



## تأثیر آلودگی هوا در بخشی از شهر اراک بر ساختار تشریحی گیاه اسفناج

زهرة جعفری<sup>۱\*</sup>، مریم دهقان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران  
<sup>۲</sup> گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

\* Email: z-jafari@iau-arak.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۱۷

### چکیده

اثرات مخرب آلاینده‌ها بر گیاهان خوراکی بر مصرف در مناطق آلوده از جمله مشکلاتی است که امروزه محیط زیست پیرامون شهرهای صنعتی را درگیر نموده است. از جمله این گیاهان، اسفناج می‌باشد. اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) گیاهی یک‌ساله متعلق به خانواده Chenopodiaceae است که سابقه کشت آن در ایران به دو هزار سال می‌رسد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات ساختار آناتومی گیاه اسفناج در بخش متراکم از هوای آلوده شهر اراک، بوده است. نمونه‌های بذر گیاه اسفناج بطور همزمان در دو گروه شاهد و تحت تیمار در دو بخش با هوای سالم پارک ملی هفتاد قله اراک و در بخش متراکم پارک ایرالکو کارخانه آلومینیوم از هوای آلوده شهر مورد کشت واقع شدند. بعد از رویش برگ‌های لپه‌ای و برگ‌های اصلی گیاه نمونه‌ها در محلول گلیسرین الکل تثبیت شدند. بعد از برش‌گیری و رنگ‌آمیزی مضاعف با آبی متیل و کارمن زاجی، توسط فتومیکروسکوپ عکس‌برداری و مورد بررسی تغییرات ساختار تشریحی قرار گرفتند. نتایج حاصل از بررسی تغییرات ساختار تشریحی در برگ‌های گیاه اسفناج حاکی از آن بود که در نمونه‌هایی که در بخش متراکم از هوای آلوده شهر رویش پیدا کرده بودند نسبت به نمونه‌های شاهد، کوتیکول ضخامت بیشتری یافته و دستگاه کرک محافظتی به فراوانی یافت شد. ساختار کلرانسیم بی‌نظم شده و بافت پارانشیم ذخیره‌ایی مملو از رسوبات کریستالی اگزالاتی شده بودند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های گیاهی مربوط به هوای آلوده شهر، دچار استرس ناشی از آلودگی هوا بودند که به احتمال زیاد بر کیفیت غذایی این گیاه نیز اثرات مخربی داشته است.

**کلیدواژه‌ها:** اسفناج، آلودگی هوا، ساختار تشریحی.

### مقدمه

ساله یا پایا و یا به صورت بوته‌هایی با اعضای چوبی، بندرت درخچه‌ای و درختی می‌باشند. امروزه دو وارسته از این گیاه کشت می‌شود. اسفناج بذر خاردار و اسفناج بذر صاف. وارسته بومی در اراک از نوع خاردار [۱] با بافت برگ‌گی چروکیده و گرد است که در این

اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) گیاهی یک‌ساله متعلق به خانواده Chenopodiaceae است که سابقه کشت آن در ایران به دو هزار سال می‌رسد. تیره اسفناج گیاهانی به صور مختلف علفی، یک‌ساله، دو

پژوهش از آن استفاده شده است.

یکی از مشکلاتی که امروزه محیط زیست پیرامون شهرهای صنعتی را درگیر نموده است اثرات منفی آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده و گیاهان این مناطق است. شدت جذب آلاینده‌ها در برخی از گیاهان بنا به ساختار سلولی حساس‌تر آنها شدیدتر می‌باشد و از سویی در خصوص گیاهان دارویی که مصرف خوراکی دارد این اثرات مخرب به انسان انتقال یافته و منجر به بیماری‌های مختلف می‌گردد.

پاسخ گیاهان به آلاینده‌های هوا ممکن است بسیار متفاوت و گسترده باشد و اختلاف این پاسخ‌ها می‌تواند به وسیله فاکتورهایی از قبیل اختلاف در غلظت آلاینده‌ها و توزیع زمانی آنها، منشا ژنتیکی و فعالیت فیزیولوژیکی گیاهان، عوامل هواشناسی، وضعیت تغذیه گیاه و اثرات دیگر فاکتورهای محیطی ایجاد شود [۲].

