بررسی تغییرات برخی از مشخصه‌های مورفولوژی و فیزیولوژی سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) آلوده به فلزات سنگین

افشین صادقی‌راد[۱]، علی طویلی*[۲]، محمد جعفری[۳] و سلمان زارع[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳

چکیده

سیاه تاغ یکی از مهم‌ترین گزینه‌های توسعه پوشش گیاهی و همچنین مبارزه با پیشرفت بیابان است، لذا شناخت رفتار و تغییرات مورفوفیزیولوژیکی آن در برابر تنش فلزات سنگین بسیار مهم است. زیرا از این طریق اثرات مثبت یا منفی فلزات سنگین بر مشخصه‌های مورفوفیزیولوژیکی آن مشخص می‌شود و می‌توان دامنه گسترش آن را در مراتع مناطق خشک فراهم کرد. در این تحقیق دو ترانسکت به موازات هم به طول یک کیلومتری در نظر گرفته شد و در امتداد هر ترانسکت پنج سایت نمونه‌برداری به فاصله ۲۰۰متری انتخاب شد. در مجموع، در سه منطقه ۶۰ نمونه از اندام هوایی و ریشه سیاه تاغ جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین (کروم (Cr)، کبالت (Co) و کادمیم (Cd)) و اندازه‌گیری برخی از مشخصات مورفولوژی و فیزیولوژی سیاه تاغ برداشت گردید. داده‌ها، با استفاده از نرم افزار SPSS 22 با روش تجزیه واریانس و آزمون دانکن مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف از نظر میزان مشخصات مورفولوژی به جز قطر و محیط یقه با همدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین نتایج از اختلاف معنی‌دار بین سه تیمار از نظر کلروفیل a و b، کلروفیل کل، کارتنویید و پرولین حکایت داشت (P<۰/۰۵). بیشترین میزان ارتفاع (۱۲۶/۴)، قطر (۱۳۷/۵)، سطح تاج (۱/۶۵)، محیط تاج (۴/۹۵)، شاخص رشد (۱/۳۱)، کلروفیل a (۱/۶۸)، کلروفیل b (۰/۳۲)، کلروفیل کل (۲/۰۹)، کارتنویید (۵/۹۵) مربوط به مناطق شاهد و بیشترین میزان پرولین (۱۹/۱۶) مربوط به منطقه آلوده بود. همچنین تیمارهای مختلف در اندام هوایی و ریشه از نظر میزان کروم، کبالت و کادمیم با همدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵).

واژه‌های کلیدی: مناطق بیابانی،کارخانجات صنعتی، آلاینده، گیاه، میبد یزد.

[۱]- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[۲] - دانشیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: atavili@ut.ac.ir

[۳] - استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[۴]- استادیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

مقدمه

در استان یزد در شهرستان میبد سطح وسیعی به کشت گیاه تاغ (*Haloxylon*) اختصاص یافته است که بخشی از این تاغکاری‌ها نزدیک به مناطق صنعتی و کارخانه‌های کاشی و سرامیکِ شهرک صنعتی جهان‌آباد می‌باشد. مراتع اطراف این کارخانجات در ظرف مکانی خود پتانسیل‌های قابل توجهی دارد و در عین حال با محدودیت‌های جدی و گسترده به لحاظ استقرار پوشش گیاهی مواجه است. وجود عوامل محدودکننده مختلف سبب گشته پوشش گیاهی ناچیزی در عرصه به صورت طبیعی مستقر گردد. در نقطه مقابل وجود گونه‌های گیاهی در منطقه که بیش از نیمی از آنها به صورت طبیعی رویش دارند، بیانگر یکی از نقاط قوت منطقه است. تنها تیپ گیاهی در محدوه مطالعاتی، تیپ درمنه-تاغ می‌باشد و سایر عرصه‌های طبیعی یا کاملا عاری از هرگونه پوشش گیاهی است و یا پوشش بسیار ضعیفی را شامل می‌شود. تاکنون روش‌های متعددی در کشور جهت کنترل بیابان اجرا شده است که اجرای شبکه بادشکن، نهال کاری، بذرپاشی، کاهش چرای دام، قرق مراتع طبیعی و علفزارها، حفاظت از پوشش گیاهی و قطع ریشه‌کنی بوته‌ها از آن جمله است. اما بیشترین روشی که در کشور ایران در جهت کنترل بیابان، بهینه‌سازی محیط زیست و جلوگیری از پیشروی کویر، معمول شده است جنگل‌کاری با گونه‌های تاغ می‌باشد. سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) یکی از گونه‌هایی است که سازگار با مناطق بیابانی است و به صورت دست کاشت توسعه زیادی یافته است (۳۷). این گونه گیاهی برای تثبیت بیولوژیک در پدیده بیابان‌زدایی به طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۵). اهمیت گیاه تاغ در مناطق بیابانی جهت توسعه پوشش گیاهی بر همه دست اندر کاران منابع طبیعی و کسانی که در حاشیه کویر زندگی می کنند کاملا مشخص و روشن می باشد.

سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) به صورت بوته یا درختان کوچک با برگ‌های خیلی کوچک که در پایه به هم متصل شده‌اند وجود دارند و ظاهر سوزنی‌برگ آن از شباهت آن به مخروطیان حکایت می‌کند (۲۵). گونه‌ای است به بلندی تا حدود یک و یا در گزارش‌ها خارج از ایران تا هشت متر می‌باشد. شاخه‌های نورسته آن سه گوش کبود رنگ، گوشتی و راست که بعد خمیده و آویزان می‌شود، شاخه‌های سال جاری به رنگ سبز و یا متمایل به نقره‌ای، در پایه‌های مسن آویزان، بندبند، بندها به طول ۶ تا ۴۵ میلی متر، دارای چوبی سخت و شکننده و درون چوب تیره و سیاه رنگ است و از این‌رو به آن سیاه تاغ گویند. برگ‌هایش متقابل و خیلی کوچک، نوک تیز و یا کند است. گل‌های آن نیز درکنار برگ‌های فلسی شکل بر روی شاخه‌های خیلی کوتاه قرار می‌گیرد، گل‌آذین به صورت سنبله، به طول ۴ تا ۵ سانتی‌متر بر روی شاخه‌های سال‌های قبل قرارگرفته است (۱۳).

ضایعات و عناصر خطرناک که حاصل فعالیت بشر در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی و تجارت می‌باشد در طول سالیان متمادی بدون توجه به اصول مهندسی و زیست محیطی در زمین یا آب‌های پذیرنده تخلیه‌شده که باعث آلودگی آب، خاک، مزارع کشاورزی، سلامت انسان و دیگر موجودات گردیده است. یکی از عوارض صنعتی شدن جوامع، مصرف مواد شیمیایی مختلف است که عمدتا کشنده و خطرناک هستند. فلزات سنگین نیز جز این آلاینده‌ها محسوب می‌شوند. آلودگی فلزات سنگین به سرعت به دلیل فعالیت‌های انسانی و توسعه اقتصادی در حال افزایش است که منجر به انباشت این فلزات در محیط شده است (۱۷، ۱۸ و ۲۹). فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و فعالیت‌های انسانی وارد محیط زیست می‌شوند و ممکن است به غلظت‌های سمی فراتر از گستره‌ی معمول برسند (۱۱). میزان ورود این فلزات به داخل محیط زیست، بسیار فراتر از میزانی است که به وسیله فرایندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع فلزات سنگین در محیط زیست قابل ملاحظه است. سمیت فلزات سنگین و تجمع آن‌ها در زنجیره‌های غذایی یکی از اصلی‌ترین معضلات زیست‌محیطی و بهداشتی جوامع امروزی است. همه فلزات سنگین غیر قابل تجزیه هستند، یعنی، نمی‌توانند به طور طبیعی در محیط زیست از طریق هر وسیله طبیعی از بین بروند. همچنین گزارش شده است که بعضی از آن‌ها غیر متحرک هستند و نمی‌توانند از جایی که انباشته می‌شوند حرکت کنند (۶، ۸ و ۳۱).

