Archive of SID

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 113-126
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۲۶-۱۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقایسه مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال شش گونه سبزی در مرحله میکروگرین در دو سیستم آبکشت و کشت خاکی

لاله پورشاه آبادی[۱] - سید حسین میردهقان[۲*] - حمیدرضا روستا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

چکیده

میکروگرین‌ها مرحله‌ای از رشد سبزی‌ها هستند که به واسطه داشتن ارزش غذایی بالا محبوبیت خاصی در بین مصرف کنندگان پیدا کرده‌اند. پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر مرحله رشد گیاه (میکروگرین و برگ‌های بالغ) در سیستم‌های کشت (آبکشت و کشت خاکی) بر ویژگی‌های رشدی نظیر وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و سطح برگ، ترکیبات زیست فعال شامل کلروفیل، کاروتنوئید، ترکیبات فنلی، فعالیت ضد-اکسیدانی، ویتامین ث، و عناصر معدنی شش نوع سبزی (ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز) انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که خصوصیات رشدی درتمام سبزی‌ها به‌جز تربچه و شوید؛ ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ سبزی‌های کاهو، تربچه و گشنیز؛ محتوای ویتامین ث (در هر دو شرایط کشت خاکی و آبکشت) در تمام سبزی‌ها به‌جز شوید و گشنیز و محتوای تمام عناصر معدنی اندازه‌گیری شده (فسفر، منیزیم، کلسیم، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس) به جز عنصر روی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود. بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که تولید و پرورش گیاهان در مرحله میکروگرین می‌تواند به عنوان یک روش مناسب با ارزش غذایی بالا، مورد توجه پرورش-دهندگان سبزی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی، عناصر معدنی، فعالیت ضداکسیدانی، کاروتنوئید

مقدمه

سبزی‌ها گیاهان بسیار ارزشمندی هستند که قسمت‌های مختلف آن‌ها مانند برگ، غنچه، ساقه، ریشه، غده، پیاز، گل، میوه و دانه به صورت خام، پخته، خشک شده، پودر شده، یخزده و یا کنسرو شده در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸). امروزه از سبزی‌ها در تغذیه روزمره استفاده فراوان می‌شود به طوری‌که براساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی مقدار سرانه مصرف سبزی در دنیا از ۲۰۰ گرم به ۴۰۰ گرم در روز افزایش یافته است (۵). سبزی‌ها همچنین به دلیل دارا بودن آب و الکترولیت‌های قلیایی (کمک به حفظ تعادل اسید و باز بدن)، املاح معدنی، انواع مختلفی از ویتامین‌ها (ویتامین‌های C، A، D و B)، فیبر و رنگدانه‌ها (کلروفیل و کاروتنوئید) و ترکیبات فنلی که نقش ضداکسیداسیونی در گیاه ایفا می‌کنند، حائز اهمیت هستند (۷).

شیوه‌های جدیدی در کشت، نحوه ارائه به بازار و مصرف سبزی‌ها در جهان وجود دارد که یکی از این شیوه‌ها پرورش و عرضه میکروگرین‌ها است. میکروگرین مرحله‌ای از رشد گیاه است که قسمت‌های قابل استفاده آن شامل ساقه، لپه‌ها و دو برگ حقیقی می‌باشد و ارتفاع آن‌ها به سه الی هشت سانتی‌متر می‌رسد (۲۹). گزارش شده است که میکروگرین‌ها به دلیل تنوع در رنگ، شکل، عطر و طعم سبب ایجاد تنوع در وعده‌های غذایی انسان می‌گردد. برداشت سبزی‌ها در مرحله میکروگرین به دلیل ارزش غذایی بالا و داشتن ویتامین‌های مختلف (C، K_1 و B_9)، کاروتنوئیدها (لوتئین، ویلوزانتین، زآکسانتین و بتاکاروتن) و ترکیبات فنلی بیشتر نسبت به مرحله بالغ از اهمیت بسیاری برخوردار است (۲۹). طی بررسی انجام شده روی گیاه ماش و سویا مقدار ویتامین C و کاروتنوئید در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در هر دو گیاه بیشتر بود (۴). همچنین گزارش شده است که مقدار فعالیت ضداکسیداسیونی ۲۵ گونه گیاهی در مرحله میکروگرین در مقایسه با مرحله برداشت استاندارد (گیاهان بالغ) حدود ۱۰ برابر بالاتر می‌باشد (۳). همچنین در مورد کلم قرمز مقدار ویتامین C، E و K در مرحله میکروگرین در مقایسه با مرحله بالغ به ترتیب حدود شش، ۴۰۰ و ۶۰ برابر بیشتر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: mirdehghan@vru.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.70902

www.SID.ir

Archive of SID

است (۲۹).

تولید میکروگرین در محیط رشد مناسب که عناصر غذایی مناسب و کافی را برای رشد گیاهی فراهم می‌کند، لازم و ضروری است (۱۰). از طرف دیگر به دلیل حساس بودن مراحل رشد اولیه به فعالیت‌های میکروبی، کشت سبزی‌ها در محیط عاری از عوامل بیماری‌زا، نقش مهمی در حفظ کیفیت و بازاررسانی محصولات ایفا می‌کند (۳۰). کشت آبکشت (آبکشت) گیاهان، یک راه‌کار منطقی برای رسیدن به این هدف می‌باشد و حتی در بعضی موارد، جایگزین خوبی برای کشت خاکی بوده است. سیستم آبکشت یکی از روش‌های کاشت گیاهان می‌باشد که به دلیل کارآیی مصرف آب بسیار مورد توجه تولیدکنندگان سبزی‌های گلخانه‌ای قرار گرفته است (۳۰). مزایای فوق‌العادهٔ کشت‌های آبکشت در تولید میزان بالای محصول به همراه کیفیت و کمیت بالا می‌باشد که سال‌هاست دانشمندان به اهمیت آن پی برده‌اند. همچنین از مزیت‌های دیگری که تولید در شرایط آبکشت نسبت به کشت خاکی دارد می‌توان به کاهش عوامل بیماری‌زا اشاره نمود و همچنین با تغییر در محلول غذایی می‌توان کیفیت محصول را افزایش داد (۱۶). گزارش شده است که ویژگی‌های عملکردی، کیفیت و رشدی گیاه کدو در شرایط آبکشت به طور معنی‌داری نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (۲۱). همچنین گزارش شده است که مقدار ترکیبات فنلی ارقام مختلف ریحان در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط کشت آبکشت در تمام ارقام بیشتر بود (۲۳).

این پژوهش به‌منظور ارزیابی تولید میکروگرین برخی از سبزی-های برگی در شرایط کشت خاکی و آبکشت می‌باشد. همچنین مقایسه برخی از ویژگی‌های رشد، ترکیبات زیست فعال و مقدار عناصرمعدنی برگ سبزی‌ها در مرحله میکروگرین و مرحله بالغ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

روش اجرای آزمایش

بذر سبزی‌های ریحان سبز و ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*)، کاهو (*Lactuca sativa*)، تربچه (*Raphanus sativus*)، شوید (*Anethum graveolens*) و گشنیز (*Coriandrum sativum*) در شرایط آبکشت و کشت خاکی برای ارزیابی و بررسی خصوصیات کمی و کیفی سبزی‌ها در مراحل اولیه رشد (میکروگرین) و در مرحله بلوغ، کشت شدند. ۳۶ گلدان از ۷۲ گلدان با مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه با نسبت دو به یک پر شدند. در هر گلدان پنج کیلویی حدود ۵۰۰ گرم زهکش (۲۰۰ گرم پوکه معدنی و ۳۰۰ گرم ماسه) و مابقی از مخلوط خاکی ریخته شد. در بستر کشت آبکشت از کوکوپیت و پرلیت به نسبت یک به یک استفاده گردید. از ۳۶ گلدان خاکی در ۱۸ گلدان آن به منظور برداشت گیاه در مرحله میکروگرین و ۱۸ گلدان به منظور برداشت در مرحله بلوغ بذر سبزی‌ها مورد نظر کشت شد و در ۳۶ گلدان آبکشت نیز به همین ترتیب عمل شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل: سه فاکتور، شرایط کشت (کشت خاکی و آبکشت) به‌عنوان فاکتور اول و نوع سبزی (ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز) به‌عنوان فاکتور دوم و مرحله رشد سبزی شامل میکروگرین و بالغ به‌عنوان فاکتور سوم با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش گیاهان در شرایط کشت خاکی روزانه در دو نوبت با آب مقطر آبیاری شدند و سبزی‌ها در شرایط آبکشت با محلول غذایی نیم هوگلند در دو نوبت تغذیه شدند.

