فصلنامه

زیست شناسی تکوینی

سال هشتم، شماره ۲، بهار ۱۳۹۵

تغییر در صفات رویشی و شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهان لوبیا تحت تنش روی در محیط کشت هیدروپونیک

عبدالکریم چهرگانی راد*[۱]، نوشین خورزمان[۲]، حسین لاری یزدی[۲]، زهره شیرخانی[۱]

[۱] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

[۲] گروه زیست شناسی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

E-mail: Chehregani@basu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲۰

چکیده

روی به‌عنوان یک عنصرضروری برای رشدونموگیاهان نقش ساختاری و عملکردی فراوانی در بسیاری ازفرآیندهای متابولیکی گیاه برعهده دارد، ولی مقداراضافی آن به‌خصوص درخاک‌های اسیدی یک فاکتورمحدودکننده رشدبرای گیاه محسوب می‌شود. به‌منظور بررسی تاثیر روی بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک گیاه لوبیا غلظت‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میکرومولار نیترات روی در محیط هیدروپونیک استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمار روی اثر معنی‌دار بر شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک داشته است به‌طوریکه افزایش غلظت روی سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، سطح برگ، وزن-تر، وزن خشک، SLW و LWCA و افزایش میزان LWR و LARشده ولی برSLA گیاه لوبیا اثر معنی دار نداشت. طبق آزمون دانکن مشاهده شد محتوای کلروفیل و قندهای نامحلول تحت تاثیر غلظت‌های مختلف روی روند کاهشی و قندهای محلول روند افزایشی را داشتند. حضور فلزات سنگین در منطقه ریزوسفر و ورود آنها به گیاه باعث کاهش رشد شده و متابولیسم سلولی را برهم می‌زنند، بنابراین روی فرایندهای مهمی مانند انتقال آب، فسفریلاسیون اکسیداتیو میتوکندری، فتوسنتز و مقدار کلروفیل اثر می‌گذارند.

کلیدواژه‌ها: رشد، روی، شاخص‌های فیزیولوژیک، لوبیا

مقدمه

رشد و نمو گیاهان زراعی به عواملی نظیر نور، حرارت، اکسیژن، آب و غیره و همچنین مواد آلی و معدنی در حد مطلوب و در زمان مناسب بستگی دارد. کمبود و یا افزایش بیش از حد مطلوب هر یک از عوامل موثر بر رشد، اختلالات فیزیولوژیکی را در گیاهان زراعی به همراه دارد. تنش در موجودات زنده به معنی انحراف از شرایط مطلوب برای زندگی تعریف می‌شود. هر عامل محیطی که باعث ایجاد صدمه یا خسارت در موجود زنده شود، تنش نام دارد

Archive of SID

www.SID.ir

[۱٦].

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های زیست محیطی هستند که مواجه شدن انسان با بعضی از آن‌ها از طریق آب ومواد غذایی می‌تواند مسمویت‌های مزمن و بعضاً حاد خطرناکی را ایجاد نماید که از جمله آنها می‌توان به فلزاتی نظیر سرب، جیوه، نیکل، کادمیوم، آلومینیم، آرسنیک، روی، مس و آهن اشاره کرد[۲۹].

فلزات سنگین دو گروه هستند، برخی همچون مس و روی برای رشد و نمو گیاه ضروری بوده و به‌عنوان جزء اصلی در ساختار بسیاری از آنزیم‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند [۲۱، ۳۳]، و برخی برای متابولیسم گیاه و جانور غیرضروری هستند مثل سرب و کادمیوم که اغلب در غلظت‌های پائین سمی هستند [۱۰]، اگر چه همه‌ی فلزات سنگین در غلظت‌های بالا اثرات سمی دارند و آلودگی محیطی را ایجاد می‌کنند.

امروزه به دلیل توزیع مواد زاید خانگی، پساب‌های صنعتی، فعالیت‌های کشاورزی، اکتشاف و استخراج معادن توسط انسان، محیط‌زیست در معرض آلاینده‌های معدنی و آلی می‌باشد. اصلی‌ترین ترکیب آلودگی‌های معدنی فلزات سنگین از جمله مس، روی، آهن و کادمیوم می‌باشد [۳۲].

