بررسی میزان تحمل به سرب در گیاه اطلسی با استفاده از خصوصیات اکوفیزیولوژیک

ادریس شعبانی[1*]، عبدالرضا سجادی‌نیا[1] و سید جلال طباطبایی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۲۶)

چکیده

حضور فلزات سنگین (مانند سرب) در گیاهان یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که سبب کاهش رشد آنها می‌شود. بنابراین، تعیین آستانه تحمل گیاهان به این عناصر ضروری است. در این راستا، آزمایشی به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سرب بر شاخص‌های اکوفیزیولوژیک گیاه اطلسی، در گلخانه هیدروپونیک دانشگاه تبریز، در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار، اجرا گردید. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف سرب (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۴ میلی‌گرم در لیتر از منبع نیترات سرب) بودند. پس از اعمال تیمارها، در پایان فصل رشد، شاخص‌های اکوفیزیولوژیک شامل میزان فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، مقاومت روزنه‌ای و دمای سطح برگ اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که غلظت‌های بیش از ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر نیترات سرب باعث کاهش میزان فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان مقاومت روزنه‌ای (۸/۷۵۴ مول بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار mg/L ۴ مشاهده شد؛ هر چند تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر نداشت. کمترین میزان مقاومت روزنه‌ای (۷/۲۸۵ مول بر متر مربع بر ثانیه) در غلظت mg/L ۰/۲۵ مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان نداد. بیشترین میزان دمای سطح برگ (۳۳/۲۶ درجه سلسیوس) در تیمار mg/L ۲ مشاهده شد که با تیمارهای ۱/۵ و ۴ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان دمای سطح برگ (۲۶/۱۹ درجه سلسیوس) در تیمار شاهد دیده شد. از تیمار mg/L ۰/۷۵ به بعد، افزایش دمای سطح برگ محسوس می‌باشد. بر اساس نتایج، به نظر می‌رسد در زمین‌هایی که غلظت سرب محلول آنها ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر و یا کمتر باشد، گیاه اطلسی جهت کاشت در فضای سبز منطقه، انباشت سرب و گیاه‌پالایی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، فلزات سنگین، گیاه‌پالایی

مقدمه

تحقیقات نشان می‌دهد که در جوامع امروزی، با پیشرفت صنایع، غلظت برخی از یون‌ها (نظیر Cd، Pb و As) حتی به ۱۰۰۰ برابر بیشتر از حد طبیعی آنها می‌رسد. چنین شرایطی موجب مسمومیت گیاه، کاهش رشد و میزان محصول، زردی برگ‌های جوان، کاهش جذب برخی عناصر ضروری مانند آهن، کاهش میزان فتوسنتز و فعالیت‌های داخل سلول می‌گردد (۱). مطالعات نشان می‌دهد که گیاهان در برابر این آلودگی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند، به‌طوری که برخی حساس و تعدادی دیگر متحمل بوده و مقادیر زیادی فلزات سنگین، از جمله سرب، را جذب می‌نمایند (۱). از طرفی، با توجه به اینکه گل‌ها و گیاهان زینتی، خصوصاً گیاهان بستری، در فضای سبز شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، انتخاب گیاهان مناسب برای فضاهای آلوده به عناصر سنگین و بررسی میزان مقاومت آنها از اهمیت فوق العاده‌ای در گزینش گیاه بستری برای کاشت در منطقه برخوردار است.

فلزات به‌طور طبیعی در مقادیر مختلف در پوسته زمین وجود دارند. غلظت فلزات سنگین در محیط از راه‌های مختلف

۱. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: edris.shabani@gmail.com

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.8.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.89]

از قبیل فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی (شامل مصرف کودها، سموم دفع آفات و حشره‌کش‌ها و کاربرد لجن فاضلاب) افزایش می‌یابد (۷). سرب عنصری است که به میزان زیادی در صنایع مختلف مثل باتری‌سازی و تولید سرامیک مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). از منابع مهم دیگر آلوده کننده محیط به این عنصر، دود اتومبیل‌ها، زایدات صنایع و حشره‌کش‌ها می‌باشند (۷).