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

جیانگ و همکاران[1] (۲۰۱۹) اذعان داشتند، عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان نقش حیاتی در رشد و توسعه آن‌ها ایفا می‌کند؛ بنابراین، مهم است که اثرات تنش‌های محیطی از جمله تنش فلزات سنگین بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آن‌ها بررسی شود. زیرا این فلزات با مولوکول‌های زیستی درون سلول‌ها بر هم کنش می‌کنند، و به طور مستقیم از طریق واکنش‌های مختلف باعث آسیب‌های مورفوفیزیولوژکی می‌شوند. تنش فلزات سنگین و وجود مواد آلاینده بر روی پوشش گیاهی مناطق اطراف کارخانجات صنعتی، می‌تواند تخریب حیات گیاهی را از جنبه‌های مختلف مورفوفیزیولوژیکی تحت تاثیر قرار دهد. ورود چنین آلاینده‌هایی به چرخه طبیعت به عنوان منابع تغذیه کننده گیاهان هستند و تمرکز آن‌ها در مجاورت گیاهان، فعالیت‌های متابولیکی، مورفولوژی و فیزیولوژی آنها را دچار مشکل می‌کند و به طور تخصصی‌تر ارکان‌های حیاتی گیاه نظیر محتویات کلروفیل، فیتوماس، پرولین، پروتئین، نشاسته را تحت تاثیر قرار خواهد داد. بنابراین فعالیت‌های فیزیولوژیکی و آنزیمی گیاهان دچار اخلال شدیدی خواهد شد و این امر پاسخ‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متفاوتی را در بدن موجودات زنده به دنبال دارد (۱۴). صنعت کاشی و سرامیک هم از این ماجرا جدا نیست و نقش مهمی را در به هم زدن تعادل حیات طبیعی و ایجاد ناهنجاری‌های زیست محیطی و اکولوژیکی ایفا می‌کند. زیرا کارخانه‌های کاشی و سرامیک از قدرت آلایندگی بالایی برخوردار بوده و یکی از مهم‌ترین منابع آلوده کننده دشت یزد ـ اردکان می‌باشند (۳).

گیاهان مراتع مناطق خشک دارای خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی خاصی هستند که باعث می‌شود در برابر محدودیت‌های رشد پاسخ‌های متفاوتی از نظر مورفولوژی و فیزیولوژی از خود بروز دهند. در استان یزد با توجه به وضعیت اقلیمی، گونه گیاهی سیاه تاغ به طور گسترده‌ای کشت شده است که علی‌رغم دیر زیستی بالای آنها متاسفانه با گذشت زمان به دلایلی تاغزارهای کشت شده به تدریج دچار تغییراتی از نظر مورفولوژی و فیزیولوژی شده‌اند. به طوری که حتی گیاهان همسن سیاه تاغ در شرایط یکسان مناطق مختلف، پاسخ‌های متفاوتی از نظر صفات مورفوفیزیولوژیکی در برابر تنش‌های مختلف از جمله فلزات سنگین از خود بروز می‌دهند. از آنجا که سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron*) یکی از مهم‌ترین گزینه‌های توسعه بوشش گیاهی در مراتع خشک و نیمه‌خشک و همچنین مبارزه با پیشرفت بیابان است، لذا شناخت رفتار و تغییرات مورفوفیزیولوژیکی آن در برابر تنشِ فلزات سنگین به ویژه در مراتع مناطقِ صنعتی بسیار حائز اهمیت است. زیرا از این طریق می‌توان تغییرات مورفوفیزیولوژیکی که برای گیاه تاغ خصوصاً در مناطق صنعتی ایجاد می‌شود شناسایی کرد، با این امید که نتایج این بررسی در افزایش موفقیت‌هایِ پروژه‌هایِ تاغ‌کاری‌هایِ کشور مؤثر باشد. همچنین با ارزیابی نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، اثرات مثبت یا منفی فلزات سنگین بر مشخصه‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه تاغ مشخص می‌شود که از این طریق می‌توان با شناخت بیشتر خصوصیات این گونه، دامنه گسترش آن را در مراتع مناطق خشک فراهم کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در شهرستان میبد در منطقه‌ای که احیاء پوشش گیاهی توسط گیاه سیاه تاغ صورت گرفته و در نزدیک کارخانه‌های کاشی و سرامیک‌سازی می‌باشد، انجام شد. شهرستان میبد در ۵۰ کیلومتری شمال غربی یزد با مساحت ۸۴۵ کیلومتر مربع در ۵۴ درجه و ۴۵ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۱۴ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض جغرافیایی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا به طور متوسط ۱۲۳۴ متر می‌باشد. دلیل انتخاب شهرستان میبد این بود که این شهرستان از دیرباز یکی از مراکز مهم کاشی و سرامیک ایران محسوب می‌شود. به طوریکه از کل شرکت‌های کاشی و سرامیک در استان یزد بیشترین تعداد شرکت‌ها متعلق به شهرستان میبد است. متاسفانه توسعه صنعتی استان نیز بدون مکان‌یابی مناسب در همین محور متمرکز شده و باعث مشکلات زیست‌محیطی زیادی در منطقه شده است. لذا این منطقه در ابتدای امر مورد بازدید میدانی قرار گرفت تا با توجه به نظرات کارشناسان با تجربه

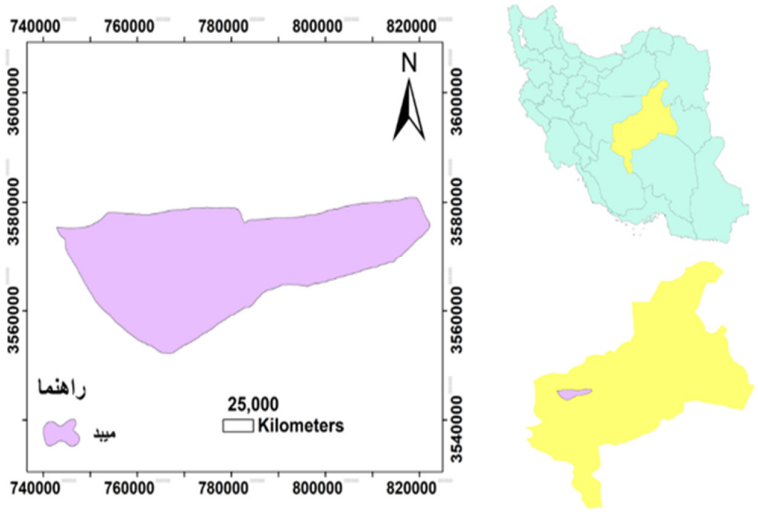
[1]- Jiang

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

اداره منابع طبیعی این مناطق و ارزیابی وضعیت تاغزارهای استقرار یافته در محل‌های مورد نظر، محل مناسب انتخاب و مراحل بعدی انجام شود. در واقع هدف از شناخت منطقه مورد مطالعه، روشن نمودن مراحل کار و توالی فعالیت‌ها و همچنین جایگاه روش‌های مورد استفاده می‌باشد. زیرا در این حالت ابعاد کار به صورت تقریبی روشن شده و تجهیزات مورد نیاز در راستای پیشبرد انجام کار شناسایی می‌شوند.

