گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

بررسی تنش سرب بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و آناتومیک گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*)

مهین قائمی[۱]، زهرا زارع (نویسنده مسئول)[۲*] و ذوالفقار فلاح[۳]

۱- استادیار، گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، ghaem1386@gmail.com

۲*- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، zahrazarebio@gmail.com

۳- کارشناسی‌ارشد، گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، mehrdadfallah52@gmail.com

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۲

Investigating lead stress on some morphological and anatomical characteristics of (*Calendula officinalis*)

Mahin Ghaemi[1], Zahra Zare (Corresponding author) [2*] and Zolfaghar Fallah[3]

1- Assistant Professor, Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, ghaem1386@gmail.com

2*- Assistant Professor, Department of Biology, Farhangian university, Tehran, Iran, zahrazarebio@gmail.com

3- M.Sc, Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, mehrdadfallah52@gmail.com

Received: April 2023 Accepted: September 2023

چکیده

سرب فلزی سنگین و از آلاینده‌های محیط زیست است که بر ساختار و عملکرد گیاهان تاثیر می‌گذارد. از آنجا که گیاهان زینتی به لحاظ جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به زنجیره‌غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر سرب بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی و تشریحی گیاه همیشه بهار است. به این منظور آزمایشی با طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار و اعمال تیمارها در مرحله ۳ الی ٤ برگی انجام شد. تیمارها شامل شاهد، سرب با غلظت کم ۲ میلی‌مول و غلظت زیاد ۳/۵ میلی‌مول سرب انتخاب شد. پس از گذشت حدود یک ماه از کاشت گیاهان، محلولپاشی به مدت یک ماه و با فاصله سه روز یک بار انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که طول گیاه، طول ریشه و طول برگ تفاوت معنی‌داری را با کاربرد فلز سنگین سرب نسبت به شاهد نشان دادند. برگ در تنش شدید کوچکتر شده و سلول‌های پارانشیم میانبرگ کمتر و ضخیم‌تر شدند. درصد جوانه‌زنی بذرها نیز نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. بررسی آناتومی ساقه نیز نشان داد که ضمن کاهش قطر ساقه، تعداد دستجات آوندی در تنش شدید کمتر شده، اما اندازه‌ی درشت تری پیدا کردند. هر چند مسمومیت سرب اثراتی را بر پارامترهای مذکور در گیاهچه‌های همیشه‌بهار داشته است، اما این گیاهچه‌ها اثرات مسمومیت را تحمل کرده و توانستند غلظت ۲ میلی‌مولار سرب را تحمل کنند.

کلمات کلیدی: آلاینده، آناتومی، تنش سرب، مورفولوژی، همیشه بهار

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

سال۱۴۰۲، دوره۱۸، شماره ۲، صص ۹۶-۸۷

Abstract

Lead is a heavy metal and an environmental pollutant that affects the structure and performance of plants. The purpose of this research is to study the effect of lead on some morphological and anatomical features of *Calendula officinalis*, as ornamental plants are particularly important in terms of preventing pollutants from entering the food chain. For this purpose, an experiment was conducted with a completely random design and with three repetitions and applying treatments at the stage of 3-4 leaves. The treatments included control, lead with a low concentration of 2 mmol and high concentration of 3.5 mmol of lead. After about a month of plants planting, foliar spraying was done for a month with an interval of three days. The results of the research showed that plant length, root length and leaf length showed a significant difference with the application of lead heavy metal compared to the control. In stress, the leaf became smaller and the mesophyll parenchyma cells became less and thicker. The germination percentage of the seeds also showed a significant decrease compared to the control. Anatomical study of the stem also showed that while the diameter of the stem decreased, the number of vascular vessels decreased in severe stress, but they became larger in size. Although lead poisoning had some effects on the mentioned parameters in seedlings, these seedlings tolerated the effects of poisoning and were able to tolerate 2 mM concentration of lead.

Key words: Anatomy, *Calendula officinalis*, Lead stress, Morphology, Pollutant

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
Summer 2023, Vol 18, No 2, Pp 87-96

