Archive of SID

اثرات سولفات روی ($ZnSO_4$) بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

رمضانعلی خاوری نژاد[۱]، فرزانه نجفی[۲]، *رعنا فیروزه[۱]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زیست شناسی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. گروه زیست شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۰۹

چکیده

روی (Zinc) به عنوان یک عنصر ضروری نقش ساختاری و عملکردی فراوانی در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاهان بر عهده دارد، ولی مقدار اضافی آن به ویژه در خاک‌های اسیدی یک عامل محدود کننده رشد محسوب می‌شود. در این پژوهش با توجه به اهمیت زیاد گیاه لوبیا به عنوان مهمترین و پرمصرف‌ترین حبوبات، اثر غلظت‌های متفاوت روی بر این گیاه مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور از نمک سولفات روی در محلول غذایی گیاه لوبیا با غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰، ٤٥٠ و ۵۵۰ میکرومولار استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمار روی در غلظت‌های بالاتر از ۷۵ میکرومولار به طور معنی‌داری وزن تر و خشک گیاه، طول ریشه و ساقه و میزان قند محلول را کاهش می‌دهد، ولی در مقابل محتوی قند نامحلول و نشاسته را افزایش می‌دهد. با افزایش غلظت روی در محیط کشت همچنین میزان انواع رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها کاهش یافت و کاهش در میزان کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود. از دیگر علایم مسمومیت روی می‌توان به کاهش شاخص‌های رشد از جمله میزان ماده‌سازی خالص (NAR)[۱]، میزان رشد نسبی (RGR)[2]، سرعت رشد نسبی برگ (RLGR)[3] و محتوی آب در سطح برگ (LWCA)[4] اشاره کرد. به طور کلی روی در غلظت‌های پایین موجب تحریک رشد در گیاه لوبیا می‌شود، در حالی که غلظت‌های بالای آن با تاثیرگذاری و اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی باعث کاهش رشد و محصول‌دهی در این گیاه می‌شود.

کلمات کلیدی: رنگیزه‌های فتوسنتزی، سولفات روی، شاخص‌های رشد، کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول، لوبیا

[1] NAR (Net Assimilation Rate)
[2] RGR (Relative Growth Rate)
[3] RLGR (Relative Leaf Growth Rate)
[4] LWCA (Leaf Water Content Area)

* Email:r.firuze1848@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

به نظر می‌رسد سمیتی که هر ساله در اثر فلزات سنگین از جمله روی به محیط زیست اضافه می‌شود بیش از سمیت زباله‌های آلی و رادیواکتیو باشد. فلزات سنگین معمولاً با بروز تنش اکسیداتیو، اثرات سمی خود را بر گیاه اعمال می‌کنند. انواع اکسیژن فعال (ROS) به عنوان عوامل اصلی بروز تنش اکسیداتیو از توان اکسید کنندگی بالایی برخوردار هستند، مولکول‌های زیستی را مورد تهاجم قرار داده، فرآیندهای مختلف سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و با ایجاد اختلال در متابولیسم طبیعی سلول گیاهی منجر به مرگ سلول نیز می‌شوند. میزان آسیب سلول‌های تحت تنش فلزات سنگین بستگی به میزان تولید رادیکال‌های آزاد و ROS و همچنین کارایی مکانیسم‌های سم‌زدایی در گیاهان دارد (Kang et al., 2003).

گیاهان همانند بسیاری از موجودات زنده هوازی برای تولید انرژی نیاز به اکسیژن دارند. در طی احیاء اکسیژن و تشکیل آب، امکان به وجود آمدن اشکال مختلف اکسیژن فعال ROS از قبیل رادیکال سوپر اکسید $O^{\bullet}_2$، هیدروژن پراکسید H_2O_2 و رادیکال‌های هیدروکسیل $OH^{\bullet}$ وجود دارد (Hong and Ji-yun, 2007). در این شرایط حضور جاروب کننده‌های رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کاهش صدمات ناشی از تنش می‌تواند موثر باشد (Mittler, 2002).

فلزات سنگین همچنین می‌توانند با رقابت با سایر عناصر دیگر مورد نیاز گیاه در جذب آنها و تغذیه معدنی گیاه ایجاد اختلال نمایند و از طرف دیگر فلزات جذب شده با اتصال به بخش‌های حساس مولکول‌های زیستی و با مهار آنها متابولیسم طبیعی سلول را مختل می‌نمایند. فلز روی نیز در غلظت‌های فزاینده همانند بسیاری از فلزات سنگین با ایجاد اختلال در متابولیسم سلولی، موجبات کاهش رشد و عملکرد گیاهی را فراهم می‌آورد.

البته باید اشاره کرد که بُر (Br)، مولیبدن و روی از عناصر کم مصرف و ضروری هستند که برای رشد و نمو گیاهان عالی مورد نیاز می‌باشند (Mei et al., 2009). غلظت‌های بحرانی روی، برای انجام وظیفه طبیعی گیاه در برخی مسیرهای فیزیولوژیکی می‌توانند مسئله ساز باشند. این مسیرها نقش مهمی در فتوسنتز، تشکیل قند، سنتز پروتئین، باروری، تولید بذر، تنظیم رشد و دفاع در برابر بیماری‌ها دارند. هنگامی که کمبود روی در گیاه زراعی پیش می‌آید، این وظایف فیزیولوژیکی دچار اختلال شده و سلامت و باردهی گیاهان زراعی با خطر حمله بیماری‌ها و کاهش عملکرد و کیفیت محصول مواجه می‌شود. اگر سایر عناصر غذایی به جز روی به مقدار مورد نیاز گیاه زراعی تامین شود، گیاه زراعی قادر به دستیابی به عملکرد بالقوه مطلوب خود نخواهد بود (Ben Ghnaya et al., 2007).

روی جزیی از ساختار چندین آنزیم است و همچنین به عنوان کوفاکتور برای فعالیت برخی آنزیم‌ها مورد نیاز است. کمبود روی باعث کاهش رشد ریشه و کاهش تولید ماده‌ی خشک ساقه و کاهش فعالیت تعداد زیادی از آنزیم‌ها از جمله کربونیک آنهیدراز و سوپراکسید دیسموتاز می‌گردد (Zhi-xin et al., 2006).

کمبود روی باعث تراکم بالای اکسیژن رادیواکتیو، عدم توسعه و رشد برگ‌های اولیه در گیاهان نیز می‌شود (Hong and Ji-yun, 2007)، با اضافه کردن روی، تولید اکسیژن رادیواکتیو و مراحل فتواکسیداسیون کاهش پیدا می‌کند، زیرا فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز در حضور روی افزایش می‌یابد (Lopez- Millan et al., 2005). از این رو فلز روی نقش مهمی در کاهش تولید اکسیژن رادیو اکتیو و دفاع سلول‌ها در مقابل حمله اکسیژن فعال ایفا می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

کمبود روی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی در گیاه از جمله متابولیسم پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، بیان ژن، تمامیت ساختمانی و عملکرد غشاهای زیستی، متابولیسم کربن فتوسنتزی و متابولیسم اکسین اثر گذارده و باعث اختلال در آنها می‌گردد (Gadallah, 2000).

