نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۷۰۴-۶۹۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 694-704
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر اجزای عملکرد و عناصر معدنی کلم بروکلی (*Brassica oleracea* var. italica) در شرایط کشت بدون خاک

کامران قاسمی[1*]- سید مصطفی عمادی[2]- یوسف قاسمی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰

چکیده

کلم بروکلی یکی از پرارزش‌ترین اعضای خانواده کلم‌هاست که به طور گسترده در دنیا مورد توجه بوده و به صورت کشت بدون خاک نیز تولید می‌شود. در تحقیق حاضر ترکیب‌های مختلف برای کشت بدون خاک کلم بروکلی در فضای باز مقایسه شده و عملکرد محصول و غلظت عناصر غذایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. ده نوع بستر کاشت شامل: کوکوپیت، پرلیت، ماسه، خاک اره، ترکیب ماسه و خاک اره، ترکیب ماسه و ورمی‌کمپوست، ترکیب کوکوپیت پرلیت، ترکیب کوکوپیت لیکا، ترکیب کوکوپیت پامیس، ترکیب کوکوپیت پرلیت ورمی‌کمپوست در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. براساس نتایج بدست آمده ارتفاع بوته، درصد ماده خشک و تعداد هد جانبی تحت تأثیر نوع بستر نبود ولی اثر نوع محیط کشت بر وزن و قطر هد اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین قطر و وزن هد اصلی (به ترتیب ۲۲۲/۱۸ میلی‌متر و ۲۹۶/۰۸ گرم) مربوط به بستر ترکیبی ماسه و ورمی‌کمپوست بود. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به استثنای دو عنصر نیتروژن و روی، بستر کاشت اثر معنی‌داری بر غلظت سایر عناصر معدنی مورد آزمایش در بخش خوراکی کلم بروکلی نداشته است. بیشترین غلظت نیتروژن در بخش خوراکی کلم بروکلی مربوط به دو بستر پرلیت خالص و خاک اره به ترتیب با ۴۲/۱۰ و ۴۱/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بوده است و بیشترین غلظت عنصر روی هم در بروکلی‌های کاشته شده در بستر خاک اره با ۶۲/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک دیده شد که به طور معنی‌داری از تمامی بسترهای دیگر بیشتر بوده است. با بررسی همبستگی صفات مختلف مورد بررسی در این آزمایش مشخص شد که سه صفت ارتفاع بوته، قطر هد و وزن هد وابستگی مثبت و معنی‌داری با هم داشته‌اند. با توجه به نتایج حاصل از عملکرد می‌توان استفاده از ورمی‌کمپوست را به عنوان یکی از اجزای بستر کاشت کلم بروکلی در سامانه‌های بدون خاک پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: پرلیت، کوکوپیت، ماسه، محیط کشت، ورمی‌کمپوست

مقدمه

کلم بروکلی یکی از پرارزش‌ترین اعضای خانواده کلم‌هاست که به طور گسترده در دنیا مورد توجه می‌باشد و به تازگی به طور محدودی در ایران نیز مورد کشت و کار قرار گرفته است. به همین علت جهت دستیابی به تولید کمی و کیفی مطلوب این سبزی نیاز به پژوهش‌های بومی می‌باشد (۵). کلم بروکلی مانند سایر واریته‌های کلم، به صورت نشاکاری کشت می‌شود. نیاز آبی و غذایی بروکلی بالا بوده و به علت داشتن ترکیبات گوگردی مانند سولفورافان، وجود مقادیر کافی عنصر گوگرد در کیفیت محصول تولیدی بسیار حایز اهمیت است.

محدودیت منابع آب و خاک به عنوان دو نهاده اصلی تولید محصولات کشاورزی به علاوه مشکلاتی نظیر شوری، سدیمی و ماندابی خاک مسائل مهمی هستند که در کشور با آن روبرو هستیم (۱۸). با در نظر گرفتن شرایط فوق‌الذکر یکی از مهمترین راهکارهای خروج از این بحران‌ها کشت بدون خاک است. محدودیت آب خصوصا برای محصولاتی مانند کلم‌ها که نیاز آبی بالایی دارند حادتر بوده لذا توجه به کشت بدون خاک این محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. امروزه در کشت بدون خاک از مواد آلی و معدنی مختلفی به عنوان بستر کاشت استفاده می‌گردد. هر یک از این مواد دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند. بطورکلی، موادی که به عنوان بستر کاشت و محافظ ریشه گیاه در کشت بدون خاک استفاده

۱ و ۳- استادیاران گروه باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: kamranghasemi63@gmail.com)
۲- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.58860

می‌شوند باید از ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی بالا، تهویه کافی، زهکشی مناسب، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا برخوردار بوده و همچنین نباید هیچگونه تأثیر سوء و مضری برای گیاه داشته باشند (۱۵). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای رشد به طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد و کیفیت محصول مؤثر هستند (۲۵). برای تولید موفق محصولات در کشت بدون خاک احتیاج به ذخیره کافی از مواد غذایی در بسترهای مختلف کشت در هر مرحله از رشد گیاه می‌باشد (۱۰). بستر هیدروپونیک می‌بایست به راحتی زهکشی شود، قدرت تهویه مناسبی داشته باشد، توانایی و ظرفیت نگهداری آب آن خوب باشد، عاری از بذور علف‌های هرز و مواد مضر دیگر بوده و با قیمت ارزانی قابل تهیه باشد (۸).