مقدمه و کلیات

رشد و نمو گیاهان به عواملی چون نور، حرارت، اکسیژن، آب، مواد معدنی و غیره در حد مطلوب و در زمان مناسب بستگی دارد و در صورت کمبود و یا افزایش بیش از حد مطلوب هر یک از عوامل فوق، اختلالات ریختی، تشریحی، فیزیولوژیک و رشد و نمو را در گیاهان به همراه دارد. بنابراین انحراف از شرایط مطلوب در گیاهان، به عنوان تنش تعریف می‌شود که رشد و باروری گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (چهرگانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۵). امروزه آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین افزایش یافته است. آلودگی خاک با فلزات سنگین موجب ضرر و زیان‌هایی در محصولات کشاورزی شده است و یا با ورود به زنجیره غذایی تاثیراتی بر سلامتی انسان می‌گذارند (Hajara *et al.*, 2014). سرب(Pb) از جمله فلزات سمی برای انسان و همچنین جزو عناصر غیرضروری برای گیاهان است که عملکرد زیستی شناخته شده‌ای ندارد، اما به علت قابلیت انحلال در آب جذب ریشه گیاهان می‌شود (Kim *et al.*, 2002) و بر متابولیسم گیاه تاثیر می‌گذارد. از اثرات سرب بر روی گیاهان می‌توان به اثر بر جوانه زنی، رشد گیاه، فتوسنتز و غیره اشاره کرد (Pourrut *et al.*, 2011). به دلیل اثر سرب بر فعالیت‌های متابولیک و فیزیولوژیک موجودات زنده، امروزه این فلز کانون توجه پژوهشگران بوده است (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۸). شاخص‌های بسیاری در شناخت سمیت عناصر سنگین در گیاهان وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به شاخص‌های مورفولوژیک اشاره نمود. در واقع تغییرات مورفولوژیکی در پاسخ به عناصر سنگین نشانگر تأثیر اکوفیزیولوژیک این عناصر بر گیاه است (Brandao *et al.*, 2018). امروزه گیاهان دارویی جزو گیاهان مهم اقتصادی هستند و فرآورده‌های حاصل از آن‌ها به طور گسترده در جهان و ایران مصرف می‌شوند (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات نشان داده است که گونه و جنس‌های مختلف گیاهان در برابر آلودگی ناشی از عناصر سنگین و توانایی تحمل عناصر سنگین تفاوت بسیار زیادی با هم دارند (شکرزاده و همکاران، ۱۳۹۱). گیاه همیشه بهار گیاهی از خانواده‌ی کاسنی (Asteraceae) با نام علمی *Calendula officinalis* L. است. گیاهی با مصارف دارویی و زینتی است و هدف از کشت آن بیشتر تولید دارو از مواد موثره در گل‌ها به ویژه گلبرگ هاست (فلاحتگر،۱۳۸۲). این گیاه بومی مناطق مدیترانه‌ای است و در ایران به ویژه در نواحی غربی و جنوب غربی به طور فراوان می‌روید و در نقاط دیگر پرورش داده می‌شود و تکثیر آن به صورت کاشت بذر در بهار انجام می‌شود (صمصام‌شریعت، ۱۳۸٤). امروزه تحقیقات زیادی در زمینه‌ی تنش فلزات سنگین به ویژه سرب روی گیاهان مختلف صورت گرفته است. از جمله حسن‌پور و همکاران(۱۳۹۸) در پژوهشی برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه پونه آبی را تحت تنش سرب مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که سرب با اثر بر صفات مورفولوژیک سبب بروز یکسری تغییرات فیزیولوژیک در پونه آبی شده که در نهایت منجر به کاهش وزن اندام هوایی در گیاه می‌شود. محمدی و همکاران (۱۳۹٤) اثر سرب را بر برخی شاخص گیاه مریم گلی بررسی نمودند و

نشان دادند که استفاده از سرب بسیاری از فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. زنگنه و همکاران (۱۳۹۷) برخی شاخص‌های آناتومیک گیاه ذرت را تحت تنش سرب بررسی نمودند و گزارش کردند که شاخص‌های آناتومیک گیاه تحت تاثیر تنش سرب تغییر می‌کند. طبق جستجوهای صورت گرفته پژوهش‌هایی در زمینه اثرات فلزات سنگین بر گیاه همیشه بهار یافت نشد؛ با توجه به اهمیت گیاه همیشه بهار و با توجه به خواص دارویی و زینتی این گیاه، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تنش سرب بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و آناتومیک گیاه همیشه بهار کاشته شده در استان گلستان است.

فرآیند پژوهش

زمان و مکان آزمایش: این تحقیق در سال ۱۳۹۸به صورت گلدانی و گلخانه‌ای در شرایط آب و هوایی علی آباد کتول با مشخصات جغرافیایی (۳٦ درجه و ٥٤ دقیقه عرض شمالی و ٥٤ درجه و ٥۳ دقیقه طول شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱٤۰ متر و دارای بارندگی سالانه ٤۰۰ تا ٤٥۰ میلی‌متر) انجام شد.

