اثر نیکل (Ni) و منابع مختلف نیتروژن بر رشد و نمو و خصوصیات کمی و کیفی خیار در سیستم آبکشت (هایدروپونیک)

رسول آذرمی، سید جلال طباطبایی، علیرضا مطلبی و احمد بابیوردی[1*]

چکیده

نیکل (Ni) یکی از عناصری است که در متابولیسم نیتروژن در گیاه نقش دارد. به منظور بررسی تأثیر نیکل بر رشد و نمو و خصوصیات کمی و کیفی خیار تغذیه شده با منابع مختلف نیتروژن (اوره و نیترات آمونیوم) و غلظتهای مختلف نیکل (1، 0/5، 0 میلی‌گرم در لیتر) آزمایشی با طرح فاکتوریل در 4 تکرار و در دو رقم خیار به نامهای سینا و ویکیما در تیر ماه 1383 در گلخانه آبکشت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گردید. غلظت نیتروژن کل در محلول غذایی 200 میلی‌گرم در لیتر از منابع مختلف نیتروژن بود. گیاهان به مدت 6 ماه نگهداری و هر هفته دوبار میوه‌ها برداشت و توزین شدند. در آخر آزمایش دو بوته از هر واحد آزمایشی برداشت و تعداد برگ و میوه شمارش و همچنین مقدار فتوسنتز، غلظت نیتروژن کل، سطح برگ، وزن تر و خشک میوه‌ها اندازه‌گیری شد. ویژگیهای کیفی خیار از قبیل مواد جامد محلول، pH، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) آب میوه و رنگ میوه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر سطوح مختلف نیکل بر عملکرد (بر حسب وزن تر میوه) در رقم ویکیما معنی دار بود ولی در رقم سیناً معنی دار نشد. حداکثر عملکرد در رقم ویکیما در غلظت 0/5 میلیگرم در لیتر نیکل با منبع اوره، 1/45 کیلوگرم و با منبع نیترات آمونیوم، 1/53 کیلوگرم در بوته بود. مقدار وزن خشک در رقم ویکیما تغذیه شده با اوره و نیکل 0/5 میلی‌گرم در لیتر 16/5% بیشتر از تیمار بدون نیکل بود، با اینحال در همین رقم در تغذیه نیترات آمونیومی مقدار ماده خشک با افزایش نیکل کاهش یافت. غلظت نیکل برگ با افزایش غلظت نیکل در محلول غذایی بطور معنی‌داری افزایش یافت و حداکثر غلظت نیکل در گیاهان تغذیه شده با نیترات آمونیوم و سطح نیکل 1 میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. غلظت نیکل در رقم سینا کمتر، ولی در رقم ویکیما تجمع نیکل بیشتر بود. تأثیر تیمارها بر رنگ میوه در رقم ویکیما معنی‌دار شد و گیاهان تغذیه شده با اوره و نیکل 0/5 میلی‌گرم در لیتر پررنگ‌تر بودند. در رقم سینا نوع کود نیتروژنه بر EC آب میوه تأثیر معنی‌داری داشت. افزایش غلظت نیکل تا 0/5 میلی‌گرم در لیتر در محلول غذائی حاوی اوره بعنوان منبع نیتروژن در بعضی ارقام مثل ویکیما تأثیر مثبت روی عملکرد خیار داشته ولی در بعضی ارقام مثل سینا نه تنها تاثیر مثبت نداشته بلکه باعث کاهش رشد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خیار، نیکل(Ni) ، نیتروژن، آبکشت (هایدروپونیک)، عملکرد و کیفیت

1- به ترتیب مدرس مرکز آموزش کشاورزی پارس آباد مغان، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی تبریز

