واکنش‌های رشد و فتوسنتزی داوودی به محلول‌پاشی سیلیکات سدیم و کلسیم

هادی حاجی پور و زهره جبارزاده*

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٣/٣١، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٤/١١/١٤)

چکیده:

سیلیکون یک عنصر شیمیایی است که اثرات مثبت زیادی بر ویژگی های کمی و کیفی بسیاری از گونه‌های گیاهی از جمله گیاهان زینتی دارد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر محلول پاشی سیلیکون بر ویژگی های رشدی و فتوسنتزی داوودی بود. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور نوع سیلیکات به دو صورت (سیلیکات سدیم و کلسیم) و غلظت سیلیکات در ٥ سطح (٠، ٥٠، ١٠٠، ١٥٠و٢٠٠ میلی گرم در لیتر) در محیط کشت کوکوپیت – پرلیت (1:1 V/V) با ٣ تکرار و ٢ مشاهده انجام شد. شاخص‌هایی نظیر سطح برگ، تعداد برگ، دمای برگ، وزن تر و خشک برگ، شاخص کلروفیل، کلروفیل a و b، فتوسنتز خالص، تعرق و هدایت روزنه‌ای اندازه گیری شد. نتایج نشان داد سیلیکات سدیم و کلسیم باعث کاهش دمای برگ و افزایش سایر شاخص های اندازه گیری شده نسبت به شاهد شدند. اثر سیلیکون در این شاخص‌ها ممکن است به دلیل اثر آن بر سیستم متابولیسم و فتوسنتزی گیاه نظیر اثر بر غلظت آنزیم روبیسکو، افزایش انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به طرف مخزن، افزایش کارایی فتوسنتزی، تغییر توزیع مواد فتوسنتزی، کاهش مواد اکسیداتیو، افزایش ذخیره کربوهیدراتی و تغییر سطوح داخلی هورمون‌ها باشد.

کلمات کلیدی: داوودی، کوکوپیت: پرلیت، کلروفیل، فتوسنتز، سطح برگ

مقدمه:

داودی با نام علمی (*Dendranthema ×grandiflorum*) به عنوان یکی از گیاهان مهم زینتی از تیره Asteraceae می‌باشد. موفقیت در کشت این گیاه به علت تنوع زیاد ارقام با رنگ ها و شکل‌های مختلف گل آذین می‌باشد (Barbosa, 2003). داوودی جزء مهمترین گل‌های بریدنی دنیا است. این گیاه جزء یکی از پر فروش ترین گل‌های بریدنی، گیاهان گلدانی و گیاهان فضای سبز در سراسر جهان است (Song *et al*., 2011).

سیلیکون یک عنصر شیمیایی است که کاربرد آن به طور گسترده در کشاورزی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. خاک به طور متوسط شامل ٣١ درصد سیلیکون به شکل سیلیکا (SiO_2) است (Epstein, 1999). جذب Si در گیاهان به شکل اسید سیلیس محلول $Si(OH)_4$ است که در خاک در محدوده ی ٠/١ تا ٠/٦ میلی مولار یافت می شود (Epstein, 1994). عامل دیگر حلالیت سیلیکون در خاک، pH محیط کشت است (Janislampi, 2012). سیلیکون به ویژه در کشت‌های گلخانه ای فاقد خاک که حاوی Si نیستند، مهم است. در گیاهان غلظت سیلیکون ٠/١ تا ١٠ درصد وزن خشک گیاه است. سیلیکون در بیشتر گیاهان در مقادیر کم یا زیاد جذب می‌شود (Epstein and Bloom, 2005). به طور کلی تک لپه‌ای ها سیلیکون بیشتری (١٥-١٠٪) در مقایسه با دو لپه‌ای ها (٠/٥درصد یا کمتر) دارند (Hodson *et al*., 2005). به دلیل

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]