مراحل کشت و تیماردهی: نشاءهای گیاه همیشه بهار در گلدان هایی محتوی ۳/٥ کیلوگرم مخلوطی از خاک زراعی، ماسه، کود دامی پوسیده و خاک برگ به نسبت (۱:۱:۲:۳) کاشته شدند. عملیات آبیاری، وجین دستی نوبت اول و دوم، تنک و سله شکنی به موقع صورت گرفت. این آزمایش، به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل بدون تنش (تیمار شاهد)، تنش ملایم (سرب با غلظت کم ۲ میلی مول) و تنش شدید (غلظت زیاد ۳/٥ میلی مول سرب) در زمان رشد گیاه همیشه بهار و بعد از گذشت حدود یک ماه از کاشت گیاهان محلولپاشی به مدت یک ماه با فاصله زمانی ۳ روز یک بار انجام شد (چهرگانی راد و همکاران، ۱۳۹٦).

اندازه‌گیری طول گیاه، طول ریشه و طول برگ: در ابتدا گیاهان از خاک درآورده شد و اندام‌های هوایی از محل یقه جدا و پارامترهای طول اندام هوایی، طول ریشه و طول برگ شماره ۳ با خط کش بر حسب سانتی متر تعیین گردید. در بررسی مورفولوژیکی به صورت ۳ تکرار و در هر تکرار ۲۰ گیاه مورد مطالعه قرارگرفتند (حسن پور و همکاران، ۱۳۹۸).

بررسی جوانه زنی بذرها: بذر همیشه بهار از مرکز پاکان بذر اصفهان تهیه گردید و در ابتدا بذرها را به مدت ٥-٦ دقیقه در آب ژاول ۱۰ درصد ضدعفونی شد. پس از شستشو با آب مقطر، درون پلیت‌های حاوی کاغذ صافی ضدعفونی شده قرار داده به مقدار ۳۰ بذر در هر پلیت قرار داده شد. سپس تیمارهای مورد نظر شامل (شاهد، سرب با غلظت‌های ۲ و ۳/٥ میلی‌مولار) توسط اسپری به بذرها اسپری گردید. سپس پلیت‌ها در انکوباتور قرار داده شد. دمای انکوباتور ۱٦ درجه سانتی گراد تنظیم گشت و به مدت ۷ روز در این شرایط نگهداری گردید. طی این مدت تعداد بذرهای جوانه زده به منظور تعیین درصد جوانه زنی بررسی شد. خروج ریشه اصلی از بذر به عنوان زمان شروع جوانه زنی در نظر گرفته شد و درصد جوانه زنی نیز از رابطه$PG=100(N'/N)$ که از تقسیم تعداد بذرهای جوانه زده به کل بذور به

دست می‌آید، محاسبه گردید (Shakirova *et al.*, 2003).

بررسی‌های آناتومیک: برای مطالعه نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری، مقاطع عرضی به صورت دستی از قسمتهای لازم تهیه شد؛ سپس مقاطع با کارمن زاجی و سبز متیل رنگ‌آمیزی شدند. برش‌های تهیه شده از برگ، ساقه و ریشه در تیمارهای مختلف با استفاده از میکروسکوپ مشاهده و با یکدیگر مقایسه شده و تفاوت‌های آناتومیکی مورد بررسی قرارگرفت (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۷).

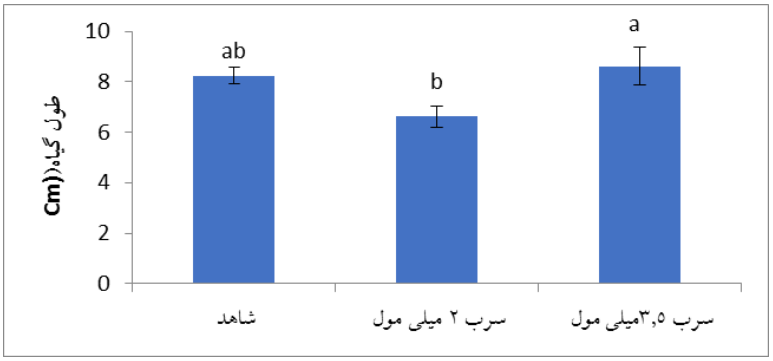
روش‌های محاسبه آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق واریانس دو عاملی و میانگین انجام گرفت. همچنین مقایسه بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن توسط برنامه آماریSPSS برای سه تکرار صورت گرفت و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام شد. نمودار دارای نشانگر X± SE می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش در دو بخش ریخت‌شناسی (مورفولوژی) و تشریحی (آناتومی) گیاه همیشه‌بهار تحت تنش سرب در مقایسه با گیاه عادی ارائه می‌شود.

