شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

ارزیابی روش تعادل توده‌ای در تعیین غلظت عناصر غذایی محلول جایگزین آبکشت بسته خیار گلخانه‌ای

محمد سعید تدین [۱*]، سهراب صادقی [۲]

[۱] دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

[۲] مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

چکیده

جایگزینی محلول پایه به صورت ثابت در هر مرحله رشد موجب عدم تعادل تغذیه ای در آبکشت بسته می شود. با استفاده از اصل تعادل توده ای، می توان غلظت عناصر در محلول های جایگزین بر اساس حد بهینه عناصر غذایی برگ را تعیین و تنظیم نمود. در این آزمایش این تکنیک، برای تعیین مناسب‌ترین غلظت عناصر محلول جایگزین در سامانه آبکشت بسته گلخانه ای خیارسبز مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار کاربرد محلول پایه به صورت ثابت (شاهد) و کاربرد محلول پایه و جایگزینی محلول غذایی تنظیم شده در مراحل مختلف رشد با فرض نسبت وزن خشک (کیلوگرم) به میزان تعرق در سه سطح (لیتر) ۱/۲۰۰، ۱/۳۰۰ و ۱/۴۰۰ انجام شد. تیمار محلول جایگزین نسبت وزن خشک به تعرق ۱/۳۰۰موجب بهبود مقادیر غلظت عناصر غذایی برگ خیار شد و بیشترین میزان عملکرد در واحد بوته را به خود اختصاص داد. انطباق مقادیر نسبت نیاز آبی لحظه‌ای با نسبت وزن خشک به تعرق تیمارهای آزمایش، امکان استفاده از این شاخص در تعیین بهترین غلظت محلول جایگزین بر اساس اصل جریان توده ای در شرایط کنترل شده گلخانه ای بدون نیاز به اندازه گیری مجدد فراهم می نماید.

کلمات کلیدی: آبکشت، تغذیه، فرمول محلول غذایی، گلخانه

مقدمه

در مطالعات تغذیه ای سامانه های آبکشت به طور گسترده برای مطالعات تعیین حد کفایت، کمبود و سمیت غذایی در گونه های مختلف گیاهی کاربرد دارد (Pii و Mimmo، ۲۰۱۵ و Alatorre-Cobos و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین کاربرد صنعتی آبکشت برای پرورش گیاهان زینتی، میوه ها و سبزی و صیفی گسترش یافته است (Gent، ۲۰۱۲). در ایران به دلیل کمبود منابع آبی کاربرد سامانه های آبکشت بسته در اولویت های تحقیقاتی توسعه کشت گلخانه ها قرار دارد. در این شرایط نیاز شدید به بازیافت و استفاده مجدد از محلول های غذایی به دلیل هزینه زیاد اقتصادی و مشکلات زیست محیطی کود وجود دارد. پاسخ گیاهی در سامانه های آبکشت به تغییرات غلظت عناصر غذایی شدیدتر و گسترده تر از خاک می باشد (Nguyen و همکاران، ۲۰۱۶). در سامانه آبکشت بسته، یکی از مشکلات کاربرد محلول های ثابت و پایش غلظت عناصر در محلول غذایی، ایجاد عدم تعادل تغذیه ای به دلیل سرعت متفاوت جذب عناصر از محلول غذایی می باشد. همچنین غلظت های پایین عناصر غذایی در محلول حتی با روش های دقیق مانند ICP به سختی پایش و کنترل می شود و خطا مشاهده می گردد. از طرف دیگر پایش هدایت الکتریکی محلول غذایی نیز به دلیل میزان متفاوت جذب عناصر غذایی و باقی ماندن مقادیر بیشتر کلسیم، منیزیم و سولفات صحیح نمی باشد و عناصر کم مصرف نقش بسیار کمی (۰/۱ درصد) در هدایت الکتریکی محلول غذایی دارند. کلسیم به طور غیر فعال جذب گیاه می شود و انتقال مجدد آن در آوند آبکش به کندی اتفاق می افتد، مشاهده شده که تجمع کلسیم تا ۲۰ میلی مول (که ده برابر بیشتر از غلظت آن در محلول هوگلند می باشد)، اتفاق می افتد و در این شرایط محلول پاشی کلسیم توصیه می شود (Bugbee، ۱۹۹۴). از طرف دیگر پهاش توصیه شده برای آبکشت ۵/۵ تا ۵/۸ می باشد، جذب عناصر غذایی منگنز، مس، روی و به ویژه آهن در پهاش بالا کاهش می یابد، و جذب عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در پهاش پایین کم می شود. در این شرایط کاهش جذب عناصر غذایی و نه کمبود عنصر غذایی در محلول وجود دارد (Bugbee و Salisbury، ۱۹۸۹)، بنابراین در این شرایط اندازه گیری غلظت عناصر محلول غذایی برای تنظیم غلظت محلول جایگزین صحیح نیست. یون فسفات با جذب و دفع هیدروژن پ هاش را پایدار می کند. محلول بازیافتی به دلیل آن که فسفر به سرعت در محلول جذب می گردد، از قدرت بافری کمتر برخوردار است. بنابراین با تزریق اسید و باز به صورت اتوماتیک پی اچ محلول غذایی کنترل می گردد (Bugbee، ۱۹۹۴). در آبکشت محلول غذایی قبل از کاربرد با هوا اشباع شده و یا به طور دائم در کل مراحل رشد گیاه، اکسیژن در محلول تزریق می‌گردد (Chang و همکاران، ۲۰۱۲) و دوره متناوب آبیاری برای هوادهی مفید است (Resh، ۲۰۱۲). این آزمایش با بکارگیری اصل تعادل توده ای در سامانه های آبکشت بسته، بهترین غلظت عناصر غذایی در محلول جایگزین را بر اساس نرم عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد خیار گلخانه ای و نسبت مناسب تعرق به رشد گیاه تعیین می نماید. همچنین انطباق این روش با کارایی فتوسنتز گیاه در مراحل مختلف رشد تعیین می گردد.