* وصول: 84/4/24 و تصویب: 85/6/28

مقدمه

نیکل (Ni) به عنوان یک عنصر ضروری در گیاهان عالی شناخته شده است (خلدبرین و اسلام‌زاده، 1380). این عنصر در گیاهانی که در آنها اوره به عنوان منبع نیتروژن در محلول‌های غذایی استفاده می‌شود ضروری می‌باشد (روستایی، 1380). نیکل عنصر فلزی است که به آسانی توسط ریشه گیاهان جذب می‌شود. غلظت این متحرک بوده و خطر تجمع بیش از حد در اندام‌های گیاه وجود داشته و باعث کاهش ارزش فراورده‌های گیاهی می‌شود. غلظتهای بالای نیکل به‌دلیل تأثیرات سمی آن از رشد گیاه ممانعت می‌کند (Zdeneck, 1999) .علائم سمیت نیکل بصورت ظهور تعدادی از لکه‌های کوچک سیاه روی ساقه و قهوه‌ای شدن ریشه قابل رویت می‌باشد (Xue et al., 2000). آزمایشهای مختلف نشان داده است که هنگامی که اوره به عنوان منبع نیتروژن و بدون مصرف نیکل در محلول‌های غذایی استفاده شود فعالیت اندک آنزیم اوره آز منجر به سمیت اوره و کاهش رشد شده و عملکرد نیز کاهش می‌یابد و این ممکن است عمدتاً بخاطر سوختگی برگ یا نکروزه شدن نوک برگ باشد (Xue et al., 2000; Krogmeier et al., 1999). مصرف نیکل رشد گیاه و فعالیت آنزیم اوره آز را بیشتر از پنج برابر افزایش می‌دهد. مطالعات انجام شده نشان داد زمانی که اوره به عنوان منبع نیتروژن استفاده شود. غلظت نیتروژن کل برگ با مصرف نیکل بیشتر از بدون مصرف نیکل است که این نشان‌دهنده افزایش جذب اوره با مصرف نیکل می‌باشد.

مصرف نیکل در محلول غذایی حاوی اوره، غلظت نیتروژن بشکل اوره را کاهش ولی غلظت آمونیوم را افزایش داده، اما بر نیتروژن نیتراتی هیچ تأثیری نداشت (Nicoulaud and Bloom, 1998). آزمایشها نشان داده است که یک همبستگی تشدیدکنندگی بین مصرف نیکل در جذب نیترات و پتاسیم وجود دارد و سطح بالای نیکل در محلول غذایی باعث افزایش جذب پتاسیم و کاهش جذب سدیم می‌شود. ضمنا در غلظت‌های بالای نیکل، جذب کاتیون‌های دو ظرفیتی از قبیل منیزیم، آهن،. منگنز، مس و روی کاهش پیدا می‌کند (Watanabe et al., 1997). در گیاهانی که منبع نیتروژن آنها اوره است با مصرف نیکل وزن تر و خشک شاخه و ریشه افزایش پیدا می‌کند (Patrick et al., 1990).

شواهد ارائه شده توسط David و همکاران (1984) در غلات نشان داد که نیکل نقش مهمی در نمو تولید مثلی گیاه و در تشکیل دانه زنده ومعمولی دارد. سمیت نیکل بستگی به غلظت نیکل در محلول خاک و گونه گیاهی عنصر در بافت‌های گیاهی در حدود 0/05-0/5 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش شده است (قربانی و بابالار،1382). شواهدی که در مورد نقش نیکل در گیاهان بدست آمده نشان داده است که نیکل جزء فلزی آنزیم اوره آز است و این آنزیمی است که واکنش هیدرولیز اوره را به آمونیاک و دی‌اکسید کربن کاتالیز می‌کند (Gerendas and Sattelmacher, 1999). نیکل در گیاه دارد. بعضی از گونه‌های گیاهی به نیکل زیاد خاک مقاوم بوده بطوری که تجمع مقدار زیادی از نیکل در قسمت‌های هوایی، اثرات نامطلوب ایجاد نمی‌کند. سطوح سمی نیکل ممکن است موجب کاهش عملکرد و اختلال در الگوی جذب عناصر غذایی شود (Khalid and Tinsley, 1980). تازه‌ترین گزارشها در مورد پاسخ رشد به افزودن نیکل نشان داده است که کمبود نیکل اثرات منفی زیادی بر رشد و متابولیسم گیاه دارد. این اثرات شامل کاهش رشد گیاه، پیری زودرس، و کاهش جذب آهن می‌باشد. تحقیقات انجام یافته توسط Patrick و همکاران (1987) نشان داده است که نیکل ممکن است نقشی در سنتز فیتوالکسین یا مقاومت به بیماری داشته باشد. فقدان نیکل در محلول‌های غذایی باعث تجمع اوره در گیاه می‌شود و این افزایش غلظت موجب کاهش تولید ماده خشک و کاهش غلظت نیتروژن کل می‌شود و همچنین غلظت نیتروژن اسید آمینه محلول در شرایط کمبود نیکل کاهش می‌یابد (Gerendas and Sattelmacher, 1997). با توجه به مطالعات صورت گرفته مشخص می‌گردد که این عنصر یکی از اجزاء مهم در فرایندهای متابولیسمی گیاه است و لازم است به محلول‌های غذایی افزوده شود. اطلاعات در مورد تأثیر نیکل بر رشد و نمو خیار نه تنها در ایران بلکه در دنیا بسیار کم است و هدف از اجرای این آزمایش مطالعه تأثیر نیکل بر رشد و نمو و عملکرد و خصوصیات کیفی خیار در سیستم آبکشت بود.