تحقیقات نشان داده که گیاه اسفناج در جذب عناصر و مواد آلاینده بشدت حساس بوده و تحت تاثیر شرایط اقلیمی اش قرار می‌گیرد. بطوریکه تحقیقات نشان داده که حتی با تغییر اقلیم، مقادیر کمی و کیفی عناصر در این گیاه تغییر خواهد کرد. از جمله منابع مورد پژوهش شامل موارد ذیل است:

تاثیر افزایش گاز CO<sub>2</sub> بر روی وضعیت آناتومی برگ و کیفیت فتوسنتز در برگ چند گیاه از جمله اسفناج توسط SINGSAAS و همکاران مورد توجه قرار گرفته است [۱۱].

محققین دیگری از جمله عرفانی و همکاران نشان دادند که این گیاه در اقلیم‌های متفاوت محتوی عناصر متفاوتی است [۸].

قدرت بالای جذب مواد شیمیایی بخصوص مواد سمی در این گیاه در استان کرمانشاه، توسط

پیرصاحب و همکاران [۱۲] به میزان بالایی نشان داده شده است. در ادامه در خصوص جذب بالای عنصر سمی سرب در گیاه اسفناج در شهر ساری، شعبانخانی و همکاران [۱۰] به نتایجی در خصوص اثر مخرب سرب بر اسفناج رسیدند. این گزارش به اهمیت خطر محل کشت این گیاه بخصوص در کنار جاده‌های پرتردد بدلیل جذب بالای سرب و سایر مواد آلاینده میتوان پی برد.

در خصوص آلاینده‌های صنعتی دیگری همچون جیوه و گوگرد نیز زوار موسوی و همکاران اثر فاصله محل آلاینده را با بررسی خاکستر گیاهان مختلف در شهر ری را مورد مطالعه نموده‌اند [۱۶].

اثر مسمومیت‌زایی آلاینده‌های دیگری از نوع فلزات سنگینی همچون نیکل آلومینیوم و سرب بر روی گیاه *Stachys trinervis* در بجنورد بطور قابل توجهی توسط نشان داده شد [۴].

در خصوص تغییرات ظاهری و آناتومیکی گیاه اسفناج در برابر آلاینده‌ها و شرایط پراسترس تحقیقات کمی انجام شده از جمله زرین کمر و همکاران در پژوهشی حساسیت و تغییرپذیری بخش عمده خوراکی اسفناج یعنی برگ آن نشان دادند [۱۷].

تاثیر آلاینده‌ها بر روی ساختار تشریحی سایر گیاهان همچون گیاه برگ بوتوسط سنائی‌راد و همکاران از نظر سطح برگ، نوع و تعداد روزنه، برش‌گیری از برگ، ساقه و ریشه انجام و میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز بررسی شده است [۱۸].

بطور جالب توجه واکنش آناتومی برگ درخت زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia*) در مقابل گازهای آلاینده و عوامل اقلیمی توسط رشیدی و همکاران [۱۳] از نظر خصوصیات آناتومی مانند

منطقه هفتاد قله دارای اقلیم خشک بیابانی معتدل و نیمه خشک سرد است و در موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است و دارای بارندگی متوسط سالانه ۳۴۰ میلی‌متر و حداقل دمای سالانه ۲۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای سالانه ۴۰ درجه سانتی‌گراد است [۶].