در پایان هر مرحله برداشت، صفات رویشی و کیفی همچون وزن تر و خشک ریشه (برای مقایسه میزان توسعه ریشه در دو سیستم کشت خاکی و آبکشت)، وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، ترکیبات فنلی، ویتامین C، مقدار کلروفیل کل، فعالیت ضداکسیداسیونی، عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شدند.

خصوصیات رشدی

ده روز پس از جوانه‌زنی برای هر گونه سبزی اندام هوایی هر دانهال در داخل گلدان از محل طوقه جدا شد و سپس وزن‌تر هرکدام به صورت جداگانه با ترازو اندازه‌گیری شدند (تعداد ۲۰-۳۰ گیاه از هر گلدان اندازه‌گیری شد و سپس میانگین وزن آن‌ها محاسبه گردید). برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را داخل پاکت کاغذی گذاشته و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و دوباره وزن شدند و وزن خشک آن‌ها به‌دست آمد. سطح برگ نیز بعد از برداشت توسط دستگاه سنجش سطح برگ (CI-202, USA) اندازه‌گیری شد.

ویتامین ث

برای اندازه‌گیری مقدار اسید آسکوربیک از روش دپینتو و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد. شدت جذب در طول موج ۵۲۵ نانومتر قرائت شد. استاندارد، محلولی حاوی ۳۰۰ میکرولیتر متافسفریک اسید ۵ درصد بود. برای محاسبه غلظت از منحنی استاندارد آسکوربیک اسید استفاده شده و میزان آن بر حسب وزن خشک محاسبه گردید .

کلروفیل و کاروتنوئید کل

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل و کارتنوئیدها از روش لیچنتالر (۱۹۸۷) استفاده شد. میزان جذب نور محلول‌های به دست آمده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلT80 UV/VIS ساخت کشور چین) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید

www.SID.ir

Archive of SID

و با استفاده از فرمول‌های مربوطه محاسبه شد.

ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی

تعیین فعالیت ضداکسیداسیونی با استفاده از DPPH به روش ژیل و توماس (۲۰۰۰) انجام شد. برای ترکیبات فنلی پس از عصاره‌گیری از ۴ گرم بافت سبزی توسط محلول‌های K_2HPO_4 و KH_2PO_4 توسط دستگاه ULTRA-TURRAX محلول‌های به دست امده با معرف فولین تیمار و سپس میزان جذب نور با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد گالیک اسید برحسب معادل میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه گردید (۱).

عناصرمعدنی

در این پژوهش عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی اندازه‌گیری شد. عصاره، به دست آمده از نمونه‌های خشک شده پودر شدند و پس از تبدیل به خاکستر با اسیدهای لازم عصاره‌گیری شدند. عنصر پتاسیم توسط دستگاه شعله-سنج، فسفر به روش آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات، عناصر منیزیم، آهن، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب‌اتمیک و کلسیم به روش تیتراسیون عصاره اشباع خاک انجام شد.

تجزیه تحلیل داده‌ها

در پایان آزمایش داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD محاسبه گردید. رسم نمودارها نیز به وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

نتایج

خصوصیات رشدی

وزن‌تر ریشه سبزی‌های ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه و شوید در مرحله میکروگرین و بالغ تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت ولی وزن تر ریشه گیاه گشنیز در مرحله میکروگرین و بالغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۱). وزن خشک ریشه گیاهان کاهو و شوید در مرحله بالغ در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود و همانطور که در جدول یک نشان داده شده است وزن خشک ریشه گیاه تربچه و گشنیز در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود.

وزن تر اندام هوایی گیاهان در ریحان سبز، کاهو و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که وزن تر اندام هوایی گیاه تربچه در مرحله میکروگرین در شرایط کشت آبکشت کاهش یافت. وزن تر اندام هوایی شوید و ریحان بنفش در مرحله میکروگرین تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت. وزن تر اندام هوایی کاهو، تربچه، شوید و گشنیز در مرحله بلوغ در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که وزن تر اندام هوایی ریحان بنفش و ریحان سبز در مرحله بالغ تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت (جدول ۱) .

در مرحله میکروگرین وزن خشک اندام هوایی کاهو، شوید و گشنیز در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود و وزن خشک اندام هوایی تربچه در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن خشک اندام هوایی ریحان بنفش و ریحان سبز در مرحله میکروگرین بین شرایط کشت آبکشت و خاکی مشاهده نشد (جدول ۱). نتایج همچنین نشان داد که وزن خشک اندام هوایی سبزی‌های ریحان سبز، کاهو، شوید و گشنیز در مرحله بالغ در آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که در وزن خشک اندام هوایی ریحان بنفش و تربچه در مرحله بالغ که در سیستم آبکشت و شرایط خاکی رشد کرده بودند تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

نتایج بدست آمده بیانگر آن است که شرایط کشت (آبکشت و کشت خاکی) تاثیر معنی‌داری بر سطح برگ گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین نداشت (جدول ۱) ولی سطح برگ گیاه ریحان سبز، کاهو، تربچه و گشنیز در مرحله بالغ که در شرایط آبکشت رشد کرده بودند نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود، در حالی که سطح برگ ریحان بنفش و شوید در شرایط کشت خاکی بیشتر از شرایط کشت آبکشت بود (جدول ۱).

کلروفیل کل

مقدار کلروفیل کل برگ ریحان بنفش، ریحان سبز، کاهو و شوید در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود، در حالی که گیاه گشنیز در مرحله بالغ از مقدار کلروفیل کل برگ بیشتری نسبت به مرحله میکروگرین برخوردار است. مقدار کلروفیل کل برگ تربچه در مرحله بالغ در شرایط آبکشت تفاوتی مشاهده نشد ولی در شرایط کشت خاکی گیاه گشنیز در مرحله بالغ گیاه نسبت مرحله میکروگرین از مقدار کلروفیل برگ بیشتری برخوردار بود (شکل۱). نتایج همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل کل برگ گیاه ریحان بنفش، کاهو و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود درحالی که مقدار کلروفیل کل برگ ریحان سبز، تربچه و شوید در مرحله میکروگرین تفاوتی بین شرایط کشت مشاهده نشد. مقدار کلروفیل کل برگ گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو و تربچه در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار کلروفیل کل برگ شوید در مرحله بلوغ در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

یافت (شکل ۱).

جدول ۱- برهمکنش مرحله رشد × سیستم کشت بر خصوصیات رویشی سبزی‌ها

Table 1- **Interaction of growth stage ×cultural system on vegetative characteristics of vegetables**

