کرد. به طوری که بیشترین میزان هدایت الکتریکی (۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر ۵۰٪ زئولیت و کمترین میزان هدایت الکتریکی (۱/۴۱ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر شاهد مشاهده شد. میزان هدایت الکتریکی بسترهای کشت، با افزایش جایگزینی زئولیت افزایش یافت. این نتیجه مطابق با یافته‌های محبوب خمامی (۲۷) بود که بیان کرد هدایت الکتریکی بستر کشت گلدانی فیکوس بنجامین به‌طور خطی با افزایش غلظت زئولیت به ترتیب ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶، ۱/۸ مرتبه بیشتر از شاهد بود.

شاخص‌های رشد گیاه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین اثر مثبت شاخص‌های رشدی بررسی شده گیاه دیفن باخیا مربوط به تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد زئولیت است که با اضافه شدن محلول غذایی در این نسبت‌ها، میزان رشد افزایش بیشتری را نشان داد. علت این امر را می‌توان به عرضه بیشتر عناصر غذایی برای گیاه نسبت داد. با اضافه شدن محلول غذایی به بستر حاوی ۲ پیت و ۱ پرلیت، میزان رشد افزایش پیدا کرد.

اما در مقادیر بیشتر زئولیت، خصوصاً ۴۰ و ۵۰ درصد، به دلیل افزایش هدایت الکتریکی و افزایش نسبت C/N، میزان شاخص‌های رشد در این بسترها کاهش چشمگیری را نشان داد. هدایت الکتریکی بحرانی گیاه دیفن‌باخیا ۲–۱ دسی‌زیمنس بر متر است. کاهش رشد در مقادیر بیشتر زئولیت می‌تواند به

علت تهویه ضعیف بستر کشت نیز باشد. چرا که در مقادیر بیشتر زئولیت، تهویه و تخلخل کاهش یافت. همچنین محبوس شدن آب و عناصر غذایی در شبکه‌های متخلخل زئولیت و در نتیجه خارج شدن آب از دسترس گیاه، از عوامل کاهش رشد و ضعیف بودن گیاه در مقادیر بیشتر زئولیت (۴۰ و ۵۰ درصد) است. منیر و همکاران (۳۲) بیان کردند که زئولیت‌ها به عنوان کودهای کندرها، با جذب و به دام انداختن عناصر غذایی، مشکلات تلفات و آب‌شویی عناصر و در نتیجه آلودگی آب‌های زیرزمینی را حل می‌کنند. از طرف دیگر، به علت این ویژگی، زئولیت‌ها ممکن است اثر معکوس در رشد گیاه داشته باشند. به این صورت که اگر آنها سطوح بالایی از سدیم را به داخل بستر رها کنند و یا با جذب عناصر غذایی در کانال‌های خود با ریشه گیاه رقابت کنند، می‌توانند اثر معکوس بر رشد گیاه داشته باشند.

بیشترین وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه در تیمار ۲۰٪ زئولیت با محلول غذایی مشاهده شد. این نتیجه با یافته‌های کولار و همکاران (۲۵) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد ذخیره شدن عناصر غذایی در کانال‌های زئولیت و جلوگیری از آب‌شویی این عناصر توسط زئولیت و در دسترس قرار دادن آنها برای گیاه، علت افزایش وزن تر و خشک گیاه در این تیمار است. با توجه به تأثیر مثبت زئولیت بر افزایش قابلیت تبادل کاتیونی خاک (۳۹)، به نظر می‌رسد که افزایش فراهمی عناصر غذایی، وزن خشک برگ و ساقه را افزایش داده است. زئولیت به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی، قدرت متعادل کردن عناصر و حفظ بهتر پ–هاش محیط ریشه را دارد و موجب رشد بهتر ساقه و برگ‌ها می‌شود. افزایش تعداد برگ با نتیجه کولار و همکاران (۲۵) و افزایش قطر ساقه توسط زئولیت در این آزمایش با نتایج سونگ و همکاران (۴۲) مطابقت دارد. بیشترین قطر ساقه در تیمار ۵۰٪ زئولیت با محلول غذایی مشاهده شد. کولار و همکاران (۲۵) طی تحقیقی در بستر کشت شمعدانی دریافتند که گیاهان رشد یافته در سطوح پایین‌تر زئولیت نسبت به سطوح بالاتر دارای وزن تر و خشک ساقه بیشتر بودند. گول و همکاران (۲۰) اثر نسبت‌های متفاوت پرلیت و زئولیت خام را در بستر هیدروپونیک کاهو بررسی کردند و نتیجه گرفتند که وزن تولیدی کاهو با افزایش نسبت زئولیت، افزایش یافت. فتوحی قزوینی و همکاران (۱۶) طی تحقیقی روی ترکیب زئولیت و پرلیت به عنوان بستر کشت توت‌فرنگی، بیان کردند که زئولیت به علت CEC زیاد، ظرفیت نگهداری آب و مواد تغذیه‌ای، منجر به بهبود عملکرد و کیفیت توت‌فرنگی شده است.