محدوده مطالعاتی که تحت عنوان کانون بحرانی فرسایش بادی میبد - صدوق شناخته می‌شود دارای مساحتی بالغ بر۱۱۳۷۹ هکتار است که بخشی از آن طی سال‌های قبل از ۱۳۸۵ و حدود۶۵۰ هکتار در سال ۱۳۸۵ به صورت عملیات تاغکاری کنترل و تثبیت نسبی صورت گرفته است. لذا تاریخ کشت تاغهای مورد مطالعه در این تحقیق به ۱۳ سال قبل بر می‌گردد. دشت یزد - اردکان علاوه بر واقع شدن در ایران مرکزی و همچنین تاثیرپذیری از عوامل جهانی خشکی به علت عوامل خاصی هم‌چون دور بودن از گستره‌های آبی، عرض جغرافیایی بالا و وجود دو سلسله جبال زاگرس در غرب و البرز در شمال که در مجموع نقش دیواره‌ای را در مقابل جریان‌های مرطوب ایفا می‌کنند، در قلمرو مناطق خشک و فراخشک جهان قرار گرفته است. طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن توسعه یافته که با شرایط ایران انطباق بیشتری داشته و از تنوع طبقه‌بندی اقلیمی بیشتری برخوردار بوده، نشان داد که ایستگاه یزد با بارندگی متوسط ۶۲/۱ میلی‌متر و نرمال سالانه دما ۱۸/۷ درجه سانتی‌گراد، دارای مقدار شاخص خشکی ۲/۱۶ خواهد بود. با احتساب نرمال حداقل سردترین ماه سال معادل ۰/۶- درجه سانتی‌گراد، فراخشک سرد را به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه در قالب کشور، استان و شهرستان

روش تحقیق

روش نمونه‌برداری

در این تحقیق دو ترانسکت به موازات هم به طول یک کیلومتر در نظر گرفته شد و در امتداد هر ترانسکت پنج سایت نمونه‌برداری به فاصله مناسب از همدیگر انتخاب شد. تا تغییرات مورفوفیزیولوژیکی سیاه تاغ به فواصل ۲۰۰ متری بررسی شود. در این روش نمونه‌برداری طول ترانسکت و مساحت سایت‌ها بر اساس فیزیوگرافی منطقه، وضعیت پوشش گیاهی منطقه و تراکم آن تعیین شد. همچنین در طول هر ترانسکت به فواصل ۲۰۰ متری در سه منطقه (منطقه آلوده، شاهد ۱ و شاهد ۲) به تعداد ده نمونه و و در مجموع ۶۰ تکرار از اندام هوایی و ریشه گونه سیاه تاغ جهت تعیین غلظت فلزات سنگین همچون کروم (Cr)، کبالت (Co) و کادمیم (Cd) برداشت گردید. منطقه آلوده در نزدیک‌ترین منطقه به کارخانجات کاشی و سرامیک انتخاب و مناطق شاهد یک و دو به‌ترتیب با فواصل دو و سه کیلومتری از منطقه آلوده انتخاب شدند. برای اینکه نمونه‌برداری دارای تکرار باشد و از نظر آماری قابل بررسی

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

باشد، در طول ترانسکت مساحت هر سایت جهت بررسی تغییرات برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی سیاه تاغ ۲۰*۲۰ متر مربع در نظر گرفته شد. به لحاظ اینکه برگ‌ها بیشتر از سایر اندام‌های گیاهی در ارتباط مستقیم با محیط بوده و راحت‌تر و زودتر از بقیه تأثیر می‌پذیرند از این‌رو در این پژوهش، بررسی‌های فیزیولوژیک بر روی برگ متمرکز شد (۲۱). در خصوص نمونه‌برداری از اندام هوایی تاغ به دلیل اینکه برگ‌های موجود در تاج هر گیاه تاغ بسته به وضعیت و طرز قرار گرفتن خود، سطوح متفاوتی را ایجاد می‌نمایند، ترتیبی اتخاذ شد تا کلیه برگ‌های انتخابی از کل محدوده تاج باشد. بدین ترتیب نمونه‌های برگ به دقت از چهار طرف تاج برداشت شدند. همچنین صفات مورفولوژیکی که اندازه‌گیری شدند شامل اندازه‌گیری ارتفاع (متر)، مساحت تاج پوشش (مترمربع)، محیط تاج پوشش (متر)، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج (متر)، قطر متوسط تاج (متر)، قطر یقه و محیط یقه (سانتی‌متر) بود. جهت ارزیابی پارامتر شاخص رشد از معادله زیر استفاده شد (۵).

G_i: شاخص رشد، H: ارتفاع برحسب سانتی‌متر، CD: قطر متوسط تاج پوشش برحسب سانتی‌متر و A: سن توده برحسب سال

$$G_i = HCD/(A*1000)$$

اندازه‌گیری پرولین، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها

۰/۵ گرم مادهٔ تر گیاهی درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد آماده شده را به آن اضافه نموده و نمونه درون یخ قرار داده شد. تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد سانتریفوژ نموده تا مواد اضافی از محلول جدا گردید. همزمان مقدار دو میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین را درون تیوب‌های جدید ریخته و دو میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن‌ها افزوده و سپس خوب مخلوط شد. نمونه‌ها را در حمام آب گرم به مدت یک ساعت حرارت داده و سپس درون حمام یخ قرار داده شد (۷). مقدار چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه نموده و به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شد. استانداردهای پرولین محلول در فاز تولوئن را به اندازهٔ لازم در کووت دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار پرولین را در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت کرده و منحنی استاندارد رسم شد سپس میزان جذب در نمونه‌های گیاهی را قرائت نموده و با قراردادن آن در معادله خط، مقدار پرولین به‌دست آمد (۷).