جهت کاشت گیاه اسفناج از بذره‌های اصلاح شده آماده کاشت مرغوب شرکت کشت شهر استفاده شد. نوع بذر مورد استفاده بذر صاف بوده و خاک مورد استفاده از نوع خاک شنی، ماسه‌ای، لومی، مرطوب و خوب زهکشی شده بود. جهت بررسی نمونه‌های بذر گیاه اسفناج بطور همزمان در دو گروه شاهد و تحت تیمار در دو بخش با هوای سالم و در بخش متراکم از هوای آلوده شهر مورد کشت واقع شدند، به منظور بررسی تاثیر آلاینده‌ها در هر گدان پنج بذر کاشته شد و بعد از رویش برگ‌های لپه‌ای از دانه رست‌ها و رویش برگ‌های اصلی از نمونه‌های برگ‌های اصلی و ساقه این گیاهان نمونه برداری شد و نمونه‌ها در محلول گلیسرین - الکل فیکس شده سپس بعد از برش برداری از نمونه‌ها، قرارگیری در مقاطع میکروسکوپی (برش‌ها) در آب ژاول و اسید استیک ۱٪ و سپس رنگ‌آمیزی مضاعف با آبی متیل و کارمن زاجی، بکمک میکروسکوپ دانشگاه پیام نور کرج مورد بررسی قرار گرفتند. سلول‌های دارای دیواره سلولزی مانند پارانسیم، کلانشیم، آوندهای آبکشی و فیبر سلولزی به وسیله کارمن زاجی به رنگ قرمز متمایل به نارنجی در می‌آیند و بافت‌های چوبی، چوب پنبه‌ای و کوتینی توسط سبزید یا آبی متیل به رنگ سبز یا آبی متمایل به سبز در می‌آیند. نمونه‌های برگ و ساقه توسط میکروسکوپ نوری توسط لنزهای

ضخامت، مزوفیل و آوند پهنک، ضخامت و تعداد سلول‌های نردبانی و اسفنجی، ضخامت کوتیکول، ضخامت اپیدرم، ضخامت و تعداد کلانشیم و پارانسیم رگبرگ اصلی برگ گیاه در مقابل گازهای آلاینده و عوامل اقلیمی با استفاده از آنالیز همبستگی بررسی شد.

با توجه بررسی پژوهش‌های قبلی در خصوص تاثیر آلاینده بر روی خصوصیات تشریحی برگ و ساقه گیاه اسفناج در اراک پژوهشی مشاهده نشده و این تحقیق برای اولین بار در کشور گزارش می‌شود. لذا هدف از این مقاله بررسی تاثیر آلودگی هوا در بخشی از شهر اراک بر ساختار تشریحی گیاه اسفناج می‌باشد تا نتایج آن جهت بهره‌برداری کلیه محققین قرار گیرد.

## مواد و روش کار

### معرفی منطقه مورد مطالعه

طبق اطلاعات موجود در سازمان حفاظت محیط زیست استان مرکزی، محدوده کارخانه آلومینیم ایران (ایرالکو) در شمال شرق اراک، به‌عنوان منطقه آلوده و منطقه حفاظت شده هفتاد قله واقع در ۳۵ کیلومتری شرق اراک به‌عنوان منطقه سالم در نظر گرفته شد. ایرالکو اولین تولیدکننده شمش‌های آلومینیم در ایران، در ۳۴ درجه و ۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی در زمینی به مساحت ۲۳۲ هکتار با ارتفاع ۱۸۰۳ متر، بارندگی سالانه ۴۳۵ میلی‌متر، رطوبت نسبی ۴۴/۳، حداکثر دما ۳۹/۰۴ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما ۲۳/۰۶- درجه سانتی‌گراد در حاشیه اراک واقع شده است. کارخانه آلومینوم ایران، ایرالکو ۴۱ در شمال شرقی شهر اراک واقع شده است [۷] و فلئوراید‌ها را در محیط پراکنده می‌کند [۱۴]

بیشتر به فراوانی یافت می‌شوند. در نمونه پهنک برگ در شرایط تحت تاثیر آلاینده‌ها در مقایسه پهنک برگ در شرایط عاری از آلودگی (شکل ۷ و ۸)، ضخامت پهنک بیشتر و در سطح روپوست، لایه کوتیکول ضخیم‌تر و در زیر این لایه کلانشیم با رسوب فراوان سلولزی در دیواره مشهود است و در بین کلرانسیم مزوفیل بلورهای مرکب Druse فراوان‌تر بوده است.