روی (Zinc) به‌عنوان یک عنصر ضروری برای رشدونمو گیاهان نقش ساختاری و عملکردی فراوانی در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاهان برعهده دارد، ولی مقدار اضافی آن به‌خصوص در خاک‌های اسیدی یک فاکتور محدودکننده رشد برای گیاه محسوب می‌شود [۱٦].

شریعت و عصاره در سال ۱۳۸۵ نشان دادند که مقادیر پایین عنصر سنگین روی (۱ میلی مولار) تاثیر چندانی بر جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه اکالیپتوس نداشته است [۲۷]. Palacios نشان داد که نیکل در گیاه گوجه فرنگی و همچنین مس در *Brassica Pekinesis* Rupr [۳٤] اثرات بازدارندگی بر شاخص‌های رشد دارند.

Garty و همکاران [۱۳] در سال ۱۹۹۲ نشان دادند که روی در غلظت زیاد خود سبب کاهش کلروفیل در گلسنگ‌ها می‌شود.

این پژوهش با هدف بررسی اثر روی بر برخی از شاخص‌های رویشی و فیزیولوژیک گیاه لوبیا و نیز حد تحمل آن به غلظت‌های مختلف روی در محیط هیدروپونیکطراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بررسی جوانه‌زنی بذرها

بذرهای مورد استفاده در این تحقیق متعلق به گونه‌ی *Phaseolus vulgaris* (Sayad cultivar) از خانواده Fabaceae می‌باشد. پژوهش حاضر بر روی یک نوع از این جنس به نام رقمصیاد صورت گرفت. بذر مذکور از مرکز تحقیقات و اصلاح نباتات استان البرز تهیه گردید.

بذرهای ضدعفونی شده در پتری‌های شاهد (فقط آب مقطر به مقدار ۵ml به آن‌ها اضافه گردید) و پتری‌های حاوی غلظت‌های ۳۰، ٤۰ و ۵۰ میکرو مولار نیترات روی ($Zn(No3)_2$) تحت دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد (در داخل انکوباتور) به مدت یک هفته کشت داده شدند. تعداد بذرهای جوانه زده در هر پتری به فواصل یک روزه شمارش و ثبت گردید.س رعت جوانه‌زنی بذرها از رابطه زیر محاسبه گردید [۱۸]:

$$Vg = \Sigma \frac{Ni}{Di}$$

Archive of SID

www.SID.ir

Vg= سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر در روز، Ni= تعداد بذر جوانه زده در هر روز، Di= شماره روز

کشت گیاه لوبیا

بذرهای لوبیا ابتدا در ظروف نشا کشت شده سپس گیاهان یکنواخت از نظر اندازه انتخاب و به ظروف تیره‌ی (۳۵۰ میلی‌لیتر) حاوی محلول هوگلند نیم قدرت (محیط هیدروپونیک) انتقال یافتند. پس از مدت زمان ۲٤ ساعت، تحت تیمارهای مختلف نیترات روی با غلظت‌های ۳۰، ٤۰و ۵۰ میکرومولار قرار گرفتند. گیاهان برای مدت ۲۰ روز در اتاقی با شدت روشنایی٤۰۰۰ لوکس و در دما و رطوبت آزمایشگاه رشد کردند. طول دوره روشنایی و تاریکی به ترتیب ۱٦ و ۸ ساعت بود و pH در تمام محلول‌های غذایی تهیه شده در حد ٦/۵ تنظیم گردید (شکل ۱).

سنجش فاکتورهای رشد

پس از ۲۰ روز گیاهان از محیط کشت خارج شدند و به سرعت وزن تر اندام‌های هوایی بر حسب گرم، طول ریشه و ساقه بر حسب میلی‌متر، سطح پهنک برگ‌ها بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. عمل خشک کردن نمونه‌های گیاهی در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت صورت گرفت. وزن خشک نمونه‌ها بر حسب گرم بدست آمد.