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به روش آرنون[1] (۱۹۶۷) انجام شد به این صورت که مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد نموده و به خوبی له شد. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645)\ V / 100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3*A645 - 3.6 * A663)\ V / 100W$$

$$\text{Carotenoides} = 1000(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b}) / 227$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A = جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهی

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و پس از شستشو بـه منظـور زدودن آلاینـده‌هـای سطحی، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک و سپس آسیاب شدند. یک گرم از نمونه‌های گیاهی آسیاب‌شده اندازه‌گیری و در داخل کوره در دمای ۵۰۰-۴۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرارا داده شد. ۲۰ میلی‌لیتر

[1] -Arnon

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

اسیدکلریدریک نرمال اضافه شد و سپس محلول مذکور را پس از گرم کردن از کاغذ صافی عبور داده و حجم محلول به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و بعد از صاف کردن میزان غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه ICP-MS اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌های به‌دست آمده از عملیات صحرایی و آزمایشگاهی در محیط اکسل ثبت شدند و ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ نرمال بودن آن‌ها بررسی شد. جهت بررسی نرمال بودن و همگن بودن داده‌ها از آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف یک نمونه‌ای و لون استفاده شد. داده‌های به‌دست آمده با روش تجزیه واراریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن مورد تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

جدول زیر نتایج تجزیه واریانس یکطرفه صفات مورفولوژی و فیزیولوژی گونه گیاهی مورد مطالعه در تیمارهای مختلف در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد. در جدول ANOVA از آنجا که P<۰/۰۵، بنابراین، تساوی میانگین سه گروه رد می‌شود. به طوری که نتایج آماری نشان داد که تیمارهای مختلف از نظر میزان ارتفاع، قطر، سطح تاج، محیط تاج، شاخص رشد، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنویید و پرولین با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی سیاه تاغ در مناطق آلوده و شاهد

صفات	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	معنی‌داری
ارتفاع	بین گروه‌ها	۲	۰/۲۰۵	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۰۲۷	
قطر	بین گروه‌ها	۲	۷۱۱۷/۰۳۳	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۱۲۱۷/۴۷۴	
سطح تاج	بین گروه‌ها	۲	۳/۲۹۳	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۶۸۵	
محیط تاج	بین گروه‌ها	۲	۱۲/۸۳	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۱/۴۷	
قطر یقه	بین گروه‌ها	۲	۴/۴۳	NS
	داخل گروه‌ها	۲۷	۸/۲۲	
محیط یقه	بین گروه‌ها	۲	۹۵۷/۲۳	NS
	داخل گروه‌ها	۲۷	۱۵۳۶/۹۹	
شاخص رشد	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۹۲	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۰۱۱	
کلروفیل a	بین گروه‌ها	۲	۵/۲۵	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۰۱۸	
کلروفیل b	بین گروه‌ها	۲	۰/۱۷۹	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۰۰۳	
کلروفیل کل	بین گروه‌ها	۲	۹/۲۰	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۰۵	
کارتنویید	بین گروه‌ها	۲	۳۱/۸۸	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۱/۳۲	
پرولین	بین گروه‌ها	۲	۹۰/۱۲	*
	داخل گروه‌ها	۲۷	۳۴/۹۷	
a/b	بین گروه‌ها	۲	۰/۳۲۶	NS
	داخل گروه‌ها	۲۷	۰/۴۰۷	

*: معنی‌داری در سطح پنج درصد، **: معنیداری در سطح پنج درصد و NS: عدم اختلاف معنی‌دار

جدول زیر مقایسه میانگین و اشتباه معیار ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی اندام هوایی سیاه تاغ با آزمون دانکن در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین دانکن نشان داد که تیمارهای مختلف از نظر میزان ارتفاع، قطر، سطح تاج، محیط تاج و شاخص رشد، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و پرولین در گروه‌های آماری مختلفی قرار گرفته‌اند و با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

جدول ۲: مقایسه میانگین و اشتباه معیار صفات مرفولوژی و فیزیولوژی سیاه تاغ در تیمارهای مختلف با آزمون دانکن

مشخصات	منطقه آلوده	شاهد ۱	شاهد ۲
ارتفاع (cm)	۱۰۷/۶a±۱۴/۶۲	۱۲۶/۴b ±۱۰/۹۳	۱۲۱/۷b±۱۱/۲۸
قطر(cm)	۸۶/۶a±۹/۳	۱۳۲/۱b±۱۰/۱۷	۱۳۷/۵b±۱۳/۲۳
سطح تاج (m^2)	۰/۶۵a±۰/۱۳	۱/۶۵b±۰/۲۵	۱/۶۱b±۰/۳۵
محیط تاج (m^2)	۲/۷۱a±۰/۲۹	۴/۱۷b±۰/۳۲	۴/۹۵b±۰/۴۲
قطر یقه (cm)	۵/۹a±۰/۸۲	۶/۸a±۰/۶۷	۷/۲a±۱/۱۵
محیط یقه (m^2)	۰/۳۸a±۲/۴۴	۰/۴۳a±۲/۴۴	۰/۴۲a±۲/۴۴
شاخص رشد (-)	۰/۶۶a±۰/۰۲۵	۱/۳۱b±۰/۰۴۴	۱/۲۹b±۰/۰۷۲
کلروفیل a (mg/g)	۰/۴ a ±۰/۰۰۵۷	۱/۶۸ b ±۰/۰۰۰۵۶	۱/۶۲ b ±۰/۰۰۰۴۹
کلروفیلb (mg/g)	۰/۰۷ a ±۰/۰۰۱۰	۰/۲۸ b ±۰/۰۰۰۹۲	۰/۳۲ b ±۰/۰۰۰۴۹
کلروفیل کل(mg/g)	۰/۴۷ a ±۰/۰۰۱۴	۲/۰۹ b ±۰/۰۰۱۳	۲/۰۸ b ±۰/۰۰۱۰
کارتنویید (mg/g)	۲/۳۹ a ±۰/۳۱	۴/۴۹ b ±۰/۴۱	۵/۹۵ c ±۰/۳۴
پرولین (mg/kg)	۱۹/۱۶ a ±۲/۴۴	۱۳/۶۴ b ±۱/۴۹	۱۴/۳۵ b ±۱/۵۰
a/b (mg/g)	۵/۷ a ±۰/۰۶۳	۶/۰۰ a ±۰/۰۴۱	۵/۱ a ±۰/۲۶۶

جدول زیر نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه فلزات سنگین در اندام هوایی و ریشه گونه گیاهی مورد مطالعه در تیمارهای مختلف در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد. در جدول ANOVA از آنجا که P<۰/۰۵، بنابراین، تساوی میانگین سه گروه رد می‌شود. به عبارتی با اطمینان ۹۵ درصد سه گروه با هم اختلاف دارند. به طوریکه تیمارهای مختلف در اندام هوایی و ریشه از نظر میزان همه عناصر سنگین مورد بررسی با همدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵).