مواد و روشها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در گلخانه هایدروپونیک اجرا شد. بذرهای F_1 خیار گلخانه‌ای در دو رقم سینا و ویکیما در اوایل تیرماه 1383 در ظروف کوچک پلاستیکی کاشته شده و در دمای ^0C 20 قرار گرفته و در اوسط مردادماه و با ظهور سومین برگ حقیقی به بستر کشت محتوی پرلایت و ورمی‌کولایت به نسبت 2:1 انتقال یافتند. بسترهای کشت بصورت مکعب مستطیل (^{cm} 10×20×100) و از جنس پلاستیک سفید مات بودند و در هر مکعب مستطیل یا بالشتک 3 بوته از هر رقم قرار گرفتند. فاصله کاشت cm 30×100 بود بطوری که تراکم

کاشت 3 بوته در متر مربع بدست آمد. آزمایش بصورت طرح فاکتوریل در 4 تکرار و 6 تیمار بود. دوشکل نیتروژن یعنی اوره و نیترات آمونیوم با سه غلظت نیکل ($mg\ L^{-1}$ 0، 0/5،1، 0) از منبع سولفات نیکل بعنوان تیمار انتخاب شدند. محلول غذایی از محلول غذائی هوگلند و آرنون (جدول1) تهیه و مقدار نیتروژن از منبع اوره و نیترات آمونیوم به غلظت ثابت 200 میلی‌گرم در لیتر اضافه گردید.

دمای گلخانه در حدود ^0C 3 ± 26 در روز و ^0C3 ± 22 در شب و محیط گلخانه با رطوبت نسبی 5 ±65% تنظیم شده بود. pH محلول غذایی در محدوده 6/5 با افزایش اسید نیتریک و اسید فسفریک و EC محلول در1/4 میلی زیمنس تنظیم شده بود و بطور مداوم در طول دوره رشد گیاه کنترل می‌شد. محلول‌های غذایی بصورت سیستم باز در اختیار گیاهان قرار می‌گرفت یعنی محلول زهکش شده مجدداً استفاده نمی‌شد. تعداد و مدت زمان آبیاری توسط یک تایمر دیجیتالی کنترل می‌شد.

