تأثیر پنج محلول غذایی مختلف بر عملکرد، ترکیب شیمیایی و تجمع نیترات کاهو در سیستم کشت بدون خاک

شهرام کیانی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۱۴)

چکیده

به‌منظور انتخاب محلول غذایی بهینه برای پرورش کاهو (*Lactuca sativa* L.) در شرایط هیدروپونیک (سامانه باز) در شرایط آب‌وهوایی شهرکرد، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار شامل محلول‌های غذایی مختلف و در سه تکرار در دانشگاه شهرکرد انجام شد. محلول‌های غذایی مورد استفاده عبارت بودند از: ۱) محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند، ۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل، ۳) محلول غذایی ساواس و همکاران، ۴) محلول غذایی یامازاکی و ۵) محلول غذایی دُمینگوس و همکاران. نتایج نشان داد که بیشترین وزن تازه بخش هوایی با کاربرد محلول غذایی دُمینگوس و همکاران حاصل شد که البته تفاوت معنی‌داری با وزن تازه کاهوی تغذیه‌شده با محلول غذایی دانشگاه کرنل و ساواس و همکاران نداشت. کاربرد محلول غذایی ساواس و همکاران منجر به افزایش معنی‌دار غلظت منگنز، روی و مس بخش هوایی در مقایسه با سایر محلول‌های غذایی شد. اگرچه غلظت فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بخش هوایی کاهو و همچنین وزن خشک آن تحت تأثیر نوع محلول غذایی قرار نگرفت. همچنین، کمترین میزان تجمع نیترات در بخش هوایی کاهو با کاربرد محلول غذایی ساواس و همکاران مشاهده شد. بر مبنای سه شاخص بیشترین وزن تازه بخش هوایی، کمترین تجمع نیترات و بیشترین غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی کاهو (آهن، منگنز، روی و مس) کاربرد محلول غذایی ساواس و همکاران برای پرورش کاهو در سامانه کشت بستر متخلخل در شرایط مشابه این پژوهش پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه متعادل، شکل نیتروژن، کاهو (*Lactuca sativa* L.)، هیدروپونیک

مقدمه

کاهو (*Lactuca sativa* L.) از جمله محصولاتی است که پرورش آن به‌روش هیدروپونیک (کشت بدون خاک) در بسیاری از گلخانه‌های تجاری دنیا انجام می‌شود. در این روش، تمامی عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه باید به‌شکل محلول در اختیار ریشه گیاه قرار گیرند. بنابراین، مدیریت محلول غذایی، کلید اصلی موفقیت در بسیاری از گلخانه‌ها است. گونه‌های گیاهی مورد کاشت به عناصر غذایی محلولی که برای آنها توصیه می‌شود نیازمند هستند. برخی گیاهان نسبت به عناصر خاص حساس‌تر از بقیه هستند. بنابراین، فرمولی که

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shkiani2002@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

برای یک گیاه خوب جواب می‌دهد ممکن است برای سایر گیاهان مناسب نباشد. به‌طور، کلی یک فرمول غذایی خوب به چند متغیر مانند گونه و رقم گیاهی، نوع سامانه مورد استفاده (باز و بسته)، مرحله رشد گیاه، بخش قابل مصرف گیاه، فصل کاشت و شرایط آب‌وهوایی (دما، شدت نور و طول روز) وابسته است (۲). بنابر نظر استاینر، ترکیب محلول غذایی باید از توازن مشخصی که قادر باشد نیاز گیاه را از نظر عناصر غذایی ضروری برآورده کند برخوردار باشد (۱۵). مقادیر بیش از حد عناصر غذایی موجب ایجاد تنش اسمزی، سمّیت یونی و عدم تعادل یونی می‌شود؛ درحالی که مقادیر کم عناصر غذایی منجر به بروز کمبود آنها در گیاه می‌شود (۲۷). ترکیب محلول غذایی همچنین بر رشد و عملکرد گیاه اثر می‌گذارد. اطلاعات کمی درباره تأثیر ترکیب محلول غذایی بر عملکرد و کیفیت کاهوی برگی وجود دارد (۱۲). با توجه به اهمیت ترکیب محلول غذایی در تولید اقتصادی محصولات، پژوهش‌های متعددی برای یافتن یک محلول غذایی بهینه برای گیاهان مختلف از جمله کاهو انجام شده است. دهقانی‌پور (۶) دو محلول غذایی Van Zinndern Bakker و حالت تغییریافته آن (مشابه محلول غذایی اول اما با افزایش غلظت سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را بر رشد کاهو در کشت بدون خاک به‌روش لایه نازک محلول غذایی (Nutrient Film Technique) در گلخانه شیشه‌ای دانشگاه گیلان مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که اثر محلول غذایی بر وزن خشک کل، تعداد و طول ریشه، طول ساقه، میزان کلروفیل برگ و تعداد برگ غیرقابل مصرف معنی‌دار نبود. ولی اثر محلول غذایی بر تعداد برگ قابل مصرف در سطح احتمال ۵٪ و بر وزن تازه کل، وزن تازه ساقه و سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. فالوو و همکاران (۱۲) تأثیر نسبت‌های مختلف ماکروآنیون‌ها (نیترات، ارتوفسفات اولیه و سولفات) و ماکروکاتیون‌ها (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در محلول غذایی در طی دو فصل بهار و تابستان را بر عملکرد و کیفیت کاهو مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که عملکرد کاهوی قابل فروش، وزن تازه بخش هوایی و شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب محلول غذایی قرار نگرفت. نسبت زیاد کلسیم در محلول غذایی منجر به افزایش غلظت کلسیم، میزان کلروفیل و غلظت گلوکز و فروکتوز در کاهو شد. صفائی و همکاران (۲۴) به‌منظور تعیین بهترین محلول غذایی برای پرورش کاهو در شرایط هیدروپونیک در شرایط آب و هوایی تبریز، چهار محلول غذایی هوگلند، ناپ، انگلستان و دانشگاه تبریز را مورد بررسی قرار دادند. آنها عنوان کردند که گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی انگلستان بیشترین وزن تازه، وزن خشک، سطح برگ و تعداد برگ خوراکی را دارا بودند. کمترین وزن تازه، وزن خشک، سطح برگ و تعداد برگ خوراکی در تغذیه با محلول غذایی دانشگاه تبریز مشاهده شد. آنها عنوان کردند که از نظر عملکرد کاهو، محلول غذایی انگلستان به‌عنوان بهترین محلول غذایی برای کشت بدون خاک کاهو در شرایط آب‌وهوایی تبریز قابل توصیه است. این درحالی است که آنها از نظر صفات کیفی کاهو، کاربرد محلول غذایی هوگلند را ارجح دانستند (۲۵). سوندی و همکاران (۳۰) نشان دادند که تأمین حداقل ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر فسفر در سامانه کشت شناور با بستر پیت و ورمیکولیت برای تولید گیاهچه‌های کاهو با بیشترین وزن تازه و خشک بخش هوایی لازم است. سوندی و کانتلیف (۲۹) گزارش کردند که رشد بخش هوایی گیاهچه‌های کاهو با افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی از صفر به ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر در سامانه کشت شناور افزایش یافت. این درحالی بود که وزن تازه و خشک گیاهچه‌های کاهو تحت تأثیر افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی از ۱۵ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار نگرفت.

