

تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر عملکرد و برخی شاخص‌های رشدی کاهو در سیستم هیدروپونیک

میثم صفائی^۱، جابر پناهنده^{۱*}، سید جلال طباطبایی^۱ و علیرضا مطلبی آذر^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۱۳)

چکیده

آزمایشی برای شناسایی یک محلول بهینه از بین محلول‌های غذایی رایج برای پرورش کاهو در دانشگاه تبریز انجام شد. در این آزمایش تأثیر چهار محلول غذایی (هوگلند NS_{Hog}، ناپ NS_{Knop}، انگلستان NS_{UK} و محلول دانشگاه تبریز NS_{UT}) بر روی دو رقم کاهو (سیاهو و کانکوئستادور) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی بررسی و صفاتی مانند شاخص کلروفیل، کارایی فتوسنتز، عارضه فیزیولوژیکی سوختگی حاشیه برگ (Tip Burn)، وزن تر و خشک، سطح برگ و تعداد برگ خوراکی اندازه‌گیری شد. گیاهان در بستر پرلایت کشت و محلول رسانی به پای بوته به صورت دستی انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌های غذایی تأثیر معنی‌دار روی صفات رویشی دارند. به طوری که گیاهان تیمار شده با محلول غذایی انگلستان بیشترین وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و تعداد برگ خوراکی را دارا بودند. کمترین میزان وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و تعداد برگ خوراکی در تغذیه با محلول دانشگاه تبریز مشاهده شد. نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی‌داری بین ارقام در برخی از صفات بود. رقم سیاهو وزن تر، سطح برگ و تعداد برگ خوراکی، بیشتری نسبت به رقم کانکوئستادور داشت. اثر متقابل رقم و نوع محلول غذایی بر صفت شاخص کلروفیل معنی‌دار شد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که محلول غذایی انگلستان در این آزمایش به عنوان بهترین محلول غذایی برای کشت بدون خاک کاهو می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: محلول غذایی، کشت گلخانه‌ای کاهو، آبکشت، کیفیت، عملکرد

مقدمه

بعد از برداشت تأثیر می‌پذیرد (۷). مدیریت تغذیه معدنی گیاهان از عوامل کلیدی در تعیین کمیت و کیفیت سبزی‌های برگی است. از این منظر، کشت بدون خاک به عنوان یک ابزار مهم برای نیل به این هدف می‌باشد از این رو که امکان کنترل دقیق تغذیه گیاه را فراهم می‌کند (۱۴).

سبزی‌های برگی به دلیل محدودیت محیط ریشه و تراکم بالای گیاه نیازمند مدیریت دقیق کودها می‌باشند (۱۷). هم‌چنین

سبزی‌های برگی که به صورت تازه خوری و یا نیمه فرآوری شده مصرف می‌شوند اهمیت زیادی در سرتاسر جهان دارا می‌باشند (۳). تقاضای مصرف کنندگان برای این محصولات در سال‌های اخیر افزایش یافته و بسیاری از کشاورزان تولیدات خود را به سمت محصولاتمانند کاهو، اسفناج، و چغندر برگی متمایل کرده‌اند (۲۰). کیفیت سبزی‌ها توسط بسیاری از عوامل قبل و

۱. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: panahandeh@tabrizu.ac.ir

شدند. بعد از جوانه‌زنی و ظهور برگ‌های اولیه، نشاها به بسترهای اصلی انتقال داده شد. سه محلول غذایی رایج در کشت‌های هایدروپونیک در دنیا شامل محلول هوگلند (۴) NS_{Hog}^- (Hogland)، محلول غذایی ناپ (۴) NS_{Knop}^- (Knop)، محلول غذایی انگلستان (۲۱) NS_{UK} (England) به همراه و محلول غذایی دانشگاه تبریز (۱۸) NS_{UT} (University of Tabriz) به‌عنوان تیمار بر دو رقم کاهوی برگ‌گی سیاهو (Sياهو) و کانکوئیستادور (Conquistador) اعمال شد که در مجموع هشت تیمار آزمایشی را تشکیل می‌داد. ترکیب محلول‌های غذایی مورد استفاده در (جدول ۱) آمده است. محلول‌های غذایی با اضافه کردن نمک‌ها به مقدار تعیین شده به بشکه‌های ۲۰۰ لیتری تهیه شدند.

