اثر استفاده از روش‌های مختلف تأمین محلول غذایی جایگزین بر خصوصیات فیزیولوژیکی کاهو در سیستم هیدروپونیک شناور

سمانه بختیاری‌زاده[۱]، حمیدرضا روستا[*۲]، مجید اسماعیلی‌زاده[۳]، محمود رقامی[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان.

[*۲]استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان.

[۳] و [۴] به ترتیب دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

[*]نویسنده مسئول: roosta_h@yahoo.com

چکیده

در سیستم‌های کشت هیدروپونیک، نیاز به بازچرخانی و استفاده دوباره از محلول غذایی برای کاهش هزینه‌های محیطی و اقتصادی در حال افزایش است. با این وجود، اطلاعات کمی در مورد مدیریت محلول غذایی در سیستم‌های بسته هیدروپونیک وجود دارد. این آزمایش با هدف مقایسه اثر سه روش جایگزینی محلول غذایی در سیستم شناور بر سه رقم کاهو، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل روش جایگزینی محلول غذایی (جایگزینی کامل، جایگزینی بر اساس EC محلول غذایی، جایگزینی بر اساس نیاز گیاه) و رقم (کاهو چینی، کاهو بادبان قرمز و کاهو کازرون) بود. نتایج نشان داد که رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a و کلروفیل کل در شرایط تعویض کامل محلول غذایی از بیشترین مقدار و در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی از کمترین مقدار برخوردار بود. غلظت ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ کاهو در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی در مقایسه با دو روش دیگر افزایش یافت که در این بین رقم کاهوی بادبان قرمز از ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری در مقایسه با دو رقم دیگر برخوردار بود.

کلمات کلیدی: تغذیه گیاه، سیستم شناور، کاهو، کشت بدون خاک

مقدمه

افزایش جمعیت و همچنین محدودتر شدن منابع موجود به‌ویژه آب، کمبود منابع غذایی، بحث تولید با کیفیت بالا و در سطح کمتر، بیش از پیش توجه همه را به خود جلب کرده است. کشور ما در منطقه کم بارش کره زمین قرار دارد و بخش عمده آن را مناطق خشک تشکیل می‌دهد و با وجود نیاز فراوان به آب در بخش کشاورزی این امر اصلی‌ترین بحران در بخش ذکر شده محسوب می‌شود. با افزایش جمعیت جهان و کشت گیاهان گلخانه‌ای در یک سیستم کنترل شده از نظر تغذیه، بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز مورد توجه قرار گرفته است. بدیهی است که روش‌های کشت هیدروپونیک یکی از بهترین روش‌های مقابله و کنترل پاتوژن‌های بیماری‌زا به‌ویژه عوامل خاکزی است (Velez and Zapata, 2005). سیستم کشت شناور یکی از ساده‌ترین وکم هزینه‌ترین سیستم‌های هیدروپونیک موجود برای کشت سبزی‌ها بخصوص کاهو می‌باشد. کلیت این سیستم بصورت غوطه‌ور بودن ریشه‌های گیاه در آب و محلول غذایی است. گیاه به وسیله قیم‌هایی و بصورت شناور بر روی سطح آب قرار می‌گیرند. کاهو (*Lactuca sativa* L.) به عنوان یک سبزی برگی دارای منافع اقتصادی قابل توجهی می‌باشد. کشت کاهو به روش بدون خاک، به علت کوتاه بودن طول دوره رشد آن و نیز عدم وجود باقی‌مانده‌های شیمیایی (تجمع نیترات) و میکروبی، با استقبال زیادی در