لوبیا دارای ارزش غذایی بالایی است و دارای ۲۰ تا ۲۵درصد پروتئین و ۵۰ تا ٥٦ درصد کربوهیدرات می‌باشد. مجموع انرژی و مواد غذایی مختلف موجود در ۱۰۰گرم بذر لوبیا به صورت زیر می‌باشد:

۱۲/۱ درصد آب، ۳۳٦ کیلو کالری انرژی، ۲۰/۳ گرم پروتئین، ۱/۲ گرم چربی، ٦۲/۸ گرم کربوهیدرات، ٤/۲ گرم خاکستر، ۸٦ میلی‌گرم کلسیم و ٦/۹ میلی‌گرم آهن (کریمی، ۱۳۵۷).

اندام‌های رویشی و دانه حبوبات سرشار از پروتئین است، غلظت کل پروتئین‌های بذر در حبوبات محدوده‌ای بین ۲۵ تا ۵۰ درصد کل وزن خشک دانه‌ها را شامل می‌شود. بذر دو لپه‌ای‌ها دارای لیزین نسبتاً فراوان همراه با مقدار قابل توجهی تریپتوفان است (کریمی، ۱۳۵۷). مقدار پروتئین موجود در بذر حبوبات ۲ تا ۳ برابر بیشتر از غلات است و نسبت پروتئین به نشاسته در حبوبات ۱ به ۲/۵، در غلات ۱ به ٦ و در گیاهان غده‌ای ۱ به ۱۵ می‌باشد (کریمی، ۱۳۵۷). ارزش بیولوژیکی پروتئین حبوبات به خاطر اسیدهای آمینه ضروری موجود در آنهاست. حبوبات از نظر فسفر و کلسیم از غلات غنی‌تر و از نظر مقدار انرژی تولیدی مشابه با آنها هستند.

از ویژگی‌های گیاهان بقولات می‌توان به وجود باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری در ریشه آنها اشاره کرد که در حاصل‌خیزی خاک نقش مهمی را ایفا می‌کنند (عزیزی، ۱۳۷۷).

مواد و روش‌ها

تهیه بذر، سترون کردن و آماده سازی گیاهک‌ها

حدود ۲۰۰ عدد بذر لوبیای همگن انتخاب و با آب مقطر شسته شدند، سپس به مدت ۵ دقیقه در آب ژاول با ۱ درصد کلر فعال قرار داده شدند، پس از گذشت این مدت با آب مقطر استریل آبکشی شدند و سپس به ظرف‌های پتری استریل منتقل شدند که درون هر پتری ۸ بذر لوبیا با فواصل مناسب چیده شد و در هرظرف پتری ۵ میلی لیتر آب مقطر استریل ریخته و در ظرف‌های پتری بسته و چسب زده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته شد. ظرف‌های پتری داخل ورق آلومینیومی پیچیده شدند تا در معرض روشنایی قرار نگیرند. زمانی که بذرهای لوبیا شروع به جوانه‌زدن کردند از ورق آلومینیوم خارج و به روشنایی منتقل شدند.

تیماردهی و روش کشت

گیاهک‌های ۷ روزه به گلدان‌های محتوی محلول هوگلند منتقل شدند و زمانی که به مرحله سه برگی رسیدند تحت تیمارهای مختلف سولفات روی قرار گرفتند. کلیه گیاهان در شرایط آزمایشگاهی با دمای ٢٤ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز (روشنایی) و ۱۸ تا ۱۹درجه سانتی‌گراد در شب (تاریکی) و ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی رشد داده شدند و به صورت یک روز در میان محلول غذایی آنها تعویض شد. روشنایی مورد نیاز هم با استفاده از لامپ‌های تنگستن و فلورسانت تامین شد، شدت روشنایی مورد استفاده ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ وات بر مترمربع بود. برای کم کردن اثرات محیطی، جابه جایی تصادفی گلدان‌ها در طول دوره رشد انجام گرفت.

اندازه‌گیری پارامترهای رشد

جهت سنجش کمی رشد در گیاهان کشت شده تحت تیمار سولفات روی و نمونه شاهد از پارامترهای رشد استفاده شد که استفاده از پارامترهای فوق مستلزم

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری وزن تر برگ، ساقه، ریشه، سطح برگ و وزن خشک آنها در دو زمان رویش می‌باشد. به این ترتیب که پس از ظهور سومین برگ، اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام‌های مختلف و سطح برگ به عنوان مقادیر اولیه در زمان t_1 در گیاهان برداشت شده انجام گرفت و بعد از گذشت یک دوره رویشی مناسب (اعمال تیمار) و سنجش پارامترهای مذکور، اطلاعات بدست آمده به عنوان اطلاعات نهایی در زمان t_2 در نظر گرفته شد.

بررسی پارامترهای رشد از قبیل میزان ماده‌سازی خالص (NAR)، میزان رشد نسبی (RGR)، میزان رشد نسبی برگ (RLGR) و محتوای آب برگ در واحد سطح برگ (LWCA) با استفاده از روش (Rodriguez, 2009) صورت گرفت (خاوری نژاد، ۱۳۷۸).

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی

محاسبه غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها (کاروتن و گزانتوفیل (در برگ‌های گیاه با استفاده از روش لیچتن تالر (Lichtenthaler ,1994) انجام شد. بر اساس این روش ۰/۱ گرم از بافت تر برگ وزن شده و رنگیزه‌ها با استون ۸۰ درصد استخراج شد، پس از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره ۲، جذب در طول موج‌های ٦٦٣/٢، ٦٤٦/٨ و ٤٧٠ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده و مقدار کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئیدها با استفاده از معادلات مربوطه بر حسب گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد.

سنجش کربوهیدرات‌ها

کربوهیدرات‌های محلول: برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول، ۰/۰۵ گرم ماده خشک گیاهی (پودر شده) به ارلن حاوی ۱۰ میلی لیتر الکل اتیلیک ۸۰٪ منتقل شد و برای مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب جوش ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس محتویات به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۲ و قیف صاف گردید، آنچه که از صافی گذشت شامل قندهای محلول است که به آن ۵ میلی‌لیتر هیدروکسید باریم ۰/۳ نرمال و ۵ میلی‌لیتر سولفات روی ۵ درصد اضافه کرده و درون لوله سانتریفوژ ریخته و مدت زمان ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰rpm سانتریفوژ گردید، محلول رویی با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید که این محلول عصاره قندهای محلول است. سپس روش فنل سولفوریک اسید بر روی آن اجرا شد. بعد از ظهور رنگ، میزان جذب در طول موج ٤٨٥ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت قند با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد.