جهت سنجش کمی رشد در گیاهان کشت شده تحت تیمار و مقایسه آن‌ها با یکدیگر، شاخص‌های رشد شامل نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگی (SLA)، وزن مخصوص برگ (SLW)، نسبت وزن برگی (LWR) و محتوای آب در واحد سطح برگ (LWCA)اندازه‌گیری شد.

LAR (Leaf Area Ratio): نشان‌دهنده سطح فتوسنتز کننده به وزن خشک کل گیاه است، برحسب cm^2/g وزن خشک گیاه بیان می‌شود .

$$LAR = SLA \times LWR$$

همچنین طبق این فرمول هم بدست می‌آید:

$$LAR = \frac{LA}{TDW}$$

در این رابطه LAکل سطح بافت‌های فتوسنتزکننده وTDW وزن خشک کل گیاه است.

میانگین LAR عبارت است از:

$$LAR = \frac{(LA_2 - LA_1)(\ln W_2 - \ln W_1)}{(W_2 - W_1)(\ln LA_2 - \ln LA_1)}$$

SLA(Specific Leaf Area): میزان سطح برگ یک گیاه را بر اساس وزن خشک برگ‌ها نشان می‌دهد. برحسب $cm^2 . g^{-1}$ ماده‌ی خشک معرفی می‌شود.

$$SLA = \frac{LA}{LDW}$$

LA= سطح برگ

LDW = ماده‌ی خشک برگ‌ها

SLW (Specific Leaf weight) : وزن مخصوص برگ بر حسب gr/cm^2 محاسبه می‌شود .

$$SLW = \frac{\text{نسبت وزن برگ}}{\text{سطح برگ}}$$

LWR (Leaf Weight Rate): نسبت وزن برگی برحسب gg^{-1} وزن خشک معرفی می‌شود.

$$LWR = \frac{LDW}{W}$$

Archive of SID

www.SID.ir

(Leaf Water Content per unit leaf Area)

LWCA: محتوای آب در واحد سطح برگ برحسب گرم بر متر مربع محاسبه می‌گردد. در این رابطه LFW وزن تر برگ، LDW وزن خشک برگ و L سطح برگ است .

$$LWCA = \frac{LFW - LDW}{L}$$

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، ۰,۱ گرم از برگ گیاه وزن شد و در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪به آرامی بافت برگ له و به صورت مخلوطی یکنواخت و همگن درآمد سپس با استون ۸۰٪ به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. نمونه‌ها در سانتریفوژ (Sigma, K1501, Germany) با دور ۴۸۰۰ (دور در دقیقه) به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند. در نهایت با دستگاه اسپکتروفتومتر (Biowave II, England) میزان جذب برای کلروفیل قرائت گردیدو با استفاده از فرمول‌های زیر محتوای کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم وزن تر محاسبه شد [۶].

غلظت کلروفیل a = ۰/۰۱۲۷×$A_{۶۶۳}$ −۰/۰۰۲۶۹×$A_{۶۴۵}$

غلظت کلروفیل b = ۰/۰۲۲۹×$A_{۶۴۵}$ −۰/۰۰۴۶×$A_{۶۶۳}$

غلظت کلروفیل(a+b) = ۰/۰۲۰۲×$A_{۶۴۵}$+۰/۰۰۸۰۲×$A_{۶۶۳}$

$A_{۶۴۵}$ = میزان جذب در طول موج ۶۴۵

$A_{۶۶۳}$= میزان جذب در طول موج ۶۶۳

سنجش کربوهیدرات‌ها به روش فنل- اسیدسولفوریک

برای اندازه‌گیری قندهای محلول و نامحلول از روش فنل- اسید سولفوریک استفاده شد. این روش بر اساس هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال قرار دارد که با فنل تولید یک ترکیب کمپلکس رنگی می‌کند [۱۷].