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس فلزات سنگین اندام هوایی و ریشه سیاه تاغ در مناطق آلوده و شاهد (ppm)

فلزات سنگین	اندام گیاهی	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	معنی‌داری
Cr کروم	هوایی	بین گروه‌ها	۲	۹۳/۷۳	*
		داخل گروه‌ها	۲۷	۲/۴۴	
	ریشه	بین گروه‌ها	۲	۲۳/۶۳	*
		داخل گروه‌ها	۲۷	۵/۹۵	
Co کبالت	هوایی	بین گروه‌ها	۲	۳۹/۴۳	*
		داخل گروه‌ها	۲۷	۱۹/۰۴	
	ریشه	بین گروه‌ها	۲	۱۰/۰۳	*
		داخل گروه‌ها	۲۷	۷/۹۱	
Cd کادمیم	هوایی	بین گروه‌ها	۲	۶/۶۷	*
		داخل گروه‌ها	۲۷	۶/۲۷	
	ریشه	بین گروه‌ها	۲	۱۷/۵۰	*
		داخل گروه‌ها	۲۷	۲/۶۵	

جدول زیر مقایسه میانگین و اشتباه معیار فلزات سنگین در اندام هوایی و ریشه سیاه تاغ با آزمون دانکن در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد. نتایج دانکن نشان داد که منطقه آلوده از نظر عناصر سنگین کروم (Cr)، کبالت (Co)، کادمیم (Cd)، در اندام هوایی و همچین در ریشه گونه مورد مطالعه، در یک گروه آماری جداگانه قرار گرفته و با سایر تیمارها از این جهت اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵). لازم به ذکر است عناصر سنگین مورد مطالعه در این تحقیق شامل شش عنصر کروم (Cr)، کبالت (Co)، کادمیم (Cd)، سرب (Pb)، روی (Zn) و نیکل (Ni) بود اما چون منطقه مورد مطالعه فقط به سه عنصر کروم، کبالت و کادمیم آلوده بود نتایج این سه عنصر ارائه گردید. در کشور ما به دلیل عدم وجود استانداردی خاص در مورد آلودگی از استانداردهای کشورهای دیگر و یا استانداردهای جهانی برای ارزیابی آلودگی خاک و گیاه استفاده می‌شود. هر چند منابع تحقیقاتی مختلف براساس هدف خود مقادیر متفاوتی را به

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

عنوان حد مجاز فلزها در خاک و گیاه اعلام نموده‌اند که تصمیم‌گیری را کمی با مشکل مواجه نموده است، با این حال در اکثر موارد این داده‌ها نزدیک به هم هستند. اما با مقایسه غلظت فلزات سنگین در گیاه منطقه مورد مطالعه با منابع مختلف از جمله آلووی[1] (۱۹۹۰) و همچنین غلظت‌های استاندارد جهانی و بحرانی، می‌توان بیان کرد که گیاه مورد مطالعه با توجه به استانداردهای مختلف که در زمینه آلودگی گیاه وجود دارد، به فلزات سنگین اندازه‌گیری شده از جمله کروم، کبالت و کادمیم آلوده می‌باشد. محدوده طبیعی فلزات سنگینِ کروم، کبالت و کادمیم برای گیاهان به ترتیب بین ۱۴-۰/۰۳، ۱-۰/۰۲ و ۲/۴-۰/۰۱ppm می‌باشد (۲).

جدول ۴: مقایسه میانگین و اشتباه معیار فلزات سنگین اندام هوایی و ریشه سیاه تاغ در تیمارهای مختلف با آزمون دانکن

عناصر سنگین	اندام گیاهی	منطقه آلوده	شاهد ۱	شاهد ۲
Cr (ppm)	هوایی	۲۲/۳ a ۰±/۵۹۷	۱۰/۱۰ b ۰±/۴۳۳	۹/۹ b ۰±/۴۳۳
کروم	ریشه	۱۵/۶ a ۰±/۶۳۵	۹/۲ b ۰±/۸۶۶	۱۰/۱ b ۰±/۷۹۵
Co (ppm)	هوایی	۲۱/۹ a ۱±/۳۴	۱/۰۱ b ۱±/۲۸	۰/۹ b ۱±/۵۰
کبالت	ریشه	۲۴/۲۰ a ۰±/۸۵۳	۰/۹۰ b ۰±/۹۴۳	۱/۰۲ b ۰±/۸۶۹
Cd (ppm)	هوایی	۲۴/۱۰ a ۰±/۴۳۳	۱/۳ b ۰±/۵۹۲	۱/۹۳ b ۰±/۷۳۷
کادمیم	ریشه	۱۴/۷ a ۰±/۴۴۸	۲/۲۰ b ۰±/۵۷۳	۲/۷ b ۰±/۵۱۷

بحث و نتیجه‌گیری

ورود فلزات سنگین به چرخه طبیعت به عنوان منابع تغذیه‌کننده گیاهان هستند و تمرکز آنها در مجاورت گیاهان فعالیت‌های متابولیکی، مورفولوژی و فیزیولوژکی آنها را در تامین نیازمندی‌های حیاتشان دچار مشکل می‌کند (۲۳). نتایج تحقیق حاضر نیز، نشان داد که فلزات سنگین حاصل از فعالیت‌های صنعتی می‌توانند ناهنجاری‌های جدی را در مورفولوژی، فیزیولوژیکی و در نهایت رشد سیاه تاغ بوجود آورند. زیرا نتایج تحقیق حاضر از اختلاف معنی‌دار بین سه تیمار با اطمینان ۹۵ درصد از نظر مشخصات مورفوفیزیولوژیکی حکایت داشت. لذا با عنایت به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اهمیت موضوع مورد بررسی با مراتع را چنین بیان کرد که عدم توجه به مراتع و گونه‌های کشت شده در اطراف کارخانجات صنعتی باعث می‌شود که هزینه و زمان زیادی صرف کشت آنها شود، بدون آنکه نتیجهٔ مطلوب حاصل شود و در نتیجه علاوه بر خسارات مالی، خساراتی همچون ضعف مناطق کشت در مقابل فرسایش را در پی خواهد داشت. از این رو مطالعه چنین تحقیقاتی در رسیدن به پوشش مطلوب و جلوگیری از فرسایش خاک کمک شایان توجهی به توسعهٔ پوشش گیاهی آن مناطق خواهد نمود و کمک مؤثری به اجرای برنامه‌های اصلاحی و اقتصادی خواهد کرد.

نتایج نشان داد که در منطقه آلوده گونه گیاهی مورد تحقیق از نظر میزان ارتفاع (۱۰۷/۶ سانی‌متر)، قطر (۸۶/۶)، سطح تاج (۰/۶۵ متر مربع)، محیط تاج (۲/۷۱ متر مربع)، و شاخص رشد (۰/۶۶) دارای میانگین کمتری نسبت به دو منطقه دیگر بود. به عبارتی دیگر شاخص رشد در مناطق شاهد تقریباً دو برابر شاخص رشد در منطقه آلوده بود. لذا می‌توان اذعان داشت که تغییرات بیولوژیکی از جمله کاهش ارتفاع، قطر تاج، محیط تاج و در نهایت شاخص رشد در سیاه تاغ آلوده نسبت به مناطق شاهد به این علت است که فلزات سنگین با کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلولی و همچنین با تاثیر بر دیواره سلولی و ورود به سیتوپلاسم، در متابولیسم طبیعی سلول‌های سیاه تاغ اختلال ایجاد کرده و باعث کاهش رشد گیاه می‌گردند. در نتیجه رشد گیاهان با افزایش غلظت فلزات سنگین کم شده و کاهش در ارتفاع گیاه به علت رشد کم ریشه و در نتیجه کاهش انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی گیاه است. کاهش رشد سیاه تاغ ناشی از میزان بالای کادمیم به علت کاهش فتوسنتز و تنفس، کاهش متابولیسم کربوهیدرات و ایجاد کلروز است و یا می‌تواند به دلیل جلوگیری از جذب عناصر و اختلال در سیستم غشایی ریشه باشد (۲۳). نتایج نشان داد که میزان کروم و کادمیم در اندام هوایی گونه مورد مطالعه به ترتیب ۲۲/۳، ۲۴/۱ و در ریشه به‌ترتیب ۱۵/۶، ۱۴/۷ppm می‌باشد.