برای ارزیابی عملکرد گیاهان به مدت 6 ماه نگهداری و هر هفته دوبار میوه‌های با وزن 70-50 گرم برداشت و توزین می‌شدند. در پایان آزمایش از هر دو رقم و از هر واحد آزمایشی یک بوته بطور تصادفی انتخاب نموده و از قسمت طوقه قطع کرده و تعداد برگ و تعداد میوه را شمارش نموده و سطح برگ نیز در دستگاه سطح برگ‌سنج (Li-Cor-Model Li-1300-USA) اندازه‌گیری شد. بعد از 1/5 ماه از اعمال تیمارها مقدار فتوسنتز به وسیله دستگاه فتوسنتز متر IRGA[1] (Walz, Model, 1010, Da, Germany) از ساعت 9-14 با غلظت CO_2 در محدوده 500 میلی‌گرم در لیتر و با شدت نور ثابت $800\ \mu molm^{-2}s^{-1}$ اندازه‌گیری شد. غلظت نیکل توسط دستگاه جذب اتمی در موسسه تحقیقات خاک و آب تهران از برگهای نسبتاً جوان اندازه‌گیری گردید و غلظت نیتروژن نیز براساس روش کجلدال در دستگاه (Foss Tecator 2040 Digestion) از برگهای تازه توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد.

خصوصیات کیفی میوه از قبیل رنگ میوه با بریدن یک لایه از پوست میوه‌های در مرحله بلوغ به تعداد 9 مرتبه توسط دستگاه کلروفیل متر (Minolta 550, SPAD, Japan) اندازه‌گیری شد. برای بررسی درصد مواد جامد محلول (TSS) دو گرم از میوه را توزین نموده و آب‌میوه آن را روی شیشه رفراکتومتر قرار داده و رفراکتومتر را به طرف نور گرفته و درصد مواد جامد محلول از روی آن خوانده می‌شود. pH و EC آب میوه به وسیله دستگاه pH متر و EC متر اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری pH و EC آب‌میوه، مقدار بیست گرم از میوه را توزین نموده سپس با آب به نسبت 10 :1 رقیق گردید. کلیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری های بالا توسط برنامه SAS تجزیه آماری و میانگین‌های حاصل با هم مقایسه شدند. نمودارها در برنامه Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف نیکل بر عملکرد (بر حسب وزن تر میوه) در رقم ویکیما معنی دار بود (نمودار 1) ولی در رقم سینا معنی دار نشد. حداکثر عملکرد در رقم ویکیما در غلظت 5/میلی گرم در لیتر با منبع اوره 1/45 کیلوگرم و با منبع نیترات آمونیوم 1/53 کیلوگرم در بوته بود. منابع مختلف نیتروژن بر عمکلرد در رقم ویکیما تأثیر معنی‌دار نداشت (نمودار 1). تأثیر سطوح مختلف نیکل با دو منبع اوره و نیترات آمونیم بر سایر خصوصیات کمی میوه در جدول 2 نشان داده شده است. وزن خشک میوه‌ها نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت بطوری که در رقم ویکیما تغذیه شده با اوره با افزایش غلظت نیکل مقدار وزن خشک افزایش یافت ولی در تغذیه نیترات آمونیومی مقدار ماده خشک با افزایش نیکل کاهش یافت (جدول 2). علت افزایش وزن خشک یا بطور کلی عملکرد را می‌توان بدین صورت توجیه نمود که در شرایط کمبود نیکل ؛ اسید آمینه‌ها در گیاه تجمع یافته و این ناشی از اختلال در متابولیسم نیتروژن و سنتز پروتئین است که این مطلب توسط Gerendas and Sattelmacher, (1999) نیز گزارش شده است. تأثیر غلظت نیکل و منابع ازت بر درصد ماده خشک و تعداد میوه معنی دار نبود.

نیتروژن کل در هر دو رقم از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول 3) با اینحال غلظت نیتروژن کل برگ در رقم ویکیما تغذیه شده با اوره و با نیکل 0/5 میلی‌گرم در لیتر بیشتر بود. شدت فتوسنتز نیز از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول 3). بعضی از فرایندهای بیوشیمیائی و فیزیولوژیکی از قبیل فعالیت فتوسنتز برگ، تنفس و مقدار کلروفیل برگ در غلظت‌های زیاد نیکل تغییر می‌کند (Gerendas et al., 2002). تیمارهای مختلف نیکل و نیتروژن بر سطح برگ در هر دو رقم تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول 3). بطوری که در رقم ویکیما تغذیه شده با اوره و غلظت نیکل 0 و 0/5 میلی گرم در لیترحداکثر سطح برگ و در رقم سینا 1 و 0/5 میلی گرم در لیتر حداکثر سطح برگ را تولید نمودند. در غلظت 1 میلی‌گرم در لیتر در رقم ویکیما تغذیه شده با اوره و در رقم سینا تغذیه شده با نیترات آمونیوم مقدار سطح برگ بشدت کاهش یافت. این کاهش احتمالاً به خاطر مسمومیت غلظت بالای نیکل و جلوگیری از تقسیم