غلظت عناصر غذایی در برگ

نتایج نشان داد که در تیمارهای با محلول غذایی، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و روی در برگ گیاه در مقایسه با تیمارهای بدون محلول غذایی افزایش یافت. به نظر می‌رسد این موضوع به علت عرضه بیشتر عناصر در بستر رشد گیاه و جذب بیشتر این عناصر توسط گیاه باشد. نگهداری کاتیون‌هایی از قبیل آمونیوم و مواد تغذیه‌ای گیاه توسط زئولیت با جذب سطحی در شبکه متخلخل و با خاصیت ظرفیت تبادل کاتیونی انجام می‌شود (۳۱). پیسانو و همکاران (۳۵) به این نکته اشاره دارند که زئولیت راندمان استفاده از عناصر را بالا می‌برد.

میزان پتاسیم در برگ گیاه با افزایش زئولیت در بستر کشت، افزایش چشمگیری را نشان داد. زئولیت به دلیل داشتن پتاسیم قابل جذب زیاد و کاهش آب‌شویی این عنصر از بستر کشت، توانسته پتاسیم را به تدریج آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار دهد. همچنین مطابق جدول ۴، با وجود زئولیت در بستر کشت، میزان عنصر پتاسیم در این بسترها بالا رفته و با فراهمی بیشتر در اختیار گیاه قرار گرفته و در نتیجه غلظت آن در بافت‌های گیاه نیز افزایش یافته است. نتایج مطالعات صابری (۲) نشان داد که بستر کوکوپیت و زئولیت باعث افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم در شاخساره و میوه گوجه‌فرنگی چری شد. هارلند و همکاران (۲۱) اعلام کردند که زئولیت به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، باعث جذب عناصر و در دسترس بودن پتاسیم، کلسیم و منیزیم برای گیاه می‌گردد. آیان و همکاران (۶) و

مالوپا و همکاران (۲۸) نیز به این نتیجه رسیدند که با وجود زئولیت، غلظت عناصر (پتاسیم و منیزیم) درون بافت گیاه بیشتر می‌شود و گیاهان رشد یافته در این بستر به دلیل در دسترس بودن عناصر برای آنها رشد بهتری دارند. ثابت شده که زئولیت، پتانسیل جذب پتاسیم از کودهای شیمیایی را دارد، آب‌شویی را کاهش می‌دهد و به عنوان یک کود کندرهای پتاسه استفاده می‌شود. کلینوپتیلولایت اضافه شده به یک بستر کشت گلدانی برای گل داوودی درست به مانند یک کود پتاسه کندرها عمل نموده و همان رشدی را برای گیاهان نتیجه داده که آبیاری روزانه با محلول هوگلند داشته است (۳۱). بیشترین میزان منگنز نیز در تیمار ۳۰٪ زئولیت با محلول غذایی مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، استفاده از زئولیت باعث رشد بهتر گیاه و بهبود شاخص‌های رشدی شامل وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، تعداد برگ، قطر و ارتفاع ساقه و همچنین بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه در سطوح مختلف و در نتیجه آن رشد بهتر محصول در مقایسه با پیت، که از بسترهای رایج هیدروپونیک است، شده است و سطوح ۱۰ تا ۳۰ درصد زئولیت نتیجه مطلوبی را در بستر کشت گیاه دیفن‌باخیا نشان داده است. از آنجایی که پتاسیم نقش مهمی در تعادل اسمزی، فعال کردن آنزیم، فتوسنتز، سنتز پروتئین، رشد و توسعه سلول، باز شدن روزنه‌های تنفسی و انتقال مواد در آوندها دارد، بهبود در بسیاری از صفات مورد مطالعه این تحقیق احتمالاً به افزایش محتوای پتاسیم در بستر کشت حاوی زئولیت و نهایتاً جذب بهتر و بیشتر آن در برگ (افزایش جذب تا سطح ۳۰٪ زئولیت) نسبت داده می‌شود. با توجه به موجود بودن مقادیر قابل توجه زئولیت‌های طبیعی در کشور، استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، این نهاده به عنوان جایگزین بخشی از پیت در بستر کشت گیاهان زینتی درخور توجه و بررسی بیشتر می‌باشد.