اندازه‌گیری قندهای محلول

نمونه‌ها در داخل آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ به ۰,۱ گرم از نمونه‌های خشک شده اضافهو به مدت یک هفته در یخچال نگهداری گردید. ۰,۵ میلی‌لیتر از محلول رویی نمونه‌ها برداشته با آب مقطر به حجم ۲ میلی‌لیتر رسانده شد و روی آن ۱ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد اضافه کرده، خوب به هم زده و بر روی آن ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ با فشار اضافه گردید، محلول زرد رنگی بدست می‌آید که به مرور تغییر رنگ می‌دهد و به قهوه‌ای روشن تمایل پیدا می‌کند، این محلول را نیم ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده و میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری قندهای نامحلول

رسوب باقیمانده از مرحله‌ی قبل بر برای اندازه‌گیری قندهای نامحلول موجود در برگ استفاده شد. ابتدا رسوب را خشک و سپس آن را وزن نموده و در لوله‌ی آزمایش ریخته و بر روی آن ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه نموده و به مدت ۱۵ دقیقه در بن ماری آب جوش قرار داده شد. سپس آن را صاف نموده و حجم محلول عبور کرده از صافی را با آب مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و در نهایت ۲ میلی‌لیتر از این محلول برداشته وقندهای نامحلول آن به روش فنل- اسید سولفوریک در طول موج ۴۸۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید.

مقادیر قند نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد بر اساس میلی‌گرم بر وزن خشک محاسبه گردید.

در پایان، داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS(version9.1) توسط آزمون

Archive of SID

www.SID.ir

دانکن بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آنالیزهای آماری مربوط به شاخص‌های رویشی بیانگر اثر معنی‌دار تیمار روی بر شاخص‌های رشد شامل سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ($p\leq0.05$)و سطح برگ، وزن تر، وزن خشک، طول ریشه، طول ساقه، LAR، SLW، LWCA و LWR در سطح احتمال ($p\leq0.01$) بود. همچنین میزان SLA در گیاه لوبیا رقم صیاد تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات روی قرار نگرفت به‌طوری‌که نسبت به گروه شاهد تغییرات معنی‌داری را نشان نداد.

تغییرات شاخص‌های رشد (سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، سطح برگ، وزن تر، وزن خشک تحت تاثیر غلظت‌های مختلف روی روند کاهشی را نشان داد (شکل‌های ۷-۲). طبق آزمون دانکن مشاهده شد که میزان LWR و LAR گیاه لوبیا رقم صیاد تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات روی نسبت به گروه شاهد روند افزایشی و SLW و LWCA روند کاهشی داردهمچنین میزان SLA تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات روی قرار نگرفته به‌طوری که نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی داری نداشت (شکل‌های۱۳ -۸).

شاخص‌های فیزیولوژیک شامل محتوای کلروفیل و قندهای نامحلول تحت تاثیر غلظت‌های مختلف روی روند کاهشی و قندهای محلول روند افزایشی را داشتند (شکل‌های ۱۷-۱٤).طبق آزمون مقایسه‌ای دانکن، ستون‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

فلز روی یک عنصر ضروری برای گیاهان بوده و در بسیاری از فرایندهای متابولیکی گیاه نقش دارد و از طریق محافظت پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی در برابر رادیکال‌های آزاد و سایر محصولات حاصل از واکنش‌های احیایی درون سلولی سبب حفظ تمامیت غشای سلول‌ها می‌شود. به‌علاوه این فلز به همراه مس بخش اصلی آنزیم سوپراکسید دسموتاز را به‌عنوان خنثی‌کننده رادیکال‌های آزاد تشکیل می‌دهد [۳۰]. نتایج این تحقیق نشان داد که پارامترهای رشد تحت تاثیر نیترات روی به‌کار برده شده قرار گرفت به‌طوری‌که افزایش غلظت این عنصر باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی ،کاهش سطح برگ، کاهش وزن ترو خشک برگ، کاهش طول ساقه و ریشه می‌شود.