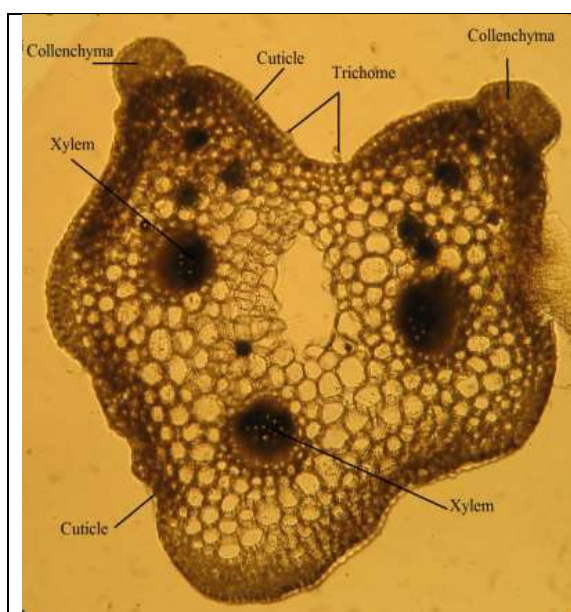
بطور کلی نتایج حاصل از بررسی تغییرات ساختار تشریحی در برگ‌های گیاه اسفناج حاکی از آن بود که در نمونه‌هایی که در بخش مترکم از هوای آلوده شهر رویش پیدا کرده بودند نسبت به نمونه های شاهد، کوتیکول ضخامت بیشتری یافته و دستگاه کرک محافظتی به فراوانی یافت شد. ساختار کلرانسیم بی نظم شده و بافت پارانشیم ذخیره‌ایی مملو از رسوبات کریستالی اگزالاتی شده بودند و در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تمامی این تغییرات نشانه حالت استرس و دفاعی گیاه می‌باشد.

4x, 10x, 20x و 40x بررسی شدند و از بهترین برش، سالم و با ضخامت مناسب توسط دوربین، تصویر گرفته شد.

## نتایج

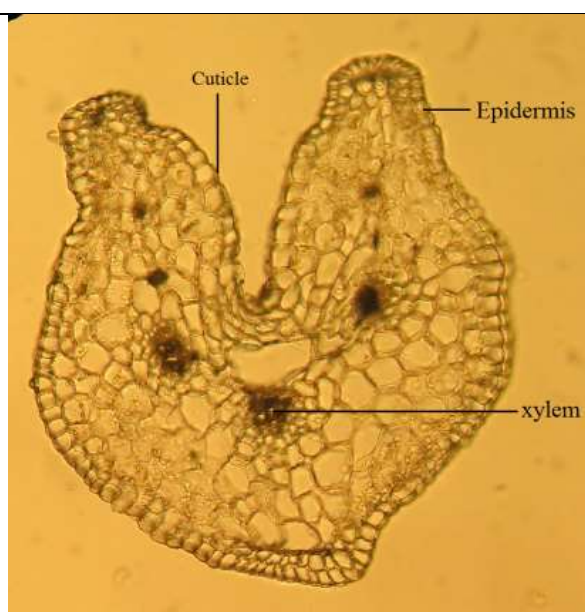
در این پژوهش ساختار تشریحی بخش‌های مختلف ساقه، دمبرگ و پهنک هر دو نمونه شاهد و نمونه تحت شرایط آلودگی مورد بررسی قرار گرفتند. مقایسه ساختار تشریحی نمونه هابه این صورت بود: در نمونه دمبرگ در شرایط تحت تاثیر آلاینده‌ها نسبت به دمبرگ در شرایط عاری از آلودگی (شکل ۱ و ۲)، دیواره آوندهای چوبی ضخیم‌تر و واجد فیبر فراوان و کرک‌های متعدد بوده است.

در نمونه ساقه در شرایط تحت تاثیر آلاینده نسبت به ساقه در شرایط عاری از آلودگی (شکل ۳-۶)، قطر ساقه ضخیم‌تر، پارانشیم پوست حاوی رسوبات اگزالات فراوان و در سطح روپوست ضخامت کوتیکول بیشتر شده و آوندهای چوب دیررس با ضخامت