قربانلی و همکاران (۳) در آزمایشی گزارش کردند که مقدار کلروفیل در برگ دو رقم کلزا با افزایش غلظت سرب محلول غذایی نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد. همچنین، کاهش مقدار یون کلسیم و آهن در ریشه و اندام هوایی این دو رقم کلزا نسبت به شاهد معنی‌دار بود (۳). میشرا و همکاران (۱۱) بیان داشتند که حضور فلزات سنگین در گیاهان یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که سبب کاهش رشد و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود.

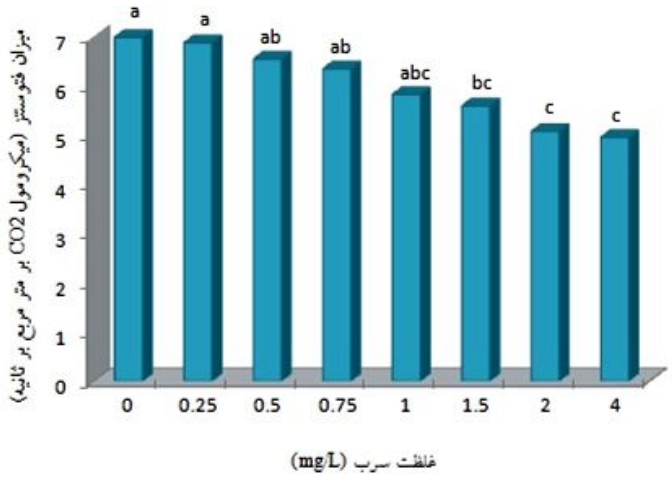
هنگامی که فلزات سنگین توسط گیاهان جذب شده و در بافت‌های آنها تجمع می‌یابند، اغلب به دو صورت باعث سمیت می‌شوند: ۱) به‌صورت غیرمستقیم از طریق رقابت با سایر عناصر غذایی ضروری، قرارگیری بجای آنها در ساختمان رنگدانه‌ها یا آنزیم‌ها و تخریب عملکرد آنها و ۲) به‌صورت مستقیم با تخریب ساختار سلول. حضور فلزات سنگین باعث ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود که به نوبه خود باعث ایجاد اثرهای سمی مختلف در گیاهان نظیر کاهش رشد، کاهش محتویات کلروفیل و فتوسنتز، مهار فعالیت‌های آنزیمی، آسیب به مولکول‌های زیستی، پروتئین‌ها و نوکلئواسیدها، بخصوص DNA، می‌گردد. قربانلی و همکاران (۲)، در بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک دو گیاه خرزهره *Nerium oleander* L. و اقاقیا *Ribinia pseudoacacia* نشان دادند که آلودگی هوا باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک در این گیاهان شد. همچنین، آلودگی هوا باعث افزایش غلظت پرولین در گیاه اقاقیا شد؛ اما این اثر در گیاه خرزهره از نظر آماری معنی‌دار نبود. غلظت کربوهیدرات‌های محلول در اثر آلودگی هوا در اقاقیا کاهش و در خرزهره افزایش یافت و این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین، تعداد روزنه کرک و سلول‌های اپیدرمی در خرزهره تحت تأثیر آلودگی هوا به طور معنی‌داری افزایش یافت. در اقاقیا، تعداد کرک در اثر آلودگی هوا افزایش و تعداد سلول‌های اپیدرمی و روزنه به طور معنی‌داری کاهش یافت.

پیچالاک و همکاران (۱۲) طی آزمایشی دریافتند که گیاهان معمولاً توانایی انباشتگی مقادیر زیادی از سرب و سایر فلزات سنگین در بافت‌هایشان را دارا بوده و به همین خاطر در فن گیاه‌پالایی از گیاهان استفاده می‌شود. حیدری و همکاران (۱) با انجام آزمایشی، اثرهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ناشی از آلودگی سرب در دانه رست‌های ذرت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که مسمومیت سرب در درجه اول روی ریشه اثر کرده و موجب کاهش طول و وزن تر و خشک ریشه می‌شود. ولی تغییر طول، وزن تر و خشک ساقه، بجز در تیمارهای بیشتر از ۱ میلی‌مولار، معنی‌دار نمی‌باشد.