IrHC2019

کشورهای توسعه یافته روبرو شده است. کوتاه شدن طول دوره رشد کاهو سبب شده تا در طول یک سال بتوان ۱۰ بار اقدام به کاشت و برداشت کاهو نمود (Brechner and Both, 2012). اما در ایران به علت عدم آگاهی کافی از کشت بدون خاک و مدیریت محلول غذایی، هنوز پرورش کاهو به روش شناور، به صورت تجاری انجام نشده است. آزمایشی با هدف مقایسه اثر سه روش جایگزینی محلول غذایی در سیستم NFT بر فلفل انجام شد. نتایج مربوط به مصرف محلول غذایی در تیمارهای مختلف نشان داد که جایگزینی محلول غذایی بر اساس کنترل EC و بر اساس نیاز گیاه مصرف محلول غذایی در طول دوره رشد گیاه را به کمتر از یک‌سوم روش تعویض کامل محلول غذایی کاهش داد. اگرچه در مقایسه با تعویض کامل محلول غذایی، رشد گیاه و تعداد میوه در دو روش جایگزینی محلول بر اساس EC و نیاز گیاه کاهش یافت ولی با توجه به کاهش مصرف محلول غذایی و کاهش آلودگی احتمالی محیط زیست در اثر ورود محلول تعویضی به طبیعت مطالعه بیشتر در جهت بهینه‌سازی این دو روش جایگزینی محلول ضروری به نظر می‌رسد (محمدیان و همکاران، ۱۳۹۵). تفاوت در ترکیبات فنلی در بین ارقام بستگی به تفاوت ژنتیکی آنها دارد که می‌تواند در شرایط مختلف پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دهد (Gan and Azrina, 2016). بنابراین در آزمایش حاضر با هدف کاهش اثرات سوء استفاده از EC محلول غذایی به عنوان معیار کنترل عناصر غذایی داخل محلول غذایی در سیستم هیدروپونیک بسته بر رشد گیاه، و کاهش هدررفت آب و کود و در نتیجه کاهش آلودگی محیط زیست، روش تامین محلول غذایی بر اساس نیاز گیاه که با بررسی منابع مختلف مربوط به جذب عناصر غذایی توسط کاهو بدست آمد به عنوان روشی مدرن و هوشمند جهت تامین محلول غذایی مصرف شده در سه رقم کاهو استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان به‌منظور بررسی اثر روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی سه رقم کاهو در سیستم کشت شناور به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور روش جایگزینی محلول غذایی (جایگزینی کامل، جایگزینی بر اساس هدایت الکتریکی و جایگزینی بر اساس نیاز گیاه) و رقم (کازرون، بادبان‌قرمز و کاهوی چینی بیکلو F1) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در پاییز سال ۱۳۹۶ انجام شد. در این آزمایش بذور کاهوی بادبان قرمز و کاهوی چینی و کازرون در گلدان‌های حاوی محیط کشت پرلیت کشت شدند. پس از جوانه زنی‌بذور گیاهان با آب مقطر آبیاری شدند و دو هفته بعد از جوانه‌زنی بذور، نشاءها به گلدان‌های پلاستیکی مشبک کوچک حاوی پرلایت انتقال داده شد و این گلدان‌های کوچک در منافذ سیستم شناور قرار گرفتند. بعد از انتقال گیاه به سیستم شناور از محلول غذایی مخصوص کاهو استفاده خواهد شد. پس‌از اینکه ریشه گیاهان در سیستم کشت شناور مستقر شوند تیمارهای محلول غذایی جایگزینی کامل هر هفته، جایگزینی بر اساس هدایت الکتریکی و بر اساس نیاز گیاه اعمال گردید. میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل بعد از اعمال تیمارها و در اواخر دوره رشد با استفاده از روش اسپکتروفتومتری (Lichtenthaler, 1987) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل T80 UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd، ساخت کشور انگلستان) در طول‌موج‌های ۶۶۳/۶، ۶۴۶/۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد.

ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

میزان ترکیبات فنولی براساس روش اسفاندرقلو و زاکر[1] (۲۰۰۲) و با عصاره‌گیری با اتانول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از DPPH به روش شرح داده شده توسط برندویلیام[2] و همکاران (۱۹۹۵) انجام شد. میزان جذب از محلول به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل T60 UV/VIS Spectrometer PG Instrumentsl Ltd) در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت گردید. واکنش آمیخته

[1] Isfendiyaroglo and Zaker, 2002
[2] Brand-Willam

IrHC2019

بدون DPPH برای تصحیح ماده زمینه استفاده شد. داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.1 تجزیه شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

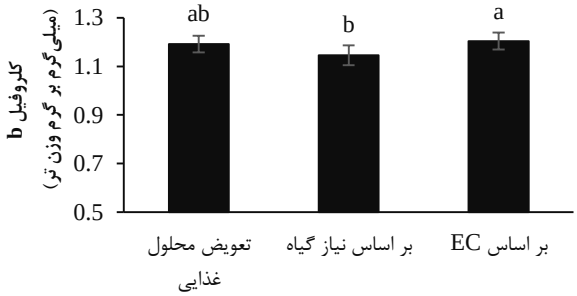
کلروفیل a،b و کلروفیل کل

نتایج مقایسه میانگین بین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در روش تعویض کامل محلول غذایی و در رقم کاهو کازرون مشاهده گردید ولی گیاهان رقم کاهو بادبان‌قرمز که بر اساس EC محلول غذایی تغذیه شده بودند از کمترین مقدار کلروفیل a برخوردار بودند. نتایج همچنین حاکی از آن بود که تفاوت معنی‌داری از لحاظ مقدار کلروفیل a در بین گیاهان ارقام مختلف تغذیه شده بر اساس نیاز گیاه وجود نداشت (شکل ۱). همچنین روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر اساس نیاز گیاه و تعویض کامل محلول غذایی در ارقام کاهوی چینی و بادبان‌قرمز تفاوتی از لحاظ کلروفیل a برگ نداشتند. نتایج نشان داد که مقدار کلروفیل b برگ در شرایط تغذیه بر اساس نیاز گیاه در مقایسه با روش تغذیه بر اساس EC محلول غذایی ۵ درصد کاهش یافت (شکل ۲). ولی غلظت کلروفیل در برگ گیاهان تغذیه شده بر اساس نیاز گیاه و بر اساس تعویض کامل محلول غذایی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار کلروفیل b در گیاهان ارقام کاهو چینی و کازرون دارای بیشترین مقدار بود و تفاوت معنی‌داری بین این دو رقم مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که رقم کاهو بادبان‌قرمز دارای کمترین مقدار کلروفیل b در مقایسه با دو رقم دیگر بود (شکل ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل در تیمار تعویض کامل محلول غذایی مشاهده شد که مربوط به رقم کازرون بود و کمترین مقدار کلروفیل کل در رقم بادبان‌قرمز تغذیه شده بر اساس EC محلول غذایی مشاهده گردید. نتایج همچنین نشان داد که در تغذیه گیاهان بر اساس نیاز گیاه و تعویض کامل محلول غذایی میان ارقام کاهو چینی و بادبان‌قرمز تفاوت معنی‌داری از نظر میزان کلروفیل کل وجود نداشت (شکل ۴).