در طول دوره رشد گیاه از نصف غلظت محلول‌های غذایی استفاده شد. محلول رسانی به گیاهان به‌صورت دستی و روزانه ۳ تا ۴ بار بسته به دوره رشد گیاه صورت گرفت. pH محلول‌های غذایی با استفاده از اسید فسفریک و اسید نیتریک در محدوده ۶ تعدیل شد (۱). هر ۱۰ الی ۱۴ روز یک بار به منظور اجتناب از تجمع نمک، آبشویی بستر کشت صورت گرفت. دمای گلخانه در طول دوره پرورش ۱۸-۲۴ درجه سانتی‌گراد بود. سیستم تهویه اتوماتیک برای تهویه هوای گلخانه هنگامی که دمای گلخانه به بالای ۲۴ می‌رسید تنظیم شده بود. بعد از سه ماه گیاهان برداشت شدند و از هر گلدان دو گیاه برای ارزیابی انتخاب و نمونه‌برداری صورت گرفت. شاخص کلروفیل از برگ‌های تازه توسعه یافته گیاهان مورد تیمار با استفاده از کلروفیل مترسنج (SPAD - 502, Konica, Minolta, Osaka, Japan) ۲ بار اندازه‌گیری شد. برای این منظور از قسمت میانی پهنک ۱۰-۱۲ برگ اندازه‌گیری صورت گرفته و میانگین آنها به‌عنوان شاخصی از میزان کلروفیل گیاهان هر تیمار یادداشت شد. کارایی فتوسنتزی توسط دستگاه فلورسنس متر یا استرس‌سنج (Hansatech Instruments, HandPea Chlorophyll Fluorimeters, UK) در اواسط دوره رشد اندازه‌گیری شد. در طول فصل رشد و به‌طور مستمر با مشاهده برگ‌های جوان و

در بسترهای کشت بدون خاک به‌طور متناوب غلظت عناصر ضروری برای گیاهان به سطح ناکافی برای حفظ رشد مداوم گیاه می‌رسد. بنابراین بهینه‌سازی غلظت عناصر غذایی برای به‌دست آوردن بیشینه عملکرد و کیفیت این محصولات ضروری است. غلظت کل عناصر در محلول غذایی مورد استفاده در کشت‌های بدون خاک یکی از مهم‌ترین جنبه‌ها برای تولید موفق سبزی‌ها است. سطوح بیش از حد بالای عناصر سبب ایجاد استرس اسمزی، سمیت یونی و عدم تعادل یونی می‌شود و همچنین سطوح بیش از حد پایین عناصر منجر به کمبود عناصر غذایی می‌شود (۱۶). تلاش‌های متعددی برای برآورد محدوده مطلوب غلظت یونی کل در محلول‌های غذایی برای تولید محصولات گلخانه‌ای صورت گرفته است (۱۰: ۱۹: ۶). با این وجود اطلاعات اندکی در مورد غلظت بهینه عناصر برای بسیاری از سبزی‌ها به‌ویژه سبزی‌های برگ‌گی در دسترس است. غلظت بهینه کودها و دسترسی به آب برای گیاهان باغی در کشت بدون خاک به شرایط محیطی نیز بستگی دارد. به‌عنوان مثال کانگ و وان ایرزل (۹) گزارش کردند که غلظت بهینه کودها برای گیاهان گلدانی با افزایش دما کاهش می‌یابد. براساس ملاحظات بالا هدف از انجام این آزمایش مقایسه اثر محلول‌های غذایی مختلف بر روی عملکرد و برخی شاخص‌های رشدی در کاهو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی هیدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. این تحقیق به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار صورت گرفت. آزمایش به‌صورت کشت بدون خاک در مواد جامد پرلایت صورت گرفت. ۳۲ گلدان به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی چیده شده و در هر گلدان ۴ گیاه کشت شد. گلدان‌های کشت در ابعاد ۲۵×۲۰×۲۰ (۱۰ لیتری) بودند. بذور دو رقم کاهو در اواسط اسفند در سینی‌های کشت حاوی مخلوطی از پرلایت و پیت موس (با نسبت ۱ به ۲) به منظور تهیه نشا کشت

جدول ۱. غلظت عناصر در محلول‌های غذایی مورد مطالع (mg/L)