با توجه به اهمیت تولید و گسترش صادرات گیاهان زینتی، خصوصاً گیاهان آپارتمانی و گسترش کشت به روش هیدروپونیک در گلخانه‌های تولید گیاهان آپارتمانی در کشور، انجام تحقیقات کاربردی درباره مدیریت تغذیه گیاهان گلخانه‌ای با رعایت نکات زیست محیطی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به قابلیت زئولیت در افزایش کمیت و کیفیت محصول، خصوصاً گیاهان زینتی، پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های بیشتری روی محصولات دیگر صورت گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. پاداشت دهکائی، م. و م. غلامی. ۱۳۸۸. تأثیر بسترهای کشت مختلف در رشد گیاه گلدانی دراسنا (*Dracaena marginata* Ait.) و پافیلی (*Beaucarnea recurvata* Lem.). مجله به‌زاعی نهال و بذر ۲۵(۱): ۶۳-۷۷.

۲. صابری، ز. ۱۳۸۵. کاربرد زئولیت، میکا و بعضی مواد بی‌اثر به‌عنوان بستر رشد گوجه‌فرنگی به روش هیدروپونیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

3. Abad, M., P. Nogurea and S. Bures. 2001. National inventoty of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. Bioresour. Technol. 77: 197-200.
4. Abdi, Gh., M. Khosh-Khui and S. Eshghi. 2006. Effects of natural zeolite on growth and flowering of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). Intl. J. Agric. Res. 1(4): 384-389.
5. Allison, I.E. 1965. Organic carbon. PP. 1367-1378. *In:* Black, C.A., D.D. Evanns, J.L. White, L.E. Ensmiger, F.E. Clark and R.C. Dinauer (Eds.), Methods of Soil Anlysis, Part 2, ASA, Madison, Wisconsin, USA.
6. Ayan, S., Z. Yahaoglu, V. Gercek and A. Sahin. 2008. Utilization of zeolite as a substrate for containerized oriental spruce (*Picea orientalis* L.(Link)) seedling propagation. Acta Hort. 779: 583-590.
7. Bialczyk, J., Z. Lechowski, D. Dziga and E. Meja. 2007. Fruit yield of tomato cultivated on media with bicarbonate and nitrate/ ammonium as the nitrogen source. J. Plant Nutr. 30: 149-161.