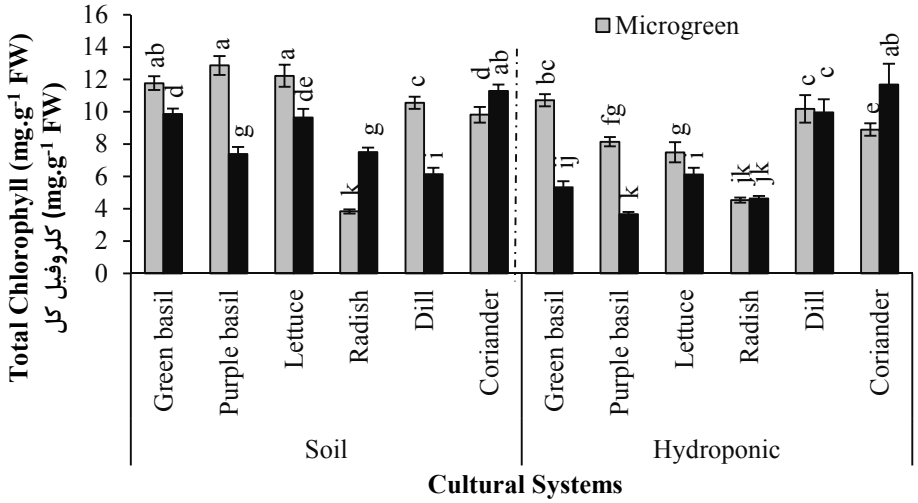
مرحله رشد Growth stage	سبزی Vegetables	شرایط کشت Culture condition	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg/plant)	وزن تر ریشه Root fresh weight (mg/plant)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g/plant)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g/plant)	سطح برگ Leaf area (cm^2)
Microgreen	***Green Basil*** ریحان سبز	Soil	4±0.0002 $^{a-h}$	82±0.001 $^{a-h}$	0.44±0.05 $^{f-n}$	0.02±0.0001 ^{ij}	4.178±0.05 ^{l}
		Hydroponic	6±0.0001 ^{fg}	79±0.003 $^{f-i}$	0.49±0.04 $^{g-l}$	0.03±0.0002 $^{f-i}$	5.01±0.05 ^{kl}
	Purple basil ریحان بنفش	Soil	2±0.00023 ^{gh}	71±0.002 $^{f-i}$	0.37±0.04 $^{j-l}$	0.022±0.0002 ^{hij}	5.21±0.05 ^{kl}
		Hydroponic	3±0.0001 ^{gh}	39±0.003 $^{i-k}$	0.47±0.03 $^{h-n}$	0.027±0.0003 ^{gh}	5.57±0.05 ^{jk}
	Lettuce کاهو	Soil	3±0.00023 ^{gh}	61±0.001 $^{h-j}$	0.53±0.05 $^{g-j}$	0.034±0.0004 ^{fg}	21.11±0.05 ^{fg}
		Hydroponic	4±0.0002 ^{gh}	69±0.003 $^{f-j}$	0.97±0.04 ^{de}	0.073±0.0003 ^{bc}	16.2±0.05 ^{gh}
	Radish تربچه	Soil	7.4±0.0002 ^{cd}	77±0.004 $^{f-i}$	0.36±0.03 $^{l-o}$	0.025±0.0002 $^{g-j}$	6.18±0.05 ^{jk}
		Hydroponic	5±0.0001 $^{d-g}$	75±0.003 $^{f-i}$	0.34±0.03 $^{l-o}$	0.003±0.0001 ^{k}	12.8±0.05 ^{ij}
	Dill شوید	Soil	3±0.0002 ^{gh}	36±0.004 ^{jk}	0.11±0.03 ^{op}	0.007±0.0002 ^{jk}	3.23±0.05 ^{l}
		Hydroponic	2±0.00023 ^{gh}	50±0.002 $^{h-j}$	0.26±0.02 $^{n-p}$	0.026±0.002 $^{g-j}$	1.97±0.05 ^{l}
	Coriander کشنیز	Soil	8±0.00028 ^{b}	118±0.003 $^{d-g}$	0.34±0.02 $^{l-o}$	0.014±0.003 ^{jk}	7.03±0.05 ^{jk}
		Hydroponic	11±0.0001 ^{a}	160±0.002 ^{c}	0.6±0.03 $^{g-k}$	0.037±0.002 ^{fg}	3.94±0.05 ^{l}
Mature بالغ	***Green Basil*** ریحان سبز	Soil	11±0.0002 ^{a}	100±0.001 $^{d-g}$	0.37±0.02 $^{j-n}$	0.052±0.002 ^{d}	33.2±0.05 ^{ef}
		Hydroponic	12±0.0002 ^{a}	120±0.003 $^{d-g}$	0.74±0.02 ^{fg}	0.074±0.002 ^{bc}	85.2±0.05 ^{d}
	Purple basil ریحان بنفش	Soil	8±0.0002 $^{b-e}$	90±0.002 $^{e-h}$	0.37±0.03 $^{j-n}$	0.049±0.003 ^{de}	59.23±0.05 ^{e}
		Hydroponic	8±0.001 ^{de}	69±0.001 $^{g-j}$	0.67±0.03 $^{g-j}$	0.039±0.002 $^{e-i}$	41.23±0.05 ^{f}
	Lettuce کاهو	Soil	2±0.001 ^{h}	130±0.03 $^{a-c}$	1.44±0.08 ^{b}	0.077±0.003 ^{bc}	172±0.05 ^{b}
		Hydroponic	5±0.002 ^{gh}	150±0.05 ^{a}	2.23±0.5 ^{a}	0.0168±0.002 ^{a}	232±0.05 ^{a}
	Radish تربچه	Soil	10±0.001 ^{cd}	140±0.02 ^{ab}	0.65±0.03 $^{g-k}$	0.051±0.001 ^{d}	4.78±0.05 ^{kl}
		Hydroponic	17±0.002 ^{bc}	160±0.05 ^{a}	1.10±0.03 ^{cd}	0.051±0.002 ^{de}	24.6±0.05 ^{ef}
	Dill شوید	Soil	12±0.001 ^{c}	250±0.03 $^{a-d}$	0.28±0.02 $^{m-o}$	0.032±0.002 ^{fgh}	98.3±0.05 ^{b}
		Hydroponic	8±0.002 ^{de}	150±0.01 ^{a}	0.83±0.03 $^{e-j}$	0.052±0.003 ^{d}	23.8±0.05 ^{fg}
	Coriander کشنیز	Soil	18±0.001 ^{b}	250±0.03 ^{b}	0.56±0.02 $^{g-l}$	0.067±0.003 ^{c}	16.35±0.05 ^{gh}
		Hydroponic	27±0.001 ^{a}	350±0.02 ^{a}	1.45±0.05 ^{b}	0.079±0.002 ^{b}	25.5±0.05 ^{fg}

ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار کلروفیل کل برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 1- Interaction of growth stage ×cultural systems on total chlorophyll content of vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

کاروتنوئیدها

برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو و شوید در مرحله میکروگرین که در شرایط آبکشت رشد کرده بودند از مقدار کاروتنوئید بیشتری نسبت به مرحله بالغ برخوردار بودند در حالی که مقدار کاروتنوئید برگ بیشتری در گیاه گشنیز و تربچه در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت مشاهده گردید. نتایج همچنین نشان داد که در شرایط کشت خاکی مقدار کاروتنوئید برگ گشنیز در مرحله میکروگرین نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود ولی مقدار کاروتنوئید برگ گیاهان کاهو و ریحان سبز در شرایط کشت خاکی در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین بالاتر بود، با این وجود تفاوت معنی‌داری بین مراحل میکروگرین و بالغ در گیاهان ریحان بنفش تربچه و شوید در شرایط کشت خاکی مشاهده نشد (شکل ۲). نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار کاروتنوئید برگ گیاهان ریحان بنفش، کاهو، تربچه و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی بیشتر از شرایط کشت آبکشت بود در حالی که مقدار کاروتنوئید برگ در گیاهان ریحان سبز و شوید در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به کشت آبکشت بیشتر بود. مقدار کاروتنوئید برگ ریحان سبز، بنفش، کاهو، تربچه و شوید در مرحله بالغ در شرایط کشت خاکی نسبت به آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار کاروتنوئید برگ در مرحله بالغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به کشت خاکی افزایش یافت (شکل ۲).

ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیداسیونی

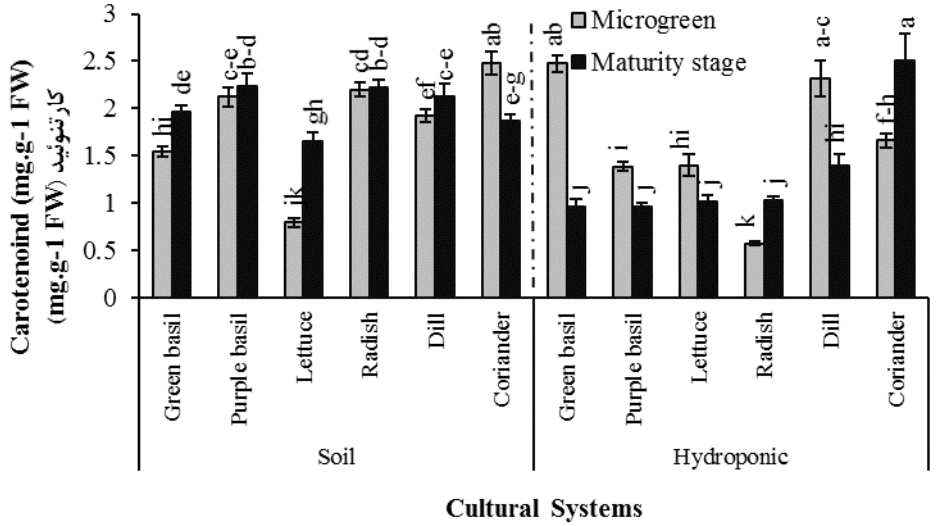
مقدار ترکیبات فنلی کاهو، تربچه و گشنیز در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین در شرایط خاکی و آبکشت بیشتر بود در حالی‌که مقدار ترکیبات فنلی برگ مرحله بلوغ گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش و شوید نسبت به مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی و آبکشت بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که کشت خاکی گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش و شوید سبب افزایش مقدار ترکیبات فنلی برگ نسبت به شرایط کشت آبکشت گردید در حالی که مقدار ترکیبات فنلی کاهو و گشنیز و تربچه در شرایط کشت آبکشت نسبت به کشت خاکی بیشتر بود (شکل ۳).