خواص فیزیولوژیکی مفید سیلیکون در محصولات باغی، مصرف آن روز به روز در حال افزایش است (Frantz *et al*., 2008). سیلیکون به عنوان یک عنصر مفید اثرات مثبت مختلفی شامل کاهش اثر تنش‌های زیستی و غیر زیستی، کاهش تبخیر و تعرق و افزایش فاکتور هایی نظیرکارایی فتوسنتزی، قطر ساقه، سطح برگ و قطر گل دارد (Fauteux *et al*., 2005). سیلیکون باعث افزایش ۵۲ درصدی سطح برگ های اطلسی ایرانی در مقایسه با شاهد شد (بیات و همکاران، ۱۳۹۱). در پژوهشی تیمار داوودی با سیلیکون باعث افزایش وزن تر و خشک برگ ها نسبت به گیاهانی که سیلیکون دریافت نکرده بودند، شد (Carvalho- Zanao *et al*., 2012). کاربرد Si باعث افزایش شاخص کلروفیل داوودی (Sivanesan *et al*., 2013) و تحریک تولید کلروفیل و حفاظت از سیستم‌های فتوسنتزی می شود (Avila *et al*., 2010). سیلیکون یک عنصر مهم در زنجیره فتوسنتزی می‌باشد (Korndorfer and Lepsch, 2001). تیمار سیلیکون باعث افزایش هدایت روزنه‌ای، ماکزیمم کارایی فتوسیستم ۲ و فتوسنتز اطلسی ایرانی شد (بیات و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به موارد فوق، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی و فتوسنتزی داوودی در محیط کشت کوکوپیت–پرلیت انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور نوع سیلیکات به دو صورت (سیلیکات سدیم و کلسیم) و غلظت سیلیکات در ۵ سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و۲۰۰ میلی گرم در لیتر) در محیط کشت کوکوپیت – پرلیت (1:1 V/V) در ۳ تکرار و ۲ مشاهده انجام شد. قلمه‌های ریشه دار شده داوودی به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی متر و ارتفاع ۱۲ سانتی متر منتقل شدند. گیاهان در گلخانه تحت شرایط دمایی حدود ۱۷/۱٤ سانتی گراد (شب/روز) و با شدت نور ٤۰۰۰ – ۳۰۰۰ لوکس و رطوبت نسبی ۷۰–٦۵ درصد قرار گرفتند. محلول پاشی سیلیکات سدیم و کلسیم به صورت هفتگی به مدت ۱۰ هفته انجام شد. همچنین طی این مدت محلول غذایی استاندارد یک چهارم غلظت هوگلند به صورت هفتگی به محیط کشت حاوی پرلیت – کوکوپیت اضافه شد. به منظور بررسی ویژگی های رویشی گیاهان مورد آزمایش، صفاتی نظیر سطح برگ توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ (Leaf Area Meter. Am200)، دمای برگ (از هر گلدان به صورت تصادفی ٤ برگ از بالا و پایین بوته انتخاب و توسط دماسنج مادون قرمز (مدل ۸۸۸۹ ساخت تایوان) به صورت عمودی در فاصله ۱۰ سانتی متری قرائت شد)، وزن تر و خشک برگ ها به کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم)، شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفیل سنج مدل CCM-200، فتوسنتز، دی اکسید کربن تبادلی و هدایت روزنه ای توسط فتوسنتزسنج مدل (Walz, HCM- 1000) ساخت آلمان اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری رنگیزه کلروفیل از روش Lichtenthaler and Wellburn (۱۹۸۵) استفاده شد. بدین منظور، ۰/۱ گرم از وزن‌تر برگ (برگ‌های توسعه یافته انتهایی) به همراه پنج میلی لیتر استون ۱۰۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۵۰۰ دور، سانتریفیوژ شد. سپس جذب فاز بالایی هر یک از نمونه های سانتریفیوژ شده توسط اسپکتروفتومتر در طول موج های ٦٦۲ نانومتر و ٦٤۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه کلروفیل a و کلروفیل b از فرمول‌های زیر استفاده شد:

$$Chl\ a = 11.75\ A_{662} - 2.350\ A_{645}$$
$$Chl\ b = 18.61\ A_{645} - 3.960\ A_{662}$$

در این رابطه Chl a و Chl b به ترتیب غلظت کلروفیل a و کلروفیل b می باشد (A میزان جذب خوانده شده در هر طول موج توسط اسپکتروفتومتر می باشد).

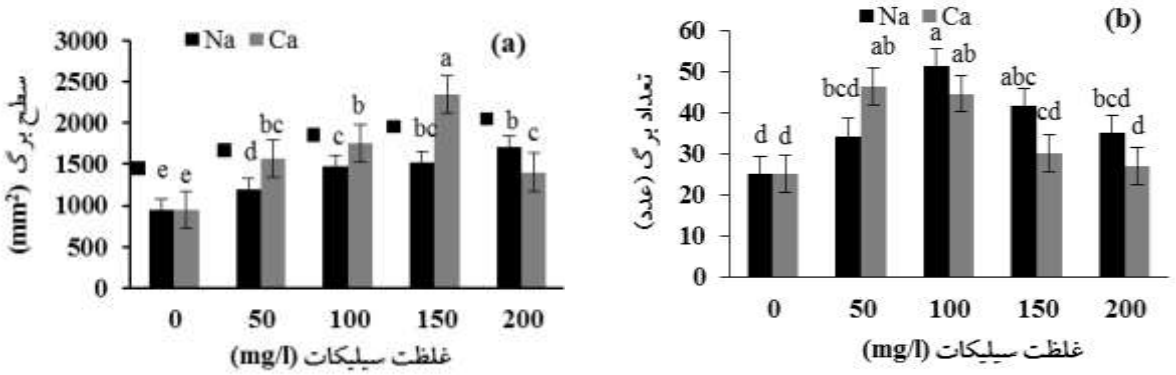
تجزیه و تحلیل آماری داده های آزمایش به کمک نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ انجام شد.