مطالعات زیادی اثر بستر کاشت بر عملکرد سبزی‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند ولی تنها تعداد کمی از پژوهش‌ها به پارامترهای کیفی محصولات در ارتباط با بستر کاشت پرداخته‌اند (۱۹). صابری (۲۲) در پژوهشی نشان داد که کوکوپیت و پرلیت باعث افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم در شاخساره و میوه گوجه فرنگی می‌گردد. خاک اره از بسترهای آلی است که به علت فراوانی، قیمت کم، سبکی و تمیزی، به عنوان بستر مناسب مورد توجه قرار گرفته است. یوسفیان و همکاران (۳۲) در بررسی دو بستر پرلیت و پوسته شلتوک برای کشت گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که افزودن پرلیت به پوسته شلتوک موجب افزایش معنی‌دار تعداد میوه و عملکرد در مقایسه با تیمار پوسته شلتوک شد. در این پژوهش بیشترین طول ساقه و تعداد گره و برگ نیز در گیاهان رشد کرده در بستر پرلیت خالص مشاهده شد. سان‌باتیستا و همکاران (۲۴) اعلام کردند که عملکرد بروکلی تحت تأثیر دو نوع بستر پرلیت و کوکوپیت قرار نگرفت. این درحالی بود که اختلال قهوه‌ای شدن جوانه در بستر پرلیت به طور معنی‌داری بیشتر بود.

نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که رشد گیاهان در بسترهای معدنی (مانند پرلیت، پشم سنگ و ماسه) بیشتر از بسترهای آلی است (۱۹). پرلیت شرایط مناسب برای رشد گیاه مانند تهویه، زهکشی و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه در ترکیب با سایر بسترها را فراهم می‌کند (۲۵). امیری و همکاران (۲) بستر پرلیت را موجب زودرسی و افزایش عملکرد بادمجان تشخیص دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد بیشترین تعداد گره، وزن تر و خشک اندام هوایی، بیشترین تعداد میوه و عملکرد مربوط به تیمار پرلیت ۹۵ درصد و هیدروژل ۵ درصد بود. کمترین تعداد روز تا گلدهی بوته نیز مربوط به تیمار پرلیت ۱۰۰ درصد بود.

با این حال تعداد مطالعاتی که نشان می‌دهند بسترهای ترکیبی آلی- معدنی برای رشد سبزی‌ها مناسبتر است، رو به افزایش می‌باشد (۱۲). کاشت گیاه گوجه فرنگی در بسترهای آلی (کمپوست و مخلوط ورمی‌کمپوست- خاک) و معدنی (شن و پرلیت) نشان داد که میوه‌ها در بسترهای آلی بطور معنی‌داری، دارای کلسیم و ویتامین ث بیشتر و آهن کمتری نسبت به بسترهای معدنی بودند (۲۰). ایکدا و تان (۱۳)، بیان کردند که بسترهای معدنی نسبت به بسترهای آلی عملکرد میوه در گوجه فرنگی را کاهش می‌دهد. آباد و همکاران (۱) اظهار داشتند که فسفر و پتاسیم قابل جذب در کوکوپیت به ترتیب از ۰/۲۸ تا ۲/۸۱ مول در متر مکعب و ۲/۹۷ تا ۵۲/۶۶ مول در متر مکعب متغیر بوده که نسبت به بستر کشت پیت ماس بسیار بیشتر است. اینـدن و تورس (۱۴) بیشترین عملکرد گوجه فرنگی را در بستر پرلیت و پوسته برنج گزارش کردند. تزورتزاکیس و اکوناماکیس (۲۹) گزارش کردند که افزودن ضایعات ذرت موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی نسبت به بسترهای کشت معدنی می‌گردد. آنها همچنین بیان کردند که رشد گیاهان در بستر کشت‌های آلی در مقایسه با بسترهای معدنی بیشتر است. دیلمقانی و همتی (۱۰) با مقایسه نسبت‌های مختلف پرلیت- کوکوپیت به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد گوجه فرنگی در نسبت‌های ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ بدست آمد. آصف و همکاران (۵) و توپکو و همکاران (۲۸) در کشت بدون خاک کلم بروکلی از نسبت مساوی کوکوپیت و پرلیت استفاده کردند.

درصد بالایی از اراضی قابل کشت در ایران به درجات مختلف با مسائل شوری، سدیمی و ماندابی بودن روبرو می‌باشند. بر همین اساس لازم است توجه ویژه‌ای به تولید محصولات کشاورزی در محیط کنترل شده به ویژه سیستم‌های کشت بدون خاک یا هیدروپونیک معطوف شود. لذا با توجه به گسترش روز افزون سامانه‌های کشت بدون خاک و اهمیت غیرقابل انکار بستر کشت بر موفقیت این روش، در تحقیق حاضر ترکیب‌های مختلف برای کشت بدون خاک کلم بروکلی در فضای باز مقایسه شده و عملکرد محصول و جذب عناصر غذایی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت کشت بدون خاک در فضای باز و در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ اجرا شد. عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۵- از سطح دریا می‌باشد. ابتدا در تاریخ ۸ مهر ماه بذر کلم بروکلی در سینی‌های نشا که حاوی بستر کوکوپیت بود کاشته شد و بعد از پنج هفته یعنی در تاریخ ۱۳ آبان ماه نشاها که دارای دو برگ حقیقی توسعه یافته بودند به بستر اصلی منتقل شدند. ده نوع بستر کاشت شامل: کوکوپیت، پرلیت، ماسه، خاک اره، ترکیب ماسه و خاک اره (۱:۱)، ترکیب ماسه و ورمی‌کمپوست (۱:۱)، ترکیب کوکوپیت پرلیت (۱:۱)، ترکیب کوکوپیت لیکا (۱:۱)، ترکیب کوکوپیت پامیس (۱:۱)،

ترکیب کوکوپیت پرلیت ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱) در سه تکرار و در قالب طرح کاملا تصادفی مورد مقایسه قرار گرفتند.