[1]- Alloway

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

به عبارتی میزان کروم و کادمیم در اندام هوایی سیاه تاغ به ترتیب ۱/۴۲ و ۱/۶۳ برابر آن در اندام ریشه بود. توانایی بالای انتقال فلزات از ریشه به اندام‌های هوایی به احتمال زیاد به علت سیستم‌های انتقال فلزات کارآمد است. لذا می‌توان اضافه نمود که گیاهان ظرفیت بسیار بالایی در جذب فلزات به وسیله ریشه و جابجایی و ذخیره‌سازی آن‌ها در اندام هوایی دارند. بنابراین با عنایت به نتایج تحقیق حاضر، می‌توان اذعان داشت که کروم و کادمیم با اثر مستقیم بر متابولیسم سلولی اندام هوایی باعث کاهش صفات مورفولوژی همچون ارتفاع و شاخص رشد در گیاه شده است. لی و همکاران[1] (۲۰۱۰) اذعان داشتند، یون‌های فلزات سنگین زمانی که در مقادیر زیاد در محیط وجود داشته باشند به وسیله ریشه گیاهان جذب و به اندام‌های هوایی منتقل شده و موجب اختلال در سوخت و ساز گیاه می‌شوند. کورد و همکاران (۲۰۱۸) خاطر نشان نمودند، این موضوع به قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک و جذب و انتقال آنها به بخش‌های هوایی گونه‌های مورد مطالعه مرتبط است. لذا به طور کلی و با عنایت به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد، تاثیر نسبی مقادیر زیاد کروم، کبالت و کادمیم در سیاه تاغ منجر به کاهش رشد اندام هوایی می‌گردد و این احتمال داده می‌شود که فلزات سنگین رشد ریشه و اندام هوایی را مستقیماً بوسیله مهار تقسیم سلولی یا ازدیاد سلولی یا بوسیله ترکیبی از هر دو مهار می‌نمایند. با توجه به اینکه هر سه این عناصر اثرات منفی بر رشد سیاه تاغ داشته‌اند، بنابراین تاثیرات توأم این سه عنصر باعث تشدید کاهش شاخص رشد و سایر پارامترهای مورفولوژیکی مورد بررسی از جمله سطح تاج، محیط تاج و ارتفاع در سیاه تاغ شده است. تحقیقات نشان داده است که وقتی گیاهان در معرض تنش فلزات سنگین قرار می‌گیرند، وزن تر و خشک گیاه و رشد بخش هوایی و ریشه کاهش می‌یابد (۲۸ و ۳۰). نتایج حاصل از مطالعه دانشمندان نشان داده است که در حضور یون کادمیوم میزان پراکسیداسیون چربی به علت افزایش مقدار پراکسید هیدروژن در سلول افزایش می‌یابد. این وضعیت باعث بر هم‌خوردن تعادل آبی و تغذیه ای سلول شده که این یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش رشد گیاه می‌باشد (۲۳).

مجید و همکاران[2] (۲۰۱۹) اثرات سمی کادمیوم، کبالت و سرب را در غلظت‌های مختلف بر روی جوانه‌زنی، رشد اولیه و بیومس خشک *Pisum sativum* مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که کمترین غلظت سرب جوانه‌زنی را افزایش و سایر پارامترهای رشد را کاهش داده است و کادمیوم و کبالت به شدت بر جوانه‌زنی و رشد تاثیر گذاشته‌اند. تشکری زاده و سعیدنژاد (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف کروم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیب شیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum*) به این نتیجه رسیدند که غلظت کروم تاثیر معنی‌داری بر مشخصه‌های مورفولوژیکی، اندام هوایی و ریشه و همچنین ترکیب شیمیایی اسانس داشته است. آن‌ها اذعان داشتند، با افزایش غلظت کروم، ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه کاهش یافته است. نتایج مطالعه جیانگ و همکاران[3] (۲۰۱۹) نشان داد که فلزات سنگین، صرف نظر از غلظت و نوع، اثرات اکولوژیکی قابل توجهی را بر روی بیشتر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گندم (*Triticum*) به عنوان مثال تعداد پنجه، ارتفاع گیاه ، قطر گیاه، وزن برگ و وزن خشک، ضخامت برگ، وزن خالص، کلروفیل برگ و محتوای نیتروژن و فعالیت پراکسیداز و کاتالاز گیاه می‌تواند داشته باشد. نتایج مطالعات وانگ[4] و همکاران (۲۰۱۸)؛ شی[5] و همکاران (۲۰۱۴) و گی[6] و همکاران (۲۰۱۲) نیز از تایید نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر حکایت دارد.

از جمله فرآیندهایی که تحت تأثیر تنش ناشی از فلزات سنگین قرار می‌گیرد، فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی است. زیرا نتایج این تحقیق نشان داد که سه تیمار مورد بررسی از نظر میزان فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ($P<0/05$). کاهش میزان کارتنویید (۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل a (۰/۴۰میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل b (۰/۰۷میلی‌گرم بر گرم) سیاه تاغ در منطقه آلوده نسبت به شاهد را می‌توان به

[1] -Li
[2]-Majeed
[3]-Jiang
[4]- Wang
[5]- Shi
[6]- Ge

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

اختلال در متابولیت‌های فتوسنتزی و جذب یون‌های اساسی مانند منیزیم و آهن و یا افزایش فعالیت آنزیم تخریب کننده کلروفیل و یا افزایش پراکسیداسیون لیپیدها در اثر وجود فلزات سنگین نسبت داد. در واقع فلزات سنگینِ منطقه آلوده فرآیندهای متابولیکی را از طریق ممانعت از عمل آنزیم‌ها کاهش می‌دهند. با توجه به اینکه کلروفیل a به عنوان یک عامل اصلی در جذب نور برای فتوسنتز مطرح است و همچنین مهم‌ترین ترکیبی است که باعث تبدیل انرژی نورانی به شیمیایی می‌شود، لذا هر گونه اختلال در کلروفیل a در اثر تنش فلزات سنگین، تاثیر منفی بر فتوسنتز گیاه دارد و اگر این روند اداه یابد، می‌تواند باعث کاهش رشد و از بین رفتن گیاه شود. علیزاده و همکاران (۲۰۱۴) اذعان نمودند، میزان کلروفیل گیاهان یکی از فاکتورهای حفظ ظرفیت فتوسنتزی است که کاهش آن در تنش‌های محیطی به علت تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. دیانتی تیلکی و همکاران (۲۰۱۵) اذعان داشتند، یکی از علائم تنش‌های محیطی در گیاهان کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی است. سیروس‌مهر و همکاران (۲۰۱۴) اذعان نمودند، هر چه شدت تنش فلزات سنگین افزایش پیدا کند محتوای رنگدانه‌ها کاهش پیدا می‌کند و احتمال کاهش بیشتر در کلرفیل b در مقایسه با کلروفیل a محتمل‌تر است.