ترکیب بهینه محلول غذایی برای پرورش سبزی‌ها در سامانه‌های هیدروپونیک به شرایط محیطی نیز بستگی دارد. متأسفانه، در اکثر توصیه‌ها برای کوددهی سبزی‌ها، شرایط محیطی مانند دما، شدت نور و طول روز به‌حساب آورده نمی‌شود (۱۲). بنابراین، برای انتخاب محلول غذایی بهینه برای پرورش یک محصول بایستی آزمایش‌های هیدروپونیک در همان اقلیم صورت گیرد تا نتایج حاصله از دقت لازم برخوردار باشد. با توجه به نبود اطلاعات کافی در مورد ترکیب محلول

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. غلظت عناصر غذایی در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش کاهو

محلول غذایی	نیترات	آمونیوم	فسفر*	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سولفات
	(میلی‌مول بر لیتر)						
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند	۱۹/۰	۱/۲۵	۲/۰	۱۱/۰	۴/۵	۱/۰	۱/۲
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۸/۸	۰/۱۵	۱/۰	۵/۵	۱/۲	۱/۰	۱/۱
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۸/۲	۳/۵۱	۱/۳	۹/۲	۲/۰	۱/۰	۰/۸
۴) محلول غذایی یامازاکی	۶/۰	۰/۵۰	۰/۵	۴/۰	۱/۰	۰/۵	۰/۵
۵) محلول غذایی دُمینگوس و همکاران	۱۰/۵	۰	۰/۷	۴/۲	۳/۵	۱/۴	۱/۴

محلول غذایی	آهن	منگنز	روی	مس	مولیبدن	بور	pH
	(میکرومول بر لیتر)						
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند	۴۰/۰	۵/۰	۴/۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۳۰/۰	۵/۴
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۱۶/۸	۲/۵	۲/۰	۰/۴۰	۰/۳۰	۱۵/۰	۵/۶
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۴۰/۰	۵/۰	۴/۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۳۰/۰	۵/۶
۴) محلول غذایی یامازاکی	۵۳/۶	۲/۲	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۴	۷/۹۰	۶/۷۵
۵) محلول غذایی دُمینگوس و همکاران	۶۲/۵	۶/۳۶	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۰۷	۳۲/۴	۵/۸

* فسفر به شکل $H_2PO_4^-$ است.

غذایی برای کشت هیدروپونیک کاهو به شیوه کشت بستر متخلخل برای دستیابی به عملکرد وکیفیت بهینه توسط تولیدکنندگان این محصول، پژوهش حاضر به‌منظور انتخاب محلول غذایی بهینه برای پرورش کاهو در شرایط هیدروپونیک در شرایط گلخانه‌ای در شهرکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار شامل محلول‌های غذایی اختصاصی برای پرورش کاهو در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام شد. محلول‌های غذایی مورد استفاده عبارت بودند از: ۱) محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند (۷)، ۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل (۴)، ۳) محلول غذایی ساواس و همکاران (۲۸)، ۴) محلول غذایی یامازاکی (۳۳) و ۵) محلول غذایی دُمینگوس و همکاران (۸). فرمولاسیون و pH محلول‌های غذایی مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. تنظیم pH محلول‌های غذایی با استفاده از اسید سولفوریک یک مولار طبق مقادیر ذکرشده در جدول (۱) صورت گرفت. رسانایی الکتریکی در محلول‌های غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند، دانشگاه کرنل، ساواس و همکاران، یامازاکی و دُمینگوس و همکاران به‌ترتیب ۲/۸۶، ۱/۶۸، ۲/۳۲، ۱/۲۸ و ۱/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. بر مبنای پژوهش‌های انجام‌شده، محدوده مناسب رسانایی الکتریکی محلول غذایی برای کشت هیدروپونیک کاهو برای دستیابی به نتایج مطلوب ۲ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر است (۹) که بر این اساس، رسانایی الکتریکی تمامی محلول‌های غذایی در ناحیه مطلوب قرار داشت.