* ایمیل نویسنده مسئول: m.tadayon@areeo.ac.ir

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه خیارسبز (Cucumis sativus) رقم سوکراتز (نگین) در گلخانه واقع در شهرستان بیضاء از توابع شیراز در سال ۱۳۹۶ انجام شد. شرایط گلخانه بر اساس نیاز فیزیولوژیکی گیاه از نظر دما، نور و رطوبت تنظیم شد. در این آزمایش برای محاسبه غلظت محلول جایگزین نیاز به آزمون عناصر غذایی در گیاهان مورد مطالعه بود تا نسبت آنها با توجه به حد بهینه (جدول ۱) در مراحل مختلف تنظیم گردد. همچنین محلول غذایی پایه مورد استفاده بر اساس روش آدامز و وینسور (۱۹۷۸) تهیه گردید (جدول ۲).

جدول ۱ - حد بهینه عناصر غذایی برگ خیار گلخانه ای (سومین تا چهارمین برگ تازه بالغ و کامل توسعه یافته از نقطه رشد انتهایی) در سه مرحله رشد

رشد رویشی اولیه (محلول غذایی آغازین)					
N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	S(%)
۴/۵۰–۶/۰۰	۰/۳۴–۱/۲۵	۳/۹۰–۵/۰۰	۱/۴۰–۳/۵۰	۰/۳۰–۱/۰۰	۰/۴۰–۰/۷۰
Fe(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	B(ppm)	Mo(ppm)
۵۰–۱۰۰	۵۰–۱۰۰	۲۰–۶۰	۵–۲۵	۲۵–۶۵	۰/۲–۰/۸
رشد ثانویه (محلول جایگزین رویشی Before bloom)					
N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	S(%)
۴/۵۰–۶/۰۰	۰/۳۰–۰/۷۰	۱/۵۰–۲/۵۰	۲/۲۰–۴/۵۰	۰/۴۵–۰/۷۵	۰/۳۰–۰/۸۰
Fe(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	B(ppm)	Mo(ppm)
۵۰–۱۰۰	۳۰–۱۰۰	۲۰–۶۰	۵–۲۵	۲۵–۶۵	۰/۳–۱/۰
رشد زایشی (محلول غذایی جایگزین زایشی Eearly bloom)					
N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	S(%)
۲/۵۰–۵/۰۰	۰/۳۰–۰/۷۰	۲/۵۰–۳/۵۰	۱/۵۰–۳/۵۰	۰/۳۵–۰/۶۵	۰/۳۰–۰/۸۰
Fe(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	B(ppm)	Mo(ppm)
۵۰–۱۰۰	۳۰–۱۰۰	۲۰–۶۰	۵–۲۵	۲۵–۶۵	۰/۳–۱/۰