نتایج به دست آمده از تاثیر نیترات روی بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد که افزایش غلظت نیترات روی باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود به‌طوری‌که هر چه غلظت نیترات روی بیشتر شود سرعت جوانه‌زنی کمتر می‌شود. به نظر می‌رسد عنصر روی در غلظت‌های پایین تاثیر چندانی بر روند جوانه‌زنی نداشته باشد.

بر اساس گزارش‌هایی در مورد گیاهانی مانند آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*)، خردل سفید (*Sinapsisalba*)، علف هفت‌بند (*Polygonumaveculare*)، گندم (*Triticumaestivum*) و خیار (*Cucumissativus*) فلزات مس، سرب و روی اثرات سمیت چندانی در مرحله جوانه‌زنی گیاهان ندارند[۲٦]. Mahmood و همکاران در سال ۲۰۰۵ [۱۹] به بررسی تاثیر سطوح مختلف مس و روی بر جوانه‌زنی و رشد گیاه ذرت پرداختند. جوانه‌زنی تحت تاثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت. Peraltaو همکاران [۲۸] دریافتند فلز روی بالعکس نیکل، کروم، مس و کادمیوم اثر معنی-

Archive of SID

www.SID.ir

داری در کاهش جوانه‌زنی حتی در غلظت‌های ٤٠ میلی گرم در لیتر در یونجه (*Medicago sativa*) نداشت. همچنین روی، مس، کروم و نیکل در غلظت ٥ میلی‌گرم در لیتر طول ساقه‌چه را ٧ الی ٦٠ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. آن‌ها عنوان کردند که این فلزات در غلظت‌های کم همانند ریزمغذی‌ها در گیاه یونجه عمل می‌نمایند. در حقیقت بذر مرحله‌ای از چرخه زندگی گیاه است که به خوبی در مقابل تنش-های گوناگون گیاه را حفاظت می‌کند. اما بلافاصله پس از جذب آب و توسعه رشد رویشی، گیاه به تنش‌های محیطی بسیار حساس می‌شود.

Malea و همکاران [٢٠] با مطالعه اثرات روی بر مرگ و میر سلول‌های برگ *Halophylastipulecea* به این نتیجه رسیدند که این فلز در غلظت‌های بالا موجب نکروز سلول‌های اپیدرمی و مزوفیلی برگ و مهار رشد سطحی برگ‌ها در این گیاه می‌شود. تجمع بالای فلزروی در سیتوزول سلول گیاهی نیز از طریق اختلال در عملکرد طبیعی سلول و مهار فرایند تنفس و واکنش‌های انرژی‌خواه مرتبط با رشد سلول می‌تواند سبب کاهش رشدونمو ایده‌آل و افت بیومس کل گیاه شود [٩].

به نظر می‌رسد که فلزات سنگین به روش‌های گوناگون مانع رشد گیاهان می‌شوند. از یک طرف، فلزات سنگین با کاهش تورژسانس سلول موجبات کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلول را فراهم می‌آورند [٧] و از طرف دیگر، با تجمع در دیواره سلولی و ورود به سیتوپلاسم و ایجاد اختلال در متابولیسم طبیعی سلول منجر به کاهش رشد می‌گردند [٢٣].

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که SLA تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات روی قرار نگرفت. ولی LWR و LAR تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات روی روند افزایشی وLWCA و SLW تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات روی روند کاهشی را نشان دادند. نتایج مشابهی درباره‌ی اثرات بازدارندگی فلزات سنگین از جمله نیکل در گیاه گوجه‌فرنگی [٢٧] ،مس در گیاه *Brassica pekinesis* Rupr [٣٤] و همچنین سرب و مس در گیاهان *Sorghum bicolor*، *Zea mays* و *Triticumaestivum* [٥] گزارش شده است.

مهم‌ترین علت کاهش رشد در گیاهان تحت تیمار فلزات سنگین ناشی از آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد. تولید اشکال مختلف اکسیژن فعال تحت القای فلزات سنگین در طی تنش اکسیداتیو، به لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها، رنگیزه‌ها و اسیدهای نوکلئیک آسیب وارد کرده و منجر به کاهش آشکاری در رشد گیاه می‌شود که در نهایت می‌تواند منجر به مرگ گیاه هم شود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج قاسمی و همکاران [٣] مطابقت دارد.