فعالیت ضد اکسیداسیونی گیاه ریحان بنفش، و شوید در شرایط کشت خاکی در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین بیشتر بود در حالی که فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ تربچه در شرایط کشت خاکی مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مرحله میکروگرین و بالغ از لحاظ فعالیت ضداکسیداسیونی برگ ریحان سبز،کاهو و گشنیز در شرایط کشت خاکی مشاهده نشد. فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ ریحان سبز، ریحان بنفش و شوید در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکرو گرین در شرایط کشت آبکشت بیشتر بود ولی میزان فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ گیاه کاهو و گشنیز در شرایط آبکشت در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود. فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ تربچه در شرایط آبکشت تحت تاثیر مرحله رشد قرار نگرفت (شکل ۴). نتایج همچنین نشان داد که فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ ریحان سبز و ریحان بنفش در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود در حالی که فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ در مرحله میکروگرین در شرایط کشت آبکشت

www.SID.ir

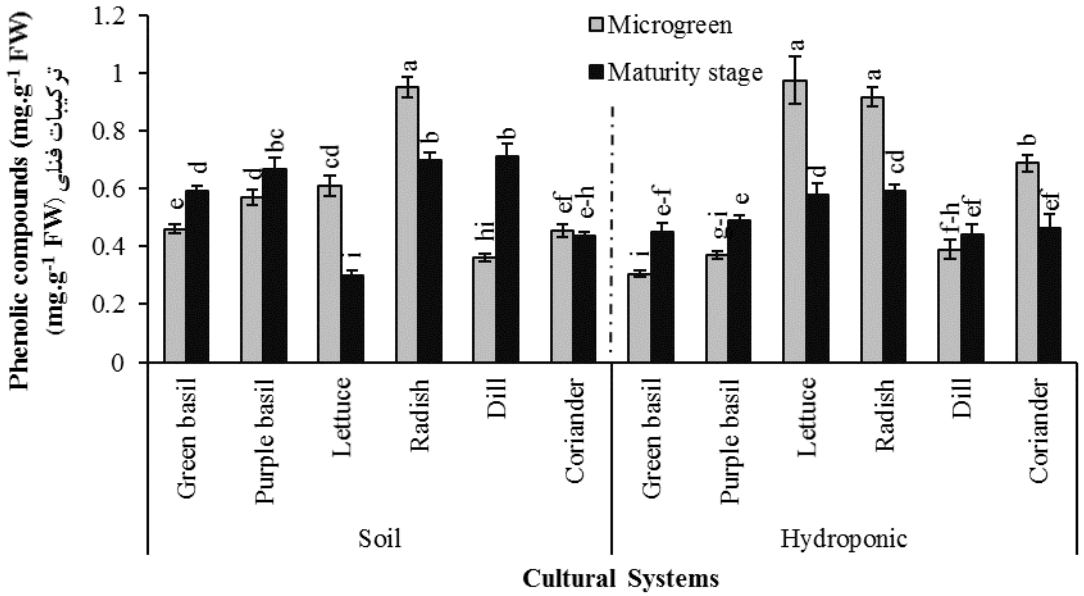
Archive of SID

نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود. فعالیت ضداکسیداسیون برگ کاهو، تربچه و شوید در مرحله میکروگرین تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت. نتایج همچنین نشان داد که فعالیت ضداکسیداسیونی برگ ریحان سبز، تربچه، شوید و گشنیز در مرحله بالغ در شرایط کشت خاکی و آبکشت یکسان بود ولی فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ ریحان بنفش و کاهو در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود (شکل ۴).



شکل ۲- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار کاروتنوئید برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 2- Interaction of growth stage ×cultural systems on carotenoid content of some vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

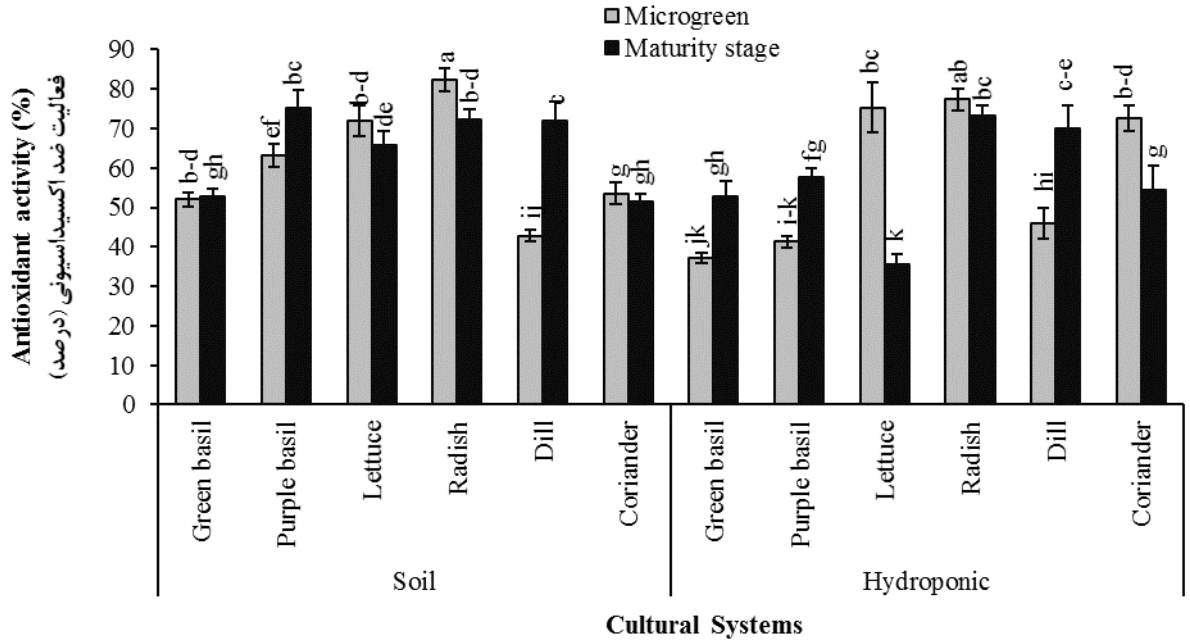


شکل ۳- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار ترکیبات فنلی برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 3- Interaction the effect of growth stage ×cultural systems on leaf phenolic compounds content of vegetables
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

www.SID.ir

Archive of SID

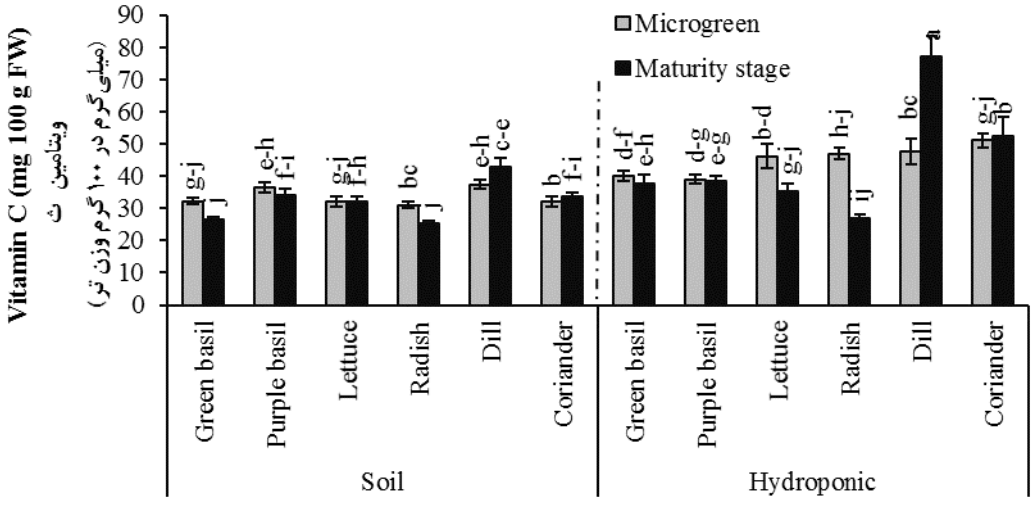


شکل ٤- برهمکنش اثر مرحله رشد × نوع کشت بر فعالیت ضداکسیداسیونی برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 4- Interaction the effect of growth stage ×cultural systems on antioxidant activity of some vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