تنظیم محلول غذایی پایه شامل مرحله رویشی اولیه (کاهش ۰/۵ و یک میلی مول در لیتر آمونیوم و پتاسیم و افزایش ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی مول در لیتر کلسیم و منیزیم و افزایش ۱ میکرومول در لیتر آهن و بور)، مرحله میوه بندی (افزایش یک میلی مول در لیتر پتاسیم و نیترات)، مرحله رشد سریع زایشی (کاهش یک میلی مول در لیتر پتاسیم و افزایش ۰/۵ میلی مول در لیتر کلسیم) و مرحله پایان فصل (کاهش یک میلی مول در لیتر آمونیوم و فسفر) بود. درهر مرحله رشد، با توجه به حد بهینه عناصر غذایی برگ، ترکیب و غلظت محلول غذایی به صورت زیر تعیین و و جهت ارزیابی اعمال گردید. آزمایش به صورت کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار اول (S1)، کاربرد محلول پایه (جدول ۲) به صورت ثابت و محلول جایگزین به طور کامل بر اساس ترکیب و غلظت محلول پایه در هر مرحله رشد (شاهد) اعمال گردید؛ تیمار دوم (S2)، در هر سه مرحله رشد گیاه، پس از کاربرد محلول پایه، با فرض نسبت وزن خشک به تعرق ۱/۲۰۰ و غلظت مطلوب عناصر برگی (جدول ۱)، میزان عنصر غذایی در وزن خشک برگ تعیین شد، برای هر کیلوگرم رشد گیاه ۲۰۰ لیتر محلول از گیاه عبور می کند، بنابراین می بایستی میزان عنصر غذایی در ۲۰۰ لیتر محلول جایگزین وجود داشته باشد، با تقسیم میزان عنصر غذایی مورد نیاز بر مولاریته عنصر غذایی مقدار مول بر لیتر آن محاسبه و به محلول پایه اضافه و یا از محلول پایه کسر گردید.

جدول ۲ – محلول غذایی پایه مورد استفاده برای خیار سبز

محلول غذایی تانک **A**			محلول غذایی تانک **B**		
Calcium nitrate solid	86	kg	Potassium nitrate	55	kg
Potassium nitrate	18	kg	Monopotassium phosphate	11	kg
Iron DTPA 6% or EDDHA 6% or HBED 6%	1396	g	Magnesium sulphate 16% MgO	34	kg
Manganese EDTA 12.8%	429	g	Monoammonium phosphate	5	kg
Zinc EDTA 14.8%	221	g	Borax 11.3% B	239	g
Copper EDTA 14.8%	32	g	Sodium molybdate 39.6%	12	g

مقدار کودها برای حجم ۱۰۰۰ لیتر و محلول غذایی ۱۰۰ برابر غلیظ شده محاسبه گردیده است