افزایش فلزات سنگین در خاک باعث تغییر ویژگی‌های شیمیایی خاک، بخصوص ظرفیت تبادل کاتیونی، کاهش میزان فسفات و سولفات قابل استفاده گیاه، تغییرات زراعی و کاهش فعالیت موجودات ذره‌بینی شده و از این طریق نیز بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه اثر می‌گذارند (۱). بنابراین، مطالعهٔ اثر فلزات سنگین بر گیاهان، از طرفی برای شناسایی گیاهان مقاوم و انباشتگر و استفاده از آنها جهت پاک‌سازی خاک‌های آلوده و از طرف دیگر ایجاد گیاهان ترانسژن مقاوم و انباشتگر لازم و ضروری می‌باشد. همچنین، خطر مسمومیت گیاهان در محیط‌های آلوده، مانند مناطق نزدیک به کارخانجات ذوب فلزات و مسیرهای ترافیک جاده‌ای و شهری جدی است. لذا، اهمیت مطالعه اثرهای این آلودگی و مکانیسم‌های تحمل گیاهان را بیشتر جلوه‌گر می‌سازد.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سرب (از منبع نیترات سرب) بر شاخص‌های اکوفیزیولوژیک گیاه اطلسی، در گلخانه هیدروپونیک می‌باشد.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.8.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.89]



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف سرب بر میزان فتوسنتز گیاه اطلسی

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، نشاهای ۴ برگی گل اطلسی (*Petunia hybrida*) در گلدان‌های یونولیتی حاوی کوکوپیت (دانه‌بندی متوسط، pH بین ۵/۶ تا ۶/۵، هدایت الکتریکی کمتر از ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و ظرفیت نگهداری آب ۷ تا ۱۰ کیلوگرم در هر قالب فشرده ۵ کیلویی) کشت شدند. سپس، گیاهان با محلول غذایی هوگلند شامل عناصر ماکرو {مونوفسفات پتاسیم (۰/۲ میلی‌مولار)، سولفات پتاسیم (۰/۲ میلی‌مولار)، سولفات منیزیم (۰/۳ میلی‌مولار) و کلرید سدیم (۰/۱ میلی‌مولار)} و عناصر میکرو {کلات آهن (Fe–EDTA ۵۰ میکرومولار)، سولفات منگنز (۷ میکرومولار)، کلرید روی (۰/۷ میکرومولار)، سولفات مس (۰/۸ میکرومولار)، اسید بوریک (۲ میکرومولار)، مولیبدات سدیم (۰/۸ میکرومولار) و نیتروژن به صورت نیترات کلسیم در غلظت ۵ میلی‌مولار} به صورت یک روز در میان تغذیه شدند. پس از آنکه نشاها به مرحله ۶ برگی رسیدند تیمارهای حاوی سرب به صورت یک روز در میان اعمال شدند که شامل شاهد (محلول هوگلند فاقد سرب) و ۸ غلظت مختلف سرب (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۴ میلی‌گرم در لیتر از منبع نیترات سرب) بود. پس از آنکه گیاهان به مرحله گل‌دهی رسیدند، ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک آنها شامل میزان فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه)، میزان تعرق (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)، هدایت روزنه‌ای (مول بر متر مربع بر ثانیه)، مقاومت روزنه‌ای (مول بر متر مربع بر ثانیه) و دمای برگ (درجه سلسیوس) با دستگاه آنالیزور گاز (GC) مادون قرمز مدل ADC, LCA–4 ساخت شرکت هادسون انگلستان اندازه‌گیری شد. با قرار دادن برگ‌های قسمت میانی شاخه‌ها در قسمت اتاقک دستگاه، و بر اساس ورود و خروج گازها در این قسمت و اندازه‌گیری میزان گازهای خروجی، بر حسب برنامه تنظیم شده روی دستگاه، اطلاعات مربوط به هر شاخص ثبت گردید. اندازه‌گیری‌ها در روزهای غیر ابری، در ساعت ۹ تا ۱۱ صبح و شدت نور بیش از ۱۶۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه در طول آزمایش انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۴ تکرار (هر تکرار حاوی ۸ گلدان) انجام گردید. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های فوق توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۰۱ مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردیدند.