بسترهای فوق‌الذکر در کیسه‌های رشد (گروبگ) به ابعاد ۱۵×۲۵×۱۰۰ سانتی‌متر ریخته شده و نشاهای رشد کرده‌ی کلم بروکلی از خزانه به این بسترها منتقل شدند. کیسه‌های رشد در فضای آزاد قرار داده شده و با محلول غذایی مشابه تغذیه شدند. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. این محلول غذایی با توجه به شرایط آب و هوایی و خشک شدن بستر به طور متوسط هفته‌ای دو بار به گیاه داده می‌شد.

جدول ۱- ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در کشت کشت بدون خاک فضای باز کلم بروکلی

Table 1- Nutrient solution formulation used for broccoli production in outdoor hydroponic system

عنصر Element	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
غلظت Concentration (mg L^{-1})	153.7	70	144	170	61	82	0.7	0.08	5	2	0.05	0.25

در پایان دوره رشد، ابتدا صفات رویشی و اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، وزن هد اصلی، قطر هد اصلی، تعداد هد جانبی و درصد ماده خشک قسمت خوراکی ارزیابی شده و سپس عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد و همچنین چهار عنصر غذایی کم مصرف شامل آهن، مس، روی و منگنز اندازه گیری شدند. قطر هد اصلی با استفاده از کولیس دیجیتال دستی اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد ماده خشک، بخش خوراکی کلم بروکلی در آونی با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شده و سپس مجددا توزین گردید. وزن خشک بدست آمده به صورت درصد ماده خشک گزارش شد.

به منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی نمونه‌های برداشت شده از هر تیمار، با آب مقطر شستشو و در مای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل شد. هضم نمونه‌ها با استفاده از اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه در لوله‌های مخصوص انجام شد. مقدار نیتروژن گیاه به روش میکرو- کجلدال (۳۱)، میزان فسفر گیاه در طول موج ۴۷۰ نانومتر و با دستگاه اسپکتروفوتومتر، میزان پتاسیم گیاه با دستگاه فلیم فتومتر و کلسیم، منیزیم و میزان عناصر کم مصرف گیاه (Mn ,Cu ,Zn ,Fe) به روش خاکستر خشک به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Varian-Spectr AA-10 مطابق روش‌های ارائه شده آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (۱۱). اندازه‌گیری گوگرد به روش ارائه شده توسط کوئین و وود (۲۱) اندازه‌گیری شد.

آنالیز داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد انجام گرفت. برداشت قسمت خوراکی کلم بروکلی در اسفند ماه انجام شده و صفات مرتبط با عملکرد، اجزای عملکرد و عناصر غذایی اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

براساس نتایج بدست آمده ارتفاع بوته، درصد ماده خشک و تعداد هد جانبی تحت تأثیر نوع بستر مورد استفاده قرار نگرفتند (جدول ۲). این در حالیست که اثر نوع محیط کشت بر دو صفت بسیار مهم یعنی وزن و قطر هد اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). از آنجایی‌که عملکرد و اندازه محصول شاخص‌های بسیار مهمی در تولید محصولات باغبانی هستند لذا اثر بستر کاشت باید در این زمینه مورد توجه جدی قرار گیرد. همانطور که در جدول ۳ آمده است، بیشترین قطر هد اصلی مربوط به بستر ماسه + ورمی‌کمپوست بوده است که البته اختلاف آن با کوکوپیت تنها، کوکوپیت + لیکا و کوکوپیت + پرلیت + ورمی‌کمپوست معنی‌دار نبود.

بیشترین وزن هد اصلی مربوط به بستر ترکیبی ماسه و ورمی کمپوست بود که به طور معنی‌داری از تمامی بسترهای دیگر بهتر بوده است (جدول ۴). تحقیقات آرانکون و همکاران (۳) نیز نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست در بستر کاشت، میزان رشد و عملکرد توت فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش داد. براساس یک قانون کلی زمانی‌که ماده آلی و میزان تخلخل کل در نتیجه افزودن ماسه کاهش می‌یابد، وزن مخصوص حقیقی خشک و تر بستر افزایش می‌یابد (۲۷). البته در صورتی‌که از ظروف مقاوم استفاده شود این مشکل نیز تا اندازه زیادی حل می‌گردد.

بهات و همکاران (۶) گزارش کردند که بستر کاشت با ترکیبی از ورمی‌کمپوست، خزه اسفاگنوم و پرلیت برای رشد کلم گل مناسب می‌باشد. این بستر پیشنهادی مشابه بستر کوکوپیت + پرلیت + ورمی‌کمپوست در آزمایش ما می‌باشد که قطر هد و وزن هد مناسبی را تولید نمود. به طور کلی اگر بخواهیم بسترهای مورد استفاده در این آزمایش را از نظر عملکرد هد اصلی مورد مقایسه قرار دهیم روند زیر حاصل می‌شود:

ماسه+ورمیکمپوست> کوکوپیت + پرلیت + ورمیکمپوست> کوکوپیت / کوکوپیت + لیکا> ماسه / کوکوپیت + پامیس> پرلیت / خاک اره> ماسه + خاک اره / کوکوپیت + پرلیت

همانطور که دیده می‌شود پرلیت خالص و خاک اره خالص عملکرد نسبتا پایینی داشته و از نظر آماری هم تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