کربوهیدرات‌های نامحلول: از رسوب باقیمانده از محلول اتانولی که برای سنجش کربوهیدرات‌های محلول مورد استفاده قرار گرفته بود. برای اندازه‌گیری نشاسته استفاده شد. رسوب حاصل پس از خشک شدن به لوله آزمایش محتوی ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل و برای ۱۰ دقیقه جوشانده شد. حجم محلول موردنظر پس از صاف شدن به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با استفاده از روش فنل سولفوریک اسید شدت رنگ حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٤٨٥ نانومتر خوانده شد (Kochert, 1978).

محاسبات آماری

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار و ۹ تیمار از سولفات روی انجام پذیرفت. نتایج حاصل ار آزمایش با استفاده از کتاب اصول آمار زیستی (خاوری نژاد، ١٣٧٤) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. با توجه به اینکه هدف از انجام آزمایش بررسی اثر عنصر روی بود، نتایج در سطح احتمال $P<0/05$ مورد آزمون واقع گردیده و معنی‌دار بودن نتایج در سطح فوق تعیین گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

بعد از اعمال یک دوره ی ۳ هفته‌ای تیمار سولفات روی گیاهان پاسخ‌های متفاوتی را از خود نشان دادند، از جمله موارد زیر که به آنها اشاره می‌شود:

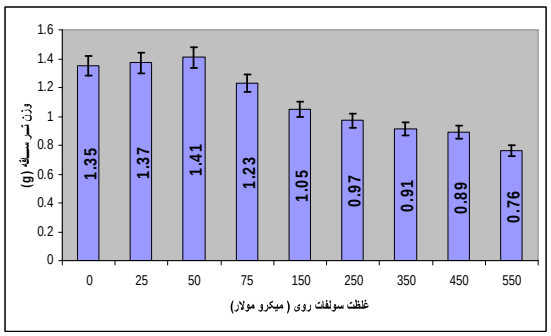
علایم سمیت روی از جمله کلروز و تشکیل لکه‌های قرمز ـ قهوه‌ای در سطح برگ‌ها در تیمارهای بالاتر از ۳۵۰ میکرومولار سولفات روی مشاهده گردید (شکل‌های ۱ و۲). به طوری که در غلظت ۵۵۰ میکرومولار سولفات روی اکثر برگ‌ها پژمرده شدند و از بین رفتند.

اندازه‌گیری وزن تر اندام‌ها نیز نشان داد که روی در غلظت‌های پایین (تا ۵۰ میکرومولار) باعث افزایش معنی‌دار میزان وزن تر بخش هوایی (ساقه و برگ‌ها) و زیرزمینی نسبت به نمونه شاهد می‌شود، این در حالی است که با افزایش غلظت روی (۷۵ میکرومولار به بالا) وزن تر این اندام‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (شکل‌های ۳ و٤) که می‌تواند به این علت باشد که روی در غلظت‌های بالا باعث کاهش کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، مهار واکنش‌های چرخه کالوین و کاهش تثبیت کربن و سنتز کربوهیدرات و در نهایت کاهش ماده‌سازی می‌شود (شکل‌های ۵ و ٦).

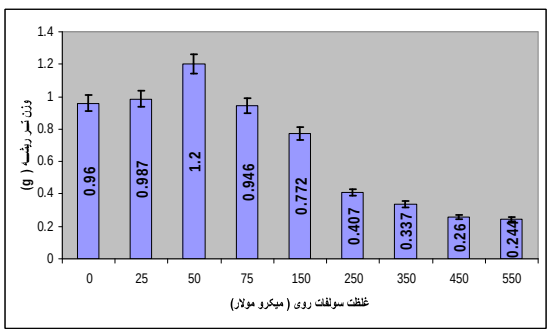
میزان NAR در سه غلظت پایین روی افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد پیدا کرد. این در حالی است که با افزایش غلظت روی در تیمارهای بالاتر از ۷۵ میکرومولار میزان NAR نسبت به نمونه شاهد کاهش چشمگیری یافت (شکل ۷).

شکل ۱: علائم ناشی از افزایش سولفات روی در غلظت‌های بالاتر از ۳۵۰ میکرو مولار در محیط کشت گیاه لوبیا (لکه قرمز)

شکل ۲: علائم ناشی از افزایش سولفات روی در غلظت‌های بالاتر از ۳۵۰ میکرومولار در محیط کشت گیاه لوبیا (لکه قهوه‌ای)



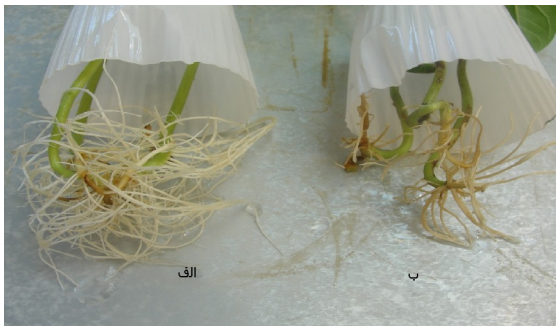
شکل ۳: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر وزن تر ساقه (Mean ± SE)



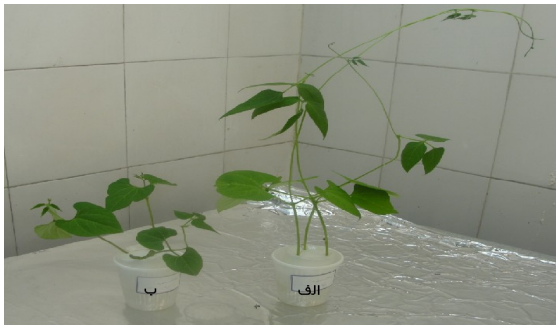
شکل ٤: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر وزن تر ریشه (Mean ±SE)

www.SID.ir

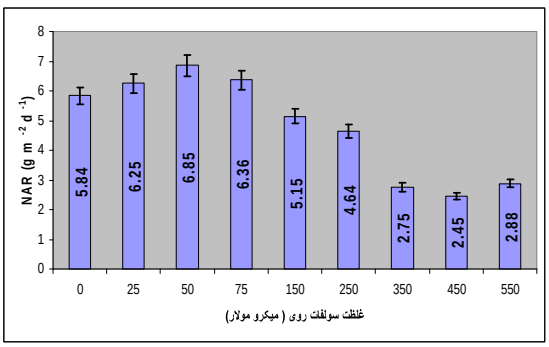
Archive of SID



شکل ۵: مقایسه وضعیت رشد ریشه‌ها در غلظت ۵۰ میکرومولار (الف) و ۵۵۰ میکرومولار (ب) سولفات روی