Hoagland	Knops	England	University of Tabriz	عناصر غذایی
۲۴۲	۱۷۰/۰	۲۸۵/۰	۲۰۸/۰	N
۳۲۲	۷۷/۶	۳۴۹/۲	۱۹۳/۰	K
۲۲۴	۱۳۵/۲	۱۲۶/۸	۸۴/۵	Ca
۳۱	۱۰۷/۲	۱۶۰/۸	۲۰/۷	P
۱۱۳	۱۶/۷	۴۴/۸	۵۲/۷	S
۴۹	۹/۸	۲۹/۴	۳۹/۲	Mg
۳/۰	۰/۳	۲/۲۵	۱/۹	Fe(Fe-EDDHA)
۱/۸	--	--	--	Cl
۰/۳	۵/۱	۰/۵	۰/۳	B
۰/۱	۴/۹	۹/۹	۰/۸	Mn
۰/۱	۱/۱	۰/۱	۰/۱	Zn
۰/۰۳	۰/۵	۰/۱۲	۰/۲	Cu
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	Mo

سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها خشک شوند، سپس وزن خشک نمونه‌ها توزین شد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) تجزیه واریانس و میانگین‌های به‌دست آمده با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

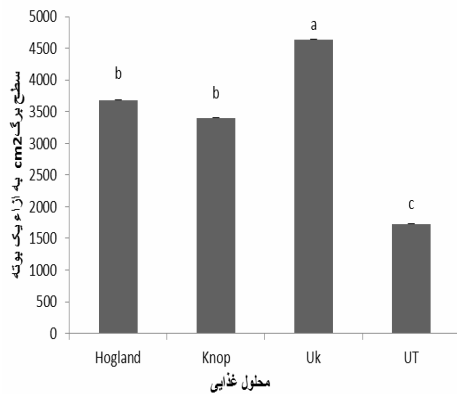
نتایج

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین چهار محلول غذایی از نظر تعداد برگ خوراکی در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. هم‌چنین تعداد برگ خوراکی به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد از نوع رقم متأثر شد. رقم سیاهو تعداد برگ بیشتری نسبت به رقم کانکویستادور تولید کرد (جدول ۲). بنابراین می‌توان گفت تولید برگ از صفات وابسته به رقم بوده و رقم سیاهو به‌طور بالقوه توانایی تولید تعداد برگ بیشتری نسبت به رقم کانکویستادور دارد. بیشترین تعداد برگ خوراکی از گیاهان تیمار شده با محلول غذایی NSUK به‌دست آمد. از نظر صفت تعداد برگ خوراکی اختلاف

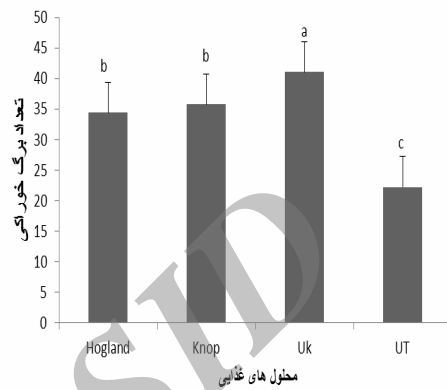
در صورت بروز عارضه فیریولوژیکی سوختگی حاشیه برگ‌ها، یادداشت برداری به‌صورت تعداد بوته و تعداد برگ‌ها که عارضه را نشان می‌دهند صورت گرفت. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf area meter - LI COR, model Li-1300, Lincoln, NE, USA) بدین منظور در انتهای آزمایش دو گیاه از هر واحد آزمایش انتخاب و از سطح بستر بریده شد سپس برگ‌های هر گیاه جدا و به‌صورت متوالی بر روی دستگاه گذاشته شد و عدد نشان داده شده توسط دستگاه یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری تعداد برگ‌های خوراکی برگ‌های دو گیاه برداشت شده از هر واحد آزمایشی را جدا کرده و پس از جدا کردن برگ‌های غیرقابل مصرف، تعداد برگ‌های قابل مصرف شمرده و به‌عنوان تعداد برگ خوراکی یادداشت گردید. در انتهای آزمایش و بعد از اتمام دوره رشد گیاه، ۲ گیاه از هر واحد آزمایشی از سطح بستر (پقه) کف بر شده و وزن هر گیاه با استفاده از ترازوی رومیزی آنالوگ با دقت ۰/۱ گرم توزین و به‌عنوان وزن تر یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها در آن با دمای ۷۵ درجه

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات وزن تر، تعداد برگ خوراکی، سطح برگ و کارایی فتوسنتز در کاهو