ویتامین ث

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که مقدار ویتامین ث برگ ریحان سبز، بنفش، کاهو، تربچه در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود در حالی که مقدار ویتامین ث شوید و گشنیز در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین بیشتر بود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار ویتامین ث برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو تربچه، شوید و گشنیز در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (شکل ۵).



شکل ۵- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار ویتامین ث برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 5- Interaction of growth stage ×cultural systems on vitamin C of vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

www.SID.ir

Archive of SID

عناصر معدنی

مقدار فسفر برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در شرایط آبکشت و کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که مقدار فسفر برگ گیاهان ریحان سبز و ریحان بنفش، در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود. در حالی که مقدار فسفر برگ کاهو در مرحله میکروگرین تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت. مقدار فسفر برگ تربچه، شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲). همانطور که در جدول دو نشان داده شده است مقدار فسفر برگ ریحان سبز، کاهو، تربچه و شوید در مرحله باغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود ولی تفاوتی بین مقدار فسفر برگ گیاهان ریحان بنفش، و تربچه در مرحله بالغ بین شرایط کشت خاکی و آبکشت مشاهده نشد.

مقدار کلسیم برگ ریحان بنفش، کاهو و شوید در شرایط کشت خاکی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود ولی مقدار کلسیم برگ در شرایط کشت خاکی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ کمتر بود و تفاوت معنی‌داری بین مرحله میکروگرین و بالغ گیاهان ریحان سبز و کاهو در شرایط کشت خاکی از لحاظ مقدار کلسیم برگ مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که مقدار کلسیم برگ مرحله میکروگرین گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش، شوید و گشنیز در شرایط هیدیوپونیک نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین مقدار کلسیم برگ کاهو در مرحله میکروگرین و بالغ در شرایط آبکشت مشاهده نشد (جدول ۲). مقدار کلسیم برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، تربچه و گشنیز در مرحله میکروگرین و بالغ در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار کلسیم برگ کاهو در هر دو مرحله از رشد در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲).

مقدار پتاسیم در شرایط کشت خاکی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در تمام سبزی‌ها بیشتر بود. در شرایط آبکشت مقدار پتاسیم برگ ریحان بنفش و ریحان سبز تحت تاثیر مراحل رشد قرار گرفت ولی سایر سبزی‌ها مرحله میکروگرین از مقدار پتاسیم بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲). نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار پتاسیم برگ در مرحله بلوغ در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی بیشتر می‌باشد، ولی مقدار پتاسیم برگ در مرحله میکروگرین در سبزی‌های ریحان سبز، ریحان بنفش و کاهو در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار پتاسیم برگ شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲).

مقدار آهن برگ در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در تمام سبزی‌های مورد بررسی بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار آهن برگ ریحان سبز و ریحان بنفش در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که مقدار آهن برگ شوید در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار آهن برگ ریحان بنفش، کاهو، تربچه و شوید در مرحله بلوغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۳).

مقدار روی در مرحله بلوغ نسبت به مرحله میکروگرین بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار روی برگ ریحان سبز، کاهو، تربچه و گشنیز در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی در مرحله بلوغ بیشتر بود. در حالی که مقدار روی در مرحله میکروگرین ریحان بنفش، کاهو و تربچه در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۳).

مقدار منگنز برگ سبزی‌ها در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار منگنز برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، گشنیز در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت در مرحله میکروگرین و بالغ بیشتر بود (جدول ۳). مقدار مس برگ ریحان سبز، ریحان بنفش و گشنیز در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی بیشتر بود در حالی‌که مقدار مس برگ کاهو، تربچه و شوید در شرایط آبکشت و خاکی تفاوتی نداشت (جدول ۳).

بحث

سبزی‌ها در مرحله میکروگرین ارزش غذایی بالایی دارند که نقش مهمی در سبد غذایی انسان ایفا می‌کنند (۲۴)، ولی به دلیل کوتاه بودن دوره رشد از زمان سبز شدن تا زمان برداشت (هفت الی ۱۴ روز) خصوصیات رشدی گیاه مانند وزن گیاه، ارتفاع گیاه و سطح برگ نسبت به مرحله بالغ کمتر می‌باشد (۲۲). هرچند خصوصیات رشدی مانند وزن تر، در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ خیلی کمتر است اما معمولا به دلیل کشت با تراکم بالا در واحد سطح، وزن تر سبزی و عملکرد بیولوژیکی در این موارد نسبت به مرحله بالغ قابل کنترل می‌باشد (۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- برهمکنش اثر مرحله رشد و نوع کشت بر مقدار عناصر پرمصرف برگ سبزی‌های مختلف

Table 2- Interaction of growth stage and cultural system on leaf macro-elements content of vegetables

مرحله رشد Growth stage	سبزی Vegetables	شرایط کشت Culture condition	P (% DW)	Ca (% DW)	Mg (% DW)	K(% DW)
میکروگرین Microgreen	***Green Basil***	Soil	0.25±0.008 ^{d}	1.02±0.1 ^{gh}	0.58±0.02 ^{a}	4.24±0.23 ^{fh}
	ریحان سبز	Hydroponic	0.24±0.009 ^{ef}	1.39±0.1 ^{a}	0.63±0.03 ^{a}	3.44±0.22 ^{jk}
	Purple basil	Soil	0.22±0.008 ^{h}	1.1±0.1 ^{f}	0.54±0.01 ^{a}	5.08±0.23 ^{bc}
	ریحان بنفش	Hydroponic	0.20±0.01 ^{i}	1.06±0.09 ^{fg}	0.56±0.02 ^{a}	4.11±0.23 ^{fi}
	Lettuce	Soil	0.21±0.03 ^{hi}	1.01±0.1 ^{i}	0.55±0.01 ^{a}	4.51±0.27 ^{df}
	کاهو	Hydroponic	0.21±0.02 ^{hi}	1.21±0.1 ^{c}	0.58±0.03 ^{a}	4.85±0.28 ^{c}
	Radish	Soil	0.21±0.02 ^{hi}	1.13±0.1 ^{de}	0.5±0.02 ^{a}	5±0.78 ^{bc}
	تربچه	Hydroponic	0.31±0.01 ^{b}	1.02±0.09 ^{hi}	0.60±0.03 ^{a}	4.68±0.33 ^{ce}
	Dill	Soil	0.25±0.01 ^{fg}	1.05±0.08 ^{fh}	0.54±0.02 ^{a}	4.93±0.87 ^{c}
	شوید	Hydroponic	0.35±0.03 ^{a}	1.04±0.09 ^{gi}	0.57±0.03 ^{a}	5.4±0.48 ^{ab}
	Coriander	Soil	0.22±0.02 ^{gh}	1.16±0.09 ^{d}	0.60±0.04 ^{a}	4.28±0.21 ^{kl}
	گشنیز	Hydroponic	0.27±0.02 ^{c}	0.91±0.08 ^{k}	0.60±0.02 ^{a}	5.71±0.34 ^{a}
بالغ Mature	***Green Basil***	Soil	0.15±0.01 ^{k}	1.04±0.1 ^{gi}	0.60±0.01 ^{a}	2.71±0.45 ^{m}
	ریحان سبز	Hydroponic	0.12±0.01 ^{n}	0.89±0.09 ^{l}	0.62±0.01 ^{a}	3.2±0.48 ^{k}
	Purple basil	Soil	0.13±0.02 ^{lm}	0.87±0.08 ^{kl}	0.56±0.02 ^{a}	2.73±0.57 ^{lm}
	ریحان بنفش	Hydroponic	0.13±0.01 ^{m}	0.94±0.06 ^{j}	0.57±0.03 ^{a}	3.87±0.71 ^{hi}
	Lettuce	Soil	0.17±0.01 ^{j}	0.88±0.08 ^{kl}	0.54±0.02 ^{a}	3.84±0.47 ^{hj}
	کاهو	Hydroponic	0.15±0.03 ^{k}	1.21±0.1 ^{c}	0.56±0.01 ^{a}	4.6±0.41 ^{cd}
	Radish	Soil	0.15±0.02 ^{k}	1.09±0.04 ^{ef}	0.59±0.02 ^{a}	2.04±0.25 ^{n}
	تربچه	Hydroponic	0.1±0.01 ^{o}	1.08±0.05 ^{g}	0.60±0.02 ^{a}	2.75±0.33 ^{lm}
	Dill	Soil	0.22±0.02 ^{gh}	0.96±0.03 ^{j}	0.59±0.03 ^{a}	4.06±0.4 ^{gi}
	شوید	Hydroponic	0.14±0.03 ^{kl}	0.84±0.05 ^{m}	0.60±0.02 ^{a}	4.22±0.5 ^{fh}
	Coriander	Soil	0.16±0.02 ^{k}	1.28±0.01 ^{b}	0.59±0.03 ^{a}	3.13±0.8 ^{kl}
	گشنیز	Hydroponic	0.15±0.01 ^{k}	0.52±0.003 ^{n}	0.61±0.02 ^{a}	4.37±0.2 ^{dg}

ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال یکدرصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- برهمکنش مرحله رشد و نوع کشت بر مقدار عناصر کم مصرف برگ سبزی‌های مختلف

Table 3- Interaction of growth stage and cultural systems on leaf micro-elements content of vegetables

مرحله رشد Growth stage	سبزی Vegetables	شرایط کشت Culture condition	Fe (mg.g^{-1} DW)	Cu (mg.g^{-1} DW)	Zn (mg.g^{-1} DW)	Mn (mg.g^{-1} DW)
میگروگرین Microgreen	***Green Basil***	Soil	166.67±10.32 ^{ce}	34.0±2.23 ^{e}	47.5±2.02 ^{fh}	114.2±2.12 ^{b}
	ریحان سبز	Hydroponic	186±8.12 ^{bc}	39.8±3.12 $^{b-d}$	43±4.03 ^{gh}	69.4±3.32 ^{g}
	Purple basil	Soil	121±11.25 $^{h-j}$	34.0±2.36 ^{be}	39.66±5.02 ^{k}	81.8±2.45 ^{f}
	ریحان بنفش	Hydroponic	130±14.34 ^{hi}	40.8±3.87 ^{b}	43.16±3.01 ^{j}	67.4±3.85 ^{g}
	Lettuce	Soil	221±15.12 ^{a}	37.8±3.75 ^{d}	40.16±4.21 ^{k}	108.4±4.46 ^{c}
	کاهو	Hydroponic	238.33±14.12 ^{a}	38.8±2.42 ^{cd}	55±4.02 ^{c}	129.4±3.12 ^{a}
	Radish	Soil	176.33±14.21 ^{cd}	18.48±3.32 ^{g}	49.83±3.01 ^{ef}	87±2.14 ^{e}
	تربچه	Hydroponic	222.02±16.45 ^{a}	17.2±2.42 ^{g}	52.33±2.78 ^{d}	61.92±2.1 ^{h}
	Dill	Soil	197±16.65 ^{b}	40.2±4.68 ^{be}	43.5±4.45 ^{j}	105.2±3.12 ^{c}
	شوید	Hydroponic	152.67±13.77 ^{cg}	41.42±6.47 ^{b}	37±2.21 ^{l}	101.4±4.12 ^{d}
	Coriander	Soil	143.33±9.87 ^{fh}	30.2±1.45 ^{e}	25±3.11 ^{m}	69±2.2 ^{h}
	گشنیز	Hydroponic	158.33±5.47 ^{df}	45.2±3.23 ^{a}	23.5±4.03 ^{m}	63±2.4 ^{g}
بالغ Mature	***Green Basil***	Soil	112.33±8.19 $^{i-k}$	34.0±2.87 ^{e}	46.66±1.11 ^{hi}	51.6±3.12 ^{j}
	ریحان سبز	Hydroponic	126.67±9.20 $^{h-j}$	39.8±3.78 $^{b-d}$	63.66±2.78 ^{a}	32.2±4.11 ^{o}
	Purple basil	Soil	96±4.17 ^{k}	34.0±4.36 ^{be}	49.5±3.87 $^{e-g}$	49.4±4.3 ^{jk}
	ریحان بنفش	Hydroponic	137±12.45 $^{f-h}$	40.8±3.45 ^{b}	48.5±2.87 $^{f-h}$	39±1.42 ^{n}
	Lettuce	Soil	111±5.36 ^{ik}	37.8±5.33 ^{d}	44.5±4.75 ^{ij}	45.8±2.21 ^{lm}
	کاهو	Hydroponic	141±5.45 $^{f-h}$	38.8±2.35 ^{cd}	48±3.21 $^{f-h}$	57±2.12 ^{i}
	Radish	Soil	106.2±12.45 ^{jk}	18.48±2.78 ^{g}	46±3.45 ^{hi}	62±3.02 ^{h}
	تربچه	Hydroponic	165.67±8.36 ^{cc}	17.2±4.47 ^{g}	51.67±2.36 ^{dc}	48.2±3.02 ^{kl}
	Dill	Soil	97±7.12 ^{k}	40.2±2.23 ^{bc}	48±3.34 ^{fh}	44±2.03 ^{m}
	شوید	Hydroponic	133.33±6.23 ^{gh}	41.42±3.45 ^{b}	47.33±4.34 ^{gh}	45.6±2.03 ^{lm}
	Coriander	Soil	95.33±6.42 ^{k}	30.2±3.21 ^{e}	41±2.33 ^{k}	51±2.01 ^{jk}
	گشنیز	Hydroponic	94±2.11 ^{k}	45.2±3.11 ^{a}	58±2.32 ^{b}	25±2.02 ^{p}

ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Columns with different letters are significantly different at $p\leq 0.05$ (LSD)

www.SID.ir

Archive of SID

وزن تر ریشه در سبزی‌های مختلف در دو سیستم کشت آبکشت و کشت خاکی متفاوت است. با توجه به اینکه در شرایط آبکشت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در دسترس می‌باشد در نتیجه خصوصیات رشدی گیاه افزایش پیدا می‌کند ولی در شرایط خاکی افزایش رشد ریشه ممکن است به دلیل جذب مواد غذایی از تمام سطح خاک باشد به همین دلیل گیاه برای جذب آب و مواد غذایی خود ریشه خود را گسترش می‌دهد (۲۱). از طرف دیگر برخی از گیاهان در زمان سبز شدن از محور هیپوکوتیل ضعیف‌تری برخوردار هستند و در شرایط کشت خاکی احتمال سبز شدن آنها پایین می‌باشد و در صورت سبز شدن ابتدا پریموردیا (آغازه) ریشه را توسعه میدهند و زمانی که ریشه تا حدودی توسعه پیدا کرد گیاهچه قادر به خروج از خاک می باشد که این امر منجر به توسعه بیشتر ریشه در شرایط خاک می‌گردد (۲۵). نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که وزن‌تر اندام هوایی ریحان سبز، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود. مکندی (۱۴) در یک بررسی روی گیاهان ریحان، کلم پیچ، هویج، اسفناج، کاهو، فلفل، جعفری و هندوانه نشان دادند که به جز گیاهان هویج و هندوانه که در آن‌ها تفاوتی در خصوصیات رشدی در شرایط آبکشت و خاکی مشاهده نشد سایر سبزی‌ها در شرایط آبکشت از ویژگی رشدی بیشتری نسبت به شرایط کشت خاکی برخوردار بودند. خصوصیات رشدی کدو تخم کاغذی شامل عملکرد و خصوصیات رشدی نظیر سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه در شرایط آبکشت بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین شرایط آبکشت و کشت خاکی از لحاظ وزن تر و خشک ریشه مشاهده نشد (۲۱).