الف- نتایج ریخت‌شناسی

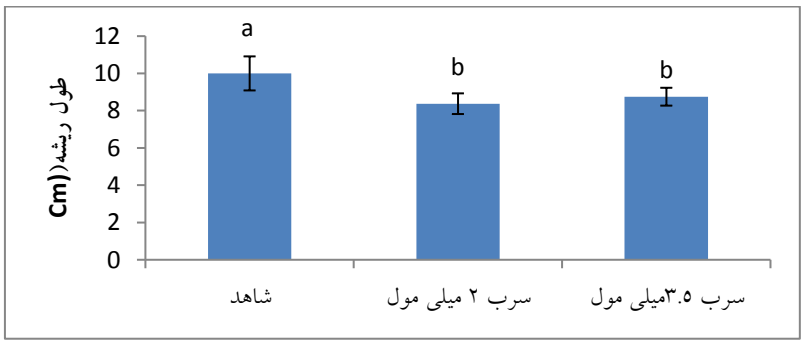
بررسی پارامترهای رشد: بر اساس نتایج آنالیز واریانس بیشترین طول کل گیاه در تیمار ۳/۵ میلی مول سرب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان نداد. کمترین طول کل گیاه در تیمار ۲ میلی مول سرب مشاهده شد (شکل۱). نتایج این بخش از پژوهش با گزارش‌های چهرگانی‌راد و همکاران (۱۳۹۶) در تاثیر مقادیر نیترات سرب بر ارتفاع گیاه در گیاه اطلسی هم سویی دارد. نظیر چنین پدیده‌هایی را در ساقه‌ها به خصوص در ناحیه‌ی مریستمی می‌توان مشاهده کرد که علاوه بر کاهش قدرت تقسیم، خاصیت الاستیکی سلول‌ها و غشای آن‌ها نیز کاهش می‌یابد (برومندجزی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین کاهش در شاخص‌های رشد گیاه بادمجان در تیمار با استات سرب نیز توسط توکلی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است.



شکل ۱- اثر سرب بر طول کل گیاه همیشه بهار

Fig 1- The effect of Pb on the total length of the *Calendula officinalis*

بر اساس نتایج آنالیز واریانس بیشترین طول ریشه در شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را نسبت به تیمار کاربرد ۲ و ۳/۵ میلی مول سرب نشان داد (شکل ۲). طول ریشه در تیمار کاربرد ۲ و ۳/۵ میلی مول سرب نسبت به هم تفاوت معنی‌داری را به لحاظ آماری نشان ندادند. سرب از تقسیم سلول‌های مریستمی و رشد سلول‌های ریشه جلوگیری کرده و عملکرد ریشه گیاهان را کاهش می‌دهد. همچنین سرب قابلیت ارتجاع دیواره سلولی ریشه را کاهش داده و موجب کاهش رشد ریشه گیاهان می‌شود (Cenkci *et al.*, 2010). نتایج این بخش از پژوهش با پژوهش‌های برومندجزی و همکاران (۱۳۹۱) در گیاه کلزا، چهرگانی‌راد و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه لوبیا و ایرانبخش و همکاران (۱۳۸۹) در گیاه سویا هم‌سو است. سرب یکی از فلزات سنگین است که اهمیت قابل توجهی را به عنوان آلاینده بالقوه محیطی به خود جلب کرده است. از نشانه‌های سمیت سرب ممانعت سریع از رشد ریشه است. بنابراین به نظر می‌رسد که ممانعت از رشد ریشه تحت تیمار سرب نتیجه‌ای از ممانعت تقسیمات سلولی در رئوس ریشه است که توسط سرب القا شده است (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۷).

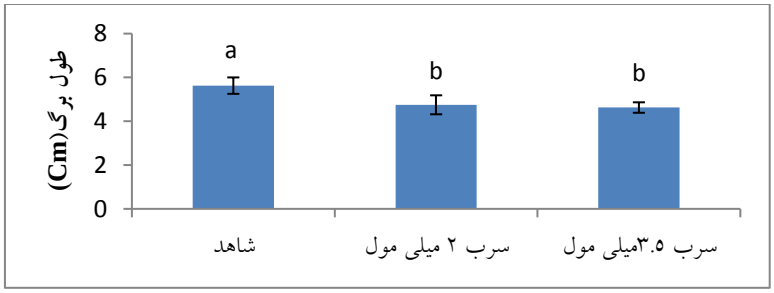


شکل ۲- اثر سرب بر طول ریشه همیشه بهار

Fig 2- The effect of Pb on the Root length of the *Calendula officinalis*

در پژوهش حاضر بیشترین طول برگ در شاهد مشاهده شد.کمترین طول برگ در تیمار کاربرد ۲و ۳/۵ میلی مول سرب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را نسبت به هم نشان ندادند ولی نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری را به لحاظ آماری نشان دادند. نتایج این بخش از پژوهش با گزارش‌های حسن پور و همکاران (۱۳۹۸) هم‌سویی دارد. کاهش سطح برگ اولین واکنش گیاهان در برابر تنش‌ها است. در این صورت گیاه نمی‌تواند از نور به حد کافی در ساخت و ساز مواد غذایی بهره بگیرد لذا میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (Hopkins *et al.*, 2008)، همچنین سرب باعث تنش آب شده و از این طریق سبب کاهش سطح برگ، فتوسنتز و وزن خشک گیاه می‌شود. کاهش سطح برگ‌ها می‌تواند به