به‌منظور اجرای آزمایش، بذرهای کاهوی رومین رقم ترسا (Teresa) پس از ضدعفونی توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪، در سینی کشت نشا حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شدند. در مرحله دو تا سه برگی، نشاهای کاهو به گلدان‌های پلاستیکی ۱/۷ لیتری حاوی کوکوپیت و پرلیت (به‌نسبت ۲ به ۱) منتقل

www.SID.ir

جدول ۲. نتایج تجزیه آب شهری مورد استفاده برای تهیه محلول‌های غذایی مختلف

رسانایی الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نیترات	کلر
		(میلی‌مول بر لیتر)					
۰/۴۵	۷/۶	۰/۲	۰/۱	۱/۵	۰/۸	۰/۲۳	۱/۳

شدند. در ضمن، برای هر پلات آزمایشی دو گلدان درنظر گرفته شده و در داخل هر گلدان یک بوته کشت شد. برای تهیه محلول غذایی، از آب دانشگاه شهرکرد استفاده شد. بدین منظور، ابتدا pH، رسانایی الکتریکی و غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نیترات و کلر آن با استفاده از روش‌های معمول اندازه‌گیری شد (۱). سپس، با لحاظ‌کردن غلظت عناصر غذایی موجود در آب شهری (جدول ۲)، محاسبات لازم برای حصول غلظت‌های مورد نظر در محلول‌های غذایی مورد استفاده انجام شد. پس از انتقال نشاهای کاهو به گلدان ها، محلول غذایی، بسته به نیاز گیاه، روزانه یک مرتبه به‌صورت دستی به گیاهان داده شد. نوع سامانه هیدروپونیک مورد استفاده در این پژوهش از نوع باز بود و کسر آبشویی بسته به مرحله رشد گیاه بین ۵ تا ۲۰ درصد درنظر گرفته شد تا از تجمع نمک‌ها در بستر جلوگیری شود. سپس، مراقبت های زراعی معمول در حین دوره داشت در گلخانه تا زمان برداشت صورت گرفت.

پس از گذشت ۶ هفته، بوته‌ها برداشت شده و وزن تازه بخش هوایی با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. نمونه‌های کاهو پس از شستشو توسط آب معمولی و آب مقطر، به‌مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند (۱۱). سپس، وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و درصد ماده خشک آنها محاسبه شد. به‌دنبال آن، نمونه‌ها برای اندازه‌گیری‌های شیمیایی مربوطه با استفاده از آسیاب برقی خرد شدند. نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش خاکسترگیری تر هضم شده و غلظت نیتروژن در آنها با روش کجلدال تعیین شد. شایان ذکر است به‌دلیل عدم استفاده از اسید سالیسیلیک به‌منظور احیای نیترات به آمونیوم، نیتروژن اندازه‌گیری‌شده شامل نیتروژن آلی و آمونیوم موجود در نمونه است. در فرایند هضم برای اندازه‌گیری غلظت سایر عناصر غذایی در عصاره گیاهی از روش سوزاندن نمونه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس و ترکیب با اسید کلریدریک استفاده شد. فسفر موجود در عصاره با روش فسفووانادات‌مولیبدات زرد با دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون با EDTA و آهن، منگنز، روی و مس موجود در عصاره با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (۱۱). برای اندازه‌گیری غلظت نیترات در کاهو، به ۰/۱ گرم از پودر خشک شده کاهو ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شده و نمونه‌ها در دمای ۴۵ درجه سلسیوس به‌مدت یک ساعت خوابانیده شدند. سپس، نمونه‌ها سانتریفیوژ شده و با استفاده از کاغذ صافی فیلتر شدند. غلظت نیترات به‌روش سولفوسالیسیلیک اسید و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۵). نتایج حاصله توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹ تجزیه شده و برای مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر محلول‌های غذایی بر غلظت عناصر غذایی بخش هوایی کاهو:

بر مبنای نتایج به‌دست آمده، به‌دلیل متفاوت‌بودن فرمولاسیون محلول‌های غذایی مورد استفاده، تفاوت معنی‌داری بین غلظت برخی عناصر غذایی در بخش هوایی کاهو دیده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع محلول غذایی بر غلظت نیتروژن بخش هوایی کاهو در سطح ۱٪ آماری معنی‌دار شد. اما

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بخش هوایی کاهو

محلول غذایی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس
	(گرم بر کیلوگرم وزن خشک)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)			
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند	۴۰/۰^{a}	۶/۴^{a}	۵۵/۰^{a}	۳۰/۷^{a}	۶/۱^{a}	۱۵۰/۳^{b}	۳۶/۶^{b}	۸۴/۸^{b}	۲/۳^{b}
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۳۹/۶^{ab}	۵/۶^{a}	۵۵/۶^{a}	۲۹/۳^{a}	۵/۹^{a}	۱۹۱/۸^{b}	۱۰/۲^{c}	۷۷/۳^{b}	۲/۲^{b}
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۳۶/۹^{d}	۷/۱^{a}	۵۵/۶^{a}	۲۸/۳^{a}	۶/۱^{a}	۴۲۰/۰^{a}	۷۶/۷^{a}	۳۱۲/۴^{a}	۴/۹^{a}
۴) محلول غذایی یامازاکی	۳۸/۳^{c}	۵/۵^{a}	۴۴/۷^{a}	۲۸/۰^{a}	۶/۴^{a}	۴۲۶/۱^{a}	۲۴/۰^{bc}	۹۲/۷^{b}	۱/۴^{bc}
۵) محلول غذایی دُمینگوس و همکاران	۳۸/۵^{bc}	۵/۷^{a}	۵۸/۱^{a}	۲۸/۷^{a}	۶/۱^{a}	۲۴۷/۶^{b}	۱۲/۸^{c}	۷۲/۳^{b}	۰/۹^{c}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