تاثیر افزایش غلظت نیترات روی بر میزان کلروفیل در تحقیق حاضر مشهود بود به‌طوریکه با افزایش غلظت روی در گیاه میزان کلروفیل کاهش یافت. گزارش شده است که فلزات سنگین بیوسنتز کلروفیل را به‌ویژه به‌وسیله مهار آمینولوولینیک اسید دهیدروژناز و پروتوکلروفیلایدردوکتاز مهار می‌کنند. در کل کاروتنوئیدها کمتر تحت تاثیر فلزات سنگین قرار می‌گیرند و در نتیجه، موجب کمتر شدن نسبت کلروفیل به کاروتنوئید در گیاهان می‌شوند علاوه‌بر مهار بیوسنتز کلروفیل‌ها به وسیله فلزات سنگین می‌توان به تجزیه زیستی کلروفیل در حضور فلزات سنگین اشاره نمود [٢٤].

Archive of SID

www.SID.ir

به نظر می‌رسد جایگزین شدن یون منیزیوم مرکزی کلروفیل به‌وسیله فلزات سنگین صدمه دیگری است که باعث جلوگیری از به دام انداختن نور فتوسنتزی و در نتیجه از بین رفتن کلروفیل و کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود کاهش محتوای کلروفیل می‌تواند دلیلی مستقیم برای کاهش فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه کاهش تثبیت کربن در اثر غلظت‌های بالای فلزات سنگین باشد [۸]. کاهش ذخیره کلروفیل در برگ‌ها به علت مهار مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل است [۱]. به نظر می‌رسد که فلز روی به‌عنوان یک فلز سنگین از طریق جلوگیری از انتقال یکسری عناصر ضروری مانند آهن و منیزیوم به کلروپلاست سلول‌های گیاهی در عملکرد این عناصر طی مسیر بیوسنتز کلروفیل در گیاه اختلال ایجاد می‌کند [۳۰].

Garty و همکاران [۱۳] در سال ۱۹۹۲ اثرات فلز روی و تغییرات pH بر تخریب و کاهش کلروفیل در گلسنگ‌ها را مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که این فلز در غلظت زیاد خود سبب کاهش کلروفیل در گلسنگ‌ها می‌شود.میشرا و تریپاتی [۲۲] در بررسی انباشت کادمیوم در گیاه *Baccopamonnieri*، گزارش نمودند که پارامترهای بیوشیمیایی نظیر پروتئین، کربوهیدرات و کلروفیل با کاهش مواجه می‌شود که با یافته‌های حاصل از این پژوهش همسو می‌باشند.

طبق تحقیق حاضر افزایش غلظت نیترات روی، باعث افزایش قند محلول شد ولی بر قند نامحلول تاثیر منفی داشته و با افزایش غلظت نیترات روی مقدار قند نامحلول کاهش یافت.می‌توان گفت که با کاهش مصرف کربوهیدرات‌ها برای رشد گیاه که در اثر تنش فلز ایجاد می‌شود با تجمع کربوهیدرات‌ها مواجه خواهیم بود [۲۵]. تجمع قندهای محلول در شرایط تنش به تنظیم اسمولاریته سلول کمک می‌کند و موجب حفظ و نگهداری مولکول‌های زیستی و غشاها می‌گردد [۳۱]. تغییرات کربوهیدرات‌ها به دلیل ارتباط مستقیم‌شان با فرایندهای فیزیولوژیکی نظیر فتوسنتز، انتقال و تنفس اهمیت خاصی دارند. در میان کربوهیدرات‌های محلول، ساکارز و فروکتوز در سازگاری با تنش، نقش مهمی ایفا می‌کنند [۱۵]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در شرایط تنش شوری، غرقابی، سرما و فلزات سنگین مقدار قندهای محلول افزایش می‌یابد [۱۱،۱۲]. که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. گیاهان برای مقابله با تنش اسموتیک ایجاد شده در اثر فلزات سنگین، مکانیسم‌های سازشی متفاوتی به‌کار می‌گیرند. گروهی از گیاهان که مقاومت بالاتری دارند برای حفظ تعادل اسمزی خود تعدادی از متابولیت‌های محافظ اسمزی مانند پرولین و کربوهیدرات‌های احیاء کننده را افزایش می‌دهند [۱٤].