نتایج و بحث:

سطح برگ: نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل 1a) نشان می‌دهد که بیشترین سطح برگ (۲۳۵۱/۳۳ میلیمتر مربع) در محیط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]



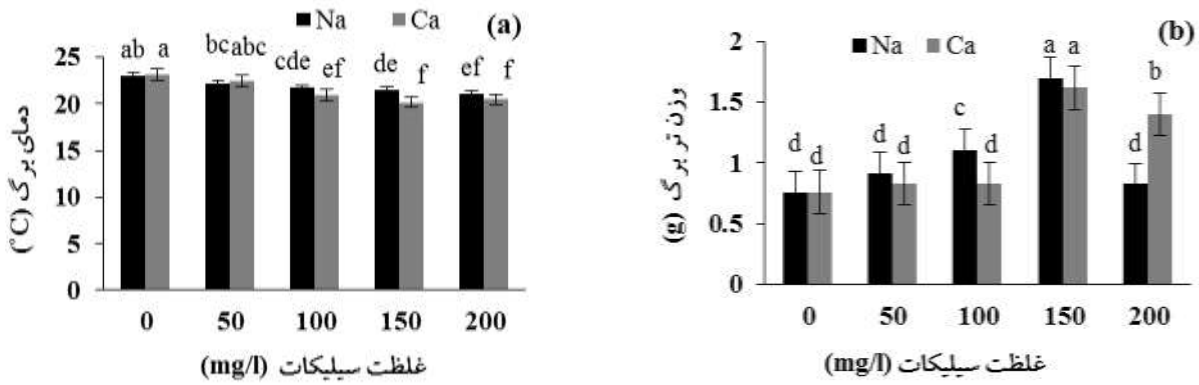
شکل ۱- اثرات متقابل نوع و غلظت سیلیکات بر سطح برگ (a) و تعداد برگ (b) داوودی در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت
حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

کشت کوکوپیت- پرلیت در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم بدست آمد. در هر دو تیمار سیلیکات کلسیم و سدیم با افزایش غلظت سیلیکون تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سطح برگ افزایش یافت، ولی در ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکون، مقداری کاهش در سطح برگ نسبت به تیمارهای سیلیکون مشاهده شد که این کاهش در غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم معنی‌دار بود. سیلیکون در متابولیسم دیواره سلولی و در گسترش و بزرگ شدن سلولی نقش دارد (Romero- Aranda *et al*., 2006)، همچنین با افزایش کشیدگی سلول‌های برگ و افزایش انتقال آب به سلول‌های برگی، زمینه را برای گسترش سطح برگ فراهم می‌کند. این عنصر با افزایش کارایی مصرف آب و بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ باعث افزایش فشار تورژسانس و افزایش اندازه برگ می‌شود (فاطمی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج این بررسی در افزایش سطح برگ با یافته‌های Reezi و همکاران (۲۰۰۹) در رز، Weerahewa (۲۰۱۳) در ارکیده و بیات و همکاران (۱۳۹۱) در اطلسی ایرانی مطابقت داشت.

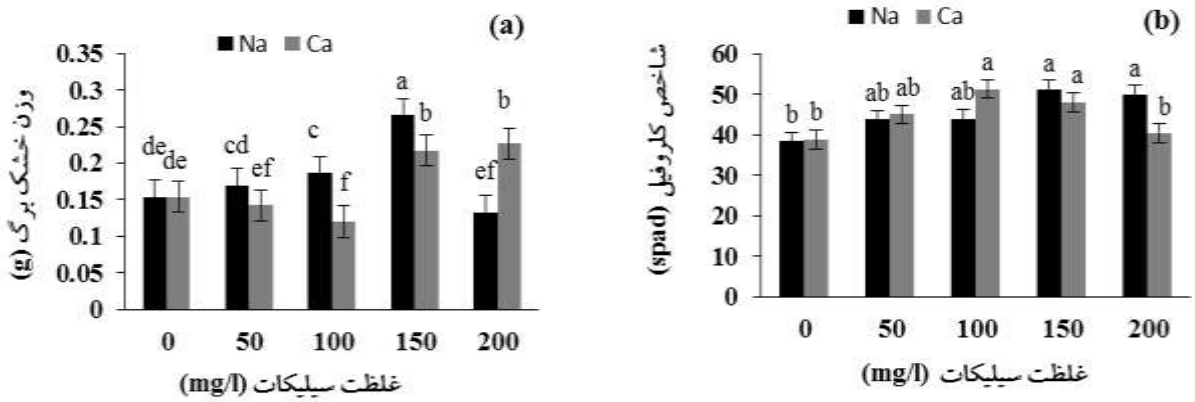
تعداد برگ: مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل نوع و غلظت سیلیکات (شکل 1b) نشان می‌دهد که بیشترین تعداد برگ‌ها در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم مشاهده شد. با افزایش غلظت سیلیکات سدیم تا ۲۰۰ میلی گرم در لیتر ، تعداد برگ‌ها کاهش می‌یابد، ولی این تعداد نسبت به سطوح ۵۰ میلی گرم در لیتر و شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند. گیاهان برای اینکه قادر به تولید گل باشند، باید به مرحله‌ای از رشد رویشی برسند. گیاهانی که با سیلیکون تیمار شده‌اند، توانایی گل‌دهی زود هنگام با گل‌های بزرگ‌تر و عمر گل زیاد تر را دارند (Kamenidou *et al*., 2008)، بنابراین باید برای ایجاد این ویژگی‌ها، ذخیره کربوهیدرات لازم و کارایی فتوسنتزی بیشتری داشته باشند که گیاه می‌تواند این کار را با افزایش برگ‌های خود انجام دهد. نرخ فتوسنتز هم با حضور سیلیکون افزایش می‌یابد که منجر به افزایش تعداد و سطح برگ می شود (بیات و همکاران، ۱۳۹۱ ;Amador *et al*., 2007). گزارش های Bharwana و همکاران (۲۰۱۳) و نیز Mali و Aery (۲۰۰۹) مبنی بر افزایش تعداد برگ توسط تیمار سیلیکون با نتایج گرفته شده در این پژوهش مطابقت داشت.