تیمار سوم (S3)، در هر سه مرحله رشد گیاه پس از کاربرد محلول پایه، با فرض نسبت وزن خشک به تعرق ۱/۳۰۰، محلول جایگزین به روش فوق تهیه و به محلول پایه اضافه و یا از محلول پایه کسر شد. تیمار چهارم (S4)، رطوبت پایین، در هر سه مرحله رشد گیاه پس از کاربرد محلول پایه، با فرض نسبت وزن خشک به تعرق ۱/۴۰۰، محلول جایگزین به روش فوق تهیه و به محلول پایه اضافه و یا از محلول پایه کسر می شود. در هر ردیف (تکرار) با توجه به نوع گیاه و فاصله کشت برای خیار تعداد ۳۶ بوته در نظر گرفته شد. (سالت، ۲۰۰۴؛ باکستر، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰). صفات آزمایشی از جمله عملکرد بوته و میزان عناصر غذایی (غلظت نیتروژن توسط روش کجلدال)، با روش اسپکترومتری نوری پلاسمایی اندازه‌گیری گردید. میزان تعرق، فتوسنتز خالص و کارایی مصرف آب فتوسنتزی در مراحل مختلف رشد اندازه‌گیری شد. میزان تبادل گازی بر روی برگ های بالغ (سومین و چهارمین برگ از سر شاخه) با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر دستی نوع باز سیستم تبادلی[۱] با غلظت ثابت ۴۰۰ پی پی ام در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد و شدت نور ۱۲۵۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه با طول موج های ۶۷۰ و ۴۶۵ نانومتر اندازه گیری شد. کارایی مصرف آب فتوسنتزی لحظه ای ($IWUE, \mu molCO_2 . \mu mol^{-1}H_2O$) از تقسیم میزان فتوسنتز خالص برگ (Pn) به میزان تعرق برگ (E) محاسبه شد. در مراحل مختلف رشد معکوس نسبت کارایی مصرف آب فتوسنتزی[۲] ($\mu molH_2O)/molCO_2$) محاسبه گردید. تجزیه واریانس مرکب داده های دو سال آزمایش توسط نرم افزار SAS-9.1 و مقایسه میانگین داده ها توسط روش چند دامنه ای دانکن ($P\leq 0.05$) انجام شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه برگی نمونه شاهد یعنی محلول جایگزین (S1) نشان داد که در هر سه مرحله رشد اولیه، ثانویه و زایشی، مقادیر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منگنز بیش از میانگین حد بهینه عناصر غذایی برگ خیار (جدول ۱) بود، همچنین کمبود کلسیم، منیزیم، گوگرد و بور مشاهده شد (جدول ۳). در تیمار محلول جایگزین (S2)، غلظت برگی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منگنز بیش از میانگین حد بهینه بود، اما مقادیر کلسیم، منیزیم و سایر عناصر کم‌مصرف بهبود یافت. در آزمایشی مشاهده شد که در محلول غذایی با ۰/۵ میلی مول فسفر در هر روز، فسفر در چند ساعت اولیه جذب شده و اضافه نمودن فسفر به طور دائم در سطح ۰/۵میلی مول در محلول بازیافتی موجب افزایش غلظت فسفر در گیاه به بیشتر از یک درصد ماده خشک شد که سه برابر بالاتر از حد بهینه می باشد و این میزان بالای فسفر موجب کمبود آهن و روی می شود (چانی و کولومب، ۱۹۸۲). جذب سریع پتاسیم موجب کمبود کلسیم و منیزیم در گیاه می شود و کاهش پتاسیم در محلول به طور معنی دار جذب کلسیم را بهبود بخشیده و از پوسیدگی گلگاه و سایر نارسایی ها در گوجه فرنگی جلوگیری می کند (برووس، ۱۹۹۴). بهترین مقادیر غلظت عناصر غذایی با توجه به حد بهینه عناصر غذایی برگ خیار در هر سه مرحله رشد به ترتیب مربوط به تیمار محلول جایگزین (S3) و محلول جایگزین (S4) بود (جدول ۳). سطح نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منگنز به دلیل جذب بیشتر، در

محلول غذایی کاهش می یابد و ثابت نگه داشتن سطح آن ها در محلول غذایی موجب افزایش جذب، مسمومیت و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاهان می شود (برووس، ۱۹۹۴).

[۱] - LI-COR 6400 XT portable gas analyzer (Li-Cor, Lincoln, NE, USA)

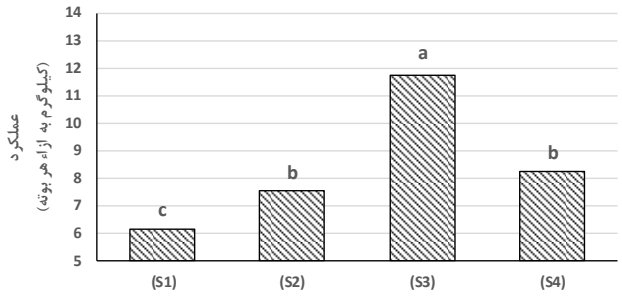
[۲] - Water requirement

جدول ۳- میانگین غلظت عناصر غذایی نمونه برگ در مراحل مختلف رشد خیارسبز گلخانه ای رقم سوکراتز (نگین)