کاروتنوئیدها با حذف رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی-اکسیدانی از خود بروز می‌دهند (۹). کلروفیل نیز علاوه بر این‌که سبب ایجاد رنگ سبز در برگ می‌شود به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند (۲). بنابراین ارزیابی تغییرات در مقدار کلروفیل نقش مهمی در حفظ ارزش غذایی و بازار پسندی سبزی‌ها ایفا می‌کند (۱۳).

بخش مهمی از ارزش غذایی سبزی‌ها مربوط به ترکیبات فنلی با فعالیت ضداکسیداسیونی است. این ترکیبات که از طریق واکنش با رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن که برای سلول‌های زنده خطرناک می‌باشند، آسیب‌های اکسایشی وارده به موجود زنده را کاهش می‌دهند. لذا انسان با مصرف سبزی‌ها و میوه‌ها می‌تواند بدن خود را در برابر رادیکال‌های آزاد ایمن کند (۱۸). از ترکیبات فنلی به عنوان ناجیان سلامت نیز یاد می‌شود به طوری‌که ترکیبات فنلی نظیر اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها به عنوان عوامل کاهش دهنده‌ی رادیکال‌های آزاد اکسیژن فعالیت دارند و در پیشگیری و درمان انواع سرطان‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۱۰). مهم‌ترین ترکیبات فنلی گیاه ریحان، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز به ترتیب اسید روزمانیک (۱۱)، کوئرستین (۱۸)، فلاونول‌ها (۱۰)، نئو اسید کلروجنیک (۹) و دی‌متوکسیسیانومیل هگزوساید (۹) می‌باشد. در یک بررسی انجام شده در ارتباط با ترکیبات فنلی کل گیاه خردل نشان داده شد که مقدار ترکیبات فنلی ارقام مختلف در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود (۶). همچنین گزارش شده است که مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیداسیونی ریحان و چغندر در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ کمتر است (۲).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی برگ سبزی‌ها در شرایط کشت خاکی و کشت آبکشت در سبزی‌های مختلف متفاوت بود. به طوری که مقدار ترکیبات فنلی کاهو در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود که با نتایج اوح و همکاران (۱۷) روی کاهو مطابقت دارد. بالا بودن مقدار ترکیبات در شرایط کشت مزرعه‌ای (خاکی) به دلیل افزایش نرخ تبخیر تعرق نسبت داده شده است (۱۷).

ویتامین ث یک ضداکسیدانت مهم فیزیولوژیکی است که می‌تواند ساخت و تولید سایر آنتی‌اکسیدان‌ها را در بدن تحریک کند (۱۵). تفاوت در مقدار ویتامین ث در مراحل و یا سن‌های فیزیولوژی گیاهان می‌تواند بسته به گونه‌های گیاهی متفاوت باشد. به طوری که گیاهانی که از خانواده چتریان هستند با افزایش سن فیزیولوژیکی گیاه مقدار ویتامین ث افزایش پیدا می کند د ر حالی که در سایر گونه های گیاهی با افزایش سن فیزیولوژی کاهش پیدا کرد. بررسی های انجام شده روی کاهو و چغندر (۲) نشان داد که مقدار ویتامین ث در مرحله میکروگرین نسبت مرحله بلوغ بیشتر بود. همچنین گزارش شده است که مقدار ویتامین ث با افزایش سن گیاه کاهو از مرحله میکرو گرین به مرحله بالغ کاهش یافت (۱۹). بنابراین می‌توان گفت که استفاده از سبزی‌ها در مرحله میکروگرین می‌تواند به عنوان یک منبع غنی از ویتامین ث در سبد غذایی انسان قرار گیرد.

مقدار ویتامین ث در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی در تمام سبزی‌ها بیشتر بود. که این نتایج با نتایج انجام شده روی توت‌فرنگی (۱۲) و کاهو (۱) مطابقت دارد. بوچانان و امایان (۱) روی ارقام مختلف کاهو نشان دادند که مقدار ویتامین ث برگ ارقام مختلف کاهو که در شرایط آبکشت رشد کرده بودند حدود سه برابر مقدار ویتامین ث برگ ارقام کاهو که در شرایط خاکی رشد کرده بودند بود. بالا بودن مقدار ویتامین ث در شرایط آبکشت را می توان به دلیل وجود مواد غذایی کافی و تاثیر آن بر مقدار این ویتامین نسبت داد (۱).

اندازه‌گیری عناصر معدنی در سبزی‌ها نقش مهمی در تعیین ارزش غذایی سبزی‌ها در مراحل مختلف ایفا می‌کند. در یک بررسی روی گیاه کلم نشان داده شد که مقدار سدیم، مس، منگنز، روی و عناصر معدنی کل گیاه کلم در مرحله جوانه، میکروگرین و بالغ

www.SID.ir

Archive of SID

متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سدیم، مس و آهن در مرحله جوانه مشاهده گردید و با افزایش سن فیزیولوژی گیاه مقدار این عناصر کاهش پیدا کرد ولی بیشترین مقدار عناصر منگنز، روی و مواد معدنی کل در ارقام کلم در مرحله میکروگرین مشاهده شد و کمترین مقدار این عناصردر مرحله بالغ مشاهده گردید (۲۶). وبر (۲۸) در یک بررسی روی کلم بروکلی نشان داد که مقدار عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم، منگنز، روی، آهن، کلسیم، سدیم و مس در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ به طور معنی‌داری بیشتر بود به طوری که متوسط مقدار عناصر حدود ۱/۷۳ برابر نسبت به مرحله بلوغ بیشتر بودند. پیشنهاد شده است که تولید بروکلی در مرحله میکروگرین به عنوان منبع غنی از مواد معدنی محسوب می‌شود (۲۸). افزون براین مقدار عناصر پتاسیم، فسفر، کلسیم،منیزیم،گوگرد، منگنز، مس، روی و سدیم گیاهان کاهو و کلم در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ حدود دو الی سه برابر بیشتر بود (۲۷).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که مقدار عناصر معدنی در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود. مقدار عناصر معدنی گیاه کاهو و کلم در مرحله میکروگرین در بستر ورمی‌کمپوست و آبکشت بررسی شده و مشاهده شد که مقدار عناصر معدنی هر دو گونه گیاهی در شرایط بستر ورمی‌کمپوست نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود (۲۷). بنابراین میزان عناصر در دسترس گیاهان می‌تواند بر مقدار عناصر غذایی تاثیرگذار باشد (۲).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رشد سبزی‌های در شرایط کشت آبکشت و کشت خاکی متفاوت بود. نتایج کلی صرفنظر از استثنائات بیانگر برتری کشت آبکشت در ارتباط با ترکیبات زیست فعال شامل ترکیبات فنلی، کاروتنوئید، ویتامین ث و فعالیت ضداکسیداسیونی در مقایسه با کشت خاکی است. همچنین ارزش غذایی کلی سبزی‌ها در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ که در شرایط کشت خاکی و آبکشت رشد کرده بودند بیشتر بود، هرچند در برخی از شاخص‌ها مقدار کلروفیل کل در گیاهانی که در شرایط کشت خاکی رشد کرده بودند بیشتر بود.