در بین فلزات سنگین مورد بررسی در این مطالعه، اهمیت کادمیوم (Cd) قابل توجه است. زیرا میل ترکیبی شدیدی با گروه‌های سولفیدریل، هیدروکسیل و لیگاندهای حاوی نیتروژن دارد. در نتیجه این عنصر بسیاری از آنزیم‌های مهم را غیر فعال کرده که منجر به اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فرآیندهای متابولیکی در گیاه می‌گردد (۲۳). شن و همکاران[1] (۲۰۱۹) نیز در بررسی اثرات متقابل سرب، روی و مس در پاسخ فیزیولوژیکی گونه *Kandelia obovata* نشان دادند که پارامترهای فتوسنتز شامل نرخ فتوسنتز، میزان خالص فتوسنتز، میزان تعرق و هدایت روزنه با افزایش غلظت تیمارها (به جز تیمارهای ترکیبی سرب و مس و همچنین سرب، روی و مس) افزایش یافته است.

مطالعه حاضر نشان داد که منطقه تحت تنش فلزات سنگین دارای بیشترین میانگین پرولین (۱۹/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به دو منطقه دیگر با میزان به ترتیب ۱۳/۶۴ و ۱۴/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. لذا نتایج تحقیق انجام شده از افزایش میزان پرولین گیاهان، زمانی که در معرض تنش‌های غیر زیستی مانند فلزات سنگین قرار می‌گیرند، حکایت داشت. با عنایت به نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر می‌توان اذعان کرد، با فاصله گرفتن از منطقه تحت تنش فلزات سنگین، میزان پرولین گونه گیاهی مورد مطالعه کاهش یافته است. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان بیان نمود، زمانی که گیاهان در معرض تنش‌های غیر زیستی مانند تنش فلزات سنگین قرار می‌گیرند میزان پرولین آنها افزایش می‌یابد واز این طریق ساختارهای سلولی و آنزیمی خود را در برابر فاکتورهای تنش‌زا حفاظت می‌کند. شن و همکاران (۲۰۱۹) اذعان داشتند، در بسیاری از تنش‌ها، گیاهان نیازمند تنظیم فشار اسمزی هستند که این امر از طریق تجمع ترکیباتی که به لحاظ اسمزی فعال می باشند، صورت می‌گیرد. لذا می‌توان اذعان داشت، پرولین یکی از ترکیبات مهم سیستم دفاعی گیاهان در شرایط تنش می‌باشد و به مقدار زیادی در گیاهان نسبت به سایر آمینواسیدها خصوصا در شرایط تحت تنش دیده می‌شود. تریاپان و همکاران[2] (۲۰۱۱) در بررسی *Brassica oleracea var. botrytis* تحت تنش سه فلز کادمیوم، جیوه و روی اذعان داشتند، با افزایش تنش این فلزات، محصولات حاصل از پرولین نیز دوبرابر می‌شود همچنین آنها خاطر نشان نمودند جیوه قویترین محرک برای تجمع پرولین می‌باشد. منجوناز و ردی[3] (۲۰۱۹) اثر آلاینده‌های هوا و برخی فلزات سنگین از جمله روی، سرب، مس و کروم را بر ترکیبات بیوشیمیایی برگ برخی گیاهان از جمله *O.sanctum*، *L. aspera*، *L.camara*، *V. rosea*، *B. spectabilis* و *R. communis* در شهر بنگلور را بررسی نمودند، و به این یافته‌ها رسیدند که میانگین سطح پروتئین کل، اسید گالیک و فعالیت کاتالاز در گیاهان سایت‌های آلوده نسبت به سایت‌های شاهد کمتر است. همچنین میانگین میزان پرولین و مالون‌آلدئید و شاخص‌های تنش

[1]-Shen
[2]- Theriappan
[3]- Manjunat & Reddy

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

اکسیداتیو، در گیاهان منطقه آلوده به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است.

نتایج مطالعه حاضر بر روی گونه سیاه تاغ در نزدیکی کارخانجات کاشی و سرامیک نشان دهنده غلظت بالای فلزات سنگین از جمله کروم (Cr)، کبالت (Co) و کادمیم (Cd) نسبت به استاندارد آن‌ها می‌باشد. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فلزات سنگین کروم، کبالت و کادمیم تاثیرات منفی بر رشد گیاه داشته و محتوای رنگیزه‌ها در حضور مقادیر بالای این فلزات کاهش چشمگیری نشان می‌دهد که با کاهش رنگیزه‌ها که در امر فتوسنتز دارای نقش عمده‌ای می باشند میزان فتوسنتز کاهش یافته و در نتیجه وجود هر یک از فلزات مذکور و همچنین وجود توام آنها بر مشخصات مورفولوژی و فیزیولوژی سیاه تاغ تاثیر گذاشته و موجب کاهش شاخص رشدِ سیاه تاغ شده است. همچنین با توجه به قرارگیری ایران و منطقه مورد مطالعه در نوار خشک جهان، می‌توان گفت که آلاینده‌ها با شدت بیشتری می‌توانند عمل کنند، بنابراین ترمیم آسیب‌های وارد شده سخت‌تر است. از طرف دیگر، جوامع گیاهی موجود در این مناطق ضعیف و شکننده هستند که مقاومت کمتری نسبت به اثرات آلاینده‌ها دارند. لذا لازم است اثرات آلاینده‌های صنعتی بر گیاهان مناطق حوزه نفوذ مورد بررسی قرار گیرد تا با توجه به بهره‌برداری‌های صورت گرفته از این گیاهان، میزان آلودگی و چگونگی مدیریت آن‌ها در برنامه‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد.