دمای برگ: افزایش غلظت سیلیکات باعث کاهش دمای برگ‌های داوودی شد. در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت (شکل 2a) کمترین میزان دمای برگ (۲۰/۱۶ سانتیگراد) در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد. بررسی ها نشان داد که رسوب سیلیکون در پهنک برگ باعث کاهش دمای برگ شده و یک سیستم خنک کننده در گیاه القاء می‌کند (Wang *et al*., 2005). همچنین شواهدی وجود دارد که سیلیکون ممکن است در تنظیم اسمزی گیاهان نقش داشته باشد. این امکان وجود دارد که سیلیکون به عنوان آنتن عمل کرده و طول موج‌های کوتاه را جذب کرده و طول موج‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]



شکل ۲- اثرات متقابل نوع و غلظت سیلیکات بر دمای برگ (a) و وزن تر برگ (b) در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت
حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ۳- اثرات متقابل نوع و غلظت سیلیکات بر وزن خشک برگ (a) و شاخص کلروفیل (b) داوودی در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت
حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

بلند را منتشر کند که از این طریق به خنک شدن برگ کمک کند (Janislampi, 2012). با این حال این امکان وجود دارد که رسوب سیلیکون در کرک‌های برگ، لایه مرزی اتمسفر – برگ را افزایش دهد و بنابراین یک گرادیان انتقال انرژی بزرگتر ایجاد شود و در نتیجه دمای برگ کم شود (Janislampi, 2012).

وزن تر و خشک برگ: نتایج مقایسه میانگین های مربوط به کاربرد سیلیکات‌های کلسیم و سدیم (شکل ۲b) نشان می دهد که در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت تا غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر در هر دو نوع سیلیکات، روند افزایشی وزن تر برگ به صورت مثبت بود (هر چند که در تیمار سیلیکات کلسیم بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت) و در تیمار ۲۰۰ میلی گرم در لیتر مقدار جزئی کاهش وزن‌تر برگ دیده شد. در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت بین تیمارهای سیلیکات کلسیم و سدیم، بیشترین میزان وزن خشک برگ گل‌های داوودی مورد بررسی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم با (۰/۲۶۶ گرم) بود که افزایش حدود ۴۰ درصدی نسبت به شاهد (۰/۱۵۰ گرم) مشاهده شد. برتری سیلیکات سدیم نسبت به سیلیکات کلسیم در افزایش میزان وزن‌تر و خشک برگ را می‌توان به حلالیت بیشتر سیلیکات سدیم نسبت به سیلیکات کلسیم در بافت‌های گیاهی نسبت داد (شکل ۳a). سیلیکون با افزایش میزان کارایی فتوسنتز، افزایش دی اکسید کربن قابل تبادل، افزایش کلروفیل و میزان کربوهیدرات، باعث افزایش تولیدات و ذخایر برگی می‌شود (Vasanthi *et al*., 2012) که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]

احتمالاً از این طریق باعث افزایش وزن‌تر و خشک برگ‌ها می‌شود. علاوه بر این، سیلیکون با رسوب در بافت‌های اپیدرمی برگی (Ma and Takahashi, 2002) باعث افزایش ضخامت برگ و به دنبال آن افزایش وزن‌تر و خشک برگ می شود. سیلیکون با افزایش سطح برگ تأثیر مستقیمی در افزایش وزن‌تر و خشک برگ دارد. سیلیکون با اثر بر جذب نیتروژن (سیلیکون باعث افزایش NH_3 و افزایش تشکیل گره و تثبیت N_2 در گیاهان تثبیت کننده نیتروژن می‌شود (Dakora, 2005) و آسیمیلاسیون کربن، وزن تر و خشک برگ را افزایش می دهد (Anser *et al.*, 2012). در این پژوهش افزایش وزن تر برگ داوودی در اثر کاربرد سیلیکات با نتایج Linjuan و همکاران (۱۹۹۹) در بنت گراس خزنده (*Creepingben bentgrass*) و زویشیا (*Zoysia grass*) و با نتایج Carvalho-Zanao و همکاران (۲۰۱۲) در داوودی تطابق دارد.