براساس نتایج یک پژوهش روی دو نوع بستر پرلیت و کوکوپیت نشان داد که عملکرد بروکلی تحت تأثیر این دو بستر قرار نگرفت (۲۴). دلشاد و همکاران (۹) نیز اعلام کردند پرلیت در مقایسه با خاک اره از نظر عملکرد گوجه فرنگی در یک سطح قرار دارند. نشاهایی که بسترهایی با بیش از ۵۰ درصد کوکوپیت داشته‌اند کاهش رشد رخ داد که می‌تواند به علت نسبت بالای C/N آن باشد (۴). در این تحقیق چنین حالتی دیده نشد زیرا هرچند که کوکوپیت خالص از نظر وزن هد اصلی به طور معنی‌داری کمتر از ماسه + ورمی‌کمپوست بود ولی عملکرد قابل قبولی نسبت به سایر بسترها تولید کرد و در سایر صفات نظیر ارتفاع بوته، قطر هد و تعداد هد جانبی نیز اختلاف معنی‌داری با بهترین بستر نداشت (جدول ۴). ورمی‌کمپوست به علت دارا بودن عناصر غذایی مانند کلسیم، منیزیم و فسفر و همچنین آنزیم‌های محرک رشد به همراه شن در این بستر کشت شرایط را برای رشد بیشتر ریشه و حرکت مناسب عناصر غذایی به علت نفوذپذیری بالای شن و امکان حرکت مناسب املاح و جذب بیشتر عناصر غذایی را برای کلم بروکلی فراهم کرده است.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که بستر ترکیبی آلی و معدنی بهتر از ترکیب خالص بود. تحقیقات زیادی وجود دارند که نشان می‌دهند گیاه در بسترهای خالص نمی‌تواند بهترین عملکرد را داشته باشد لذا جهت مهیا کردن شرایط مورد نیاز گیاهان از بسترهای آلی و معدنی به نسبت‌های مختلف استفاده می‌شود (۱۳ و ۱۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رویشی و اجزای عملکرد کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 2- ANOVA for vegetative parameters and yield components of broccoli in different substrate culture

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares				
		ارتفاع بوته Plant Height	قطر هد اصل وزن Head diameter	وزن هد اصلی Head weight	ماده خشک Dry matter	تعداد هد جانبی در بوته Auxiliary head No.
بسترهای کاشت Substrate	9	45.91 ns	4357.21**	14693.40**	2.24 ns	5.41 ns
خطا Error	20	20.60	1048.95	2168.07	2.46	8.03
ضریب تغییرات CV	-	13.12	21.95	33.75	13.67	50.92

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس عناصر معدنی کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 3- ANOVA for mineral elements of broccoli in different Substrate

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of Square									
		نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	گوگرد S	منیزیم Mg	کلسیم Ca	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn
بسترهای کاشت Substrate	9	34.70*	11.78 ns	7.75 ns	12.23 ns	3.55 ns	0.03 ns	4070.67 ns	159.97**	6.43 ns	701.59 ns
خطا Error	20	11.53	7.81	15.79	9.29	3.29	0.02	4347.96	26.31	5.23	312.27
ضریب تغییرات CV	-	9.09	8.34	12.93	85.97	39.37	19.54	56.42	10.89	21.30	42.17

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively

جدول ٤- صفات رویشی و اجزای عملکرد کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 4- Vegetative parameters and yield component of broccoli in different media

بسترهای کاشت Substrates	ارتفاع بوته Height (cm)^{ns}	قطر هد اصل وزن Head diameter (mm) **	وزن هد اصلی Head weight (g) **	ماده خشک Dry matter (%) ^{ns}	تعداد هد جانبی Auxiliary head No.^{ns}
کوکوپیت Cocopeat	37.67 ^{a}	169.35 ^{abc}	172.00 ^{bc}	13.84 ^{a}	3.33 ^{a}
پرلیت Perlite	32.67 ^{a}	115.34 ^{cd}	83.72 ^{cd}	11.61 ^{a}	5.33 ^{a}
ماسه Sand	36.33 ^{a}	134.30 ^{bcd}	111.49 ^{bcd}	11.48 ^{a}	5.00 ^{a}
خاک اره Sawdust	30.33 ^{a}	107.63 ^{cd}	87.62 ^{cd}	11.47 ^{a}	6.00 ^{a}
ماسه+خاک اره Sand+Sawdust	32.67 ^{a}	130.05 ^{bcd}	72.64 ^{d}	11.26 ^{a}	8.00 ^{a}
ماسه+ورمیکمپوست Sand+Vermicompost	39.67 ^{a}	222.18 ^{a}	296.08 ^{a}	11.20 ^{a}	6.67 ^{a}
کوکوپیت+پرلیت Cocopeat+Perlite	27.67 ^{a}	104.42 ^{d}	74.64 ^{d}	11.11 ^{a}	5.00 ^{a}
کوکوپیت+لیکا Cocopeat+LECA	37.67 ^{a}	168.70 ^{abc}	164.91 ^{bc}	11.04 ^{a}	4.00 ^{a}
کوکوپیت+پامیس Cocopeat+Pumice	33.00 ^{a}	137.06 ^{bcd}	127.32 ^{bcd}	10.80 ^{a}	6.00 ^{a}
کوکوپیت+پرلیت+ورمیکمپوست Cocopeat+Perlite+Vermicompost	38.33 ^{a}	186.24 ^{ab}	189.22 ^{b}	11.04 ^{a}	6.33 ^{a}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) با استفاده آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.01$) based on Duncan's multiple range test

همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به استثنای دو عنصر نیتروژن و روی، بستر کاشت اثر معنی‌داری بر غلظت سایر عناصر معدنی مورد آزمایش در بخش خوراکی کلم بروکلی نداشت (جدول ۳). این مسئله گویای آن است که نوع ترکیب محلول غذایی و میزان استفاده از آن در کشت‌های بدون خاک بسیار مهمتر از نوع بستر می‌باشد و شاید بتوان گفت که در صورت بکارگیری محلول غذایی مناسب و به مقدار بهینه میتوان محصولاتی تولید کرد که عملا کمبود خاصی از نظر عناصر غذایی نداشته باشند. مارینو و همکاران (۱۶) نیز در تحقیق خود با مقایسه انواع مختلف بسترهای کاشت توت فرنگی اختلاف معنی‌داری در جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم مشاهده نکردند.