8. Breck, D.W. 1974. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. Wiley, New York.
9. Bunt, A.C. 1983. Loamless substrate for pot plant: Micro element problems. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 1972: 66-67.
10. Challinor, P.F., J.M. Le Pivert and M.P. Fuller. 1995. The production of standard carnations on nutrient-loaded zeolite. Acta Hort. 401: 293-299.
11. Chen, Y., Y. Ibar and Y. Harda. 1988. A hardwood bark-sawdust compost for greenhouse pot flower production. Forest Prod. J. 22(1): 36-39.
12. Dresboll, D.B. 2010. Effect of growing media composition, compaction and periods of anoxia on the quality and keeping quality of potted roses (*Rosa* sp.). Sci Hort. 126: 56-63.
13. Ercisli, S., A. Esitken, R. Cangi and F. Sahin. 2003. Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi* inoculation. Plant Growth Regul. 4: 133-137.
14. Ferguson, G.A. and I.L. Pepper. 1987. Ammonium retention in sand amended with clinoptilolite. J. Soil Sci Soc. Am. 51: 231-234.
15. Fonteno, W.C., D.K. Cassel and R.A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. J. Am. Soc. Hort. Sci. 106(6): 736-741.
16. Fotouhi Ghazvini, R., G. Payavast and H. Azarian. 2007. Effect of clinoptilolitic-zeolite and perlite mixtures on the yield and quality of strawberry in soil-less culture. Intl. J. Agric. Biol. 9(6): 885-888.
17. Gabriels, R., W.V. Kerrsbulk and P. Engels. 1993. A rapid method for the determination of physical properties of growing media. Acta Hort. 342: 243-247.
18. Goos, R.G. 1995. A laboratory exercise to demonstrate nitrogen mineralization and immobilization. J. Nat. Resour. Life Sci. Edu. 24: 68-70.
19. Griffin, W.N. 2010. Evaluation of whole tree as an alternative substrate component in production of greenhouse-grown annuals. MSc. Thesis, Auburn University, Auburn, Alabama, USA.
20. Gul, A., D. Erogul and A.R. Ongun. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Hort. Sci. 106: 464-471.
21. Harland, J., S. Lane and D. Price. 1999. Further experiment with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crop. Acta Hort. 482: 187-194.
22. Hung, Z.T. and A.M. Petrovic. 1992. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand-based golf greens. J. Environ. Qual. 23: 1190-1194.
23. Issa, M., G. Ousounidou, H. Maloupa and H.A. Constantinidou. 2001. Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrates and heating systems. Sci. Hort. 88: 215-234.
24. Jayasinghe, G.Y., Y. Tokashiki, M. Kitou and K. Kinjo. 2008. Oil palm waste and synthetic zeolite: An alternative soil-less growth substrate for lettuce production as a waste management practice. Waste Manage. Res. 26: 559-565.
25. Kolar, M., M. Dubsky, F. Sramek and M. Pintar. 2010. The effect of natural zeolite in peat base growing media on *pelargonium zonale* plants. Europ. Hort. Sci. 75(5): 226-230.
26. Maboeta, M.S. and L. van Resenburg. 2003. Vermicomposting of industrially produced woodchips and sewage sludge utilizing *Eisenia fetida*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 56: 265-270.
27. Mahboub Khomami, A. 2011. Influence of substitution of peat with Iranian zeolite (clinoptilolite) in peat medium on Ficus benjamina growth. J. Ornamen. Hort. Plants 1(1): 12-17.
28. Maloupa, M., C. Samartzidis, P. Couloumbis and A. Komninou. 1999. Yield quality and photosynthetic activity of greenhouse grown 'Madelon' rose on perlite-zeolite substrate mixtures. Acta Hort. 481: 97-99.
29. Manolov, I., D. Antonov, G. Stoilov, I. Tsareva and M. Baev. 2005. Jordanian zeolitic tuff as a raw material for the preparation of substrates used for plant growth. J. Central Euro. Agric. 6(4): 485-494.
30. Milosevic, T. and N. Milosevic. 2009. The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees. Plant Soil Environ. 55(12): 528-535.
31. Mumpton, F. 1999. La Roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. Nat. Acad. Sci. 96: 3467-3470.
32. Munir, J.M., S.K. Nabila and K.A. Nabil. 2004. Response of croton grown in a zeolite-containing substrate to different concentrations of fertilizer solution. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35(15-16): 2283-2297.
33. Nabila, S., M. Karam, J. Mohammad and Z.J. Mohammad. 2009. Fertilization through wastewater of croton (*Codiaeum variegatum* Blume) in zeolite – containing substrates. Jor. J. Agric. Sci. 5(4): 407-420.
34. Perez, R., J. Caballero, C. Gil, J. Benitez and L. Gonzalez. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees: Preliminary results. Am. J. Agric. Biol. Sci. 2(1): 321-324.
35. Pisanu, A., B. Manca, P. Mule, F. Chessa and S. Meloni. 2007. Amended soils with natural zeolites: Analysis of two-year tests on greenhouse tomato. Acta Hort. 747: 211-218.

36. Polat, E., M. Karaca, H. Demir and A. Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit Ornamen. Plant Res. 12: 183-189.
37. Qian, Y.L., A.J. Koski and R. Welton. 2001. Amending isolite and zeolite in sand under saline conditions: Leachate composition and salt deposition. HortSci. 36: 717-720.
38. Robert, H.S. and R.E. Michael. 1999. Growth of *Dracaena marginata* and Spathiphyllum 'Petite' in Sphagnum peat – and coconut coir dust– based growing media. J. Environ. Hort. 17(1): 49-52.
39. Shaw, J.W. and R.D. Andrews. 2001. Cation exchange capacity affects greens' truf growth. Golf Course Manage., pp. 73-77.
40. Shen, X., M.E. Kane and J. Chen. 2008. Effects of genotype, explant source, and plant growth regulators on indirect shoot organogenesis in dieffenbachia cultivars. In Vitro Cell. Develop. Biotechnol. Plant 44: 282-288.
41. Singh, R. and K. Pradhan. 1981. Determination of nitrogen and protein by Kjeldahl method. *In:* Forage Evaluation Science, Pvt. Publishers Ltd., New Delhi.
42. Song, X., X. Wang, S. Han and J. Zang. 2004. Effects of adding zeolite on cucumber seedling quality. Acta Agric. Shanghai 20(2): 48-50.
43. Soltanpour, P.N. 1985. Use of ammonium bicarbonte DTPA soil test to evaluate elemental availability and toxicity. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16(3): 323-338.
44. Verdonck, O. and R. Gabriels. 1992. Reference method for the determination of physical and chemical properties of plant substrates. Acta Hort. 302: 169-179.
45. Williams, K.A. and P.V. Nelson. 1997. Using precharged zeolite as a source of potassium and phosphate in a soilless container medium during potted chrysanthemum production. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122: 703-708.
46. Wilson, S.B. and P.J. Stoffella. 2003. Compost amended media and irrigation system influence containerized perennial Salvia. J. Am. Soc. Hort. Sci. 128(2): 260-268.