نوع محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بخش هوایی کاهو نداشت. بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن در بخش هوایی در کاهوی تغذیه شده با محلول‌های غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه ای هلند و ساواس و همکاران مشاهده شد (جدول ۳). افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن بخش هوایی کاهوی تغذیه‌شده با محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند را می‌توان به بیشتربودن مقدار نیتروژن کل این محلول غذایی (۲۰/۲۵ میلی‌مولار) نسبت به سایر محلول‌های غذایی (جدول ۱) نسبت داد. به‌طور مشابه، فالوو و همکاران (۱۲) گزارش کردند که غلظت نیتروژن بخش هوایی کاهوی برگی به‌طور مثبتی تحت تأثیر کاربرد محلول‌های غذایی با نسبت زیاد نیتروژن قرار گرفت. کاهش معنی‌دار غلظت نیتروژن در کاهوی تغذیه شده با محلول غذایی ساواس و همکاران ممکن است به‌دلیل افزایش معنی‌دار وزن تازه بخش هوایی کاهو در مقایسه با سایر محلول‌ها (جدول ۴) و به‌تبع آن کاهش غلظت نیتروژن به‌دلیل پدیده رقت باشد.

نتایج نشان داد که غلظت فسفر در بخش هوایی کاهوی تغذیه شده با محلول‌های غذایی مختلف تحت تأثیر معنی‌دار نوع محلول غذایی قرار نگرفت (جدول ۳). بر اساس پژوهش سوندی و همکاران (۳۰)، تأمین حداقل ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر فسفر در سامانه کشت شناور با بستر پیت و ورمیکولیت برای تولید گیاهچه‌های کاهو با بیشترین وزن تازه و خشک بخش هوایی لازم است. بنابراین، با توجه به‌مقدار فسفر موجود در محلول‌های غذایی مورد استفاده در جدول (۱) (۶۲-۱۶ میلی‌گرم بر لیتر) این عدم واکنش منطقی به‌نظر می‌رسد.

نتایج نشان داد که غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در بخش هوایی کاهوی تغذیه‌شده با محلول‌های غذایی مختلف تحت تأثیر معنی‌دار نوع محلول غذایی قرار نگرفت (جدول ۳). این درحالی است که غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در محلول‌های غذایی مورد استفاده به‌ترتیب در بازه ۱۱/۰-۴/۰، ۴/۵-۱/۰ و ۱/۴-۰/۵ میلی‌مولار قرار داشت (جدول ۱) که نشان‌دهنده تفاوت بین آنهاست. به‌نظر می‌رسد تحرک عناصر غذایی پتاسیم و منیزیم در داخل گیاه (۱۸) می‌تواند در این عدم واکنش مؤثر باشد. برعکس نتایج این پژوهش، در پژوهشی، کاربرد محلول‌های غذایی با نسبت زیاد پتاسیم، کلسیم و منیزیم به‌طور مثبتی غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در کاهوی برگی را تحت تأثیر قرار داد (۱۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع محلول غذایی بر غلظت آهن، منگنز، روی و مس بخش هوایی کاهو در سطح ۱٪ آماری معنی‌دار شد. بیشترین غلظت آهن بخش هوایی در گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی یامازاکی (دارای ۵۳/۶ میکرومولار آهن) مشاهده شد که البته تفاوت معنی‌داری با غلظت آهن در گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی ساواس و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر وزن تازه، وزن خشک و غلظت نیترات بخش هوایی کاهو

محلول غذایی	وزن تازه	وزن خشک	غلظت نیترات
	(گرم بر بوته)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه)
۱) مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند	۲۳۸/۵^{b}	۳۸/۹^{a}	۷۷۰۴/۱^{a}
۲) محلول غذایی دانشگاه کرنل	۳۱۲/۳^{a}	۳۷/۱^{a}	۲۶۱۳/۸^{c}
۳) محلول غذایی ساواس و همکاران	۳۲۹/۸^{a}	۳۶/۴^{a}	۱۹۰۱/۷^{c}
۴) محلول غذایی یامازاکی	۲۱۷/۸^{b}	۳۲/۶^{a}	۲۳۸۰/۴^{c}
۵) محلول غذایی دُمینگوس و همکاران	۳۳۳/۸^{a}	۳۶/۰^{a}	۳۹۶۴/۳^{b}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