بیشترین غلظت نیتروژن در بخش خوراکی کلم بروکلی مربوط به دو بستر پرلیت خالص و خاک اره بود (جدول ۵). از آن جهت که پرلیت دارای سطح تبادل پایینی است لذا یون‌ها را روی خود نگه نمی‌دارد و احتمالا به همین علت آزادسازی نیترات و جذب آن توسط گیاه در بستر پرلیت راحت‌تر از سایر بسترها صورت گرفته است. مبلی و همکاران (۱۷) نیز اعلام کردند که حداکثر صفات رشد رویشی مربوط به بستر پرلیت خالص بوده است که این مسئله می‌تواند به علت جذب بیشتر مواد غذایی در این بستر کشت باشد. ظاهرا در تحقیق حاضر محلول غذایی غلیظ بوده لذا با اینکه پرلیت موجب جذب زیاد مواد غذایی شد ولی عملکرد کاهش یافت. سیوموس و همکاران (۲۶) گزارش کردند که کاهوهای برداشت شده از بسترهای معدنی نظیر پرلیت و پامیس میزان ماده خشک، کلروفیل، منیزیم، منگنز و آهن بیشتری نسبت به کشت خاکی داشتند.

در مورد خاک اره انتظار بر این بود که به علت مصرف نیتروژن توسط باکتری‌های تجزیه‌کننده، گیاه با کاهش میزان نیتروژن مواجه گردد (۳۰) ولی این اتفاق رخ نداد. دو احتمال در اینجا قابل طرح است. اول اینکه کمبود در برگ‌ها بوجود آمده و از آنجایی‌که این عنصر در گیاه متحرک است براحتی از برگ‌ها به قسمت خوراکی بازتوزیع شده است. لذا نیتروژن محاسبه شده نتیجه بازتوزیع نیتروژن در گیاه بوده است. احتمال دوم اینکه میزان نیتروژن بکار رفته در محلول غذایی به اندازه کافی بوده که هم به میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده برسد و هم نیاز گیاه را تأمین نماید. خاک اره هم محیطی است که نسبت سطح به حجم زیادی نداشته لذا یون‌ها را روی خود تثبیت نمی‌کند به همین دلیل جذب بالای نیتروژن را شاهد بوده‌ایم. بنابراین برخلاف نظر رایج در مورد خاک اره، در صورتی‌که

محلول غذایی بکار رفته حاوی میزان کافی نیتروژن باشد گیاه می تواند بدون مشکل قابل توجهی رشد مناسب داشته باشد. لذا در محل-هایی که دسترسی و قیمت مناسب برای خاک اره وجود دارد می‌توان از آن به عنوان یک گزینه مناسب و سازگار با محیط زیست استفاده نمود.

نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که جذب پتاسیم به وسیله کوکوپیت موجب کاهش میزان این عنصر در محلول غذایی می‌گردد (۲۳) ولی در پژوهش حاضر چنین اثر منفی از بستر کوکوپیت دیده نشد.

بیشترین غلظت عنصر روی هم در بروکلی‌های کاشته شده در بستر خاک اره دیده شد که به طور معنی‌داری از تمامی بسترهای دیگر بیشتر بوده است (جدول ۵). از آنجایی‌که خصوصیت چوب‌های درختان مختلف متفاوت است لذا احتمالا، افزایش میزان عنصر روی در بستر خاک اره به منبع خاک اره به ویژه گونه درخت، نوع تغذیه و خاکی که درخت در آن رشد یافته و سپس از چوب آن خاک اره تولید شده بود بستگی کامل دارد. این نتیجه هم بیانگر آن است که توجه به خصوصیات خاک اره به خصوص میزان عناصر غذایی و سایر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی باید قبل از مصرف آن به عنوان بستر کاشت مورد توجه جدی قرار گیرد.

جدول ۵- عناصر معدنی کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 5- Mineral elements of broccoli in different media culture

بسترهای کاشت Substrates	نیتروژن N (mg/g)	فسفر P (mg/g)	پتاسیم K (mg/g)	گوگرد S (mg/g)	منیزیم Mg (mg/g)	کلسیم Ca (mg/g)	آهن Fe (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)
کوکوپیت Cocopeat	34.50 bc	33.93 a	30.90 a	6.12 a	7.34 a	0.76 a	95.86 a	47.90 bcd	9.057 a	39.1 a
پرلیت Perlite	42.10 a	34.70 a	30.20 a	2.42 a	4.18 a	0.84 a	105.98 a	48.54 bcd	11.333 a	63.5 a
ماسه Sand	37.23 abc	32.47 a	29.43 a	3.31 a	4.84 a	1.08 a	100.21 a	46.06 bcde	12.763 a	37.81 a
خاک اره Sawdust	41.97 a	35.67 a	31.23 a	2.85 a	3.94 a	0.75 a	118.29 a	62.68 a	10.737 a	74.63 a
ماسه+خاک اره Sand+Sawdust	35.90 abc	31.40 a	32.17 a	1.45 a	4.29 a	0.77 a	84.33 a	38.07 e	9.997 a	29.65 a
ماسه+ورمیکمپوست Sand+Vermicompost	32.97 c	30.57 a	27.70 a	6.37 a	3.42 a	0.74 a	157.04 a	41.84 cde	9.943 a	31.75 a
کوکوپیت+پرلیت Cocopeat+Perlite	38.47 abc	36.33 a	33.77 a	4.05 a	4.34 a	0.77 a	87.99 a	53.32 b	8.39 a	34.68 a
کوکوپیت+لیکا Cocopeat+LECA	33.00 c	31.63 a	31.17 a	6.06 a	5.23 a	0.79 a	203.58 a	42.77 cde	11.08 a 7	34.13 a
کوکوپیت+پامیس Cocopeat+Pumice	40.53 ab	35.30 a	30.20 a	1.05 a	3.89 a	0.72 a	98.24 a	50.32 bc	12.98 a 7	44.89 a
کوکوپیت+پرلیت+ورمیکمپوست Cocopeat+Perlite +Vermicompost	36.67 abc	33.07 a	30.50 a	1.77 a	4.61 a	0.82 a	117.17 a	39.59 de	11.1 a	28.94 a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P< 0.05$) با استفاده آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$) based on Duncan's multiple range test