1- Infra –red gas analyzer

و رشد سلول باشد که این تیمارها حداقل سطح برگ را داشتند. یکی از دلایل بالا بودن عملکرد در غلظت 0/5 میلی‌گرم نیکل و منبع نیتروژنه اوره را میتوان به افزایش سطح برگ بعنوان منابع فتوسنتزی ربط داد.

غلظت نیکل برگ بستگی به مقدار نیکل موجود در محلول غذایی و رقم دارد. بطوری که در هر دو رقم با افزایش غلظت نیکل محلول غذایی؛ غلظت نیکل برگ افزایش یافت. کمترین غلظت نیکل در محلول غذایی اوره و بدون نیکل حاصل شد. این مطلب بیانگر آن است که نیکل جزء فلزی آنزیم اوره آز بوده و بر اثر هیدرولیز اوره غلظت آن در برگ کاهش می‌یابد و همچنین نتایج نشان می‌دهد که رقم ویکیما نسبت به رقم سینا به نیکل واکنش مثبت نشان می‌دهد و مقدار بیشتری از نیکل در برگ تجمع می‌یابد. دلیل دیگر احتمالاً ناشی از رشد کمتر رقم ویکیما بوده که باعث تجمع بیشتر نیکل در برگ شده است. که این یافته در کاهو نیز توسط محققان دیگر نیز به اثبات رسیده است و آنان نیز بیان داشتند که تجمع بیشتر نیکل در کاهو در مقایسه با گوجه فرنگی ناشی از رشد کمتر کاهو می‌باشد. (Zdeneck, 1999).

بعضی از خصوصیات کیفی میوه از قبیل EC از نظر آماری در رقم سینا معنی‌دار بود. افزایش قابلیت هدایت الکتریکی محلول غذایی از طریق افزودن عناصر پرمصرف (NO_3^- ، NH_4^+ ، K^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، $H_2Po_4^-$ ، So_4^{--}) در محلول غذایی کیفیت بیرونی و درونی میوه را بهبود می‌بخشد. در چنین شرایطی میوه از خصوصیات چشایی و تغذیه‌ای بهتری برخوردار هستند بطور کلی گیاهان تیمار شده با نیترات آمونیوم EC بیشتری نسبت به گیاهان تغذیه شده با اوره داشتند و این شاید بخاطر افزایش فشار اسمزی محلول غذائی باشد که بر اثر تغذیه با نیترات آمونیوم بعنوان نمک معدنی ایجاد می‌شد(جدول 4).

مقدار مواد جامد محلول و pH آب‌میوه تحت تأثیر تیمارهای نیکل قرار نگرفت ولی نیترات آمونیوم مقدار مواد جامد محلول را افزایش دادند (نمودار 3). منابع کود نیتروژن غلظت نیترات، پتاسیم و کربوکسیلات‌های ذخیره‌ای موثر هستند و از نظر کمی در اسمز مهم هستند (Gerendas and Sattelmacher, 1999).