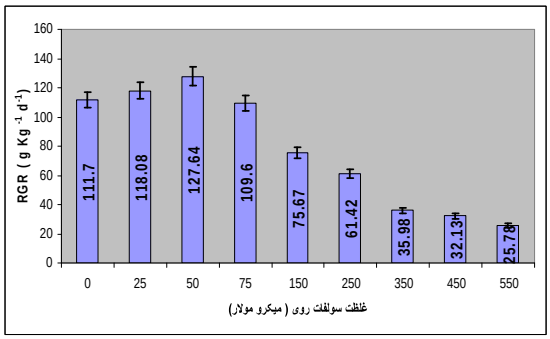
شکل ٦: مقایسه وضعیت رشد اندام هوایی در غلظت ۵۰ میکرومولار (الف) و ۵۵۰ میکرومولار (ب) سولفات روی



شکل ۷: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر NAR (Mean ± SE)

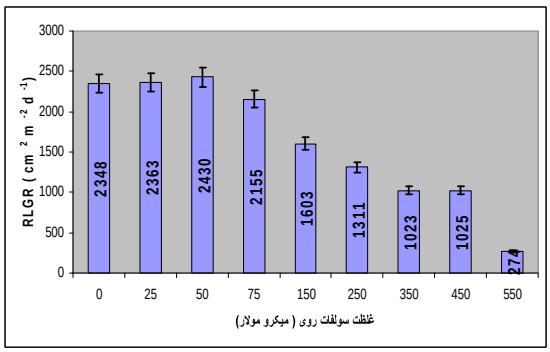
میزان RGR نیز در غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میکرومولار افزایش و در غلظت‌های بالاتر از آن کاهش معنی‌داری را نسبت به نمونه شاهد نشان داد (شکل ۸).

این نشان می‌دهد که هر چند روی از عناصر ضروری برای رشد و نمو گیاه محسوب می‌شود، ولی غلظت بیش از حد آن، باعث ایجاد تنش اکسیداتیو گشته و فرایندهای فیزیولوژیکی متعددی مانند فتوسنتز و رشد را به طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Baszynski and Tukendorf, 1984).



شکل ۸: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر RGR (Mean ± SE)

میزان RLGR در دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میکرومولار سولفات روی تغییرمعنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان نداد، ولی میزان آن در غلظت‌های ۷۵میکرومولار و بالاتر از آن به صورت معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت (شکل ۹).

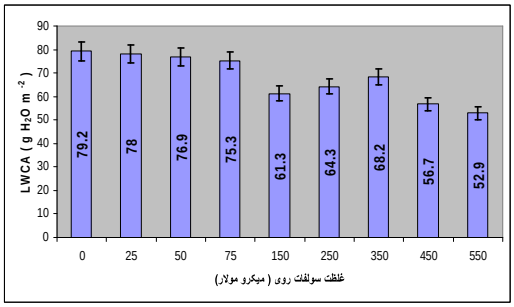


شکل ۹: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر RLGR (Mean ± SE)

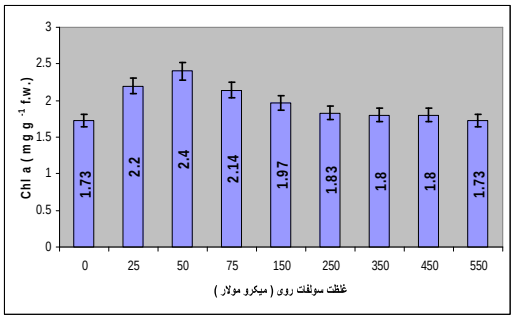
میزان LWCA در گیاه لوبیا در غلظت‌های ۱۵۰ میکرومولار به بالا تغییرات معنی‌داری را نسبت به نمونه شاهد نشان داد، ولی در بقیه غلظت‌ها تغییرات حاصله معنی‌دار نبود (شکل ۱۰).

www.SID.ir

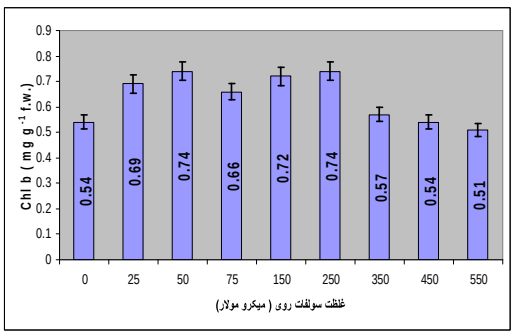
Archive of SID



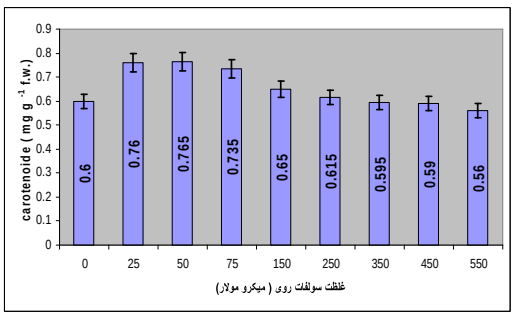
شکل ۱۰: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر LWCA (Mean ±SE)



شکل ۱۱: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر غلظت کلروفیل α (Mean ± SE)



شکل ۱۲: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر غلظت کلروفیل b (Mean ± SE)



شکل ۱۳: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر غلظت کاروتنوئیدها (Mean ± SE)

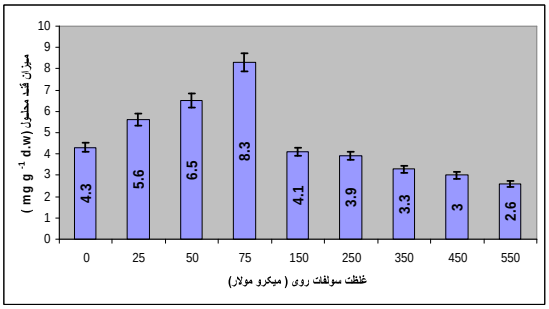
با اندازه‌گیری غلظت کلروفیل‌های a و b تقریباً می‌توان گفت در همه نمونه‌ها غلظت کلروفیل a سه برابر کلروفیل b است. غلظت کلروفیل‌ها وکاروتنوئیدها در غلظت‌های پایین روی افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد نشان داد، ولی در غلظت‌های بالا تفاوت چشمگیری نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳).

اگرچه محلول غذایی حاوی مقادیر میکرومولار روی است، اما در غلظت‌های پایین سبب افزایش ناگهانی غلظت قندهای محلول شده است؛ ولی به تدریج با افزایش غلظت روی محیط غلظت قندهای محلول کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ١٤). علت این پدیده این است که اولاً هر چه غلظت روی در تیمارها افزایش پیدا می‌کند سطح پهنک برگ کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند و این موجب می‌شود که شدت فتوسنتز کاهش پیدا کند و به همین دلیل میزان قندهای محلول در اندام هوایی که محصول مستقیم فتوسنتز می‌باشد کاهش می‌یابد؛ از طرفی یون‌های روی از جذب عناصری مثل Fe, Mn و Mg که اثرات مستقیم در ساختار کلروفیل دارند جلوگیری کرده و غلظت کلرو فیل را کاهش می‌دهد و به این ترتیب موجب کاهش فعالیت فتوسنتزی و مقدار قندهای محلول در بخش هوایی می‌شود.