References

1. Alizadeh, A., G. Dianati Tilaki & B. Naseryan Khyabani., 2014. Effect of seed irradiation with gamma ray on some physiological properties and biochemical parameters of plants in two species of *Bromus inermis* and *B. tomentellus*. Rangeland, 8: 137-147. (In Persian)
2. Alloway, B.J., 2010. Heavy Metals in Soil (Third edition). John Wiley and Sons publications, New York, USA, 587 p.
3. Ardakani, J. & A. Rastegar., 2017. Environmental Impact Assessment of Yazd-Ardakan Pollutant Resources. Third International Congress of Land Sciences and Urban Development and First Conference on Art, Architecture and Urban Management, 11 p. (In Persian)
4. Arnon, A. N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Journal of Agronomy, 23:112-121.
5. Baghbestani Meybodi, N. &, A. Rahbar., 2008. The Effect of Mass and Pruning Intensity on the Survival and Vitality of *Haloxylon* in Yazd Province, Journal of Rangeland and Desert Research, 6: 419-430. (In Persian)
6. Basheer, A.A., 2018. New generation nano-adsorbents for the removal of emerging contaminants in water. Journal of Molecular Liquids, 261: 583–593
7. Bates, L.S., R.P. Waldern, I.D., Tear, 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Journal of Plant and Soil, 39: 205-207.
8. Burakova, E.A., T.P. Dyachkova, A.V. Rukhov, E.N. Tugolukov, E.V. Galunin, A.G. Tkachev & I. Ali, 2018. Novel and economic method of carbon nanotubes synthesis on a nickel magnesium oxide catalyst using microwave radiation. Journal of Molecular Liquids, 253: 340–346
9. Chen, H.Y., Y.G. Teng, S.J. Lu, Y.Y. Wang & J.S. Wang, 2015. Contamination features and health risk of soil heavy metals in China. Journal of Science Total Environmental, 512–513:143–153
10. Cyrusmehr, B. & B. Mohammadi., 2014. Changes in germination properties, photosynthetic pigments, and antioxidant enzymes activity of safflower under drought and salinity stresses. Journal of Crop Ecophysiology, 8: 522-517. (In Persian)
11. Dalvand, M., A. Hamidian, M. Zare chahuoki, S. A.A. Mirjalili & E. Esmaeilzadeh, 2014. Investigating the Effects of Cu, Pb, Zn and Mn Concentrations in *Artemisia spp*. above Ground Biomass in the Rangelands of Darreh Zereshk. Rangeland, 8: 219-229. (in Persian)
12. Dianatitilaki G., M. Pichand & S. E. Sadati, 2016. Effects of drought stress and seed hydro-priming on some morphological, physiological and biochemical traits of *Cymbopogon olivieri* Boiss Rangeland, 8: 137-147. (In Persian)
13. Ekhtesasi, M.R., 2010. Suitable plants for sand dunes stabilization in Iran. Yazd University Presses, 246 p.
14. El-Greisy, Z.A. & A.H. El-Gamal., 2015. Experimental studies on the effect of cadmium chloride, zinc acetate, their mixture and the mitigation with vitamin C supplementation on hatchability, size and quality of newly hatched larvae of common carp, Cyprinus carpio. Journal of Aquatic Research, 41: 219-226.
15. Fan, B, A. Zhang, Y. Yang, Q. Ma, X. Li & Ch. Zhao., 2016. Long-Term Effects of Xerophytic Shrub *Haloxylon ammodendron* Plantations on Soil Properties and Vegetation Dynamics in Northwest China. Journal of PLoS ONE 11(12): e0168000. doi:10.1371

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]

16. Ge, W., Y.Q. Jiao, B.L. Sun, R. Qin, W.S. Jiang & D.H. Liu, 2012. Cadmium-mediated oxidative stress and ultrastructural changes in root cells of poplar cultivars. South African Journal of Botany, 83: 98-108.
17. Ghori, N.H., T. Ghori, M. Q. Hayat, S. R. Imadi, A. Gul, V. Altay & M. Ozturk, 2019. Heavy metal stress and responses in plants International. Journal of Environmental Science and Technology, 16: 1807–1828
18. Han, Z.X., D.J. Wan, H.X. Tian, W.X. He, Z.Q. Wang & Q. Liu, 2019. Pollution assessment of heavy metals in soils and plants around a molybdenum mine in Central Chinajournal. Journal of Environmental Reasearch, 28: 1–11.
19. Jiang, B., A. Adebayoc, J. Jiad, Y. Xinga, S. Denge, L. Guoe, Y. Liangf & D. Zhangb, 2019. Impacts of heavy metals and soil properties at a Nigerian e-waste site on soil microbial community. Journal of Hazardous Materials, 362:187-195
20. Jiang, K., B. Wua, C. Wanga & Q. Rana., 2019. Ecotoxicological effects of metals with different concentrations and types on the morphological and physiological performance of wheat. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety, 167: 345–353
21. Joshi, P.C. & A. Swami., 2009. Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species. Journal of Environmental Biology, 30: 295–298.
22. Kord, B., F. Safikhani, A. Khademi & S. Pourabbasi, 2018. Investigation of the Role of Rangeland Plants in the Purification of Pb and Zn Contaminated Soils around the Lead and Zinc Minerals of Malayer Ahangaran. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 25: 78-88. (In Persian)
23. Kumar, V., J. Singh & P. Kumar, 2019. Contaminants in Agriculture and Environment: Health Risks and Remediation, Volume 1, Agro Environ Media, Haridwar, India, 283 p.
24. Li, Q, S. Cai, C. Mo, B, Chu, L. Peng & F. Yang, 2010. Toxic effects of heavy metals and their accumulation in vegetables grown in a saline soil. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 84-88.
25. Loni, A., H., Radnezhad, A. Vankely, A. Hassanvand, M. Sadeghi & M. Zaremanesh, 2018. The role of Haloxylon plantations in improving carbon sequestration potential of sand dunes of Iran. Journal of Applied Ecology And Environmental Reserch, 16: 321-333
26. Majeed, A., Z. Mohammad & S. Siyar., Assessment of heavy metal induced stress responses in pea, Acta Journal of Ecologica Sinica, 39: 284–288
27. Manjunath, B.T. & J. Reddy., 2019. Effect of air pollutants on some heavy metals and biochemical constituents of leaves of some plants at Bangalore city. Journal of Applied and Natural Science, 11: 66 - 75
28. Moameri, M., M. Jafari, A. Tavili, B. Motasharezadeh, MA. Zare Chahouki. 2018. Investigating lead and zinc uptake and accumulation by Stipa hohenackeriana trin and rupr. in field and pot experiments. Bioscience Journal, 34(1):138-150.
29. Murtaza, G., W. Javed, A. Hussain, M. Qadir & M. Aslam., 2017. Soil-applied zinc and copper suppress cadmium uptake and improve the performance of cereals and legumes. International Journal of Phytoremediat, 19: 199–206.
30. Nagajyoti, P.C., K.D. Lee & T.V.M. Sreekanth, 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Journal of Environmental Chemistry Letters, 8: 199-216.
31. Sabir, M., E.A. Waraich, K.R. Hakeem, M. Ozturk, H.R. Ahmad & M. Shahid, 2015. Phytoremediation: mechanisms and adaptations. Elsevier, New York, 85-105 pp.
32. Shen, X., R. Li, M. Chai, Sh. Cheng, Z. Niu & G. Qiu, 2019. Interactive effects of single, binary and trinary trace metals (lead, zinc and copper) on the physiological responses of Kandelia obovata seedlings. Journal of Environmental Geochem Health, 41:135-148
33. Shi, H.P., Y. Feng, Y.L. Wang & P.K.E. Tsang, 2014. Effect of cadmium on cytogenetic toxicity in hairy roots of *Wedelia trilobata L.* and their alleviation by exogenous CaCl2. Journal of Environmental Science Pollution Reserch, 21: 1436-1443
34. Tashakorizadeh, M. & A. Saeed Nezhadev., 2017. Investigation of the Effect of Different Chromium Concentrations on the Morphological Characteristics and Chemical Composition of Basil. Journal of Soil and Water Science, 1: 135-145. (In Persian)
35. Theriappan, P. A.K. Gupta & P. Dhasarrathan., 2011. Accumulation of proline under salinity and heavy metal stress in cauliflower seedlings. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 15: 251–255
36. Wang, C.Y., B.D. Wu, K. Jiang & J.W. Zhou, 2018. Effects of different types of heavy metal pollution on functional traits of invasive redroot pigweed and native red amaranth. International Journal of Environmental Reserch, 12: 419-427.
37. Zare chahuoki A., M.R. Ekhtesasi & A. Mosleh Arani., 2016. Investigating *Haloxylon aphyllum* physiological mechanism for propagating and adaptation to arid condition in polygonal bio-hydro-geomorphological patterns. Rangeland, 10: 170-179. (In Persian)

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.2.9.9]