از خصوصیات کیفی مهم خیار، رنگ میوه می‌باشد اثر متقابل منبع نیتروژن و نیکل در رقم از لحاظ آماری نیز معنی دار شد. به‌طوری که خیارها در گیاهان تغذیه شده با منبع اوره و نیکل 0/5 میلی‌گرم در لیتر و همچنین گیاهان تیمار شده با منبع نیترات آمونیوم و سطوح نیکل صفر میلی‌گرم در لیتر رنگ تیره‌تری داشتند (نمودار 4). مطالعات نشان داده است گیاهان تغذیه شده با اوره به همراه نیکل رشد گیاه و شاخص کلروفیل را افزایش داده است. این افزایش رشد و شاخص کلروفیل در ارتباط با هیدرولیز اوره بوده که باعث افزایش نیتروژن کل می‌شود و دلیل عمده افزایش غلظت کلروفیل این است که نیتروژن یکی از ترکیبات مهم ساختمان کلروفیل می‌باشد (Gerendas, and Sattelmacher, 1998).

پیشنهادات

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت نیکل تا 0/5 میلی‌گرم در لیتر در محلول غذائی حاوی اوره بعنوان منبع نیتروژن در بعضی ارقام تأثیر مثبت روی عملکرد خیار داشته ولی در بعضی ارقام افزودن نیکل نه تنها تاثیر مثبت نداشته بلکه تاثیر کاهندگی رشد را نیز بدنبال دارد. بنظر میرسد غلظت نیکل به مقدار 1 میلی‌گرم در لیتر در محلول غذائی تاثیر سمیت بر روی فرایندهای رشد و نمو داشته باشد. لازم به ذکر است که نیکل به عنوان یک فلز سنگین محسوب می‌شود و در مصرف آن بایستی دقت نمود و لازم است غلظت آن در میوه‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات سرکار خانمها سیدلر فاطمی، طهماسب‌پور، قلی وندان، محمدی ،یوسفی و آقای احمد بابازاده به لحاظ همکاری تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول 1- ترکیب محلول غذایی برای محیط کشت خیار

عنصر	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
غلظت($mg\ L^{-1}$)	31	234	200	48	0/5	0/02	5	0/5	0/01	0/05

جدول 2- اثر تیمارهای مختلف بر روی خصوصیات کمی میوه

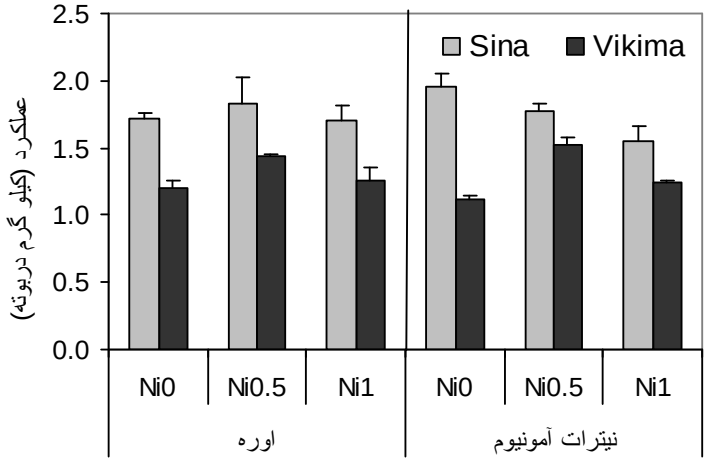
تیمارها		وزن خشک میوه(گرم)		ماده خشک میوه(%)		تعداد میوه در هر گیاه	
		ویکیما	سینا	ویکیما	سینا	ویکیما	سینا
اوره	0	3/63 b	4/92a	5/14	5/53	20/00	34/66
	0/5	4/23 a	4/06ab	5/11	5/44	22/33	34/00
	1	3/74 ab	3/44 b	5/00	5/70	20/33	34/66
نیترات آمونیوم	0	3/91a	4/39a	5/05	5/21	17/66	35/66
	0/5	3/37 ab	4/28a	5/17	5/40	25/00	34/66
	1	3/3 b	3/65 b	5/99	5/59	20/33	34/00
		*	*	Ns	ns	ns	ns

*: در سطح احتمال 5% معنی‌دار و ** در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار هستند.