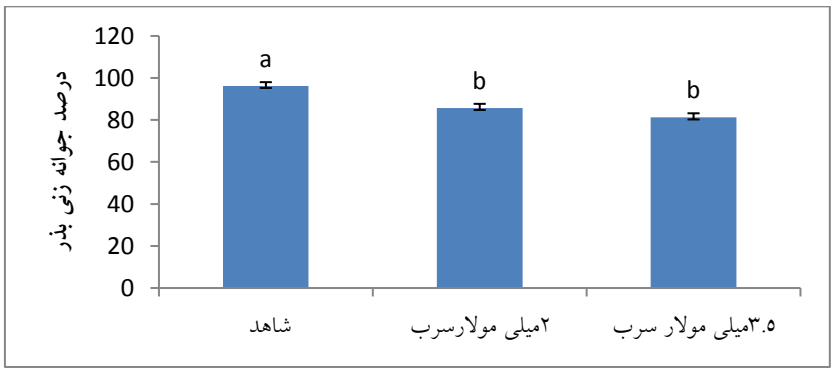
دلیل کاهش سرعت توسعه برگ، پیری برگ (Singh *et al.*, 2011)، پیچیدگی برگ و تمایل برگ به ریزش باشد (امیرمرادی و همکاران، ۱۳۹٦).



شکل ۳- اثر سرب بر طول برگ همیشه بهار

Fig 3- The effect of Pb on the Leaf length of the *Calendula officinalis*

نتایج آنالیز واریانس نشان داد بیشترین درصد جوانه زنی بذر همیشه بهار در شاهد و کمترین در تیمار کاربرد غلظت ۲ و ۳/۵ میلی‌مولار سرب مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری به لحاظ آماری بین تیمارهای سرب مشاهده نشد (شکل٤). این نتایج با پژوهش‌های چهرگانی‌راد و همکاران (۱۳۹٦) در ارتباط با کاهش درصد جوانه زنی بذرگیاه اطلسی و با گزارش های مژدهی و همکاران (۱٤۰۱)، در مورد کاهش سرعت و میزان جوانه زنی در بذر آفتابگردان زینتی تحت تنش سرب هم‌سویی دارد. رشد یکی از بهترین شاخص‌ها برای ارزیابی پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی است .یکی از دلایل کاهش طول ساقه چه در شرایط تنش سرب، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است. علاوه بر این کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش سبب کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه اختلال در رشد ریشه‌چه و ساقه چه می‌شود (مژدهی و همکاران، ۱٤۰۱).



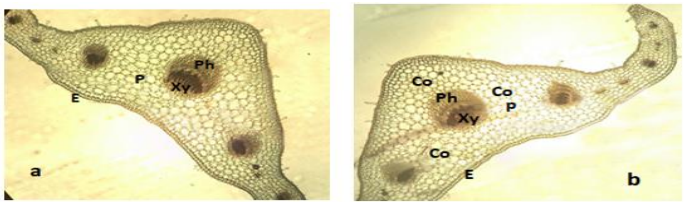
شکل ٤- اثر سرب بر میزان جوانه زنی بذر همیشه بهار

Fig 4- The effect of Pb on the Seed germination of the *Calendula officinalis*

به طورکلی نتایج بیانگر این بود که غلظت‌های مختلف سرب باعث کاهش معنی‌دار مولفه‌های رشد می‌شود و در همه مولفه‌ها بیشترین رشد مربوط به تیمار شاهد است.