رقم	وزن تر برگ (g)	تعداد برگ خوراکی	سطح برگ (cm ²)	کارایی فتوسنتز (fv/fm)
کانکویستادور	۲۳۳/۱۶۸ ^b	۳۱/۶۵	۳۱۹۴ ^b	۰/۷۶۲ ^b
سیاهو	۲۶۰/۵۶ ^a	۳۵/۰۶ ^a	۳۵۳۳ ^a	۰/۷۸۲ ^a



شکل ۲. اثر محلول غذایی بر سطح برگ کاهو. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۱ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

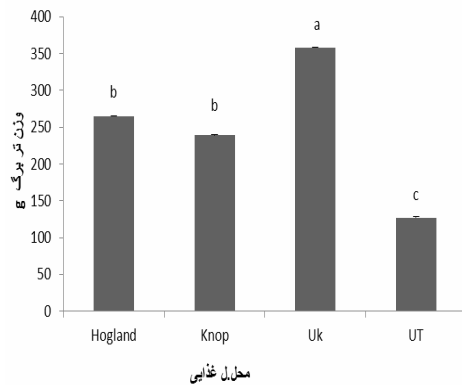


شکل ۱. اثر محلول‌های غذایی بر تعداد برگ خوراکی کاهو. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۱ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

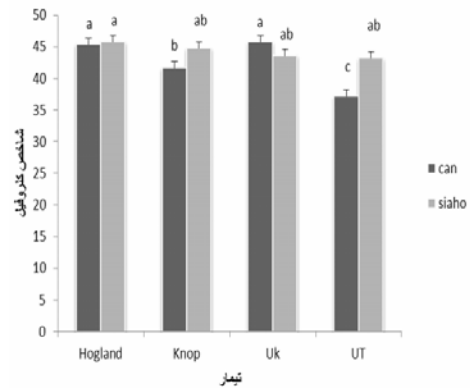
غذایی UT وجود داشت به طوری که این دو محلول غذایی تقریباً ۲ برابر بیشتر از محلول UT سطح برگ ایجاد کردند. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین محلول غذایی Hogland و Knop با محلول غذایی UK وجود داشت و محلول غذایی UK، ۲۰ درصد بیشتر از محلول غذایی Hogland و ۳۰ درصد بیشتر از محلول غذایی Knop سطح برگ ایجاد کرد (شکل ۲). شاخص کلروفیل به طور معنی‌داری از نوع محلول غذایی در سطح احتمال ۱ درصد متأثر شد. اختلاف معنی‌داری بین دو رقم از نظر صفت شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. اثر متقابل نوع محلول غذایی × رقم روی صفت شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌داری بین محلول‌های غذایی مختلف از نظر صفت شاخص کلروفیل در دو رقم کاهو وجود نداشت و تنها با استفاده از محلول غذایی UT رقم سیاهو شاخص کلروفیل بیشتری نشان داد (شکل ۳). اختلاف معنی‌داری بین محلول‌های غذایی مختلف از نظر

معنی‌داری بین محلول غذایی UK با محلول‌های غذایی Hogland و Knop وجود داشت به طوری که محلول UK در مقایسه با محلول‌های غذایی Hogland و Knop به ترتیب ۲۰ و ۱۰ درصد برگ خوراکی بیشتری ایجاد کرد. اختلاف معنی‌داری بین محلول غذایی Hogland و Knop از نظر این صفت وجود نداشت. اختلاف معنی‌داری بین این دو محلول و محلول غذایی UT وجود داشت به طوری که محلول Knop ۶۰ درصد و محلول Hogland ۵۰ درصد بیشتر از محلول UT برگ خوراکی ایجاد کردند (شکل ۱).

سطح برگ به طور معنی‌داری از نوع محلول غذایی در سطح احتمال ۱ درصد متأثر شد. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین دو رقم از نظر سطح برگ در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت و رقم سیاهو سطح برگ بیشتری نسبت به رقم کانکویستادور ایجاد کرد (جدول ۲). اختلاف معنی‌داری بین محلول غذایی Hogland و Knop از نظر این صفت وجود نداشت. با این وجود اختلاف معنی‌داری بین این دو محلول غذایی با محلول



شکل ۴. متوسط وزن تر در چهار محلول غذایی. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۱ درصد آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۳. اثر متقابل محلول غذایی و رقم بر شاخص کلروفیل. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴).