همکاران، علی‌رغم داشتن مقدار کمتر آهن (۴۰ میکرومولار)، نداشت (جدول ۳). افزایش معنی‌دار غلظت آهن در بخش هوایی گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی یامازاکی را احتمالاً می‌توان به اثر غلظت نسبت داد. بر مبنای نتایج جدول (۴)، گیاهان تغذیه‌شده با این محلول غذایی دارای کمترین وزن تازه اندام هوایی، علی‌رغم بیشتربودن غلظت آهن در محلول غذایی، بودند که این امر می‌تواند طبق اثر غلظت منجر به تجمع آهن در بخش هوایی گیاه شود. تغذیه مطلوب آهن در گیاهان کاهوی تغذیه‌شده با محلول غذایی ساواس و همکاران را می‌توان به عرضه بخشی از نیتروژن موجود در این محلول غذایی به‌شکل آمونیوم (۳۰٪ نیتروژن کل) نسبت داد. با کاربرد آمونیوم، جذب آنیون‌ها نسبت به کاتیون‌ها افزایش یافته و بنابراین H^{+} از ریشه برای موازنه بار آزاد می‌شود که این رهاسازی پروتون منجر به اسیدی‌شدن محیط ریشه و افزایش فراهمی عناصر کم‌مصرف کاتیونی مانند آهن، منگنز، روی و مس می‌شود (۱۸). شایان ذکر است که غلظت آهن در محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند و محلول غذایی ساواس و همکاران کاملاً یکسان (۴۰ میکرومولار) بوده، اما این دو محلول غذایی از نظر نسبت آمونیوم به نیتروژن کل با هم تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارند. به‌طوری که نسبت آمونیوم به نیتروژن کل در محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند تنها ۶/۲ درصد بوده، اما این نسبت در محلول غذایی ساواس و همکاران ۳۰٪ است. پژوهش‌های انجام‌شده نشان داده است که کاربرد آمونیوم در محلول غذایی منجر به افزایش غلظت عناصر کم مصرف کاتیونی در اسفناج (۳) نیز شده است که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. پژوهش‌های انجام‌شده حاکی از آنست که با کاهش pH محیط ریشه علاوه بر افزایش غلظت آهن در ریشه، این عنصر به مقدار بیشتری به قسمت‌های هوایی گیاه (برگ) منتقل می‌شود (۱۳). تأثیر مثبت کاربرد آمونیوم در افزایش جذب و انتقال آهن در داخل گیاه به‌عنوان یکی از راه کارهای کاربردی برای غلبه بر مشکل کلروز آهن در بسیاری از محصولات گلخانه‌ای حساس به کمبود آهن است (۲۳). بر مبنای نتایج حاصله، علی‌رغم آنکه مقدار آهن در محلول غذایی دُمینگوس و همکاران از تمامی محلول‌های غذایی مورد استفاده بیشتر بود (جدول ۱)، اما این محلول غذایی نتوانست منجر به بیشترین غلظت آهن در بخش هوایی کاهوی تغذیه‌شده با این محلول غذایی شود (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد دو دلیل احتمالی در این امر نقش داشته باشد. اول آنکه محلول غذایی دُمینگوس و همکاران بدون آمونیوم بوده و تغذیه کاهو با آن به‌دلیل افزایش pH محیط ریشه در نتیجه تراوش OH^{-} یا HCO_3^{-} از ریشه برای موازنه بارهای الکتریکی، منجر به غیرمتحرک‌شدن آهن در ریشه کاهو شده و انتقال آهن به بخش هوایی را کاهش داده است (۱۸). دلیل دوم که می‌تواند این کاهش را توجیه کند پدیده رقت است. بر مبنای نتایج حاصله، گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی دُمینگوس و همکاران بیشترین وزن تازه بخش

www.SID.ir

Archive of SID

هـوایی را بـه‌خـود اختصـاص دادنـد (جـدول ۴). افـزایش زیست‌توده بخش هوایی می‌تواند در کاهش غلظت آهن بخـش هوایی در کاهوی تغذیه‌شده با این محلول غذایی به‌دلیل پدیـده رقت مؤثر باشد. به‌طـور مشـابه، چنـین برتـری در مـورد سـایر عناصر غذایی کم‌مصرف کاتیونی مانند منگنـز، روی و مـس در گیاهان تغذیه‌شـده بـا محلـول غـذایی سـاواس و همکـاران در مقایسه با دیگر محلول‌های غذایی مورد استفاده دیـده مـی‌شـود (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین غلظت منگنز، مـس و روی در بخش هوایی کاهوی تغذیه‌شـده بـا محلـول غـذایی سـاواس و همکاران مشاهده شد که دلیل این مسئله را می‌تـوان بـه تغذیـه آمونیومی نسبت داد.

وجود تفاوت معنی‌دار بین غلظـت نیتـروژن، آهـن، منگنـز، روی و مس در کاهوی تغذیه‌شده با محلول‌های غذایی مختلـف بیان‌گر آن است که غلظت عناصر در محلول غذایی می‌تواند بـر جذب گیاه تأثیر به‌سزایی داشته باشد. تنظیم صحیح نسبت‌هـای یونی، به‌ویژه رابطه بین عناصر پرمصرف و نسـبت کـاتیونی بـه آنیـونی در محلـول غـذایی، دارای اهمیـت اسـت. زیـرا چنـین توازنی، همانگونه که گیاه به حفـظ تـوازن یـونی خـاص خـود تمایل دارد، بر جذب عناصـر تـأثیر مـی‌گـذارد. اهمیـت چنـین توازنی وقتی بیشتر محسوس می‌شود که به‌دلیل نیازهای گیـاهی و همچنین تغییر در محلول غذایی بـه‌دلیـل الگوهـای گونـاگون جذب، عناصر از محلـول بـه گونـه‌ی گزینشـی جـذب شـوند. بنابراین، ریشه گیاه تا زمانی که محلول غذایی تعـویض شـود و تمام عناصر با نسبت صحیحی در دسترس قرار گیرد با محلـول غـذایی کـاملاً متفـاوتی در تمـاس خواهـد بـود. مطمئنـاً تغییـر پی‌درپی در ترکیب محلول غذایی برای رشد و توسعه بهینه گیاه ایده‌آل نیست (۱۵).