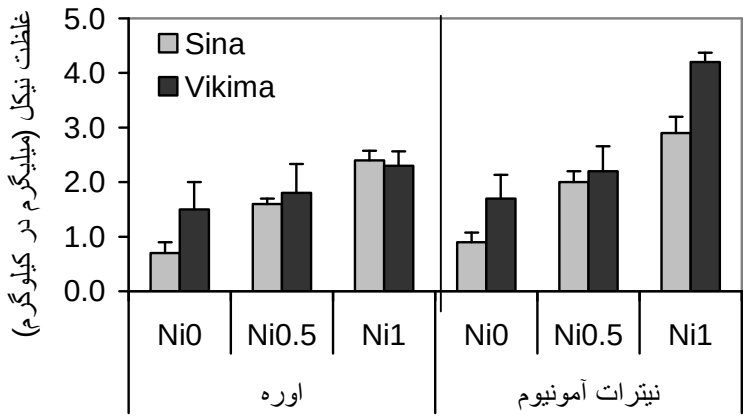
جدول 3- اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات رشد و نموی گیاه

تیمارها		نیتروژن کل (% ماده خشک)		فتوسنتز $(\mu molm^{-2}s^{-1})$		سطح برگ (cm^2)	
		ویکیما	سینا	ویکیما	سینا	ویکیما	سینا
اوره	0	3/68	4/20	2/74	3/22	6595/80 a	6566/30 b
	0/5	4/64	3/98	2/85	3/17	6668/00a	6817/20 a
	1	4/00	3/64	2/78	1/7	6253/1 b	6746/00 ab
نیترات آمونیوم	0	3/66	4/13	2/79	1/45	6416/90 a	7867/90 a
	0/5	3/84	3/59	2/13	1/91	6408/80 a	7757/70 a
	1	3/57	4/19	½	2/72	6476/30 a	7427/40 b
		n.s	n.s	n.s	n.s	*	*

* در سطح احتمال 5% معنی‌دار و ** در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار هستند.



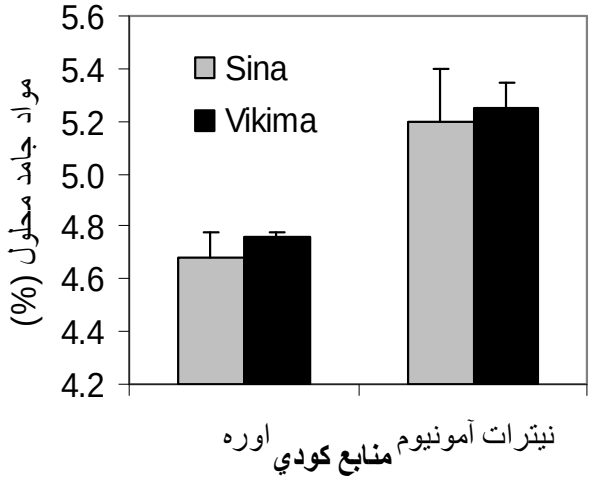
نمودار 1- تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد



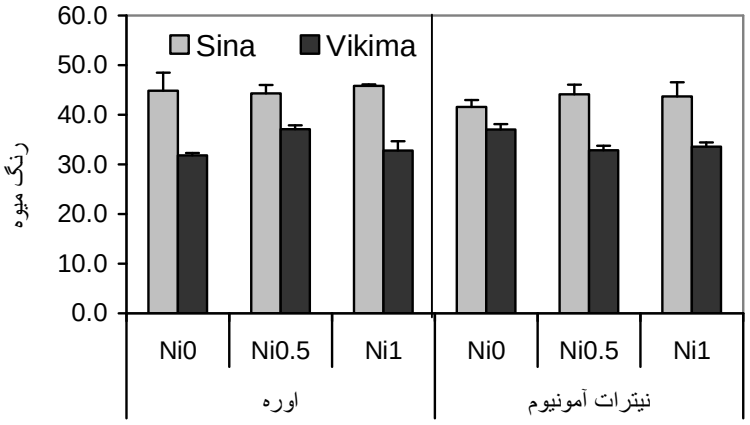
نمودار 2- تأثیر غلظت نیکل محلول غذائی بر غلظت نیکل برگ