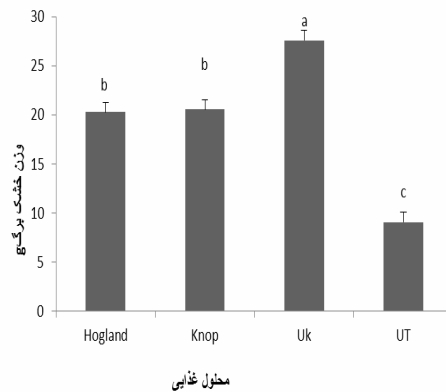
رقم سیاهو وزن تر بیشتری نسبت به رقم کانکویستادور داشت (جدول ۲). که این اختلاف نشان‌دهنده این است که رقم سیاهو از لحاظ ژنتیکی پتانسیل بالاتری برای ایجاد وزن تر بیشتر دارد.

اختلاف معنی‌داری بین محلول‌های غذایی از نظر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. اما بین دو رقم از نظر وزن خشک برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. محلول غذایی UK از این نظر به‌طور محسوس با سایر محلول‌های غذایی اختلاف داشت. به‌طوری‌که از نظر وزن خشک برگ عملکرد این محلول ۳۰ درصد بیشتر از محلول غذایی Hogland و Knop و ۲۰۰ درصد بیشتر از محلول غذایی UT بود. بین محلول غذایی Hogland و Knop اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵).

عارضه فیزیولوژیکی سوختگی حاشیه برگ در کاهو معمولاً در اواخر دوره رشد رخ می‌دهد و بروز این عارضه از بازارپسندی محصول می‌کاهد. یادداشت برداری این عارضه فیزیولوژیکی در آزمایش ما به‌صورت بصری در طول دوره آزمایش صورت پذیرفت و هر زمان که این عارضه رویت شد ثبت گردید. نتایج حاصل از یادداشت‌برداری نشان داد که این عارضه فیزیولوژیکی در هر دو رقم مورد آزمایش دیده می‌شود

کارایی فتوسنتز وجود نداشت. کارایی فتوسنتز به‌طور معنی‌داری از رقم در سطح احتمال ۵ درصد متأثر شد. نتایج نشان داد که کارایی فتوسنتز در رقم سیاهو بیشتر است (جدول ۲) که این اختلاف ناشی از تفاوت در ژنتیک ارقام می‌باشد. عرضه عناصر معدنی در میزان بهینه برای حفظ انتقال الکترون و متابولیسم کربن در فتوسنتز ضروری است بنابراین به این دلیل که در شرایط تنش‌های محیطی در وضعیت تغذیه‌ای گیاه اختلال ایجاد می‌شود گیاه دچار استرس ناشی از اکسیداسیون نوری و کاهش کارایی فتوسنتز می‌گردد (۱). در آزمایش حاضر گیاهان تیمار شده با محلول‌های غذایی مختلف هیچ‌گونه تنش نشان ندادند که این را می‌توان به استفاده از محلول‌های بهینه و استاندارد در آزمایش نسبت داد.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین محلول‌های غذایی از نظر وزن تر برگ در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. اختلاف معنی‌داری بین دو رقم از نظر وزن تر برگ در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. اختلاف معنی‌داری بین محلول غذایی UK با سایر محلول‌های غذایی وجود داشت. به‌طوری‌که محلول UK، ۳۰ درصد بیشتر از محلول غذایی Hogland، ۵۰ درصد بیشتر از محلول غذایی Knop و ۱۸۰ درصد بیشتر از محلول غذایی UT وزن تر ایجاد کرد. بین محلول غذایی Hogland و Knop از این نظر اختلاف



شکل ۵. اثر محلول غذایی بر وزن خشک برگ کاهو. حروف متفاوت در روی ستون‌ها نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

فیزیولوژیکی Tip burn در این محلول‌ها وجود نداشته است.