با بررسی همبستگی صفات مختلف مورد بررسی در این آزمایش مشخص شد که سه صفت ارتفاع بوته، قطر هد و وزن هد وابستگی مثبت و معنی‌داری با هم دارند (جدول ۶). در واقع هر چه بوته بزرگتر باشد توانایی بیشتری برای تولید هد بزرگتر و سنگین‌تر را دارد و برعکس بوته‌های کوچک معمولا هد کوچکتر و وزن کمتری تولید می‌کنند. نکته جالب دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار بین ارتفاع بوته و سه عنصر اساسی یعنی نیتروژن، فسفر و پتاسیم است. این همبستگی منفی احتمالا به علت اثر رقت می‌باشد؛ بطوری‌که در این آزمایش هر چه نیتروژن، فسفر و پتاسیم کمتری در گیاه بود آن گیاهان رشد بیشتر و بهتری داشتند. همبستگی منفی مشابهی در مورد عنصر نیتروژن، فسفر و روی با قطر هد و همچنین عنصر نیتروژن و روی با وزن هد بدست آمد (جدول ۶). همانطور که پیشتر اشاره شد میزان دو عنصر نیتروژن و روی در قسمت خوراکی کلم بروکلی در بستر خاک اره بیشتر از بقیه بود (جدول ۵) ولی میزان عملکرد در این دو بستر نسبتا پایین بود (جدول ۴). این روابط در همبستگی بین این دو عنصر و عملکرد بروکلی قابل مشاهده و تفسیر است. به نظر می رسد احتمالا در بستر خاک اره جذب مفرط این دو عنصر به وقوع پیوسته و موجب کاهش عملکرد شده است. زاهدی‌فر و همکاران (۳۳)

نیز همبستگی منفی بین غلظت فسفر گیاه و عملکرد وزن خشک گیاه را به یکی از دو علت اثر رقت و یا غلظت بیش از اندازه فسفر نسبت دادند. هرچند اثر رقت در توضیح غلظت پایین عناصر در شرایط عملکرد بالا صحیح است ولی این تفسیر نیز محتمل است که نیتروژن زیاد می‌تواند به توسعه برگ‌ها بیانجامد و انرژی گیاه برای رفتن به فاز زایشی را محدود کرده و از تولید جوانه‌های گل بروکلی ممانعت نماید. همچنین عنصر روی به میزان زیاد ممکن است سمیت داشته و یا موجب اختلال در جذب و عمل سایر عناصر گردد.

همبستگی مثبت بین عنصر روی با نیتروژن، فسفر و منگنز بدست آمد (جدول ۶). عنصر روی به صورت کاتیون دوظرفیتی جذب می‌شود لذا با جذب نیترات و فسفر که بصورت آنیونی جذب می‌شوند مکمل بوده و باعث حفظ شیب الکتروشیمیایی و تعادل بار الکتریکی دو سوی غشا می‌شوند. منگنز هم با اینکه به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود ولی تداخلی با روی نداشته و حتی اثر سینرژیستی با هم داشته‌اند. از آنجایی‌که جذب منگنز از محلول غذایی خیلی سریعتر از عنصر روی اتفاق می‌افتد لذا تداخل بین این دو عملا رخ نمی‌دهد (۷).

جدول ٦- همبستگی برخی از صفات کلم بروکلی مهم مورد آزمایش

Table 6- Correlation between some important traits of broccoli in this experiment

	ارتفاع بوته Plant Height	قطر هد Head Diameter	وزن هد Head Weight	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	روی Zinc	منگنز Manganese
ارتفاع بوته Plant Height	1							
قطر هد Head Diameter	0.707**	1						
وزن هد Head Weight	0.733**	0.934**	1					
نیتروژن Nitrogen	-0.375*	-577**	-0.480**	1				
فسفر Phosphorus	-0.380*	-0.444**	-0.307ns	0.573**	1			
پتاسیم Potassium	-0.395*	-0.291ns	-0.270ns	0.311ns	0.616**	1		
روی Zinc	-0.336ns	-0.497**	-0.374*	0.523**	0.529**	-0.026ns	1	
منگنز Manganese	0.001ns	-0.274ns	-0.254ns	0.410*	0.121ns	-0.108	0.641**	1

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

* Significant at 5% probability and ** significant at 1% probability

نتیجه‌گیری

به طور خلاصه نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد بستر ترکیبی حاوی مواد آلی و معدنی بهتر از بستر خالص بود. همچنین استفاده از ورمی‌کمپوست به عنوان یکی از اجزای بستر کاشت کلم بروکلی در کشت بدون خاک قابل توصیه است. از دیگر سو تأثیر کم بستر بر غلظت عناصر غذایی نشان داد که نوع ترکیب محلول غذایی و میزان استفاده از آن در کشت‌های بدون خاک بسیار مهمتر از نوع بستر می‌باشد و احتمالا در صورت بکارگیری محلول غذایی مناسب و به مقدار بهینه میتوان در هر یک از بسترهای رایج تولید مناسب و بدون مشکل تغذیه‌ای را انتظار داشت.