شاخص کلروفیل (SPAD): مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل نوع و غلظت سیلیکات (شکل ۳b)نشان می‌دهد که کاربرد سیلیکون باعث افزایش شاخص کلروفیل می‌شود، به طوری که بیشترین شاخص کلروفیل در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم (۵۱/۱۳ SPAD) مشاهده شد. از آنجا که سیلیکون باعث افزایش تأمین مواد مغذی از جمله منیزیم و تعادل عناصر پرمقدار و کم مقدار می‌شود (Abdalla, 2010) و با توجه به اینکه منیزیم در ساختار کلروفیل نقش اساسی دارد، می توان افزایش کلروفیل را در برگهای گیاهان تحت تیمار سیلیکون انتظار داشت. سیلیکون سطح نیتروژن برگ را افزایش داده (Savvas *et al.*, 2002)، در نتیجه باعث افزایش کلروفیل می‌شود. سیلیکون با افزایش کارایی فتوسیستم ۲ باعث افزایش شاخص کلروفیل می‌شود (Watanabe *et al.*, 2002). نتایج پژوهش حاضر، نتایج پژوهش Savvas و همکاران (۲۰۰۹) که گزارش کردند کاربرد ۱ میلی مولار سیلیکون باعث افزایش شاخص کلروفیل در آهار می‌شود را تایید می‌کند. مشابه این نتایج، در پژوهش دیگری Sivanesan و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد Si باعث افزایش شاخص کلروفیل در داوودی شده است.

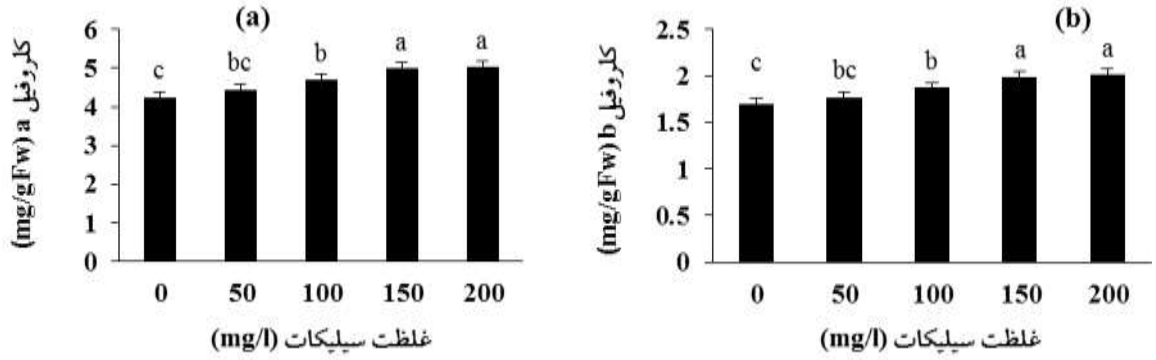
کلروفیل a و b: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثرات اصلی غلظت سیلیکات در سطح ۱ درصد بر میزان کلروفیل a و b معنی دار شد و بقیه اثرات اصلی و متقابل بر میزان کلروفیل a و b معنی‌دار نشدند. غلظت های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات، باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a شدند، البته بین غلظت های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات در افزایش میزان کلروفیل a تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ٤a). بیشترین میزان کلروفیل b (۲/۱ میلی گرم در گرم وزن تر) نیز در غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ٤b). قبلاً نیز گزارش شده بود که سیلیکون باعث افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می شود (Adatia and Besford, 1986). در اثر فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو، میزان کلروفیل a در غشای تیلاکوئید کاهش می‌یابد. سیلیکون با افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی باعث کاهش اکسیداسیون در غشای تیلاکوئید شده و در نتیجه باعث افزایش کلروفیل a و b می‌شود (Gandul-Rojas *et al.*, 2004) . سیلیکون با افزایش جذب N که یک عنصر ضروری در تشکیل مولکول های کلروفیل است، باعث افزایش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ می‌شود (Watanabe *et al.*, 2002). آلفا آمینولولینات (Aminolevulinate) پیش ماده تولید کلروفیل است (Siqueira *et al.*, 1999). احتمالاً سیلیکون با افزایش این ماده باعث افزایش میزان کلروفیل در بافت‌های گیاهی می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات Locarno و همکاران (۲۰۱۱) در رز که نشان داد میزان کلروفیل در اثر تیمار سیلیکون افزایش می‌یابد، مطابقت دارد.

فتوسنتز خالص: نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به کاربرد سیلیکات نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میزان فتوسنتز خالص گیاهان داوودی بررسی شده به ترتیب در تیمارهای ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و شاهد سیلیکات سدیم بود (شکل ٥a).