نتایج

میزان فتوسنتز

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، میزان فتوسنتز در تیمار ۰/۲۵ mg/L نیترات سرب، تفاوت معنی‌داری با شاهد و

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.8.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.89]

جدول۱. مقایسه میانگین‌های اثر غلظت‌های مختلف سرب بر خصوصیات اکوفیزیولوژیک گیاه اطلسی

غلظت سرب (mg/L)	هدایت روزنه‌ای (مول بر متر مربع بر ثانیه)	مقاومت روزنه‌ای (مول بر متر مربع بر ثانیه)	میزان تعرق (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)	دمای سطح برگ (درجه سلسیوس)
شاهد	۰/۱۴۹	۸/۰۶ b	۵/۶۴۷ a	۲۶/۱۹ e
۰/۲۵	۰/۱۳۲	۷/۲۸۵ b	۵/۶۶۷ a	۲۶/۲۴ e
۰/۵	۰/۱۳۴	۷/۲۸۸ b	۵/۶۶۰ a	۲۶/۳۶ e
۰/۷۵	۰/۱۳۶	۷/۲۹۰ b	۵/۰۴۴ b	۲۷/۴۴ d
۱	۰/۱۴۳	۸/۲۵۰ a	۴/۹۹۹ ab	۲۹/۷۷ c
۱/۵	۰/۱۳۹	۸/۱۴۰ a	۴/۲۸۵ c	۳۲/۷۴ a
۲	۰/۱۳۸	۸/۱۱۷ a	۴/۲۵۹ c	۳۳/۲۶ a
۴	۰/۱۳۶	۸/۷۵۴ a	۴/۲۱۰ c	۳۱/۵۹ b

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

تیمارهای ۰/۵ و۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر نداشت. کمترین میزان فتوسنتز در تیمار ۴ mg/L به‌دست آمد؛ هر چند که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر نداشت. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، از غلظت سرب mg/L ۰/۷۵ به بعد، کاهش معنی‌داری در میزان فتوسنتز دیده می‌شود.

هدایت روزنه‌ای

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار mg/L ۱ و کمترین میزان آن در تیمار mg/L ۰/۲۵ مشاهده شد؛ هر چند این دو تیمار با ۵ تیمار دیگر و شاهد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

مقاومت روزنه‌ای

در بررسی اثر تیمارهای مختلف نیترات سرب بر مقاومت روزنه‌ای، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان مقاومت روزنه‌ای در تیمار mg/L ۴ مشاهده شد؛ هر چند تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر نداشت. کمترین میزان مقاومت روزنه‌ای در غلظت mg/L ۰/۲۵ مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان نداد (جدول ۱). اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد تا سطح mg/L ۰/۷۵ سرب مشاهده نگردید.

میزان تعرق

بر طبق مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان تعرق در تیمار mg/L ۰/۲۵ نیترات سرب مشاهده شد. ولی این میزان، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و تیمارهای ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر سرب نداشت. کمترین میزان تعرق در تیمار mg/L ۴ سرب به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر نداشت (جدول ۱).

دمای سطح برگ

بر طبق مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان دمای سطح برگ در تیمار mg/L ۲ مشاهده شد که با تیمارهای ۱/۵ و ۴ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان دمای سطح برگ در تیمار شاهد دیده شد که بجز با تیمار mg/L ۰/۲۵ با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، از تیمار mg/L ۰/۷۵ به بعد، افزایش معنی دار دمای سطح برگ مشاهده می‌شود (جدول ۱).