بحث

تفاوت در تعداد برگ خوراکی گیاهان تیمار شده با محلول‌های غذایی مختلف، نشان‌دهنده تفاوت در ترکیب مواد تشکیل‌دهنده آنها است. گزارش چندانی که نشان‌دهنده مقایسه تعداد برگ خوراکی کاهو باشد وجود ندارد و تنها حسین شاه و حسین شاه (۵) که تفاوت معنی‌داری در تعداد برگ کاهو به ازای هر گیاه با استفاده از دو محلول غذایی مختلف (Imai's 1987, Cooper's 1988) را گزارش کردند در حالی که تفاوت معنی‌داری با استفاده از غلظت‌های کامل و ¼ محلول‌های غذایی Cooper's 1988 و Imai's 1987 در صفت تعداد برگ خوراکی وجود نداشت. در این آزمایش بیشترین تعداد برگ خوراکی از محلول غذایی UK حاصل شده است، محلول UK از نظر ترکیب و غلظت عناصر نزدیک‌ترین محلول غذایی به محلول غذایی Cooper's 1988 می‌باشد. این امر نشان‌دهنده همسو بودن نتایج این آزمایش با نتایج حسین شاه و حسین شاه (۵) می‌باشد. افزایش جذب نیتروژن اثر مثبت بر انبساط و توسعه برگ دارد. در بین محلول‌های غذایی مورد استفاده در این آزمایش نیز بیشترین تعداد برگ خوراکی در محلول غذایی UK که بیشترین میزان نیتروژن را داراست، ایجاد شده است. با این حال لاسترا و همکاران (۱۱) گزارش کردند که تعداد کل برگ و تعداد برگ خوراکی در کاهو وابسته به رقم

ولی شدت بروز این عارضه ارزیابی نشد. مقایسه اثر تیمار محلول‌های غذایی بر بروز این عارضه فیزیولوژیکی نشان داد که گیاهان تیمار شده با محلول غذایی انگلستان بیشترین عارضه فیزیولوژیکی سوختگی نوک برگ را دارند و بعد از محلول غذایی انگلستان، گیاهان تیمار شده توسط محلول غذایی ناپ بیشترین تعداد گیاهان مبتلا به عارضه فیزیولوژیکی را نشان دادند. تعداد کمی از گیاهان تیمار شده توسط محلول هوگلند نیز این عارضه فیزیولوژیکی را بروز دادند ولی در هیچ یک از گیاهان تیمار شده با محلول غذایی دانشگاه تبریز این عارضه مشاهده نشد.

علل مختلفی برای بروز عارضه فیزیولوژیکی Tip burn در منابع ذکر می‌شود. ولی آنچه که مسلم است Tip burn در برگ‌های جوان سریع‌الرشد که کمبود کلسیم دارند رخ می‌دهد. بروز این عارضه در ارقام مختلف نیز متفاوت است به طوری که آسیب این عارضه بر کاهوی باترهد (butterhead) شدیدتر از آسیب این عارضه بر کاهوی کریسپ هد (crisphead) می‌باشد. در آزمایش ما نیز اثر رقم مشهود بود. به نظر می‌رسد که وجود نیتروژن زیاد در محلول‌های غذایی انگلستان و هوگلند باعث تحریک رشد سریع گیاه شده و متعاقباً گیاه قادر به جذب کلسیم کافی نبوده است (کلسیم سنجیده نشده است). به نظر می‌رسد محلول غذایی دانشگاه تبریز و محلول غذایی ناپ از میزان نسبت مناسبی از عناصر برخوردار بوده‌اند که بروز عارضه

خضری و طباطبایی (۱)، نیز در آزمایشی که بر روی خیار انجام گرفت مشاهده کردند که محلول‌های غذایی انگلستان و هوگلند عملکرد بیشتری نسبت به محلول‌های غذایی استاینر، دانشگاه تبریز، ناپ و هلند تولید کردند. وزن تر برگ همبستگی مثبت معنی‌دار قوی ($r=0/92$) با تعداد برگ خوراکی و سطح برگ ($r=0/98$) داشت. همچنین همبستگی بالایی بین میزان نیتروژن برگ و وزن تر ($r=0/6$) مشاهده شد. نیتروژن عنصری است که باعث تشویق رشد رویشی می‌گردد. بنابراین انتظار بر این است که همبستگی بالایی با وزن تر داشته باشد. در بیشتر گونه‌ها استفاده از نیتروژن نیتراتی باعث افزایش میزان فتوسنتز خالص و در نتیجه افزایش ماده‌سازی و عملکرد می‌شود (۱۸)، ولی حذف کامل آمونیوم نیز فتوسنتز را کاهش می‌دهد و باید مقداری آمونیوم در محلول غذایی موجود باشد. بنابراین غلظت بالای نیتروژن نیتراته در محلول غذایی، UK، Hogland و Knop را نسبت به محلول غذایی UT میتوان به‌عنوان عاملی که باعث تفاوت در میزان ماده‌سازی و عملکرد شده است در نظر گرفت. همبستگی مثبت و معنی‌دار و قوی بین وزن خشک با تعداد برگ خوراکی ($r=0/93$)، سطح برگ ($r=0/98$) و وزن تر برگ ($r=0/96$) دیده شد. ۹۴٪ از وزن کاهوی برگی را آب تشکیل می‌دهد (۱۵). نجم و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که افزایش میزان عرضه کود نیتروژن، جذب نیتروژن نیز بیشتر می‌شود. افزایش در جذب نیتروژن باعث تأثیر مثبت بر میزان فتوسنتز، تعداد کل برگ و تجمع ماده خشک می‌گردد. بنابراین نیتروژن نقش مهمی در توسعه کانوپی و مخصوصاً در وزن خشک شاخساره و شاخص سطح برگ در گیاهان بر عهده دارد.