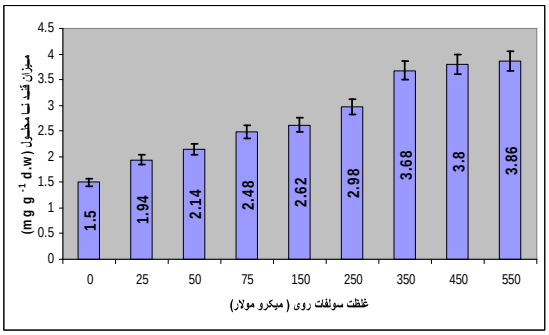
ولی غلظت قندهای نا محلول با افزایش غلظت روی محیط افزایش می‌یابد (شکل ۱۵). علت این امر را می‌توان این گونه توضیح داد که افزایش غلظت روی در بافت‌های گیاهی یک عامل تنشی محسوب می‌شود که سنتز اسید آبسیزیک را در پلاست‌ها تحریک می‌کند. وقتی مقدار اسید آبسیزیک افزایش پیدا می‌کند، فعالیت برخی از آنزیم‌های هیدرولازی مثل آلفا آمیلاز کاهش می‌یابد. لذا قندهای نامحلول از جمله نشاسته کمتر در گیاهان تجزیه می‌شوند (Sharma and Dubey, 2004).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۴: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر غلظت قند محلول (Mean ± SE)



شکل ۱۵: اثر غلظت‌های مختلف سولفات روی بر غلظت قند نامحلول (Mean ± SE)

بحث

گیاهان دارای توان مشخصی برای هماهنگی رشد بین اندام‌های خود در شرایط تنش می‌باشند. بنابراین همواره ایجاد توازن بین زیتوده تولید شده در اندام هوایی و آنچه که در بخش زیرزمینی ایجاد می‌شود از اهمیت خاصی برخوردار است. رشد گیاه کامل یا بخش‌هایی از یک گیاه را می‌توان به عنوان ابتدایی‌ترین پارامتر برای نشان دادن عوامل تنش‌زای گوناگون به کار برد. تغییرات رشد اغلب اولین یا بارزترین پاسخ در گیاهان تحت تنش به شمار می‌آیند. یکی از پارامترهای رشد کمی جهت اندازه‌گیری رشد گیاهان نرخ رشد نسبی گیاه کامل و برگ می‌باشد که توان یا کارایی تولید گیاه و افزایش نسبی ماده را در گیاه شرح می‌دهد.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر کاهش نرخ رشد نسبی گیاه لوبیا و سایر پارامترهای رشد را در غلظت‌های بالای سولفات روی نشان داد. مقاومت و بردباری گیاهان به عناصر سنگین به ویژه روی وابسته به بردباری ریشه‌های گیاهان به این عناصراست. کاهش میزان وزن تر در دو بخش هوایی و ریشه گیاه مورد آزمایش تحت تیمار روی به تنهایی حاکی از عدم ورود آب به درون بافت‌های گیاهی است. یافته‌های اخیر حاکی از آن است که کانال‌های آبی محدود به یاخته‌های جانوری نبوده و در یاخته‌های گیاهی نیز وجود دارد. عناصر سنگین از طریق بلوکه کردن کانال‌های آبی به واسطه برهمکنش با گروه‌های سولفیدریل کانال‌های آبی سبب بسته شدن کانال‌های آبی و عدم نفوذ آب به درون بافت‌های گیاهی می‌شوند، عناصر سنگین با اثر سریع بر ارتباطات آبی یاخته‌های گیاهی به علت کاهش سریع قابلیت هدایت آبی یاخته‌ها سمیت خود را آشکار می‌نمایند و تاثیر بر کاهش قابلیت انتقال آبی غالباً سریع‌تر و بیشتر از تاثیر سمیت عناصر سنگین بر غشای پلاسمایی در گیاهان آشکار می‌گردد. نتایج حاصل از کاهش وزن تر دو اندام زیرزمینی و هوایی گیاهان مورد مطالعه با نتایج Luderid و همکاران (۱۹۹۲) روی گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) هم‌خوانی دارد. در پژوهش مذکور نشان داده شد که افزایش یون روی در محیط سبب کاهش محتوی آبی گیاه از طریق تاثیر بر کانال‌های آبی تونوپلاست می‌شود و به دنبال آن کاهش طویل شدگی یاخته‌ای و کاهش طول اندام هوایی دیده خواهد شد (Luderid et al., 1992). سطح آب درون گیاه نتیجه عمل سه فرآیند وابسته به یکدیگر: جذب آب، انتقال آب و ازدست دادن آب در گیاه است، عوامل تنش‌زای محیطی غالباً با دست ورزی بر روی یکی از سه فرآیند فوق سطح آب درون گیاه را کنترل و تغییر می‌دهند.

عنصر روی در غلظت‌های کم سبب تحریک رشد گیاه می‌شود، ارتباط میان افزایش شاخص‌های رشد گیاه (سطح برگ، طول و وزن اندام هوایی و زیرزمینی) با غلظت فلز

www.SID.ir

Archive of SID

روی را از یک سو می‌توان به نقش این فلز در بیوسنتز اکسین به عنوان یک هورمون محرک رشد در گیاه نسبت داد، زیرا فلز روی به احتمال زیاد به عنوان کوفاکتور برخی از آنزیم‌ها در بیوسنتز اسید آمینه تریپتوفان به عنوان پیش ماده سنتز اکسین و یا در تبدیل اسید آمینه تریپتوفان به ایندول استیک اسید نقش دارد. اکسین محرک طویل شدن سلول‌ها در ساقه و کولئوپتیل می‌باشد. بر اساس تئوری رشد اسیدی این هورمون از طریق انتقال پروتون به درون سلول و درنتیجه کاهش pH درون سلولی و تغییر در غلظت کلسیم سیتوزولی، سبب افزایش نفوذپذیری غشاء سلول‌ها و تحریک رشد می‌شود. از طرفی اکسین ممکن است سنتز و رسوب مواد پلی ساکاریدی و پروتئینی مورد نیاز برای ظرفیت نرم شوندگی دیواره را افزایش دهد. بنابراین افزایش روی در حد مناسب سبب افزایش اکسین در گیاه و در نتیجه تحریک رشد گیاه می شود. نتایج بدست آمده در این مطالعه نیز مؤید این مطلب است، بدین صورت که طول اندام هوایی، طول ریشه و سطح برگها در غلظت ۲۵ و ۵۰ میکرومولار روی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر گزارش شده است که روی در غلظت‌های کم از طریق فعال‌سازی آنزیم‌های مربوط به فرآیند تکثیر و طویل شدگی سلول‌ها نیز می‌تواند سبب تحریک رشد در گیاه شود (Rion and Alloway, 2004). این فلز همچنین از طریق دخالت در متابولیسم نیتروژن، نشاسته و چربی‌ها در گیاه و تأمین بیشتر نیتروژن به عنوان یک عنصر ضروری فرآیند رشد را در آن‌ها تسریع می‌نماید (Khan et al., 2002).