سپاسگزاری

لازم می‌دانیم از مدیریت شرکت «فرآور صنعت سبکدانه کانیار» جناب آقای بهزاد زارع جهت تامین بخشی از مواد آزمایشی قدردانی نماییم.

منابع

1- Abad M., Noguer P., Puchades R., Maquieira R., and Noguera A. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. Bioresource Tehcnology, 82: 241-245.

2- Amiri A., Aghdak P., and Mobli M. 2009. Effect of culture media and hydrogel on vegetative and generative characteristics of serpent eggplant. 1th Congress on Hydroponic and Greenhouse Product: 351-353. (in Persian).
3- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Welch C., and Metzger J.D. 2004. Influences of vermicomposts on fields strawberries: Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.
4- Arenas, M., Vavrina C.S., Cornell J.A., Hanlon E.A., and Hochmuth G.J. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. HortScience, 37: 309-312.
5- Asef M.H., Kashi A., and Salehi R. 2011. Effect of different nutrient solutions on yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea* var. Italic*)* in greenhouse conditions under hydroponic system. The 7th Congress of Iranian horticultural Sciences, 1055-1053.
6- Bhat N.R., Suleiman M.S., Al-Mulla L., and Albaho M. 2013. Comparision of growing substrates for organic tomato, cauliflower and iceberg lettuce production under greenhouse conditions. Journal of Agriculture and Biodiversity Research, 2(2): 55-62.
7- Bugbee B. 2004. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. Acta Horticulturae. 648.
8- Cantliffe D.J., Funes J., Jovicich E., Parajpe A., Rodriguez J., and Shaw N. 2007. Media and containers for greenhouse soil less grown cucumbers, melons peppers and strawberries. Acta Horticulturae, 614, 199-203.
9- Delshad M., Kashi A., and Babalar M. 2006. Evaluation of conventional media substitution with organic media and finding optimum nutrient solotion for soilless culture of greenhouse tomato. Irainian Journal of Agriculture Science, 37 (1): 176-186. (in Persian with English abstract)
10- Dilmaghani M.R., and Hemmaty Emmaty S. 2011. Effect of different substrates on nutrient content, yield and quality of strawberry cv. Selva in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 2(7): 1-7.
11- Emami A. 1996. Analytical methods for plant analysis. Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran, Technical Report, Vol .1, No .982, pp. 47-53. (in Persian)
12- Gao H.B., Zhang T.J., Lv G.Y., Zhang G.H., Wu X.L., Li J.R., and Gong B.B. 2010. Effects of different compound substrates on growth, yield and fruit quality of cucumber. Acta Horticulturae, 856: 173-180
13- Ikeda H., and Tan X. 2001. Effects of soilless medium on the growth and fruit yield of tomatoes supplied with urea and/or nitrate. Acta Horticulturae, 548: 157-164.
14- Inden H., and Torres A. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Horticulturae, 644: 205-210
15- Javanpour Heravi R., Babalar M., Kashi A., Mirabdolbaqi M., and Asgari M.A. 2005. Effect of cirtain nutrient solution and growing media on qualitative and quantitative traits of tomato cv. Hamra in hydroponic system. Irainian Journal of Agriculture Science, 36 (4): 939-946. (in Persian with English abstract)
16- Marinou E.A., Chrysargyris A., and Tzortzakis N. 2013. Use of sawdust, coco soil and pumice in hydroponically grown strawberry. Plant Soil Environ. 59 (10): 452-459.
17- Mobli M., Aghdak P., and Naderi. 2008. Comparison of different growing media on yield and vegetative growth of tomato. The First National Congress on Tomato Production and Processing Technology, Mashhad. http://www.civilica.com/Paper-CTPPT01-CTPPT01_049.html. (in Persian)
18- Mobli M., and Aghdak P. 2010. Greenhouse vegetable growing technology (soil and soilless culture). Arkan Danesh Press, 177 p. (in Persian)
19- Olle M., Ngouajio M., and Siomos A. 2012. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. Žemdirbystė, Agriculture, 99 (4): 399-408.
20- Premuzic Z., Bargiela M., Garcia A., Rendina A., and Iorio A. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorous and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. HortScience, 33(2): 255-257
21- Quin B.F., and Wood P.H. 1976. Rapid manual determination of sulfur and phosphorous in plant material. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 7(4): 415-426.
22- Saberi Z. 2006. Zeolite, mica and some inert materials as the substrate to growth hydroponic tomatoes. M.Sc.Thesis, Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract)
23- Savvas D., Samantouros K., Paralemos D., Vlachakos G., Stamatakis M., and Vassilatos C. 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes grown on chemically active and inactive inorganic substrates. Acta Horticulturae, 644: 377-383.
24- San Bautista A., Rueda R., Pascual B., Maroto J.V., and López-Galarza S. 2005. Influence of different substrates and nutrient solutions on the yields and the incidence of abiotic disorders of broccoli. Acta Horticulture, 697: 275-280.
25- Shinohara Y., Hata T., Maruo T., Hohjo M., and Ito T. 1999. Chemical and Physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato plants. Acta Horticulturae, 481: 145-149.
26- Siomos A.S., Beis G., Papadopoulu P.P., and Barbayiannis N. 2001. Quality and composition of lettuce (cv. Plenty) grown in soil and soilless culture. Acta Horticulturae, 548: 445-450.
27- Sodre G.A., Cora J.E., and Souza Jr. J.O. 2007. Physical characterization of sawdust substrate and containers for growth cuttings of cacao. Revista Brasiliera de Fruticultura, 29: 339-344.