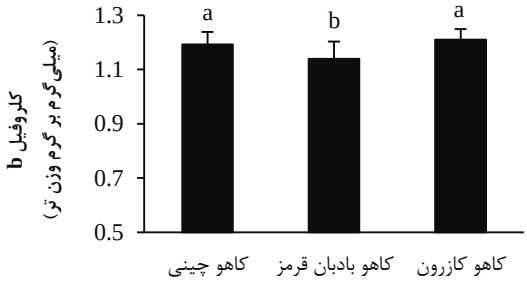
کلروفیل، مولکول آلی کوچک با یک یون منیزیم‌دار در مرکز آن، نور را جذب و به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند. کلروفیل a رنگ‌دانه اصلی در مرکز واکنش بوده اما کلروفیل b نه‌تنها یک رنگ‌دانه کمکی است بلکه به‌عنوان یک تنظیم‌کننده سایر گیرنده‌های نوری عمل می‌کند. حفظ مقدار کلروفیل در شرایط مختلف به حفظ ظرفیت فتوسنتز و تولید ماده خشک کمک می‌کند بنابراین می‌توان گفت که مقدار کلروفیل با سلامت گیاه در ارتباط است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a و کلروفیل کل در شرایط تعویض محلول غذایی از بیشترین مقدار و در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی از کمترین مقدار ممکن برخوردار بود که این نتایج با نتایج ورتمن (۲۰۱۵) روی گوجه‌فرنگی، فلفل و کلم در ارتباط با تغییر محلول غذایی بر اساس EC و کاهش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی مطابقت دارد. از آنجایی که عناصر آهن و نیتروژن نقش اساسی در ساختار کلروفیل دارند کاهش در مقدار کلروفیل برگ گیاه کاهو در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی ارتباط نزدیکی با کاهش این عناصر در این شرایط دارد. در این رابطه روستا و همکاران (۲۰۱۸) در یک بررسی روی ارقام کاهو نشان دادند که با کاهش مقدار روی، منگنز و آهن برگ مقدار کلروفیل نیز کاهش یافت. گزارش شده است که بیشترین مقدار کلروفیل برگ در ژنوتیپ‌هایی مشاهده شد که از محتوای نسبی آب بیشتری در شرایط تنش برخوردار هستند.

IrHC2019

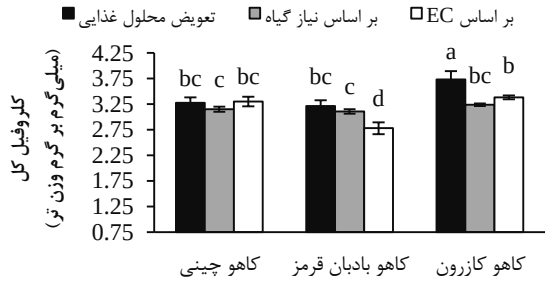
شکل «۱» تأثیر روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر کلروفیل a در برگ سه رقم کاهو در سیستم کشت شناور



شکل «۲» تأثیر روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر کلروفیل b برگ کاهو در سیستم کشت شناور



شکل «۳» کلروفیل b برگ سه رقم کاهو در سیستم کشت شناور



شکل «۴» تأثیر روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر کلروفیل کل در برگ سه رقم کاهو در سیستم کشت شناور

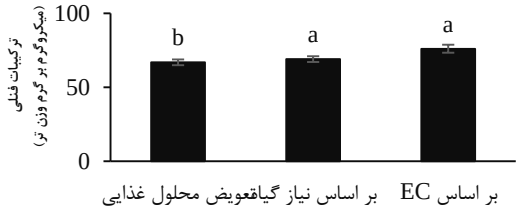
ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج نشان داد که ترکیبات فنلی گیاه در شرایط جایگزینی بر اساس EC محلول غذایی ۱۲ درصد بیشتر از گیاهان تغذیه شده بر اساس تعویض کامل محلول غذایی بود (شکل ۵). ترکیبات فنلی در روش تغذیه بر اساس نیاز گیاه کمتر از روش تغذیه بر اساس EC محلول غذایی افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که رقم بادبان‌قرمز دارای بیشترین مقدار ترکیبات فنلی در برگ بود (شکل ۶). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی از بیشترین مقدار برخوردار بود در حالی که تفاوت معنی-داری بین گیاهان تغذیه شده بر اساس نیاز گیاه و تعویض کامل محلول غذایی از نظر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود نداشت (شکل ۷). نتایج همچنین نشان داد که رقم بادبان‌قرمز از بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخوردار بود (شکل ۸).