تیمار	مراحل رشد	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Mo (ppm)
محلول غذایی پایه (S1)	رشد اولیه	۳/۴۶	۰/۳۱	۲/۵۳	۰/۶۴	۰/۲۵	۰/۳۲	۷۳/۴۵	۶۲/۷	۲۷/۶۵	۷/۸۴	۱۶/۴۷	۰/۳۴
محلول جایگزین (S1)	رشد اولیه	۶/۱۴	۱/۳۵	۵/۱۸	۰/۵۴	۰/۲۶	۰/۴۱	۷۹/۱۴	۹۵/۴۶	۲۱/۴	۶/۵۷	۱۹/۱۲	۰/۳۷
	رشد ثانویه	۵/۹۴	۱/۲۴	۳/۲۳	۱/۰۴	۰/۳۱	۰/۳۴	۶۵/۲۴	۸۸/۲۱	۲۴/۵۱	۵/۴۷	۲۰/۴۵	۰/۳۲
	رشد زایشی	۵/۶۳	۱/۲۲	۳/۳۴	۰/۷۹	۰/۳۲	۰/۴۰	۷۲/۱۵	۹۴/۶۱	۲۵/۷۴	۴/۹۸	۲۳/۰۸	۰/۳۳
محلول جایگزین (S2)	رشد اولیه	۵/۹۸	۱/۵۳	۵/۷۸	۲/۷۴	۰/۸۹	۰/۶۴	۹۵/۴۱	۱۲۰/۴۳	۵۴/۸۷	۱۵/۴۱	۵۷/۵۶	۰/۷۶
	رشد ثانویه	۵/۵۴	۱/۳۲	۲/۳۷	۳/۸۷	۰/۷۴	۰/۷۶	۸۹/۴۷	۱۱۴/۲۵	۶۶/۴۱	۲۳/۴۱	۶۴/۲۳	۰/۷۴
	رشد زایشی	۴/۹۲	۰/۷۵	۳/۱۷	۳/۱۸	۰/۷۱	۰/۷۲	۹۴/۲۵	۱۰۳/۴۲	۵۸/۴۹	۲۱/۴۴	۶۷/۱۲	۰/۶۷
محلول جایگزین (S3)	رشد اولیه	۵/۰۲	۰/۹۴	۴/۲۵	۱/۹۷	۰/۶۳	۰/۵۷	۷۸/۳۴	۹۰/۳۵	۴۴/۲۳	۱۳/۴۷	۴۵/۶۳	۰/۵۸
	رشد ثانویه	۴/۶۲	۰/۸۱	۱/۵۹	۲/۶۷	۰/۵۲	۰/۴۸	۶۸/۵۴	۸۳/۵۶	۴۳/۱۶	۱۷/۷۶	۴۸/۷۲	۰/۵۴
	رشد زایشی	۳/۵۲	۰/۶۲	۲/۸۴	۲/۴۹	۰/۵۴	۰/۵۲	۶۹/۰۵	۸۸/۱۲	۴۲/۰۸	۱۶/۳۳	۴۶/۹۲	۰/۴۷
محلول جایگزین (S4)	رشد اولیه	۴/۵۶	۰/۹۸	۳/۹۷	۲/۶۱	۰/۶۶	۰/۵۹	۷۶/۰۷	۸۱/۶۰	۳۳/۸۵	۹/۴۱	۳۵/۳۶	۰/۴۵
	رشد ثانویه	۴/۸۶	۰/۸۳	۲/۴۲	۲/۸۴	۰/۶۸	۰/۵۲	۶۵/۰۷	۷۲/۱۷	۳۹/۸۴	۱۰/۷۶	۴۴/۰۶	۰/۴۱
	رشد زایشی	۳/۷۶	۰/۵۲	۲/۸۳	۲/۶۷	۰/۷۳	۰/۶۹	۶۶/۰۷	۷۹/۸۲	۴۱/۱۲	۱۳/۹۳	۴۳/۷۵	۰/۴۴

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص های فتوسنتزی برگ در مراحل مختلف رشد خیارسبز گلخانه ای رقم سوکراتز (نگین)