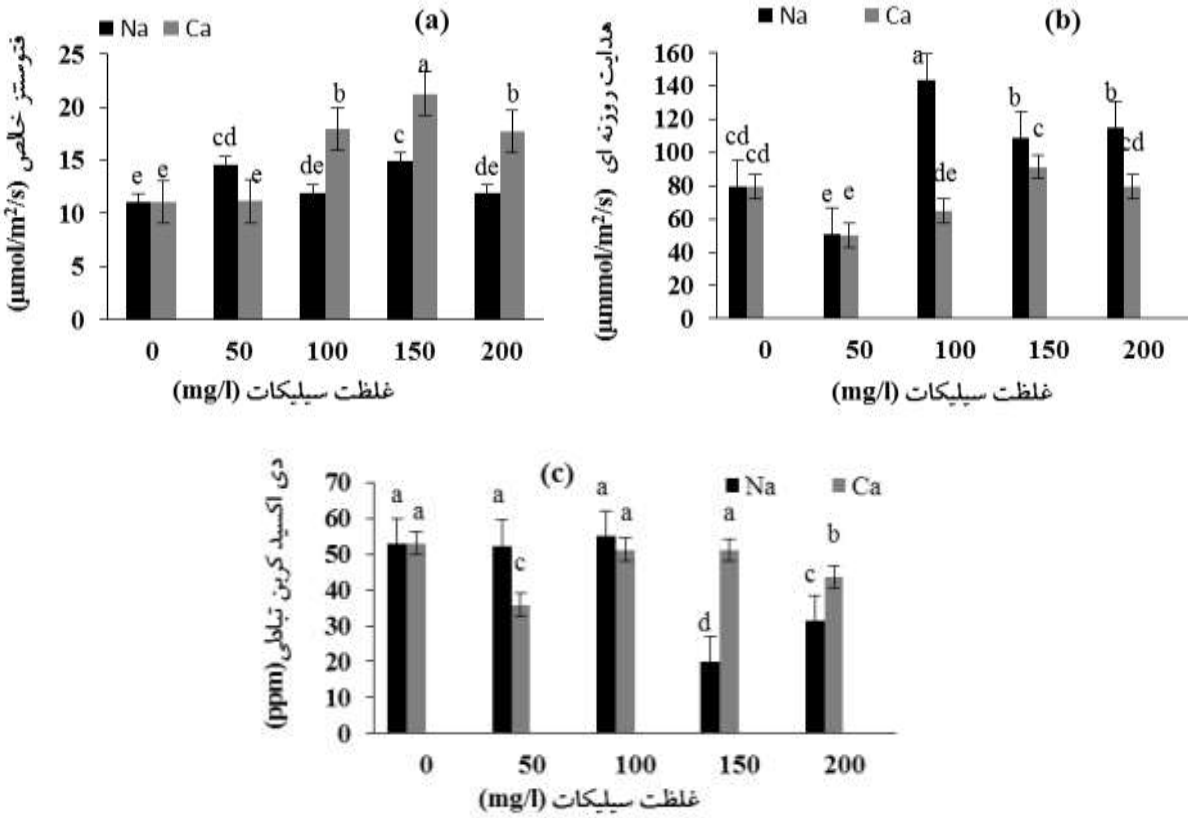
هدایت روزنه ای: در این پژوهش بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم و ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]



شکل ٤- اثر غلظت سیلیکات بر میزان کلروفیل a (a) و کلروفیل b (b) داوودی در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت. حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ٥- اثرات متقابل نوع و غلظت سیلیکات بر فتوسنتز خالص (a)، بر هدایت روزنه ای (b) و بر دی اکسید کربن تبادلی (c) در محیط کشت کوکوپیت- پرلیت. حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

شد (شکلb ٥). در همه تیمارها، برتری تیمار سیلیکات سدیم نسبت به سیلیکات کلسیم در افزایش میزان هدایت روزنه‌ای مشهود بود که این می‌تواند به دلیل جایگزینی پتاسیم با سدیم در غشاء سلولی (Marschner, 2000) و احتمالاً جذب بیشتر سیلیکات سدیم از طریق پمپ‌های غشایی باشد.

تعرق: نمودار مقایسه میانگین‌ها (شکل ٥c) حاکی از آن است که غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم نسبت به شاهد معنی دار نبودند. فقط غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم نسبت به شاهد بالاتر بود. سطوح تیمار سیلیکات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]

سدیم نسبت به هم تفاوت زیادی نداشتند. کمترین میزان دی اکسید کربن تبادلی (۲۰ پی پی ام) در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم مشاهده شد.

سیلیکون یک عنصر مهم در زنجیره فتوسنتزی می‌باشد (Korndorfer and Lepsch, 2001). تغذیه گیاهان با ترکیبات قابل حل سیلیسیم، عامل افزایش غلظت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز در بافت برگ‌ها می‌باشد. این آنزیم متابولیسم CO_2 در گیاه را تنظیم می‌کند و غلظت بیشتر آن در برگ باعث افزایش کارآیی مولکول‌های CO_2 در بافت‌های گیاهی می‌شود (Snyder *et al.*, 2006). طبق گزارش Amador و همکاران (۲۰۰۷)، سیلیکون باعث افزایش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، کارایی فتوسیستم ۲، دی اکسید کربن بین سلولی، دی اکسید کربن خالص و کاهش میزان تنفس در چندین گونه گیاهی آزمایش شده شد. تیمار سیلیکون باعث افزایش هدایت روزنه‌ای، ماکزیمم کارایی فتوسیستم ۲ و فتوسنتز اطلسی ایرانی می‌شود (بیات و همکاران، ۱۳۹۱). سیلیکون باعث افزایش تجمع دی اکسید کربن، افزایش سطح برگ، کلروفیل و هدایت روزنه ای می‌شود (Goyal, 2012) که این عوامل به نوبه خود باعث افزایش میزان فتوسنتز می‌شود. هدایت روزنه‌ای بهینه منجر به افزایش جذب آب و دی اکسید کربن برای افزایش کارایی فتوسنتزی و در نهایت عملکرد بیشتر می‌شود. هدایت روزنه‌ای به شرایط آب و هوایی نیز وابسته است. کاهش هدایت روزنه‌ای به طور مستقیم در محدود کردن جذب دی اکسید کربن و جریان بخار آب از روزنه‌ها اثر دارد (McDermit, 1990). سیلیکون با رسوب در دیواره خارجی سلول‌های اپیدرمی برگ باعث کاهش تبخیر و تعرق و کاهش از دست دادن آب گیاه می‌شود (Perira *et al*., 2005).