28- Topcu Y., Dogan A., Kasimoglu Z., Sahin-Nadeem H., Polat E., and Erkan M. 2015. The effects of UV radiation during the vegetative period on antioxidant compounds and postharvest quality of broccoli (*Brassica oleracea* L.). Plant Physiology and Biochemistry, 93:56-65.
29- Tzortzakis N.G., and Economakis C.D. 2008. Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. Horticultural Science, 35: 83-89.
30- Waring E.J. 1950. Sawdust as a soil improver causes nitrogen deficiency in vegetable crops. Agricultural Gazette of New South Wales, 61: 73-76.
31- Westerman R.E.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Mandison Wisconzin, USA.
32- Yousofian Z., Mobli M., and Aghdak P. 2009. Effect of culture media and hydrogel on vegetative and generative characteristics of cherry tomato. 1th congress on hydroponic and greenhouse product, 291-293. (in Persian)
33- Zahedifar M., Karimian N.A., Rounaghi A.M., Yasrebi J., and Emam Y. 2011. Effect of phosphorus and organic matter on phosphourus relationship between soil and plant in spinage. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 1(4): 45-52. (in Persian)

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 694-704
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۷۰۴-۶۹۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Different Culture Media on Broccoli (*Brassica oleracea* var. italica) Yield Components and Mineral Elements Concentration in Soilless Culture

K. Ghasemi[1*]- S. M. Emadi[2]- Y. Ghasemi[3]

Received: 01-10-2016
Accepted: 28-02-2017

Introduction: Broccoli is one of the valuable vegetables among brassicas which has received great attention throughout the world and is cultivated both in soil and soilless culture. Currently, we face restriction in high quality of the soils and water resources as two essential inputs in agriculture. Like other parts of the world, Iran is losing hundred hectares of its arable and fertile land annually due to salinity, alkalinity and waterlogging. One of the important strategies to overcome these adverse conditions is soilless culture systems. Among the different methods of soilless culture, substrate culture is more common and cheaper than others. Different kinds of organic and inorganic substances are used in soilless culture system, but the optimum mixture of growing medium is still a challenging issue. Physical and chemical characteristics of growing media can potentially affect the yield and product quality in direct and indirect ways. A good medium for soilless culture should have easy drainage, appropriate aeration, high water holding capacity and low price, as well as no weed seeds and pathogens. Therefore, this research was aimed to evaluate different prevalent growing media in broccoli soilless culture system.

Materials and Methods: This experiment was conducted as an outdoor soilless culture system in outdoor hydroponic site in Sari Agricultural Sciences and Natural Recourses University (SANRU). To begin with, broccoli seeds were sown in transplanting tray, and after five weeks, the developed transplants were cultivated in growing bags in a soilless system**.** In this work, different mixtures of culture media were evaluated for yield component and mineral elements of broccoli. Ten kinds of different media comprising of cocopeat, perlite, sand, sawdust, sand+sawdust, sand+vermicompost, cocopeat+perlite, cocopeat+LECA, cocopeat+ pumice, and cocopeat+perlite+ vermicompost were compared in completely randomized design with tree replications. At the end of the growing season, vegetative growth and yield components of broccoli were measured. The macro nutrients including nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (k), magnesium (Mg), calcium (Ca) and sulfur (S) were then analyzed in the harvested broccoli. Four important micro elements such as Iron (Fe), cooper (Cu), boron (B) and zinc (Zn) were measured as well. A statistical analysis was performed using analysis of variance in Statistical Analysis System (SAS) software (version 9.1) and means were compared using Duncan's multiple range test at 0.05 and 0.01 probability levels.

Results and Discussion: According to the results, culture medium showed no significant effect on plant height, dry matter and the number of auxiliary heads, while it significantly affected diameter and weight of main head ($p\leq0.01$). The highest head diameter was seen in sand+vermicompost mixture which had no significant difference from cocopeat, cocopeat+LECA, and prlite+cocopeat+vemicompost. The mixture of sand+vermicompost resulted in the heaviest broccoli heads that were significantly greater than all other growing media used in the experiment. Since vermicompost contains some mineral elements like calcium, magnesium and phosphorus and some growth stimulators as well, mixing this substrate with sand can create an appropriate and ideal culture for root growth and development. Pure perlite and sawdust media contributed to the lowest yield with no significant differences from each other. The macro and micro nutrients of broccoli head were not significantly affected by growing medium, except for nitrogen and zinc. The highest concentration of nitrogen in broccoli head was recorded for pure perlite and sawdust which was significantly more than other media. The highest zinc concentration in broccoli head was observed in Sawdust medium ($p\leq0.05$). A significant negative correlation was observed between plant height and three main macro nutrients (N, P and K). The negative correlation between some macro nutrients and plant growth can be related to the excessive amount of these elements in nutrient solution. Positive and significant correlation was also seen among plant height, head diameter and head weight. In other word, the tallest plants could produce bigger and heavier head.

1 and 3- Assistant Professors of Department of Horticulture, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
(*- Corresponding Author Email: kamranghasemi63@gmail.com)
2- Assistant Professor of Department of Soil Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Conclusion: Based on the obtained results, it can be concluded that a mixture of organic and inorganic substances can be better than a single substance medium. On the other hand, our results showed that role of medium substances and composition is not as important as nutrient solution, so an appropriate nutrient solution with a proper rate can potentially provide all plant's needs regardless of media composition.

Keywords: Cocopeat, Growing media, Perlite, Sand, Vermicompost