تیمار	مراحل رشد	میزان فتوسنتز خالص Net photosynthetic rate (Pn_{max}, $\mu molCO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	میزان تعرق Transpiration rate (E, $\mu molH_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Instantaneous WUE ($\mu molCO_2$)/($\mu molH_2O$)	نیاز آبی لحظه ای Instantaneous WR ($\mu molH_2O$)/$molCO_2$)
محلول جایگزین (S1)	رشد اولیه	۸/۲h	۲/۵۷e	۳/۱۵c	۳۲۱/۸c
	رشد ثانویه	۶/۲۳i	۲/۲۶e	۲/۸۴d	۳۵۸/۵b
	رشد زایشی	۱۰/۴۶g	۳/۹۲d	۲/۶۲d	۳۸۹/۲a
محلول جایگزین (S2)	رشد اولیه	۱۱/۸۴fg	۲/۴۲e	۴/۹۳ab	۲۰۹/۷d
	رشد ثانویه	۱۳/۴۲e	۲/۶۳e	۵/۰۵a	۱۹۹/۸d
	رشد زایشی	۱۴/۳۵de	۲/۹۵e	۴/۸۷b	۲۰۲/۱d
محلول جایگزین (S3)	رشد اولیه	۱۶/۳۶c	۴/۸۴d	۳/۳۴c	۲۹۱/۵c
	رشد ثانویه	۱۹/۴۸a	۵/۹۶bc	۳/۲۵c	۳۱۱/۴c
	رشد زایشی	۱۸/۷۵ab	۵/۷۴c	۳/۱۷cd	۳۱۷/۹c
محلول جایگزین (S4)	رشد اولیه	۱۷/۴۵b	۶/۵۳b	۲/۷۱d	۳۶۹/۷b
	رشد ثانویه	۱۶/۶۲c	۶/۸۹ab	۲/۴۵e	۴۰۵/۶a
	رشد زایشی	۱۷/۳۱bc	۷/۴۷a	۲/۳۱e	۴۲۵/۹a



شکل۱- اثر تیمارهای آزمایش بر میانگین عملکرد بوته خیار گلخانه ای رقم سوکراتز (نگین)

نتایج مقایسه میانگین شاخص های فتوسنتزی نشان داد که بیشترین میزان فتوسنتز خالص متعلق به تیمار محلول جایگزین (S3) در مرحله رشد ثانویه و زایشی بود و پس از آن محلول جایگزین (S4) قرار داشت (جدول ۴). بیشترین میزان تعرق برگی مربوط به تیمار محلول جایگزین (S4) بود. همچنین بیشترین میزان کارایی مصرف آب فتوسنتزی مربوط به تیمار محلول جایگزین (S2) و پس از آن محلول جایگزین (S3) بود. کمترین میزان کارایی مصرف آب فتوسنتزی متعلق به تیمار محلول جایگزین (S4) بود. بیشترین میزان نیاز آبی لحظه ای مربوط به تیمارهای محلول جایگزین (S4) و محلول جایگزین (S1) در مرحله رشد ثانویه و رشد زایشی بود (جدول ۴). نسبت مقادیر نیاز آبی لحظه ای به طور تقریب مطابق با فرض نسبت وزن خشک به تعرق تیمارهای آزمایشی بود، که امکان استفاده از این شاخص در تعیین بهترین غلظت محلول جایگزین در هر شرایط گلخانه ای را فراهم می آورد. برآورد مناسب برای محصولات مختلف در آبکشت مابین ۱/۲۰۰ تا ۱/۴۰۰ کیلوگرم ماده خشک گیاه به لیتر آب تعرق شده می باشد. نسبت صحیح بستگی به رطوبت هوا دارد، رطوبت کم تعرق را افزایش می دهد اما میزان رشد تغییر نمی کند. از طرفی افزایش دی اکسید کربن و فتوسنتز موجب افزایش نسبت رشد و بهبود این نسبت به ۱/۲۰۰ می گردد. تجزیه برگی با فاصله زمانی مشخص در دوره رشد و تنظیم آن با حد بهینه، برای تعیین ترکیب محلول جایگزین توصیه می گردد و پس از تصحیح و بهینه سازی سطح عناصر غذایی برگ، برای دوره های کشت بعد ضروری نمی باشد (برووس، ۱۹۹۴). تیمار محلول جایگزین (S3) بیشترین میزان عملکرد در واحد بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۱) و موجب افزایش ۹۱/۸ درصدی عملکرد بوته نسبت به تیمار شاهد (S1) شد. تیمارهای محلول جایگزین (S3) و محلول جایگزین (S4) در یک گروه آزمایشی قرار داشته و به ترتیب موجب افزایش عملکرد ۳۳/۸ و ۲۲/۶ درصدی میزان عملکرد بوته نسبت به شاهد شدند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار محلول جایگزین (S3) بر اساس اصل جریان توده ای به ویژه در مرحله رشد ثانویه و زایشی موجب بهبود مقادیر غلظت عناصر غذایی برگ خیار با توجه به حد بهینه عناصر غذایی شد. همچنین بیشترین میزان فتوسنتز خالص متعلق به تیمار محلول جایگزین (S3) بود. اگرچه کارایی مصرف آب فتوسنتزی تیمار محلول جایگزین (S3) کمتر از تیمار محلول جایگزین (S2) بود اما انطباق آن با شرایط محیطی گلخانه موجب افزایش میزان عملکرد بوته شد که به عنوان بهترین تیمار در تهیه محلول جایگزین کشت هیدروپونیک بسته در شرایط گلخانه های خیارسبز موجود معرفی می گردد. انطباق مقادیر نسبت نیاز آبی لحظه ای با فرض نسبت وزن خشک به تعرق تیمارهای آزمایش نشان داد که امکان استفاده از این شاخص در تعیین بهترین غلظت محلول جایگزین بر اساس اصل جریان توده ای در هر شرایط گلخانه ای وجود دارد و تکرار پذیری شرایط گلخانه ای ثبات کاربرد محلول های جایگزین را در مراحل مختلف رشد بدون اندازه گیری مجدد شاخص ها ایجاد می کند.