روی به‌عنوان یک جز تثبیت‌کننده غشاهای زیستی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن و سمیت نقش مهمی را در محتوای کلروفیل- کارتنوئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت با توجه به زمان دارد [۹].

افزایش روی باعث افزایش میزان قندها در گیاهان تیمار یافته شد که ممکن است کاهش تنفس و افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده قندهای غیرمحلول، نظیر انورتاز و سوکروز سنتتاز که منجر به کاهش مصرف قندها از یک طرف و افزایش تولید آنها از طرف دیگر شده است دلیل این امر باشد. گیاهان با افزایش قندهای محلول در شرایط تنش علاوه‌بر حفظ پتانسیل اسمزی، قادر خواهند بود تا ذخیره کربوهیدراتی خود را برای متابولیسم پایه سلولی در حد مطلوب نگه‌دارند [۱۲] همچنین انباشتگی قندهای محلول در سلول می‌تواند به علت تجزیه نشاسته به واحدهای کوچکتر و در نتیجه کاهش نشاسته در سلول باشد [۲،٤].

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

[۱] سلطانی، ف.، قربانلی، م.، منوچهری کلانتری، خ.، ۱۳۸۵، اثر کادمیوم بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، قندها و مالون دی آلدئید، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۱۹: ۱۴۵-۱۳۶.

[۲] شریعت، آ.، عصاره، م.ح.، ۱۳۸۵. تاثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه‌زنی و رشد در سه گونه اکالیپتوس فصلنامه‌ی پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، جلد ۱۴(۱): ۱۲۰-۱۱۲.

[۳] قاسمی، ز.، شهابی، ع. ا.، ۱۳۸۹، بررسی تاثیر پتاسیم و روی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و صفات رویشی گیاه گوجه فرنگی تحت تنش کادمیوم در کشت بدون خاک، مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱(۴): ۱۱-۱.

[4] Alaoui B, Genet P, Dunand FV, Toussaint ML, Epron D, Badot PM. 2003. Effect of copper on growth in cucumber plants (cucumissativus) andits relationship

[5] An, Z.Z., Huang, Z.H., Lei, M., Liao, X.Y., Zheng, Y.M., Chen, T.B., 2006, Zinc tolerance and accumulation in Pterisvittata L. and its potential for phytoremediation of Zn- and As-contaminated soil, Chemosphere, 62(5): 796-802.

[6] Arnon DI. 1949. copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. plant physiology 24: 1-15.

[7] accouch, S., Chaoui, A., El ferjani, E., 2001, Nickel toxicity inducesoxidativedamage in Zea mays roots, Journal of Plant Nutrition. 24(7): 1085-1097.

[8] Baker, A.J., Walker, P.I., 1990, Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants, In Heavy Metal Tolerance in Plants; Evolutionary Aspects, ed. Show, A.J., pp. 155-178.

[9] Candan, N., Tarhan, L., 2003, Change in chlorophyli-carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn-stressed Menthapulegium, Turkish Journal of Chemistry, 27: 21-30.

[10] Chakravarty, B., Srivastava, S. 1997. Effect of cadmium and zinc on metal uptake and regeneration of tolerant plants in linseed, Agric. Ecosyst. Environ.; 61: 45-50.

[11] Dubey, R.S., 1997, Photosynthesis in plants under stressful conditions,Pp. 859–876. In: M. Pessarakli (ed.). Handbook of photosynthesis. Marcel Dekker, New York.

[12] Foyer, C.H., Valadier, M.H., Migge, A., Becker, T.W., 1998, Drought induced effects on nitrate reductase activity and mRNA and one the coordinate of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves, Plant Physiol. 117: 283-292.