ب- نتایج آناتومیک

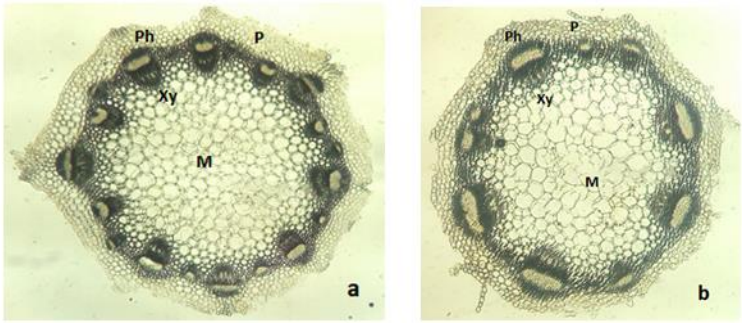
آناتومی برگ: برگ‌ها در گیاه دارای ساختار پشتی و شکمی می‌باشند. در نمونه‌های شاهد و تیمار، اپیدرم فوقانی و تحتانی متشکل از سلول‌های کوچک با کوتیکول نازک است. لایه زیر اپیدرمی در اپیدرم تحتانی از نظر اندازه و فشردگی سلول‌ها شبیه به اپیدرم بوده، به طوریکه اپیدرم دو لایه به نظر می‌رسد (شکل۵). لایه میانبرگ یا مزوفیل شامل سلول‌های پارانشیم عمدتا اسفنجی با سلول‌های گرد است. در مطالعات آناتومیکی برگ مقایسه بین برش‌های نمونه‌های شاهد و تیمارها تغییراتی از نظر اندازه سلول‌های پارانشیمی و در جهت کوچک شدن سلول‌های پارانشیمی نشان داد به طوریکه سلول‌های پارانشیمی در نمونه‌های با تیمار سرب (۳/۵ میلی‌مول) نسبت به شاهد اندازه کوچکتری داشتند؛ که در مجموع ضخامت برگ را اندکی نسبت به شاهد کاهش داده‌اند. همچنین در این مطالعه بخش‌هایی از برگ به ویژه مناطق زیر اپیدرم و مناطق اطراف دستجات آوندی سلول‌های پارانشیمی ضخیم‌تر گشته و به سمت کلانشیمی پیش رفته‌اند و تجمعی از سلول‌های پارانشیمی ضخیم یا کلانشیم‌ها را می‌توان در این مناطق مشاهده نمود. نتایج این بخش از مطالعه با پژوهش‌های قلیچ و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر افزایش ضخامت سلول‌های پارانشیمی برگ و کاهش قطر برگ در نمونه‌های تحت تنش فلزات سنگین و به ویژه سرب در گیاه گل راعی همسو است. همچنین نتایج این مطالعه با نتایج قنادنیا و همکاران (۱۳۹۸) از نظر تغییر ضخامت برگ تحت تنش آلاینده‌های محیطی همچون سرب در برگ گیاهان پسته و گردو، همسو می‌باشد. فضاهای بین سلولی و بافت کلانشیم از مکان‌های عمده تجمع فلزات سنگین در گیاهان هستند (Vollenweider *et al.*, 2006) به نظر می‌رسد که افزایش فضاهای بین سلولی و بافت کلانشیم در غلظت‌های بالاتر سرب در محلول پاشی، یک مکانیسم مقاومتی در مقابل افزایش غلظت سرب و تجمع آن در بافت های برگ باشد (قلیچ و همکاران، ۱۳۹۲). به طور کلی جذب و تجمع فلزات در غلظت‌های بالا منجر به تغییرات ساختاری و فراساختاری می‌گردد در میان اندام‌های گیاهی برگ‌ها در مقابل استرس‌های محیطی حساس‌تر می‌باشند، اما در عین حال از انعطاف پذیری بیشتری برای سازگاری با شرایط محیطی نیز برخوردارند (قلیچ و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۵- برش برگ همیشه بهار a) برگ گیاه شاهد و b) برگ گیاه با تیمار ۳/۵ میلی مول سرب X:10
E) اپیدرم، p) پارانشیم،Co) کلانشیم ph) آوند آبکشی و Xy) آوند چوبی

Fig 5- *Calendula officinalis* leaf, a) control plant and b) Pb treatment plant (3.5 mmol) X:10
E) Epiderm, P) parenchyma, Ph) phloem, Xy) xylem

آناتومی ساقه: بررسی ساختار تشریحی ساقه نشان داد که تعداد دستجات آوندی ساقه در نمونه‌های تحت تنش سرب (۳/۵ میلی‌مول) کمتر و در عین حال بزرگتر از نمونه‌های شاهد بوده است (شکل٦). از طرف دیگر بافت آوندی ساقه در تنش شدید خود را به اپیدرم نزدیک می‌کند و در نهایت باعث کوچکتر شدن قطر ساقه گیاه می‌شود. قطر ساقه گیاهان تحت تنش، کمتر از گیاهانی است که در محیط غیر تنش رشد یافته‌اند و علت آن، اساساً مربوط به کاهش بافت آوندی است و کاهش در بافت پارانشیمی پوست و مغز ساقه کمتر از آن می‌باشد. این نتایج با نتایج رهبری و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر بیشتر بودن قطر ساقه‌ی شوید در شرایط بدون تنش سرب در مقایسه با نمونه‌های تحت تنش مطابقت دارد. همچنین با نتایج پژوهش‌های تبریزی و همکاران (۱۳۹٤) در خصوص کاهش قطر یقه گیاه رزماری بر اثر تنش همزمان سرب و کادمیوم هم‌سو است. پژوهش‌های صادری و زرین کمر (۱۳۸۹)، نیز نشان داده است شرایط تنش سرب تا ۱۸۰ میلی مول سبب کاهش قطر ساقه در گیاه بابونه آلمانی شده است.