منابع:

Adams, P., and Winsor, G.W. 1978. Nutrient uptake. Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst., 84–5.

Chen, Y., Liu, T., Tian, X., Wang, X. and Li, M. 2015. Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in Loess Plateau. Filed Crops Research, 175, 53-58.

Alatorre-Cobos F. 2014. An improved, low-cost, hydroponic system for growing Arabidopsis and other plant species under aseptic conditions. BMC Plant Biol. 14, 69–69.

Bugbee, B. 1994. Nutrient Management in Recirculating Hydroponic Culture. Crop Physiology Laboratory, Utah State University, Logan, UT 84322-4820, USA.

Bugbee, B. and Salisbury, F. 1989. Controlled Environment Crop Production: Hydroponic vs. Lunar Regolith. In; Ming, D. and Henninger, D. (eds) Lunar Base Arriculture. Amer. Soc. Agron. Madison, WI.

Chaney, R. and Coulombe, B. 1982. Effect of phosphate on regulation of Fe-stress in soybean and peanut. J. Plant Nutr. 5, 469-487.

Chang, D.C., Park, C.S., Kim, S.Y., Lee, Y.B. 2012. Growth and Tuberization of Hydroponically Grown Potatoes. Potato Research. 55, 69–81.

Gent, M.P.N. 2012. Composition of hydroponic lettuce: effect of time of day, plant size, and season. J. Sci. Food Agric. 92, 542–550.

Nguyen, N.T., McInturf, S.A. and Mendoza-Cózatl, D.G. 2016. Hydroponics: A Versatile System to Study Nutrient Allocation and Plant Responses to Nutrient Availability and Exposure to Toxic Elements. J. Vis Exp. (113), 54317.

Pii, Y., Cesco, S., and Mimmo, T. 2015. Shoot ionome to predict the synergism and antagonism between nutrients as affected by substrate and physiological status. Plant Physiol. Biochem. 94, 48–56.

Resh, H.M. 2012. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower, Seventh Edition. CRC Press; pp. 199–292.

Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation

Evaluation of mass balance method in determination of the substitutional nutrient concentration in close hydroponic of greenhouse cucumbers

Tadayon*[1], M.S., Sadeghi[2], S.

1 Associate Prof., Soil and Water Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

[2] Instructor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Abstract

Replacing the base nutrient solution in a constant manner at each growth stage causes a nutritional imbalance in close hydroponic. Using the principle of mass balance, we can determine the concentration of elements in alternative solutions based on the optimal level of leaf nutrient elements. In this experiment, this technique was evaluated to determine the most suitable concentration of substitutional solutions in close hydroponic greenhouse cucumber. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications and four treatments. The experimental treatments contain using fixed solution (control) and application of the base solution and replacement of the nutrient solution adjusted in different stages of growth by assuming dry weight ratio (kg) to transpiration (liters) in three levels (1/200, 1/300 and 1/400). Alternative solution of dry weight to transpiration ratio of 1/300 improved the leaf nutrient concentration of cucumber and had the maximum yield per plant. Adaptation of the ratio of instantaneous water requirement to dry matter transpiration ratio of test treatments allows the use of this index to determine the best concentration of alternative solutions based on the principle of mass flow in close hydroponic greenhouse cucumber without the need for re-measurement.

Keywords: Hydroponic culture, Nutrition, Nutrient solution formula, Greenhouse

* Corresponding author, Email: m.tadayon@areeo.ac.ir