نتیجه‌گیری کلی:

نتایج این بررسی نشان داد که تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات، بیشترین اثر را در بهبود شاخص های مورد بررسی داشت. همچنین برای اکثر شاخص‌های اندازه‌گیری شده، سیلیکات سدیم نسبت به سیلیکات کلسیم برتری داشت و این می‌تواند به دلیل حلالیت بیشتر سیلیکات سدیم نسبت به سیلیکات کلسیم و در نتیجه جایگزینی پتاسیم با سدیم در غشاء سلولی و احتمالاً جذب بیشتر سیلیکات سدیم از طریق پمپ های غشایی باشد. در نتیجه می‌توان با محلول پاشی سیلیکون روی داوودی، فاکتورهای فیزیولوژیکی و موفولوژیکی را بهبود بخشید. سیلیکون یک عنصر ضروری است که برای رشد گیاه نقش مهمی بازی می‌کند. بهبود فاکتور های کمی و کیفی یا مربوط به اثر مستقیم سیلیکون است یا به طور غیر مستقیم ناشی از اثرات محافظتی سیلیکون در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی است. به نظر می رسد که Si اثر مستقیم و غیر مستقیمی در سوخت و ساز سلولی دارد. تاثیر مثبت سیلیکون بر شاخص‌های فتوسنتزی گیاه به دلیل رسوب آن در لایه اپیدرم سلول‌های برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌باشد که از این طریق توانایی گیاه برای استفاده موثر از نور را بالا می‌برد که این عامل خود باعث تحریک روزنه‌ها شده و دهانه آنها بازتر می‌شود و به دنبال آن باعث افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود.

منابع:

بیات، ح.، نعمتی، ح. و سلاح ورزی، ح. (۱۳۹۱) تاثیر سیلیسیم بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی اطلسی ایرانی (*Petunia hybrid*). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶: ۱۶-۱۰.

فاطمی سیدلر، ل.، طباطبایی، س.ج. و فلاحی، الف. (۱۳۸۸) اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳: ۹۵-۸۸

Abdalla, M. M. (2010) Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of *Vicia faba* plants. Agriculture and Biology Journal of North America 1: 1076-1089.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]

Adatia, M. H. and Besford, R. T. (1986). The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. Annals of Botany 58: 343-351.

Amador, B. M., Yamada, S., Yamaguchi, T., Puente, E. R., Serrano, N. A., Hernandez, J. L., aguilar, R. L., Dieguez, E. T. and Garibay, A. N. (2007) Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science 193: 413-421.

Anderson, N. O. (2006) Flower Breeding and Genetics. Springer. Minnesota.

Anser, A., Basra, S. M. A., Hussain, S. and Iqbal, J. (2012) Salt stress alleviation in field crops through nutritional supplementation of silicon. Pakistan Journal of Nutrition 11: 637-655.

Ávila, F. W., Baliza, D. P., Faquin, V., Araujo, J. and Ramos, S. J. (2010) Silicon-nitrogen interaction in rice cultivated under nutrient solution. Revista Ciencia Agronomica 41: 184-190.

Bharwana, S. A., Ali, S., Farooq, M. A., Iqbal. N., Abbas, F. and Ahmad, M. S. A. (2013) Alleviation of lead toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. Journal of Bioremediation and Biodegradation 4: 4-15.

Carvalho-Zanão, M. P., Zanao junior, L. A., Barbosa, J. G., Groosi, J. A. S. and Avila, V. T. (2012). Yield and shelf life of chrysanthemum in response to the silicon application. Horticultura Brasileira 30: 403-408.

Dakora, F. D. (2005) Silicon nutrition and N2 fixation in symbiotic legumes lll. Silicon in Agriculture Conference, 22-26 October, Uberlandia /MGBrazil, p.135.

Ding, Y., Yamada, R., Gresback, R., Zhou, S. Pi, Z. and Nozaki, T. (2014) A parametric study of non-thermal plasma synthesis of silicon nanoparticles from a chlorinated precursor. Journal of Physics D: Applied Physics 47: 1-9.

Epstein, E. (1994) The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 91: 11-17.

Epstein, E. (1999) Silicon. Plant Physiology 50: 641-664.

Epstein, E. and Bloom, A. J. (2005) Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sinauer Associates. New York.

Fauteux, F., Remus-Borel, W., Menzies, J. and Belanger, R. R. (2005) Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. FEMS Microbiology Letters 249: 1-6.