شکل ٦- برش ساقه همیشه بهار a) ساقه گیاه شاهد و b) ساقه گیاه با تیمار ۳/۵ میلی مول سرب X:10
E) اپیدرم، p) پارانشیم، ph) آوند آبکشی و Xy) آوند چوبی

Fig 6- *Calendula officinalis* stem, a) control plant and b) Pb treatment plant (3.5 mmol) X:10
E) Epiderm, P) parenchyma, Ph) phloem, Xy) xylem

نتیجه‌گیری کلی

در سال‌های اخیر آلودگی محیط زیست توسط عناصری مانند سرب بسیار افزایش یافته است و یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان محسوب می‌شود. بطورکلی نتایج این پژوهش بیانگر این بود که غلظت‌های مختلف سرب موجب کاهش معنی‌دار مولفه‌های رشد از جمله ویژگی‌های مورفولوژی و آناتومیک گیاه همیشه بهار می‌شود و در همه مولفه‌ها بیشترین رشد مربوط به تیمار شاهداست. هر چند مسمومیت سرب اثراتی را بر پارامترهای مذکور گیاهچه‌های همیشه بهارداشته است، اما گیاهچه‌ها اثرات مسمومیت را تحمل کرده و توانستند غلظت ۲ میلی‌مولار سرب را تحمل کنند.

منابع

۱) امیر مرادی، ش.، رضوانی‌مقدم، پ.، کوچکی، ع. ر.، دانش، ش و. ا، فتوت. ۱۳۹٦. اثر کادمیم و سرب بر خصوصیات کمی و درصد اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۹: ۱٤۲-۱۵۷.

۲) ایرانبخش، ع.، مجد، ا و. ف، نقوی. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کلرید روی و کلرید سرب بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های سویا. فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، ۵(٤): ۷۳-٦۳.

۳) برومندجزی، ش.، رنجبر، م.، لاری یزدی، ح و. خ، استکی. ۱۳۹۱. اثر اسید سالیسیلیک بر واکنش کلزا به سرب در شرایط کشت هیدروپونیک. یافته های نوین کشاورزی، ٦(٤): -۲۸۱ ۲۹٤.

٤)تبریزی، ل.، محمدی، س.، دلشاد، م و. ب، متشرعزاده. ۱۳۹٤. تاثیر قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L) در شرایط تنش سرب و کادمیوم. فصلنامه علوم محیطی، ۱۳(۲): ٤۸-۳۷.

۵) توکلی، م.، چهرگانی‌راد، ع.، لاری یزدی، ح و. ع، پاکدل. ۱۳۹۰. مطالعه اثر غلظتهای مختلف سرب و اسید سالیسیلیک بر برخی شاخص‌های رشد گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L). مجله زیست شناسی گیاهی، ۳(۷): ۲۹-٤۰.

٦) چهرگانی راد، ع.، فرزان، س و. ز، شیرخانی. ۱۳۹٦. مطالعه اثر تیمار سرب بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه اطلسی. پژوهش‌های گیاهی،۳۰(۱): ۵۷-٤۷.

۷) چهرگانی راد، ع.، خورزمان، ن.، لاری یزدی، ح و. ز، شیرخانی. ۱۳۹۵. تغییر در صفات رویشی و شاخص های فیزیولوژیک گیاهان لوبیا تحت تنش روی در محیط کشت هیدروپونیک. زیست شناسی تکوینی، ۸(۲): ۳۹-۳۱.

۸) حسن پور، ر.، زعفریان، ف.، رضوانی، م و. ب، جلیلی. ۱۳۹۸. بررسی برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه پونه آبی تحت تنش سرب و کادمیم. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۸(۳۳): ۲۷۷-۲۸۸.

۹) رهبری، ا.، اسماعیلپور، ب.، فاطمی، ح و. ع ا، سلطانی طولارود. ۱۳۹۸. اثر سیلیسیم بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه شوید (*Anethum graveolens* L) در شرایط تنش سرب. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۸(۳۰): ۹٤-۸۱.