کیفیت تغذیه‌ای سبزی‌ها تحت تأثیر عوامل پـیش و پـس از برداشت قرار می‌گیرد (۱۶). کوددهی یکی از مهم‌تـرین راه‌هـای عملی و مؤثر پیش از برداشت برای کنتـرل و بهبـود عملکـرد و کیفیت تغذیـه‌ای محصـولات کشـاورزی بـرای مصـرف انسـان است. از این دیدگاه، کشت بدون خاک ابزار مهمی دارد، چونکه اجازه کنترل دقیق تغذیه گیـاه را مـی‌دهـد (۳، ۸، ۱۲، ۱۴، ۲۱ و ۲۸). بر مبنای نتایج این پـژوهش، عرضـه ۳۰٪ از نیتـروژن کـل به‌شکل آمونیوم در محلول غذایی ساواس و همکاران منجـر بـه بهبود تغذیه آهن، منگنز، مس و روی در گیـاه کـاهو شـد. ایـن افزایش منجر به بهبود بیشتر اثرهای مفید تغذیه‌ای کاهو شده که این مسئله برای مصرف‌کنندگان دارای اهمیت زیادی است. ایـن مسئله از دیدگاه تغذیه‌ای بسیار جالب است چونکـه بـر مبنـای پژوهش‌های انجام‌شده، میوه‌ها و سبزی‌ها در تـأمین ۱۳٪ آهـن، ۷٪ روی، ۲۲٪ مس و ۲۱٪ منگنز در رژیم غـذایی انسـان مـؤثر هستند (۱۷). بر اساس توصیه سازمان جهانی بهداشت، مصـرف سبزی‌ها برای سلامتی انسان ضروری بوده زیرا آنها منبع خـوبی از ویتامین‌ها مانند A و C، عناصر معدنی مانند پتاسـیم، کلسـیم، منیزیم و آهن و سایر ترکیبات مفید از قبیل اسید فولیک و فیبـر بوده و بنابراین منجر به کاهش خطر سرطان، بـه ویـژه سـرطان های دستگاه گوارش در انسان می‌شوند (۳۲). بنابراین، اسـتفاده از محلـول غـذایی سـاواس و همکـاران در مقایسـه بـا دیگـر محلول‌های غذایی، به‌دلیل افزایش غلظت عناصـر مفیـد معـدنی مورد نیاز انسان در کاهو، دارای برتری است.

تأثیر محلول‌های غذایی بر وزن تـازه و وزن خشـک بخـش هوایی کاهو

نتایج نشان داد که تغذیه کاهو بـا محلـول غـذایی دُمینگـوس و همکاران منجر به بیشترین وزن تازه بخش هوایی کاهو شـد کـه البته تفاوت معنی‌داری با وزن تازه بخش هوایی کـاهوی تغذیـه شده با محلـول غـذای سـاواس و همکـاران و محلـول غـذایی دانشگاه کرنل نداشت. تغذیه گیاهـان کـاهو بـا محلـول غـذایی یامازاکی نیز منجر به کمترین وزن تـازه بخـش هـوایی شـد کـه تفاوت معنی‌داری با وزن تازه بخش هوایی در گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانـه‌ای هلند نداشـت (جـدول ۴). افـزایش معنـی‌دار وزن تـازه بخـش هوایی در کاهوی تغذیه‌شده با محلول‌های غذایی دانشگاه کرنل، ساواس و همکاران و دُمینگوس و همکاران را می‌توان به تـأمین

www.SID.ir

مطلوب همه عناصر غذایی مورد نیاز کاهو با غلظت مناسب و نسبت متعادل توسط این محلول‌ها نسبت داد. تأمین مقدار مناسب عناصر غذایی در کشت هیدروپونیک یکی از مهمترین عوامل در تولید کمی و کیفی بهینه گیاه است (۲). تأثیر معنی‌دار ترکیب محلول غذایی بر عملکرد کاهو در سایر پژوهش‌های انجام‌شده در کاهو (۶، ۱۲ و ۲۴) نیز مشاهده شد که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

بر مبنای نتایج به‌دست آمده، وزن خشک بخش هوایی کاهو تحت تأثیر نوع محلول غذایی قرار نگرفت (جدول ۴). به‌طور مشابه، فالوو و همکاران (۱۲) گزارش کردند که محلول‌های غذایی مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک بخش هوایی کاهو نداشتند. همچنین، سوندی و همکاران (۳۰) گزارش کردند که وزن تازه و خشک بخش هوایی، سطح برگ و میزان رشد نسبی گیاهچه‌های کاهوی کشت‌شده در سامانه هیدروپونیک شناور تحت تأثیر افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی از ۱۵ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار نگرفت. دلیل این عدم واکنش می‌تواند تفاوت در حساسیت گونه‌های گیاهی به غلظت عناصر در محلول غذایی باشد. کاهوی برگی دوره رشد کوتاهی داشته و در نتیجه نیاز کم آن به عناصر غذایی منجر به تأثیر اندک نسبت‌های عناصر غذایی در محلول بر عملکرد و و رشد آن می‌شود (۱۲).

تأثیر محلول‌های غذایی بر تجمع نیترات کاهو

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی در سبزی‌های خوراکی، غلظت نیترات است. راه عمده ورود نیترات به بدن انسان از طریق مصرف غذا و به‌ویژه از طریق سبزی‌ها است که حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد کل نیترات وارده به بدن را به‌خود اختصاص می‌دهد (۱۰). نیترات به‌تنهایی نسبتاً غیرسمی است. اما با تبدیل شدن به‌نیتریت باعث ایجاد عارضه متموگلوبینمیا می‌شود که این امر، به ویژه در نوزادان، باعث ایجاد سندروم نوزاد کبود می‌شود. از طرف دیگر، در معده انسان، نیتریت با ترکیبات نیتروساتابل (Nitrosatable)، مانند آمیدها و آمین‌ها، واکنش داده و منجر به تولید ترکیبات ان-نیتروزو می‌شود (۲۶). برخی از ترکیبات ان-نیتروزو مانند نیتروزآمین سرطان‌زای قوی در گونه‌های حیوانی بوده و بنابراین می‌توانند در انسان منجر به سرطان شوند (۲۲). دو عامل نیترات محلول غذایی و شدت نور به‌عنوان عوامل بحرانی در تعیین غلظت نیترات در سبزی‌های برگی شناخته شده‌اند (۲۶). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین غلظت نیترات بخش هوایی به‌ترتیب مربوط به کاهوی تغذیه‌شده با محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند و محلول غذایی ساواس و همکاران بود. افزایش معنی‌دار غلظت نیترات بخش هوایی کاهوی تغذیه‌شده با محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند را می‌توان به غلظت زیاد نیترات در این محلول غذایی نسبت داد (جدول ۱). نتایج نشان داد که یک همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۹۷$; $P<۰/۰۱$) بین غلظت نیترات در محلول غذایی و غلظت نیترات در بخش هوایی کاهو مشاهده شد. این همبستگی مؤید آن است که با افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی، تجمع نیترات در بخش هوایی کاهو افزایش یافت. در این رابطه، گنت (۱۴) گزارش کرد که با افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی، غلظت نیترات در برگ‌های کاهو در سامانه کشت هیدروپونیک بسته افزایش یافت. همچنین، نسبت زیاد نیترات در محلول غذایی منجر به افزایش خطی غلظت نیترات بخش هوایی کاهو شد (۱۲). وجود همبستگی زیاد بین کاربرد نیتروژن و تجمع نیترات در کاهو هماهنگ با نتایج دیگر پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه در کشت فضای آزاد (۳۱) و گلخانه‌ای (۱۹) این سبزی است. همچنین، پارکز و همکاران (۲۰) نشان دادند که تجمع نیترات در بخش هوایی برگ چغندر سوئیسی رنگین‌کمان (Swiss chard) عمدتاً به عرضه نیتروژن ارتباط داشته است.

بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، شکل نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر تجمع نیترات در برگ‌های کاهو دارد (۲۱). کاربرد کل نیتروژن به‌شکل نیترات در کشت هیدروپونیک کاهو منجر به افزایش معنی‌دار غلظت نیترات در برگ‌های درونی کاهو

www.SID.ir

Archive of SID

(برگ‌های جوان‌تر) در کشت اول بهار شده است. اما افزایش نسبت آمونیوم به کل نیتروژن مصرفی، تجمع نیترات را کاهش داده است (۲۸). بر اساس نتایج این پژوهش، اگرچه کاهش غلظت نیترات در بخش هوایی کاهوی تغذیه‌شده با محلول غذایی ساواس و همکاران در مقایسه با محلول‌های غذایی دانشگاه کرنل و یامازاکی معنی‌دار نشد، اما به‌نظر می‌رسد که تغذیه آمونیومی کاهو (۳۰٪ نیتروژن کل) در این کاهش بی‌تأثیر نباشد. در مورد غلظت استاندارد نیترات در سبزی‌ها، مراجع مختلفی وجود دارد. اتحادیه اروپا مقدار ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه را به‌عنوان حد مجاز معرفی کرده است (۱۰). اما سانتاماریا (۲۶) حد بحرانی نیترات را برای کاهو ۴۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه گزارش کرده است. با این وجود، در پژوهش‌های انجام‌شده برای غلظت نیترات در کاهو اعداد بزرگ‌تری نیز گزارش شده است. به‌عنوان مثال، ساواس و همکاران (۲۸) غلظت نیترات در برگ‌های درونی کاهو را ۱۲۹۶ تا ۱۶۲۱ و در برگ‌های بیرونی آن ۴۹۲۶ تا ۵۴۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه در کشت اول بهار گزارش کردند. بر مبنای نتایج این پژوهش، کاربرد دو محلول غذایی ساواس و همکاران و یامازاکی منجر به تجمع نیترات در برگ‌های کاهو کمتر از حد بحرانی ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه شده است که این کاهش معنی‌دار از لحاظ تغذیه‌ای دارای اهمیت زیادی است.

نتیجه‌گیری

بر مبنای نتایج این پژوهش و بر مبنای سه شاخص بیشترین وزن تازه بخش هوایی، کمترین تجمع نیترات و بیشترین غلظت عناصر غذایی بخش هوایی کاهو (آهن، منگنز، مس و روی) که از لحاظ تغذیه انسان دارای اهمیت زیادی است، استفاده از محلول غذیی ساواس و همکاران برای پرورش کاهو به روش هیدروپونیک بستر متخلخل در شرایط مشابه این پژوهش قابل پیشنهاد است.

منابع مورد استفاده

1. Ali Ehyayi, M. and A. A. Behbehanizadeh. 1993. Methods of Soil Analysis. Soil and Water Research Institute, Tehran. (In Farsi).
2. Arzani, A. 2007. Commercial and Home Hydroponics. Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
3. Assimakopoulou, A. 2006. Effect of iron supply and nitrogen form on growth, nutritional status and ferric reducing activity of spinach in nutrient solution culture. Sci. Hort. 110: 21–29.
4. Brechner, M. and A.J. Both. 2017. Hydroponic Lettuce Handbook. Cornell Controlled Environment Agriculture, Cornell University. Available online at: http://cea.cals.cornell.edu/attachments/Cornell%20CEA%20Lettuce%20Handbook%20.pdf. Accessed 27 February 2017.
5. Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 6: 71–80.
6. Dehghanipour, M. 2003. Effects of two nutrient solutions on the yield of two lettuce cultivars in NFT. MSc. Thesis, University of Guilan, Rasht. (In Farsi).
7. Dekreij, C., W. Voogt and R. Baas. 2003. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables, Report No. 196.
8. Domingues, D.S., H.W. Takahashi, C.A.P. Camara and S.L. Nixdorf. 2012. Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. Comp. Electr. Agric. 84: 53–61.
9. Economakis, C.D. 1990. Effect of solution conductivity on growth and yield of lettuce in nutrient film culture. Acta Hort. 287: 309–316.
10. EFSA. 2008. Nitrate in vegetables: Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. Eur. Food Safety Authority J. 689: 1–79.
11. Emami, A. 1996. Methods of Plant Analysis. Soil and Water Research Institute, Tehran. (In Farsi).
12. Fallovo, C., Y. Rouphael, M. Cardarelli, E. Rea, A. Battistelli and D. Colla. 2009. Yield and quality of leafy lettuce in response to nutrient solution composition and growing season. J. Food Agric. Environ. 7(2): 456–462.