منابع

1- Buchanan D.N. and Omaye S.T. 2013. Comparative study of ascorbic acid and tocopherol concentrations in hydroponic-and soil-grown lettuces. Food and Nutrition Sciences, 4(10): 1047-1053.
2- Bulgari R., Baldi A., Ferrante A. and Lenzi A. 2017. Yield and quality of basil, swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 45(2): 119-129.
3- Di Gioia F., Renna M. and Santamaria P. 2017. Sprouts, Microgreens and "Baby Leaf" Vegetables. p. 403-432. In F. Yildiz and R. C. Wiley (eds.) Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Springer. Springer, Boston, MA.
4- Ebert A.W., Chang C.H., Yan M.R. and Yang, R.Y. 2017. Nutritional composition of mungbean and soybean sprouts compared to their adult growth stage. Food Chemistry, 237: 15-22.
5- Fao, I. 2014. The State of Food Insecurity in The World. 80 p.
6- Frazie M.D., Kim M.J. and Ku K.M. 2017. Health-promoting phytochemicals from 11 mustard cultivars at Baby Leaf and mature stages. Molecules, 22(10): 1749-1756.
7- Galaverna G., Di Silvestro G., Cassano A., Sforza S., Dossena A., Drioli E. and Marchelli R., 2008. A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. Food Chemistry, 106(3): 1021-1030.
8- George R.A. 2009. Vegetable Seed Production. CABI. Wallingford, UK.
9- Jaleel C.A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Al-Juburi H.J., Somasundaram R. and Panneerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11(1): 100-105.
10- Koley, T.K. Khan Z., Oulkar D., Singh B.K., Maurya A., Singh B. and Banerjee K. 2017. High resolution LC-MS characterization of phenolic compounds and the evaluation of antioxidant properties of a tropical purple radish genotype. Arabian Journal of Chemistry. 3:75-89.
11- Kruma Z., Andjelkovic M., Verhe R., Kreicbergs V., Karklina D. and Venskutonis, P.R. 2008. Phenolic compounds in basil, oregano and thyme. Foodbalt, 5(7): 99-103.
12- Lassley J.R., Green C. and Bemis M. 2014. Pinnacle Software LLC, Method and system for marketing and selling water rights. U.S. Patent Application 14/023,750.
13- Mairapetyan S., Alexanyan J., Tovmasyan A., Daryadar M., Stepanian, B. and Mamikonyan, V. 2016. Productivity, biochemical indices and antioxidant activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) in condition of hydroponics. Journal of Science and Technology and Environment Information, 3(2):

www.SID.ir

Archive of SID

191-194.
14- Makendi, M. 2012. A Comparative Analysis of Two Plant Growth Mediums: Hydroponic vs and soil. The Academy of Science, Research and Medicine at THE Paulding County High School. PP27
15- Miller N.J. and Rice-Evans, C.A. 1997. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS•+ radical cation assay. Free Radical Research, 26(3): 195-199.
16- Murty M.G. and Ladha J.K. 1988. Influence of Azospirillum inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil, 108(2):281-285.
17- Oh M.M., Carey E.E. and Rajashekar C.B. 2011. Antioxidant phytochemicals in lettuce grown in high tunnels and open field. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 52(2): 133-139.
18- Pérez-López U., Sgherri C., Miranda-Apodaca J., Micaelli F., Lacuesta M., Mena-Petite A., Quartacci M.F. and Muñoz-Rueda A. 2018. Concentration of phenolic compounds is increased in lettuce grown under high light intensity and elevated CO_2. Plant Physiology and Biochemistry, 123: 233-241.
19- Pinto E. and Ferreira I.M., 2015. Changes in the content of free and conjugated polyamines during Lettuce (*Lactuca sativa*) growth. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(2): 440-446.
20- Resh H.M. 2012. Hydroponic Food Production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. CRC Press.
21- Rouphael Y., Colla G., Battistelli A., Moscatello S., Proietti S. and Rea E. 2004. Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(3): 423-430.
22- Samuolienė G., Brazaitytė A., Sirtautas R., Viršilė A., Sakalauskaitė J., Sakalauskienė S. and Duchovskis P. 2013. LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(13): 3286-3291.
23- Sgherri C., Cecconami S., Pinzino C., Navari-Izzo F. and Izzo R. 2010. Levels of antioxidants and nutraceuticals in basil grown in hydroponics and soil. Food Chemistry, 123(2), 416-422.
24- Treadwell D.D., Hochmuth R., Landrum L. and Laughlin W. 2010. Microgreens: A new specialty crop. University of Florida IFAS Extension HS1164.
25- Treftz C. and Omaye S.T. 2016. comparision between hydroponic and soil systems for growing strawberries in a greenhouse. International Journal of Agricultural Extension, 3(3): 195-200.
26- Waterland N.L., Moon Y., Tou J.C., Kim M.J., Pena-Yewtukhiw E.M. and Park S. 2017. Mineral Content Differs among Microgreen, Baby Leaf, and Adult Stages in Three Cultivars of Kale. HortScience, 52(4): 566-571.
27- Weber C.F. 2016. Nutrient content of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. Journal of Horticulture, 3-4.
28- Weber C.F. 2017. Broccoli microgreens: A mineral-rich crop that can diversify food systems. Frontiers in Nutrition, 4: 1-9.
29- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y. and Wang, Q. 2012. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(31): 7644-7651.
30- Xiao, Z., Nou, X., Luo, Y. and Wang, Q. 2014. Comparison of the growth of Escherichia coli O157: H7 and O104: H4 during sprouting and microgreen production from contaminated radish seeds. Food Microbiology, 44, 60-63.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 113-126
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۲۶-۱۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Comparison of Minerals and Bioactive Compounds of Six Vegetable Species in Microgreen Stage in Hydroponic and Soil Production Systems

L. Poorshahabadi[1]- S. H. Mirdehghan[2]*- H. R. Roosta[3]

Received: 10-03-2018
Accepted: 16-02-2019

Introduction: Consumer's demand for high valuable bioactive compounds have been increased in recent years. Microgreen is a stage in the growth of vegetables that is popular among consumers for their high nutritional value. It can consider as young and tender edible seedling to enhance salad quality and safety. At the same time, it has been reported that microgreen can provide higher amount of phytonutrient (ascorbic acid, phenolics and carotenoids) and minerals. Hydroponics is defined as a system of growing plant in nutrient solution which could provide necessary micro- and macro-elements for early seedling growth. The use of hydroponic gardening by commercial growers is steadily increasing as the ability to control the growing factors while conserving space is of paramount importance to crop yields and commercial profits. It is also worth noting that hydroponic systems are good for the environment. As the water is recirculating, it is not being evaporated as readily or absorbed into the ground quickly. Therefore, it is important and valuable to study the growth of some common vegetable in hydroponics as microgreen in terms of higher bioactive compounds and minerals.

Material and Methods: The present study was conducted to evaluate two production systems (hydroponic and soil system) and also two growth stages (microgreen and mature) of 6 vegetable species (green basil, violet basil, lettuce, radish, dill and coriander). Different growth characteristics and bioactive compounds were measured as indices of yield and quality include: root dry/fresh weight, shoot dry/fresh weight, leaf area, ascorbic acid, total chlorophyll, carotenoids, phenolics, antioxidant activity and micro- and macro-nutrients in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications. The weight of roots and shoots were measured at two stages during growth. Leaf area of vegetables were determined using a leaf area meter (CI-202, USA). Ascorbic acid determination was performed by 2, 6-dichlorophenolindophenol reagent. Chlorophyll, carotenoids, phenolics and antioxidant activity were tested spectrophotometric analysis. Samples of dry leaves were ground and dry-ashing at 550 °C for 4 h. The ashes were dissolved with 5 ml 2 N HCl and made up to 50 ml with distillated water. The concentrations of K were measured by flame photometry (Jenway, model PFP7). Analysis of Ca and P was carried out by titration and spectrophotometry (model T80 UV/VIS) , respectively. The Mg, Fe, Zn and Cu were identified by atomic absorption procedure.

Result and Discussion: The results showed that growth characteristics of violet basil, green basil, lettuce, radish, dill and coriander were higher at the adult stage than microgreen stage. The results also showed that the growth characteristics of green basil, lettuce, radish, dill and coriander were higher in hydroponics than soil cultivation. Total chlorophyll content of violet basil, green basil, lettuce and dill were higher at microgreen stage than adult stage, while total chlorophyll content of leaf radish and dill plants were higher at the adult stage than microgreen stage. However, the chlorophyll content of the whole plants was higher in the conditions of soil cultivation than hydroponic conditions. Phenolic compounds and antioxidant activity of lettuce, radish and coriander leaves were higher at microgreen stage than adult stage, while these traits were higher in adult stage than in microgreens in violet basil, green basil and dill. Vitamin C was also higher in all vegetables in the microgreen stage compared to the mature stage in both cultures except for dill and coriander. Mineral elements content was higher at microgreen stage than in the mature stage, except for zinc element.

Conclusion: Based on the results of this experiment, it can be concluded that the production and cultivation of these six vegetables in the microgreen stage could be considered as a suitable method for high nutritional value.

Keywords: Antioxidant activity, Carotenoids, Minerals, Phenolic compounds

1, 2 and 3- MS.C student and Professors Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: mirdehghan@vru.ac.ir)

www.SID.ir