بحث

به‌طور کلی، می‌توان گفت که محلول نیترات سرب باعث کاهش میزان فتوسنتز و تعرق در گیاه اطلسی شده است.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.8.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.89]

غلظت‌های بیش از ۰/۷۵ mg/L نیترات سرب باعث کاهش میزان فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای و افزایش میزان مقاومت روزنه‌ای نسبت به شاهد شده است. دمای سطح برگ با افزایش میزان سرب افزایش یافته که این اختلاف با شاهد معنی‌دار است. به عبارتی، می‌توان گفت که در غلظت‌های سرب بیشتر از ۰/۷۵ mg/L، کاهش میزان عملکرد در گیاه اطلسی مشاهده شده و کاشت این گیاه در خاک‌هایی با این غلظت سرب و یا بیشتر توصیه نمی‌شود.

سرب، پیوند قوی با N- پروتئین و لیگاندهای حاوی S- برقرار می‌کند و مانع سنتز کلروفیل می‌شود (۱۵). غلظت ۵۰ میکرومول بر لیتر سرب سبب کاهش مقدار کلروفیل در برگ خیار می‌شود (۱۴). افزایش غلظت سرب در محلول غذایی (۲ میلی‌مولار کلات سرب) موجب کاهش یون آهن و پدیدار شدن نشانه‌های کمبود آهن نظیر کاهش مقدار کلروفیل و فتوسنتز در چغندرقند می‌گردد (۹). سرب، سنتز کلروفیل را از طریق مهار آنزیم α آمینولوولینیک دهیدراتاز تحت تأثیر قرار داده و به نوبه خود سبب کاهش فعالیت فتوسنتزی از طریق کاهش محتوای کلروفیل می‌شود (۱۳). در این مطالعه هم با افزایش غلظت سرب (از ۰/۷۵ mg/L تا ۴ mg/L) میزان فتوسنتز کاهش معنی‌داری یافت. احتمالاً دلیل کاهش فتوسنتز، کاهش غلظت آهن و کلروفیل در گیاه اطلسی بوده است. چنین شرایطی موجب مسمومیت گیاه، کاهش رشد، زردی برگ‌های جوان، کاهش جذب برخی عناصر ضروری مانند آهن و کاهش میزان فتوسنتز و فعالیت‌های داخل سلول می‌شود (۱).

فتوسنتز از فرایندهای حساس به سرب است که عمدتاً تثبیت CO_2 فتوسنتزی تحت تأثیر این عنصر قرار می‌گیرد. حساسیت کمتر به مهار یون فلزی در سیستم انتقال الکترون PS I نسبت به PS II به‌طور گسترده‌ای مورد پذیرش محققین می‌باشد (۶). در مطالعه حاضر، افزایش غلظت سرب سبب کاهش فتوسنتز شد که احتمالاً به دلیل بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد، به طوری که گیاهان تحت تیمار در سطوح زیاد سرب، کمترین میزان هدایت روزنه‌ای و تعرق را داشته‌اند. بزاز و همکاران (۵) گزارش کردند که یک رابطه بسیار قوی بین استفاده از سرب و کاهش فتوسنتز وجود دارد، که به طور عمده از بسته شدن روزنه‌ها منتج می‌شود تا اثر مستقیمی که سرب بر فتوسنتز می‌گذارد. از سوی دیگر، جدا از بسته شدن روزنه‌ها، انتظار می‌رود این کاهش شدید فتوسنتز در نتیجه آسیب شدید سازمان داخلی کلروپلاست، از جمله غشای تیلاکوئید، استروما و گرانا باشد، که پس از به‌کارگیری سرب حل شده و قابل مشاهده نیست (۸).

گیاهانی که در معرض سرب یا سایر عناصر سنگین هستند معمولاً تنش اکسیداتیو را تجربه می‌کنند (۱۰). این تنش در بافت‌های گیاهی با اثر مستقیم اکسیداسیون فلزات فعال یا اثر غیرمستقیم اکسیداسیون فلزات غیر فعال (به واسطه پراکسیداسیون لیپیدی لیپواکسیژناز) مرتبط می‌باشد (۱۱). افزایش غلظت سرب، احتمالاً با افزایش فرایند تنفس، سبب افزایش دمای سطح برگ گردید، که این مسئله در مقایسه کمترین و بیشترین غلظت سرب مشهود می‌باشد. با افزایش غلظت سرب، به دلیل افزایش مقاومت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و تعرق مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری

این آزمایش نشان داد که گیاه اطلسی غلظت‌های کمتر از ۰/۷۵ mg/L سرب را بدون کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی و رشدی تحمل می‌کند. در نتیجه، می‌توان از این گیاه در مناطق تا این سطح آلودگی، به منظور طراحی فضای سبز و اهداف گیاه-پالایی بهره برد.