www.SID.ir

13. Feigin, A., C. Ginzburg, S. Gileadi and A. Ackerman. 1986. Effect of NH_4/NO_3 ratio in nutrient solution on growth and yield of greenhouse roses. Acta Hort. 189: 127–132.
14. Gent, M. 2003. Solution electrical conductivity and ratio of nitrate to other nutrients affect accumulation of nitrate in hydroponic lettuce. HortSci. 38: 222–227.
15. Jones, J.B. Jr. 2004. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower. CRC Press, Boca Raton, FL.
16. Kader, A.A. 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. J. Sci. Food Agric. 88: 1863–1868.
17. Levander, O.A. 1990. Fruit and vegetable contributions to dietary mineral intake in human health and disease. HortSci. 25: 1486–1488.
18. Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
19. McCall, D. and J. Willumsen. 1998. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. J. Hort. Sci. Biotech. 73: 698–703.
20. Parks, S.E., D.O. Huett, L.C. Campbell and L.J. Spohr. 2008 Nitrate and nitrite in Australian leafy vegetables. Aust. J. Agric. Res. 59: 632–638.
21. Qiu, Z.P., Q.C. Yang and W.K. Liu. 2014. Effects of nitrogen fertilizer on nutritional quality and root secretion accumulation of hydroponic lettuce. Acta Hort. 1037: 679–686.
22. Risch, H.A., M. Jain, N.W. Choi, J.G. Fodor, C.J. Pfeiffer, G.R. Howe, L.W. Harrison, K.J.P. Craib and A.B. Miller. 1985. Dietary factors and the incidence of cancer of the stomach. Am. J. Epidemiol. 122: 947–949.
23. Ruan, J., J. Gerendás, R. Härdter and B. Sattelmacher. 2007. Effect of nitrogen form and root-zone pH on growth and nitrogen uptake of tea *(Camellia sinensis*) plants. Ann. Bot. 99 (2): 301–310.
24. Safaei, M., J. Panahandeh, S. Tabatabaei and A. Motallebi Azar. 2014. Effect of nutrient solution on growth and some physiological characters of hydroponically grown lettuce. J. Sci. Tech. Greenh. Culture 5 (2): 145–153. (In Farsi).
25. Safaei, M., J. Panahandeh, S. Tabatabaei and A. Motallebi Azar. 2015. Effects of different nutrients solutions on nutrients concentration and some qualitative traits of lettuce in hydroponics system. J. Sci. Tech. Greenh. Culture 6 (2): 1–8. (In Farsi).
26. Santamaria, P. 2006. Review – nitrate in vegetables: Toxicity content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric. 86: 10–17.
27. Savvas, D. and K. Adamidis. 1999. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. J. Plant Nutr. 22: 1415–1432.
28. Savvas, D., H.C. Passam, C. Olympios, E. Nasi, E. Moustaka, N. Mantzos and P. Barouchas. 2006. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. J. Hort. Sci. 41: 1667–1673.
29. Soundy, P. and D.J. Cantliffe. 2001. Improving lettuce transplant quality in response to nitrogen nutrition in a floating production system. Proc. Florida State Hort. Soc. 114: 294–303.
30. Soundy, P., D.J. Cantliffe, G.J. Hochmuth and P.J. Stofella. 2001. Nutrient requirements for lettuce transplants using a floatation irrigation system. I. Phosphorus. HortScience 36: 1066–1070.
31. Srensen, J. N., A. S. Johansen and N. Poulsen. 1994. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce. 1. Marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. Plant Foods Human Nutr. 46: 1–11.
32. WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of the joint WHO/FAO expert consultation, Technical report series 916, Available online: www.fao.org/docrep/005 /AC911E/AC911E00.htm. Accessed 11 June 2018.
33. Yamazaki, K. 1982. Nutrient Solution Culture (Japanese). Pak-kyo Co., Tokyo.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Different Nutrient Solutions on The Yield, Chemical Composition and Nitrate Accumulation of Lettuce in Soilless Culture System

Sh. Kiani[1*]

(Received: 23 February. 2019 ; Accepted : 6 October 2019)

Abstract

An experiment was conducted to select the optimum nutrient solution for growing lettuce (*Lactuca sativa* L.) under hydroponic conditions (open system) and Shahrekord climate, as a completely randomized design with five different nutrient solutions and three replicates, in Shahrekord University. The nutrient solutions were: 1) Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables (the Netherlands), 2) Cornel University, 3) Savvas et al., 4) Yamazaki, and 5) Domingues et al. Results showed that maximum shoot fresh weight was obtained by application of Domingues et al. nutrient solution; of course, it had no significant difference with lettuce shoot fresh weight obtained by application of Cornel University and Savvas et al. nutrient solutions. Application of Savvas et al. nutrient solution led to significant increase in shoot Mn, Zn and Cu concentrations in comparison to other nutrient solutions. However, shoot P, K, Ca and Mg concentrations as well as shoot dry weight were not affected by nutrient solutions. Minimum nitrate accumulation in lettuce shoot was observed in plants nourished with Savvas et al. nutrient solution. Based on the maximum shoot fresh weight, minimum nitrate concentration and maximum elements' concentration in lettuce shoot (Fe, Mn, Zn and Cu), application of Savvas et al. nutrient solution can be recommended for lettuce production in porous substrate hydroponic culture under the conditions of the present study.

Keywords: Balanced nutrition, Nitrogen form, Lettuce (*Lactuca sativa* L.), Hydroponics.

1. Dept. of Soil Sci. and Eng., Faculty of Agric., Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
* Corresponding Author, Email: shkiani2002@yahoo.com

www.SID.ir