در ادامه این آزمایش کاهش معنی‌دار وزن خشک و تر ساقه و ریشه و سطح برگ و همچنین شاخص‌های رشد در غلظت‌های بالای سولفات روی مشاهده شد. کاهش رشد نسبی گیاه به تاثیر روی بر دیواره سلولی و تیغه میانی نسبت داده می‌شود، زیرا با اتصال روی به پکتین دیواره سلولی، الاستیسیته آن کاهش می‌یابد. همچنین کاهش رشد را در شرایط تنش روی می‌توان به کاهش سیتوکنین، افزایش اتیلن و بازدارنده‌های رشد سلول ناشی از اثرات مستقیم و یا غیرمستقیم روی نسبت داد (Aidid and Okamoto, 1993). یکی از علل مسمومیت ناشی از غلظت بالای روی اثر این فلز بر آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز است. رشد گیاه با آسیب لیپیدهای غشایی، کلروفیل و آنزیم‌ها در اثر تنش اکسیداتیو ناشی از حضور روی کاهش می‌یابد. همچنین روی با بازدارندگی از جذب سایر عناصر ضروری به ویژه آهن، پتاسیم و کلسیم مانع رشد گیاه می‌شود.

Malea و همکاران (۱۹۹۵) نیز با مطالعه اثرات روی بر مرگ و میر سلول‌های برگ *Halophyla stipulecea* به این نتیجه رسیدند که این فلز در غلظت بالا موجب نکروز سلول‌های اپیدرمی و مزوفیلی برگ و همچنین مهار رشد سطحی برگ‌ها در این گیاه می‌شود. گزارش‌هایی نیز وجود دارد که یون‌های فلزی سنگین پس از ورود به گیاه تا زمان القای تشکیل فیتوکلاتین‌ها در اثر فیتوکلاتین سنتتاز در سیتوزول سلول‌ها باقی می‌مانند و این تجمع بالای فلز در سیتوزول باعث مهار رشد برگ‌ها می‌شود (Malea et al., 1995). کاهش میزان سطح برگ در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های بالای روی در این پژوهش نیز ممکن است به دلیل تجمع فلز در برگ باشد. علاوه بر این گزارش شده است گیاهانی که در معرض غلظت‌های بالای فلز روی قرار می‌گیرند ساختار میتوکندریایی در آنها تخریب شده و در نتیجه فرآیندهای انرژی خواه مرتبط با رشد سلول در آنها دچار اختلال می شود (Rout and Das, 2003). در شرایط تنش روی، ریشه پاسخ شدیدتری نسبت به سایر بخش‌های گیاه می‌دهد. از علل بازدارندگی بیشتر رشد ریشه می‌توان به حساسیت زیاد مریستم راس ریشه به فلزات سنگین و اثر روی بر آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز در سطح ریشه

www.SID.ir

Archive of SID

اشاره کرد (Fiskesjo, 1997). مسمومیت ناشی از تنش روی ابتدا در نوک ریشه روی می‌دهد و به دنبال آن ریشه‌های فرعی از رشد باز داشته می‌شوند. کاهش رشد ریشه‌ها که با کاهش طول و وزن خشک آن مشخص می شود، منجر به عدم توسعه و گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای شده، با کاهش سطوح جذب کننده و تغییر در ساختار غشای سلولی، جذب آب کاهش یافته، محتوای آب گیاه افت می‌کند که این امر بر فرایندهای فیزیولوژیکی نظیر تعرق، تنفس و فتوسنتز اثر کرده نهایتاً موجب کاهش رشد در سایر بخش‌های گیاه می‌شود. به طور کلی غلظت بالای روی به عنوان یک فلز سنگین اثرات مهمی بر رشد گیاه دارد و رشد آن را از جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و حتی سلولی باز می‌دارد.

تاثیر سمیت روی بر محتوی کلروفیل‌های b, a

کاهش محتوی کلروفیلی به عنوان شاخصی در راستای تولید کوآنتومی گیاهان مطرح است. عنصر روی می‌تواند به آسانی در برگ‌ها انباشته شده و اثرات مهمی را در مراحل متابولیکی کلرو پلاست داشته باشد.

عناصر سنگین از جمله روی از طریق بازدارندگی ۲ آنزیم آمینولوولینیک اسید دهیدروژناز و پروتوکلروفیلید ردوکتاز سبب کاهش بیوسنتز کلروفیل در گیاهان می‌شوند. جالب توجه است که برهمکنش عنصر سنگین با گروه سولفیدریل موجود در ساختار آنزیم‌های فوق به عنوان مکانیزم پیشنهادی در بازداری عمل عناصر سنگین مطرح است. عنصر روی ساخت آمینو لوولینیک اسید و تشکیل کمپلکس فعال نوری پروتوکلروفیلید ردوکتاز را با دخالت خود باز می‌دارد. روی به طور اختصاصی با واکنش با گروه سولفیدریل موجود در پروتئین ردوکتاز، ساختار فعال آنزیم پروتوکلروفیلید ردوکتاز را برهم می‌زند. Kupper و همکاران (۱۹۹۶) نیز معتقدند که کاهش محتوی کلروفیلی تحت تنش عناصر سنگین صرفاً به دلیل بازدارندگی از بیوسنتز کلروفیل تحت اثر سمی عناصر سنگین نیست و دریافتند که عنصر مرکزی Mg موجود در ساختار کلروفیل توسط عناصری چون جیوه، کادمیوم، مس، روی و نیکل قابل جابجایی است و این جابجایی عمده‌ترین تخریب انجام شده توسط عناصر سنگین در ساختارهای کلروفیلی به شمار می‌آید (Kupper et al., 1996). از طرفی آلودگی روی علاوه بر جلوگیری از جذب عناصراساسی در بیوسنتز کلروفیل‌ها مثل Mg و Fe، موجب تحریک آنزیم کلروفیلاز شده و از این طریق میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد (Drazkiewicz, 1994).