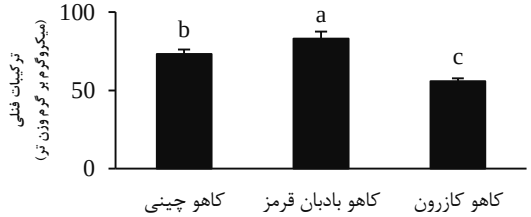
ترکیباتی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا بخش مهمی از ارزش غذایی سبزی‌ها است. گزارش شده است که مقدار ترکیبات فنلی گیاه کاهو تحت تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی قرار می‌گیرد و با افزایش سطح تنش مقدار آنها افزایش می‌یابد. در یک بررسی روی دو رقم کاهو تحت تأثیر رژیم‌های مختلف نوری مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیداسیونی دچار تغییر شد و با افزایش شدت نور مقدار این ترکیبات و فعالیت آنتی‌اکسیداسیون نیز افزایش یافت (Pérez-López *et al.*, 2018). با توجه به نتایج تحقیق حاضر مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانتی برگ کاهو در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی در مقایسه با دور روش دیگر افزایش یافت. افزایش ترکیبات فنلی می‌توانند به تغییرات در مقدار جذب عناصر غذایی و در نهایت کاهش جذب آب باشد که سبب القا تنش به بافت گیاه می‌شود و گیاه برای مقابله با این شرایط و جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد، موادی با خاصیت آنتی‌اکسیدانتی بالا در خود تجمع می‌دهد که مانع از تولید رادیکال‌های آزاد در گیاه می‌شود. در این رابطه گزارش شده است که

IrHC2019

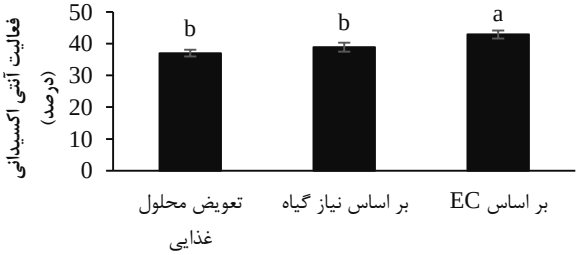
کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط EC بالا سبب تغییر در فعالیت برخی از آنزیم‌ها نظیر آنزیم فنیل‌آلانین‌آمینولیاز[3] که به عنوان اولین آنزیم در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنلی است، می‌گردد که در این شرایط با افزایش فعالیت این آنزیم تجمع ترکیبات فنلی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی در این تحقیق رقم کاهوی بادبان قرمز از ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی بیشتری در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی برخوردار بود. در یک بررسی انجام شده روی دو رقم کاهو پیچ و کاهو برگ معمولی نیز مقدار ترکیبات فنلی در این دو رقم متفاوت بود (Roosta *et al.*, 2018). تفاوت در ترکیبات فنلی در بین ارقام بستگی به تفاوت ژنتیکی آنها دارد که می‌تواند در شرایط مختلف پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دهد. از این روی بالا بودن ترکیبات فنلی در رقم کاهوی بادبان قرمز را می‌توان به فعالیت بالاتر آنزیم PAL نسبت داد. تحقیقات متعددی در ارتباط با تفاوت در مقدار ترکیبات فنلی در ارقام مختلف کاهو گزارش شده است و همگی تاکید بر تفاوت ژنتیکی و پاسخ ارقام به شرایط مختلف می‌باشد.



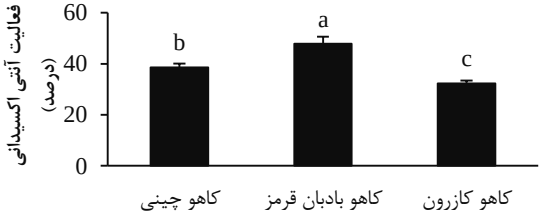
شکل «۵» تأثیر روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر ترکیبات فنلی برگ کاهو در سیستم کشت شناور



شکل «۶» ترکیبات فنلی سه رقم کاهو در سیستم کشت شناور



شکل «۷» تأثیر روش‌های جایگزینی محلول غذایی بر فعالیت آنتی اکسیدانتی در برگ کاهو در سیستم کشت شناور



شکل «۸» فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در برگ سه رقم کاهو در سیستم کشت شناور