۱۰) زنگنه، ر.، جامعی.، حسینی سرقین، س و. س، کارگر خرمی. ۱۳۹۷. تأثیر پیش‌تیمار بذر با سدیم هیدروسولفید بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و آناتومیک گیاه ذرت در تنش سرب. زیست‌شناسی گیاهی ایران،۱۰(۳٦): ۳٤-۱۹.

۱۱) شکر زاده، م.، علی رکنی، م و. ا، گاستین. ۱۳۹۱. بررسی میزان عناصر سنگین (کروم - کادمیم - سرب) در آب آبیاری و برنج رقم طارم: تولیدی مزارع شهرهای مرکزی استان مازندران. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۳: -۲٤۲. ۲۳٤

۱۲) صادری، س ز و. ف، زرین کمر. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر غلظت های مختلف سرب بر آناتومی گونه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L) در مراحل مختلف تکوین. تنش های محیطی در علوم زراعی، ۳(۲):۱٤۹-۱۳۹.

۱۳) صمصام شریعت، س ه. ۱۳۸٤. گزیده گیاهان دارویی. اصفهان: انتشارات مانی. ۱۰۳٤ صفحه.

۱٤) فلاحتگر، آ. ۱۳۸۲.گیاهان دارویی. تهران: انتشارات دفتر تبلیغات. ۳۷۹ صفحه.

۱۵) قلیچ، س.، زرین کمر، ف و. م ح، لباسچی. ۱۳۹۲. تغییرات ساختار برگ گونه.*Hypericum perforatum* L تحت تیمارسرب. پژوهش های گیاهی، ۲٦(٤): ٤٦٤-٤۵۳.

۱٦) قنادنیا، م.، ضرابی، م و. ن، حبیبی. ۱۳۹۸. تاثیر آلودگی هوای ناشی از خودروها بر ویژگی‌های آناتومیکی برگ انواعی از درختان مثمر(مطالعه موردی: باغهای سنتی قزوین).مجله سلامت و محیط زیست، ۱۲(٤): ٦۰٦-۵۹۳.

۱۷) محمدی، م.، رنجبر، م و. ل، امجد. ۱۳۹٦. تاثیر سرب و اسپرمیدین بر برخی شاخص های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مریم گلی. فرآیند و کارکرد گیاهی، ٦(۲۱): ۱۰۳-۱۱٤.

۱۸) مژدهی، ف.، تقی‌زاده، م.، بقائی، ا.م.، چنگیزی، م و. ش، خاقانی. ۱٤۰۱. اثر سرب و کادمیوم در مرحله جوانه‌زنی و کاربرد ورمی‌کمپوست در پالایش آلودگی همزمان توسط آفتابگردان زینتی (*Helianthus annuus* cv. Sungold). فرایند و کارگرد گیاهی، ۱۱(٤۷): ۱۰۹-۱۲۸.

19) Brandao, M.C.S., Martins, F.M., Accioly, A.M.A., Santos, N.M., Romao, M.V.V. and A.D, Azevedo. 2018. Phytoremediation potential and morphological changes of plants

growing in the vicinity of lead smelter plant. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15: 361-372.
20) Cenkci, S., Cioerci, I.H., Yildiz, M., Oezay, C., Bozdao, A. and H, Terzi. 2010. Lead contamination reduces chlorophyll biosynthesis and genomic template stability in *Brassica rapa* L. *Environ. Exp. Bot*, 67: 467-473.
21) Hajara, E.W.I., Bin Sulaiman, A.Z. and A.M, Mimi Sakinah. 2014. Assessment of heavy metals tolerance in leaves, stems and flowers of *Stevia rebaudiana* Plant. *Procedia Environmental Sciences*, 20: 386-393.
22) Hopkins, W.G. and N.P.A, Huner. 2008. Introduction to plant physiology. 4th edition, United States of America: *John Wiley & Sons, Inc*,503 pages.
23) Kim, Y.Y., Yang, Y. and Y, Lee. 2002. Pb and Cd uptake in rice roots. *Plant Physiology*, 116: 368-372.
24) Pourrut, B., Shahid, M., Dumat, C., Winterton, P. and E, Pinelli. 2011. Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants. *In Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 213:
113-136.
25) Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and D.R, Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3): 317-322.
26) Singh, S., Singh, A. and Bahadur, R. 2011. Effect of cadmium on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill). Plant Archives, 11: 859-862.
27) Vollenweider, S., Cosio, C., Gunthardt-Georg, M. and C, Keller. 2006. Localization and effects of cadmium of cadium- tolerant willow (*Salix viminalis*) II. Microlocalization and cellular effects of cadmium. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 25-40.