Barcelo و Poschenrider (۱۹۹۰) نیز معتقدند که روی بیشترین اثر خود را در غشاء تیلاکوئیدی کلروپلاست‌های برگ‌های بالغ گیاه می‌گذارد و برگ‌های اولیه غالبا از این اثر سمیت روی مصون هستند (Barcelo and Poschenrider, 1990). از علل دیگر کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش، تغییر مسیر متابولیسمی به سمت تولید پرولین است، زیرا گلوتامات که پیش‌ساز سنتز کلروفیل و پرولین است به سمت تولید پرولین پیش می‌رود. با مقایسه‌ای که از جهت تغییر میزان کلروفیل‌های a و b به دست آمد مشخص شد که روی میزان کلروفیل a را بیش از مقدار کلروفیل b تغییر می‌دهد. Sheoran و همکاران (۱۹۹۰) معتقدند که اگرچه عناصر سنگین سبب کاهش مقدار کلروفیل‌ها در گیاهان می‌شوند، ولی غالباً رنگیزه‌های اصلی بیش از رنگیزه‌های فرعی تحت تاثیر اثرات سمی عناصر سنگین قرار می‌گیرند (Sheoran et al., 1990). Krupa (۱۹۹۸) نیز معتقد است که برهم خوردن توازن رنگیزه‌ای قبل از ایجاد اختلال در عمل فتوسنتز در طی اثرات سمیت عناصر سنگین ایجاد می‌شود و یا به عبارتی بیشترین اثرات منفی عناصر سنگین در سیستم رنگیزه‌ای گیاهان عالی حادث می‌شود (Krupa, 1998). کاروتنوئیدها

www.SID.ir

Archive of SID

نیز تتراترپن‌هایی هستند که در پلاست بافت‌های گیاهی حضور داشته و در تنش‌های اکسیداتیو در گیاه، حفاظت از بافت‌های فتوسنتزی بخصوص کلروفیل‌ها را بر عهده دارند. فلزات سنگین در یک مقدار معین به عنوان عوامل تنش‌زای محیطی سبب القای تنش اکسیداتیو و سنتز بیشتر کاروتنوئید در گیاهان می‌شوند، در حالی که غلظت‌های بالای این فلزات از طریق تخریب و به هم ریختگی ساختار کاروتنوئیدها مقدار آن را در گیاه کاهش می‌دهند (Candan and Tarhan, 2003).

تاثیر سمیت روی بر قندهای محلول و نامحلول

کربوهیدرات‌ها از جمله ماکرومولکول‌های حیاتی می‌باشند که در سیستم‌های زنده گیاهی و جانوری نقش‌های عمده‌ای را ایفا می‌کنند و اعمال دو گانه‌ای را در سلول‌های گیاهی بر عهده دارند. آنها از یک طرف به عنوان عامل اسموتیکی عمل می‌کنند و از طریق پایین آوردن پتانسیل اسمزی باعث حفظ حالت تورژسانس و شادابی سلول‌ها می‌گردند و از طرف دیگر با تامین انرژی لازم و اسکلت کربنی مورد نیاز فرآیندهای بیوسنتزی باعث رشد و نمو سلول‌ها می‌شوند. با افزایش غلظت روی در تیمارها کاهش درصد قندهای محلول متعاقب با کاهش فتوسنتز مشاهده می‌شود. علت این امر را می‌توان این گونه استدلال کرد که آلودگی‌های روی فرآیندهای فتوسنتزی را کاهش می‌دهند که این کاهش از دو جهت کلی قابل توجه است: ۱- اثر بر فعالیت فیزیولوژیکی و آنزیماتیکی فتوسنتزی و ۲- اثر بر سطح برگ. تنش روی به دلایل مختلف موجب کاهش فتوسنتز می‌شود که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: تخریب فراساختار کلروپلاست، جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل، مسدود کردن مسیر انتقال الکترون فتوسنتزی و بازدارندگی فعالیت آنزیم‌های اساسی فتو سنتز (Sharma and Dubey, 2004).

همچنین آلودگی روی به طور رقابتی با یون کلسیم از ورود این یون به سلول جلوگیری کرده و کاهش یون کلسیم نیز در جلوگیری از تقسیمات سلولی موثر است. به این ترتیب با کاهش تقسیمات سلولی اندام‌ها از جمله برگ‌ها از رشد باز می‌مانند. با کاهش سطح پهنک برگ هم سطح فتوسنتز کننده کاهش می‌یابد و هم شدت تعرق کمتر شده و لذا ترکیبات لازم جهت انجام عمل فتوسنتز به میزان کمتری به برگ‌ها می‌رسد (Sharma and Dubey, 2004). مجموع این رویدادها منجر به کاهش شدت فتوسنتز می‌گردد که پیامد آن کاهش میزان قندهای محلول در اندام‌های گیاهی می‌گردد. از دیگر دلایل کاهش قندهای محلول، مهار واکنش‌های مختلف چرخه کالوین و کاهش تثبیت CO_2 در گیاهان تحت تیمار با عنصر روی و همچنین اختلال در آنزیم‌های چرخه احیای کربن فتوسنتزی به وسیله فلزات سنگین را می‌توان نام برد، به ویژه روبیسکو که کاتیون‌های دو ظرفیتی نقش مهمی در فعالیت آن دارند. گزارش شده است که روی، تشکیل غشاهای تیلاکوئیدی در پروپلاستیدها را مختل می‌کند به طوری که مانع تمایز پروپلاستیدها به کلروپلاست‌های طبیعی می‌شود. این اثر که ممکن است اثری غیرمستقیم و به علت فقدان عناصر غذایی معدنی لازم برای بیوژنز کلروپلاست باشد، می‌تواند به علت تداخل روی با متابولیسم پروتئین و یا اسیدهای نوکلئیک طی تمایز سلولی توجیه شود. به طور کلی فلزات سنگین اعم از روی با القای بسته شدن روزنه‌ها، آسیب به ساختمان کلروپلاست، کاهش غلظت رنگیزه‌ها، اختلالات آنزیمی و عدم تعادل در روابط آبی آسیب شدیدی به دستگاه فتوسنتزی گیاهان وارد می‌نمایند. این فرایند خود تولید کربوهیدرات‌ها را به طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد. از آنجایی که روی یک عامل تنشی محسوب می‌شود گیاهان برای مقاومت در برابر آن بخشی از قندهای محلول خود را به

www.SID.ir

Archive of SID

صورت نامحلول در می‌آورند و در اندام‌های هوایی خود ذخیره می‌کنند. تغییر سطح کربوهیدرات‌های نامحلول تحت تاثیر تنش روی در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (Kosobrukhov and knyazeva, 2004). ریشه در مقایسه با اندام هوایی حساسیت بیشتری به یون روی دارد که شاید به علت تجمع بیشتر این یون در ریشه در مقایسه با بخش‌های هوایی باشد. به این ترتیب انباشتگی بیشتر کربوهیدرات‌های نامحلول نیز در ریشه با توجه به تجمع بیشتر یون روی در این اندام در مقایسه با برگ قابل پیش‌بینی خواهد بود. روی با بازدارندگی از تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول به مولکول‌های کوچکتر (گلوکز) باعث افزایش غلظت کربوهیدرات‌های نامحلول می‌شود. همچنین تنش روی موجب سنتز بیشتر اسید آبسیزیک شده و پیامد این پدیده کاهش قابل ملاحظه فعالیت آلفا آمیلاز می‌شود که در افزایش قندهای نامحلول می‌تواند موثر باشد (Sharma and Dubey, 2004).

نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که فلز روی به عنوان یک عنصر کم مصرف ضروری در غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میکرومولار تا حدودی سبب تسریع رشد گیاه لوبیا می‌شود، در حالی که غلظت‌های بالای این فلز با القای تنش اکسیداتیو سبب مسمومیت و کاهش رشد می‌شود.

سپاسگزاری

از کلیه اساتید و کارشناسان گروه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات که ما را در اجرای این تحقیق یاری نمودند نهایت قدردانی را داریم.

منابع

کریمی، ه (۱۳۵۷). گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران.

عزیزی، ف. (۱۳۷۷). تجزیه و تحلیل چند خصوصیت مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های لوبیا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و دانشگاه صنعتی اصفهان.

خاوری نژاد، ر. (۱۳۷۸). فیزیولوژی گیاهی عملی. انتشارات امید، تهران.

خاوری نژاد، ر. (۱۳۷٤). اصول آمار زیستی. انتشارات دانشگاه تربیت معلم.

Aidid, S., Okamoto, H. (1993). Responses of elongation rate, turgor pressure and cell wall extensibility of stem cells of *Impatiens balsmina* to Lead, Copper and Zinc. Biometals. 6: 245-249.

Barcelo, J., Poschenrider, C. (1990). Plant water relation as effected by heavy metals. A Review of Nutrition. 13: 1 -37.

Baszynski, T., Tukendorf, A. (1984). Copper in the nutrient medium of higher plants and their photosynthetic apparatus activity. Lubliensis. 26: 31-39.

Ben Ghnaya, A. (2007). Morphological and physiological characteristics of rapeseed plants regenerated in vitro from thin cell layers in the presence of zinc. Plant Biology. 330: 728–734.

Candan, N., Tarhan, L. (2003). Change in chlorophyll–carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn–stressed *Mentha pulegium*. Plant Biology. 27: 21 – 30.

Drazkiewicz, M. (1994). Chlorophyll – occurrence , function , mechanisms of action effects of internal and external factors. Photosynthetica , 30: 321 – 331.

Fiskesjo, G. (1997). Allium test for screening chemicals: Evaluation of cytological parameters. Plants for Environmental Studies. 101: 307-333.

Gadallah, M. (2000). Effects of indole -3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of

www.SID.ir

Archive of SID

anhydrase in *Medicago truncatula* wild type and raz mutant plants. Plant Science. 168: 1015–1022.

Luderid, D., hofte, H., Himelblau, E., Chrispeels, M. (1992). The expression pattern of the tono plast intrinsic protein Y- TLP in *Arabidopsis thaliana* is correlated with cell enlargement. Plant Physiology. 100: 1633 – 1639.

Malea, P., Kevrekidis, T., Haritonidis, S. (1995). The short term uptake of zinc and cell mortality of the sea grass *Halophylla stipulecea*. Plant Science. 43: 21-30.

Mei, Y., Lei, Sh., Fang-Sen, X., Jian-Wei, L and Yun-Hua, W. (2009). Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Pedosphere. 19: 53–59.

Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Science. 7: 405-410.

Rion, B., Alloway, J. (2004). Fundamental aspects of Zinc in soils and plants. International Zinc Association. 23: 1-128.

Rout, D., Das, P. (2003). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism. Agronomy and Soil Science. 23: 3–11.

Sharma, P., Dubey, R. (2004). Lead toxicity in plants. Plant Physiology. 123: 10 – 32.

Sharma, P., Dubey, R. (2004). Ascorbat peroxidase from rice seeding. Plant Science. 167: 541 – 550.

Shoeran , I., Singal, H., Singal, R. (1990). Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and the enzymes at the photosynthetic carbon reduction cycle in *Pigeon pea*. Photosynthetica. 23: 345 - 351.

Zhi-xin, Y., Shu-qing, L., Da-wei, Zh., Sheng-dong, F. (2006). Effects of cadium, zinc and lead on soil enzyme activities. Journal of Environmental Sciences. 6: 1135 – 1141.

soybean plants growing under water deficit. Journal of Arid Environments. 44: 451–467.

Hong, W., Ji-yun, J. (2007). Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in Maize (*Zea mays* L.). Agricultural Sciences in China. 6: 988-995.

Kang, G., Wang, C., Sun, G., Wang, Z. (2003). Salicylic acid changes activities of H_2O_2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of Banana seedlings. Environmental and Experimental Botany. 50: 9-15.

Khan, M., Qasim, M., Jamil, M. (2002). Effect of different levels of Zinc on the extractable Zinc content of soil and chemical composition of rice. Asian Journal of Plant Science. 1: 20-21.

Kochert, G. (1978). Carbohydrate determination by the phenolsulfuric acid method. in Helebus Cambrige Univ. Press Cambridge. 231: 44- 52.

Kosobrukhov, A., knyazeva, I. (2004). *Plantago major* plants responses to increase content of lead in soil: growth and photosynthesis. Plant Growth Regulation. 42: 145 – 151.

Krupa, Z. (1998). Cadmium induced changes in the composition and structure on the light harresting chlorophyll a,b ,protein complex Π in radish cotyledons. Plant Physiology. 73: 518 -524.

Kupper, H., Kupper, F., Spiller, M. (1996). Enviromental relevance of heavy metal substituted chlorophyllus using the example of water plants. Experimental Botany. 47: 259 – 266.

Lichtenthaler, K. (1994). Chlorophyll and carotenoids pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350–382.

Lopez-Millan, A., Ellis, D., Grusak, M. (2005). Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic

www.SID.ir

Archive of SID

The effects of zinc sulphate on certain physiological parameters in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plant

Khavari–Nejad, R.A[1]., Najafi, F[2]., Firuzeh, R[1]
1. Department of Biology, Faculty of science , Islamic Azad University , Science and Research Branch, Tehran, Iran
2. Department of Biology, Faculty of science, Tarbiat Moallem University, Tehran , Iran

Abstract
Zinc as an important element plays certain structural and functional roles in the metabolic processes of plants. However, high concentrations of Zn, specially in soils with low pH, is a limiting factor for growth. In this article, the effects of different concentrations of $ZnSO_4$ (0, 25, 50, 75, 150, 250, 350, 450 and 550µM) on certain physiological parameters in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants were studied. The results showed that Zn treatments (above 75µM) caused significant decrease in fresh and dry weight, length of root and shoot, soluble sugar content and increase in starch content. Increasing Zn concentration, gradually decreased the content of various photosynthetic pigments, including chlorophylls a, b and carotenoids. This indicates that chl a is more affected than chl b. The following phytotoxic symptoms were also observed as decreases in growth parameters. Zn, in low concentrations, caused significant increase of growth in Phaseolus vulgaris, however, high concentrations of Zn affected on physiological and biochemical processes and decreased growth and production in treated plants.

Key words: Carbohydrate, Carotenoids, Chlorophyll a, b, Growth parameters, *Phaseolus vulgaris*, Zn stress

* *Email:r.firuze1848@yahoo.com*

www.SID.ir