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش حاضر ارقام مختلف کاهو پاسخ‌های متفاوتی از لحاظ شاخص‌های فیزیولوژیکی به روش‌های جایگزینی محلول غذایی نشان دادند. بر اساس نتایج این تحقیق مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در تمام ارقام گیاهان تغذیه شده بر اساس تعویض کامل محلول غذایی از بیشترین مقدار برخوردار بود. مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانتی برگ کاهو در شرایط تغذیه بر اساس EC محلول غذایی در مقایسه با دو روش دیگر افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که در بین ارقام مورد مطالعه مقدار کلروفیل و ترکیبات فنلی در ارقام بادبان قرمز نسبت به دو رقم کاهو چینی و کاهو کازرون کمتر بود و به نظر می‌رسد رقم مقاوم‌تری نسبت به تغییرات محلول غذایی باشد. روش تامین محلول غذایی بر اساس نیاز گیاه که با بررسی منابع مختلف مربوط به جذب عناصر غذایی توسط کاهو بدست آمد به عنوان روشی مدرن و هوشمند جهت تامین محلول غذایی مصرف شده در سه رقم کاهو استفاده شد.

منابع

[3] Phenylalanine ammonia lyase (PAL)

IrHC2019

محمدیان، ف.، روستا، ح. ر.، رقامی، م.، میردهقان، س. ح. و حمید پور، م. ۱۳۹۵. اثر سه روش جایگزینی محلول‌های غذایی و هرس بر رشد، عملکرد و مصرف آب فلفل تند در سیستم کشت هیدروپونیک NFT. کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای. دانشگاه رفسنجان، ۴(۱): ۶-۱.

Brechner, M. and Both, A. J. 2012. Hydroponic Lettuce Handbook. Cornell Controlled Environment Agriculture, 504-509.

Gan, Y. Z. and Azrina, A. 2016. Antioxidant properties of selected varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) commercially available in Malaysia. International Food Research Journal, 2357 p.

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 CO2. Plant Physiology and Biochemistry, 123: 233-241.

Roosta, H. R., Estaji, A. and Niknam, F. 2018. Effect of iron, zinc and manganese shortage-induced change on photosynthetic pigments, some osmoregulators and chlorophyll fluorescence parameters in lettuce. Photosynthetica, 56: 606-615.

Velez, J. H. and Zapata. J. 2005. Fulvic acid applications for the management of diseases caused by *Mycosphaerella spp*. Infomusa, 14:15-17.

Wortman, S. E. 2015. Crop physiological response to nutrient solution electricalconductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system. Scientia Horticulturae, 194: 34–42.

Effect of different supplementary nutrient solution replacement methods on physiological characteristics of lettuce in floating hydroponic system

Samane Bakhtiari Zadeh[1], Hamid Reza Roosta[2], Majid Esmaeili Zadeh[3]

[1]Msc. student Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-E-Asr University, Rafsanjan.

[2*] Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-E-Asr University, Rafsanjan.

[3]Associate professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-E-Asr University, Rafsanjan.

Corresponding Author: roosta_h@yahoo.com

Abstract

In hydroponic cultivating systems, the need to recycle and re-use the nutrient solution to reduce environmental and economic costs is increasing. Nevertheless, there is little information on the management of nutrient solution in closed hydroponic systems. This experiment was conducted with the aim of comparing the effect of three methods of replacing nutrient solution in floating system on three lettuce cultivars in a factorial arrangement based on completely randomized design with three replications. Factors included replacement of nutrient solution (full replacement, EC based nutrient replacement, replacement based on plant requirement) and variety (Chinese lettuce, Badbane ghermez and Kazeron lettuce). The results showed that photosynthetic pigments such as chlorophyll a and total chlorophyll in terms of full replacement of nutrient solution were the highest and in the nutritional conditions based on the EC, the nutrient solution was the least. The concentration of phenolic compounds and the antioxidant activity of lettuce leaves increased under nutrient replacement based on EC of nutrient solution compared to two other methods, among which the Badbane ghermez variety had more phenolic compounds and antioxidant activity than two other varieties.

Keywords: *Lactuca sativa* L., Plant nutrient, Raft system, Soilless culture

IrHC2019