منابع مورد استفاده

۱. حیدری، ر.، م. خیامی و ط. فربودنیا. ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ناشی از آلودگی سرب در دانه رست‌های ذرت. مجله زیست شناسی ایران ۳: ۲۲۸-۲۳۵.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.8.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.89]

۲. قربانلی، م.، غ. بخشی خانیکی و ز. باکند. ۱۳۸۶. بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران بر وزن تر و خشک، غلظت پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، تعداد روزنه، کرک و سلول‌های اپیدرمی در دو گیاه خرزهره و اقاقیا. پژوهش و سازندگی ۷۷: ۲۸-۳۴.
۳. قربانلی، م.، م. خانلریان خطیری، ر. حاج حسینی و ح. زالی. ۱۳۸۴. بررسی انباشتگی سرب و اثر آن بر محتوای کلروفیل، آهن و کلسیم در دو رقم کلزا. پژوهش و سازندگی ۷۱: ۳۴-۴۰.
4. Adams, P. and L.C. Ho. 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. Acta Hort. 412: 374-387.
5. Bazzaz, F.A., R.W. Carlson and G.L. Rolfe. 1975. The inhibition of corn and soybean photosynthesis by lead. Physiol. Plantarum 34: 326-329.
6. Boucher, N. and R. Carpentier. 1999. Hg^{2+}, Cu^{2+}, and Pb^{2+}-induced changes in photosystem II photochemical yield and energy storage in isolated thylakoid membranes: A study using simultaneous fluorescence and photoacoustic measurements. Photosynth. Res. 59: 167-174.
7. Cui, Y., Y. Zhu, R. Zhai, Y. Huang, D. Chen and Y. Huang. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Environ. Int. 30: 785-791.
8. Ejazul Islam, D.L., L. Tingqiang, Y. Xiaoe, J. Xiaofen, M. Qaisar, T. Shengke and L. Junying. 2008. Effect of Pb toxicity on leaf growth, physiology and ultra structure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. J. Hazard. Mater. 154: 914-926.
9. Larbi, A., F. Morales, A. Abadia, Y. Gogorcena, J. Lucena and J. Abadia. 2002. Effects of Cd and Pb in sugar beet plant grown in nutrient solution: Induced Fe deficiency and growth inhibition. Func. Plant Biol. 29: 1453-1464.
10. MacFarlane, G.R. 2003. Chlorophyll a fluorescence as a potential biomarker of zinc stress in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 70: 90-96.
11. Mishra, S., S. Srivastava and P.D. Tripathi. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Baccopa monnieri* L. J. Plant Physiol. Biochem. 44: 25-37.
12. Piechalak, A., B. Tomaszewska, D. Anuta Baralkiewicz and A. Malecka. 2002. Accumulation and detoxification of lead ions in legumes. Phytochem. 60: 153-162.
13. Ruley, A.T., N.C. Sharma, S.V. Sahi, S.R. Singh and K.S. Sajwan. 2006. Effects of lead and chelators on growth, photosynthetic activity and Pb uptake in *Sesbania drummondii* grown in soil. Environ. Pollut. 144: 11-18.
14. Sarvari, E., L. Gaspar, F. Fodor, E. Cseh, K. Kropfl, A. Varga and M. Baron. 2002. Comparison of the effects of Pb treatment on thylakoid development in popular and cucumber plants. Acta Biol. Szeged. 46(3-4): 163-165.
15. Sengar, R.S. and M. Pandey. 1996. Inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in greening *Pisum sativum* leaf segments. Biol. Plant. 38: 459-462

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.8.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.89]