نتیجه‌گیری

درست است که فرمولاسیون‌های مختلفی برای تهیه محلول‌های غذایی انتشار یافته است اما انتخاب محلول‌های مختلف اغلب باید نسبت به شرایط کشت و گونه گیاهی مورد پرورش بازنگری شود. با توجه به نتایج می‌توان گفت محلول‌های غذایی مختلف اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد گیاه کاهو

بوده و با میزان نیتروژن موجود در محلول غذایی همبستگی ندارد. به نظر می‌رسد که تفاوت معنی‌دار بین محلول‌های غذایی از نظر سطح برگ به نسبت بین مواد ترکیب‌دهنده محلول‌های غذایی و نسبت ترکیبی آنها وابسته باشد. مارو و همکاران (۲۰۰۰)، پیشنهاد کردند که از غلظت‌های پایین محلول‌های غذایی به جای غلظت‌های بالا برای کشت کاهو استفاده شود. نجم و همکاران (۱۳)، گزارش کردند که با افزایش میزان نیتروژن شاخص سطح برگ در سیب‌زمینی نیز به صورت خطی افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت نیتروژن جذب آن نیز افزایش می‌یابد. افزایش جذب نیتروژن اثر مثبت بر انبساط و توسعه برگ دارد بنابراین نیتروژن نقش مهمی در توسعه کانوپی و مخصوصاً در وزن خشک شاخساره و شاخص سطح برگ در گیاهان بر عهده دارد. بیشترین میزان سطح برگ در محلول غذایی UK ایجاد شد که می‌تواند به دلیل غلظت‌های فسفر و پتاسیم بالا در این محلول غذایی باشد (۲).

با توجه به نتایج می‌توان گفت که از نظر صفت سطح برگ، برای پرورش کاهو رقم سیاهو مطلوب‌تر از رقم کانکوئیستادور و محلول غذایی UK در بین محلول‌های مورد استفاده بهینه می‌باشد. نجم و همکاران (۱۳)، گزارش کردند که میزان کلروفیل برگ با افزایش اعمال کود نیتروژن در سیب‌زمینی افزایش یافت. افزایش جذب نیتروژن تأثیر مثبت بر غلظت کلروفیل و نقش مهمی در توسعه کانوپی دارد. میزان کلروفیل می‌تواند از محتوای نیتروژن محلول غذایی متأثر شود ولی با در نظر گرفتن نقش عنصر منیزیم و آهن در تشکیل کلروفیل برگ این نتیجه روشن نیست. محمدی گهساره و همکاران (۱۲)، گزارش کردند که افزایش شدت رنگ برگ در خیار که وابسته به میزان کلروفیل است از میزان نیتروژن محلول‌های غذایی متأثر می‌شود. به نظر می‌رسد میزان عملکرد بالای محلول‌های انگلستان و هوگلند بیشتر به دلیل غلظت بالای عناصر ماکرو آنها نسبت به محلول‌های غذایی دیگر باشد. مارسیک و اسوالد (۲۰۰۲)، نشان دادند که مقادیر متفاوت نیتروژن در محلول‌های غذایی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر برگ‌های کاهو داشت.

می‌باشد. در پرورش گلخانه‌ای کاهو غلظت عناصر موجود در محلول غذایی برای رشد و نمو بسیار مهم است و استفاده از غلظت‌های بسیار بالا و بسیار پایین مشکلاتی را به وجود می‌آورد. با وجود این، یافتن غلظت‌های بهینه عناصر برای محلول‌های غذایی که عملکرد و کیفیت محصول را کاهش ندهد از اهمیت بالایی برخوردار است.