جدول 4- اثرات تیمار مختلف بر خصوصیات کیفی میوه

pH		EC $(mS\ cm^{-1})$		TSS(%)		تیمارها	
سینا	ویکیما	سینا	ویکیما	سینا	ویکیما		
5/68	5/53	0/53[b]	0/61	4/87	4/5	0	اوره
5/64	5/58	0/52[b]	0/56	4/68	4/87	0/5	
5/61	5/44	0/55[a]	0/53	4/68	5	1	
5/78	5/53	0/59[b]	0/6	5/06	5/37	0	نیترات آمونیوم
5/77	5/55	0/56[b]	0/56	5/12	5/18	0/5	
5/75	5/53	0/61[a]	0/59	5/31	5/12	1	
n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s		



نمودار3- تأثیر منابع کودی روی مقدار مواد جامد محلول در خیار



نمودار4- اثر سطوح مختلف نیکل بر شاخص رنگ میوه

فهرست منابع:

1. خلدبرین، بهمن . اسلام‌زاده، طاهره. 1380. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
2. قربانی، مه‌لقا. بابالار، مصباح. 1382 . تغذیه معدنی گیاهان (تالیف). انتشارات دانشگاه تربیت معلم.
3. روستایی، علی. 1380. کشت گیاهان بیرون از خاک (ترجمه) . انتشارات موسسه نشر جهاد.
4. Gerendas, T. and B. Sattelmacher. 1999. Influence of Nisupply on growth an metabolism of *Brassica nappus* L. grown with NH_4NO_3 or urea as N Source, Ann Bot. 83: 65-71
5. Zdeneck, P. 1999. Influence of nickel contaminated soils on lettuce and tomatoes, Scientia Hort., 81: 243-250
6. Gerendas, T., Z. Zhu and B. Sattelmacher. 1998. Influence of N and Ni supply on nitrogen metabolism and urease activity in rice (*Oryza sativa*). J. Exp. Bot., 49: 1545-1554.
7. Xue, W., T. Hideo and I. Masayukio. 2000. Effect of nickel concentration in the nutrient solution on the nitrogen assimilation and growth of tomato seedling in hydroponic culture supplied with urea or nitrate as the sole nitrogen source, Scientia Hort., 84: 265-273
8. Nicoulaud, B. and A. T. Bloom. 1998. Nickel supplements improve growth when foliar urea is the sole nitrogen source for tomato. J Am. Soci. Hort. Sci., 123: 556-559
9. Watanabe, Y., S. Wada, A. Koide, M. Watanable, and N. Shimada. 1997. Effect of urea as nitrogen source in hydroponic culture on growth and mineral content of tomato plant. Technical Bulletin of Faculty of Horticulture. 51: 15-19
10. Krogmeier, M. T., G. W. Mccarty, D. R. Shogren and T. M. Bremner. 1991. Effect of nickel deficiency in soybeanms on the phytotoxicity of foliar- applied urea. Plant and soil 135: 283-286
11. Patrick, H., R. Brown, M. Welch and E. C. Earle. 1987. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. Plant Physio., 85: 801-803
12. Khalid, B. Y. and T. Tinsley. 1980. Some effects of nickel toxicity on rye grass. Plant Physio., 55: 139-144
13. Patrick, H., R. Brown, M. Welch and T. Madison. 1990. Effect of nickel deficiency on soluble anion, amino acid, and nitrogen leveds in barley. Plant and Soil. 125: 19-27
14. Gerendas, T. and B. Sattelmacher. 1997. Significance of Ni supply for growth, urease activity and the concentrations of urea, amino acids and mineral nutrients of urea –grown plants. Plant and Soil. 190(1): 153-162

15. David, L., M.Welch and A. N.Wendell. 1984. Nickel in high plants. Plant Plysio., 76: 691-693
16. Gerendas T., C. Toseph S., Polacco, K. Freyermuth and B. Sattelmacher. 2000. Significance of nickel for plant growth and metabolism. J. Plant Nut. Soil Sci., 162: 241-256