[13] Garty, J., Karary, Y., Harel, J. ,1992. Effect of low pH, heavy metal and anions on chlorophyll degradation in the lichen Ramalinaduriaei,Environmental and Experimental Botany; 32: 229-241.

[14] Ghosh, M., Singh, S.P., 2005, Comparative uptake and phytoextraction study of soil induced chromium by accumulator and high biomass weed species, Applied Ecology and Environmental Research, 3(2): 67-79.

[15] Houseley, F.C., Pollock, N.C., 1993, Factors affecting molybdenum availability in soils, Soil Sci. 81:201-221.

[16] 16- Kanayama, Y., Kochetov, A. 2015 .Abiotic stress biology in horticultural plants,; Springer, Germany.

[17] Kochert, G. (1978).Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hellebust, J. A., Craigie, J. S. (ed.) Handbook of phycological methods - physiological and biochemical methods. Cambridge University Press, London, p. 96-97.

[18] Maguire, J.D., 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor.Crop Science; 2:176-177.

[19] Mahmood, S., Hussain, A., Zaeed, Z. and Athar, M., 2005.Germination and seedling growth of corn (Zea mays L.) under varying levels of copper and zinc.International Journal of Environmental Science and Technology. 2 (3): 269-274.

Archive of SID

www.SID.ir

[20] Malea, P., Kevrekidis, T, Haritonidis, S., 1995, The short term uptake of zinc and cell mortality of the sea grass Halophyllastipulecea, J. Plant science. 43: 21-30.

[21] Marschner, H. 1995.Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York.

[22] Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, P.D., 2006, Phytochelatin synthesis and response of antioxidant during cadmium stress in Baccopamonnieri L., Plant Physiology. 44: 25-37.

[23] Molassiotis, A., Satipoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G., Therios, I., 2006, Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of apple rootstock EM9 (MalusdomesticaBorkh.), Environmental and Experimental Botany, 56: 54-62.

[24] Moustakes, M., Eleftheriou.E.P., Ouzouxidou, G., 1997, Short-term effects of aluminium at alkaline pH on the structure and function of the photosynthetic apparatus, Photosynthetica. 34:169-177.

[25] Moya, J.L., Ros, R., Picazo, I., 1993, Influence of Cadmium and Nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants. Photosynthesis Research. 36:75-80.

[26] Munzuroghlu, O., Geckil, H., 2002, Effects of metals on seed germination, root elongation, and cloeptile and hypocotyl growth in Triticumaestivum and Cucumissativus, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 43: 203-213.

[27] Palacios, g., Gomez, I., Moral, R., Mataix, J. 1995. Nickel accumulation in tomato plants.Effect on plant growth.Fresenius Environ. Bull.; 4:469-474.

[28] Peralta, J. R., Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Gomez, E., Arteaga, S., Rascon, E., Parsons, J.G., 2000, Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfafa plant (Medicago sativa) growth in solid media, In: Proceedings of the Conference on Hazardous Waste Research. CO Pp. 135-140.

[29] Pilon-Smits, E. Phytoremediation.Plant Biology.2005; 56: 15-39

[30] Rout, G.R., Das, P., 2003, Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism; Zinc, Agronomy and soil science. 23: 3–11.

[31] Sinnah, V.R., Ellis, R.H., John, P., 1998, Irrigation and seed quality development in rapid recycling Brassica, soluble carbohydrate and heat stable proteins, Ann. Bot. 82: 647–655.

[32] Tanhan, P., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, Chaiyarat, R.2007. Uptake and accumulation of Cadmium, Lead and Zinc by siam weed.Chemosphere; 68:323-329.

[33] Tomsett, A.B., Thurman, D.A. Molecular biology of metal tolerance of plants, Plant Cell Environ.1988; 11: 383- 394.

[34] Xiong, Zh.,Ting, L., Chao, G.Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant growth in Brassica pekinensisRupr.Ecotoxicology and environmental safety.2006; 64:273- 280.

Archive of SID

www.SID.ir