دارند با توجه به نتایج محلول غذایی انگلستان با ایجاد بیشترین تعداد برگ خوراکی، وزن تر و وزن خشک برگ به‌عنوان مناسب‌ترین محلول غذایی برای کشت کاهو در آزمایش ما معرفی شد. این محلول هم‌چنین از نظر صفت سطح برگ بهتر از بقیه محلول‌های غذایی بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که رقم سیاهو با ایجاد سطح برگ، وزن تر و تعداد برگ خوراکی بیشتر نسبت به رقم کانکویستادور رقم مطلوب‌تری برای کشت

منابع مورد استفاده

۱. خضری، ق. طباطبایی، س.ج. ۱۳۸۹. تأثیر محلول‌های غذایی بر عملکرد، عناصر غذایی و خصوصیات فیزیولوژیکی خیار رشد یافته در آبکشت. مجله علوم باغبانی ایران. دوره ۴۱. ۳: ۲۶۳-۲۵۳.
2. Barker, A. V., Pilbeam, D. J. 2007. Handbook of plant nutrition. CRC Press is an imprint of Taylor and Francis Group. p. 613.
3. Brecht, J. K., Saltveit, M. E., Talcott, S. T., Schneider, K. R., Felkey, K and Bartz, J. A. 2004. Fresh-cut vegetables and fruits. Hort Rev. 30, 185-246.
4. Harris, D. (1992). Hydroponics, The complete guide to gardening without soil. New Holland, UK.
5. Hussain SHah, A. and Hussain SHah, S. 2009. Cultivation of lettuce in different strength of the two nutrients solution recipes in a non-circulating hydroponics system. Sarhah Jornal-Agricultural University Peshwar, Pakistan. 25: 3.
6. James, E. C and Van Iersel, M. W. 2001. Fertilizer concentration affects growth and flowering of subirrigated petunias and begonias. HortScience 36, 40-44.
7. Kader, A.A. 2008, Flavor quality of fruits and vegetables. J Sci Food Agric. 88, 1863- 1868.
8. Kader, A.A. 2008, Flavor quality of fruits and vegetables. J Sci Food Agric. 88, 1863- 1868.
9. Kang, J. G and Van Iersel, M. W. 2001. Interactions between temperature and fertilizer concentration affect growth of subirrigated petunias. J Plant Nutr. 24, 753-765.
10. Kent, M. W and Reed, D. W. 1996. Nitrogen nutrition of new Guinea 'impat Barbados' and Spathiphyllum 'Petite' in a subirrigation system. JAm Soc Hort Sci. 121, 816-819.
11. Lastra, O., Tapia, M. L., Razeto, B and Rojas, M. 2009. Response Of Hydroponic Lettuce Cultivars To Different Treatments Of Nitrogen: Growth And Foliar Nitrat Content. IDESIA (Chile) Enero. 27: 83-89.
12. Mohammadi Ghesareh, A., Khosravan, S. and Shahabi, A. A. 2011. The effect of different nutrient solutions on some growth indices of greenhouse cucumber in soilless culture. Journal of Plant Breeding and Crop Science. 3: 322-327.
13. Najm, A. A., Haj Seyed Hadi, M. R., Fazeli, F., Taghi Darzi, M and Shamorady, R. 2010. Effect of Utilization of Organic and Inorganic Nitrogen Source on the Potato Shoots Dry Matter, Leaf Area Index and Plant Height, During Middle Stage of Growth. International Journal of Agricultural and Biological Sciences. 1:1
14. Resh, H. M. 1997. Hydroponic Food Production. Woodbridge Press, Santa Barbara, CA.
15. Ryder, E.J. 1999. Lettuce, Endive, and Chicory, Crop Production Science in Horticulture Series 7, CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.
16. Savvas, D and Adamidis, K. 1999. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. J Plant Nutr. 22, 1415-1432.
17. Soundy, P., Cantliffe, D. J., Hochmuth, G. J and Stofella, P. J. 2001. Nutrien requirements for lettuce transplants using a floatation irrigation system. I. Phosphorus. HortScience. 36, 1066-1070.
18. Tabatabaei, S. J., Yusefi, M. & Hajiloo, J. (2007). Effects of shading and NO₃:NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. Scientia Horticulturæ, 116, 264- 272.
19. Van Iersel, M. W. 1999. Fertilizer concentration affects growth and nutrient composition of subirrigated pansies. HortScience 34, 660-663.
20. Vernieri, P., Borghesi, E., Tognoni, F and Ferrante, A. 2006. Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. Acta Hort .718, 477-484.
21. Winsor, G. W. & Schwarz, M. (1990). Soilless culture for horticultural crop production. FAO. Rome, Italy.