Frantz, J. M., Locke, J. C., Datnoff, L., Omer, M., Widrig, A., Sturtz, D., Horst, L. and Krause, C. R. (2008) Detection, distribution and quantification of silicon in floricultural crops utilizing three distinct analytical methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis 39: 2734-2751.

Gandul-Rojas, B., Roca, M. and Mínguez-Mosquera, M. I. (2004) Chlorophyll and carotenoid degradation mediated by thylakoid-associated peroxidative activity in olives (*Olea europaea*) cv. Hojiblanca. Journal of Plant Physiology 161: 499-507.

Goyal, A. (2012). Crop Plant. Chapter 2: Silicon the non-essential beneficial plant nutrient to enhanced drought tolerance in wheat. Utah State University. Pp. 1-240.

Hodson, M. J., White, P. J., Mead, A. and Broadley, M. R. (2005) Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. Annals of Botany 96: 1027-1046.

Janislampi, K.W. (2012) Effect of silicon on plant growth and drought stress tolerance. Plant Science 22: 1-100.

Kamenidou, S., Cavins, T. J. and Marek, S. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse produced ornamental sunflowers. HortScience 43: 236–239.

Korndorfer, G. H. and Lepsch, I. (2001) Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: Silicon in Agriculture. (ed. Datnoff, L.E., Snyder, G. H. and Korndorfer, G. H.) Pp. 133-147. Elsevier, Amsterdam.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1985) Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. Biological Sciences 11: 591-592.

Linjuan, Z., Junping, J., Lijuin, W., Min, L. and Fusoo, Z. (1999). Effects of the silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. In: Conference Silicon in Agriculture, Fort Lauderdale, Florida, USA.

Locarno, M., Fochi, C. G. and Paiva, P. D. O. (2011) Influence of silicate fertilization on chlorophylls of rose leaves. Ciência e Agrotecnologia 35: 287-290.

Ma, J. F. and Takahashi, E. (2002) Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Mali, M. and Aery, N. C. (2009) Effect of silicon on growth, biochemical constituents and mineral nutrition of cowpea. Communications of Soil Science and Plant Analysis 40: 1041-1052.

Marschner, H. (2002). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

McDermit, D. K. (1990). Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. HortScience 25: 1538-1548.

Perira, A. S., Fernandes, E. J., Rodrigues, T. J. D. and Turco, J. E. P. (2005) Stomatal conductance in leaves of bean plants submitted to different irrigation regimes. Engenharia Agrícola 25: 161-169.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]

Reezi, S., Babalar, M. and Kalantari, S. (2009) Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salt stressed cut rose (*Rosa xhybrida* L.) 'Hot Lady'. African Journal of Biotechnology 8: 1502-1508.

Romero-Aranda, M. R., Jurado, O. and Cuartero, J. (2006) Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. Journal of Plant Physiology 163: 847-855.

Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M. and Patakioutas, G. (2009) Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Environmental and Experimental Botany 65: 11–17.

Savvas, D., Manos, G., Kotsiras, A. and Souvaliotis, S. (2002) Effects of silicon and nutrient-induced salinity on yield, flower quality and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroonic system. Journal of Applied Botany 76: 153–158.

Siqueira, S. C., Moreira, M. A., Mosquim, P. R., Jose, I. C., Ferreira, F. A. and Sediyama, C. S. (1999) Simulation of the transgenic soybean tolerant to glyphosate through explant cultivation. Planta Daninha17: 95-107.

Sivanesan, I., Moon, S. S., Song, J. Y. and Jeong, B. R. (2013) Silicon supply through the subirrigation system affects growth of three chrysanthemum cultivars. Horticulture, Environment and Biotechnology 54: 14-19.

Snyder, G. H., Matichenkov, V. V. and Datnoff, L. E. (2006) Silicon. In: Handbook of Plant Nutrition. (ed. Barker, A. V. and Pilbeam, D. J.) Pp. 551-568. CRC Press, Florida.

Song, J. Y., Mattson, N. S. and Jeong, B. R. (2011) Efficiency of shoot regeneration from leaf, stem, petiole and petal explants of six cultivars of *Chrysanthemum morifolium*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 107: 295-304.

Vasanthi, L. N., Saleena, M. and Anthoni Raj, S. (2012) Silicon in day today life. Sciences Journal 17: 1425-1440.

Wang, Y. J., Cheng, H., Edwards, R. L., He, Y. Q., Kong, X.G., An, Z. S., Wu, J. Y., Kelly, M. J., Dykoski, C. A. and Li, X. D. (2005). The Holocene Asian Monsoon: Links to solar changes and North Atlantic climate. Science 308: 854–857.

Watanabe, S., Fujiwara, T., Yoneyama, T. and Hayashi, H. (2002) Effects of silicon nutrition on metabolism and translocation of nutrients in rice plants. Developments in Plant and Soil Sciences 92: 174-175.

Weerahewa, H. L. D. (2013) Applicability of the use of aeroponic system and silicon supplementation on growth and the floricultural quality traits of *Dendrobium* sp. Annual Academic Sessions. Department of Botany, The Open University of Sri Lanka, Nawala, Nugegoda.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.12.0] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]