شکل ۲- دمبرگ در شرایط تحت تاثیر آلاینده ها

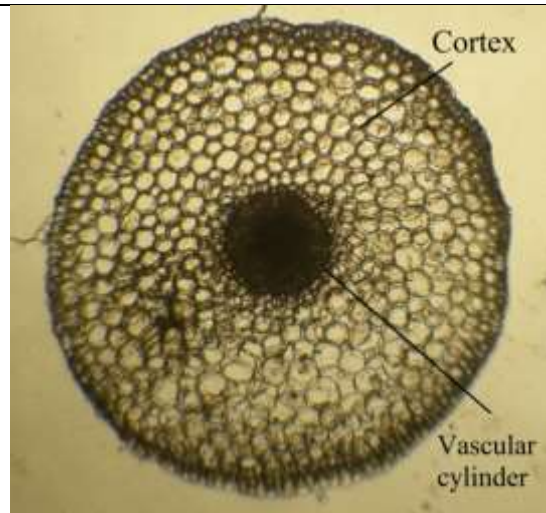
10x



شکل ۱- دمبرگ در شرایط عاری از آلودگی

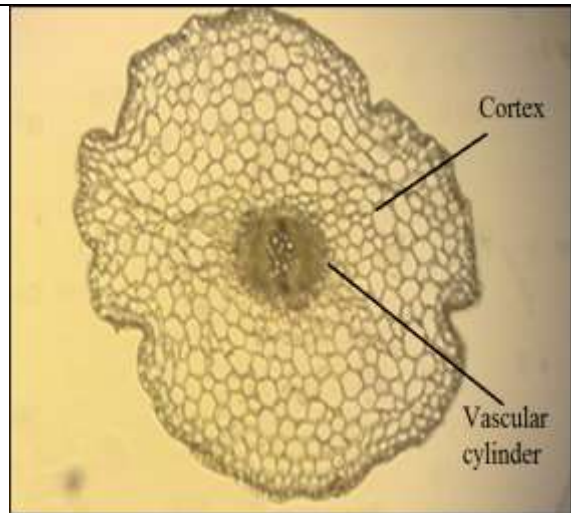
10x





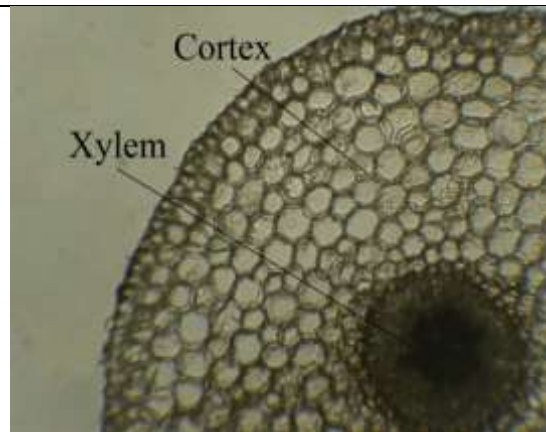
شکل ۴- ساقه در شرایط تحت تاثیر آلاینده

10x



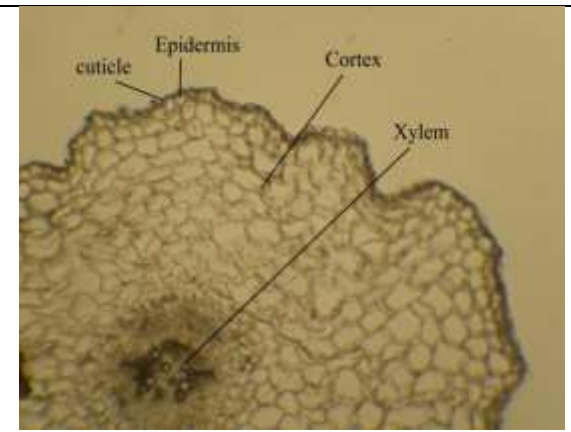
شکل ۳- ساقه در شرایط عاری از آلودگی

10x



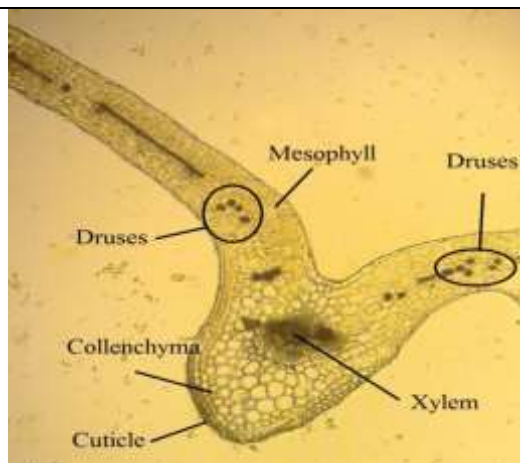
شکل ۶- دسته آوندی ساقه در شرایط تحت تاثیر آلاینده ها

40x



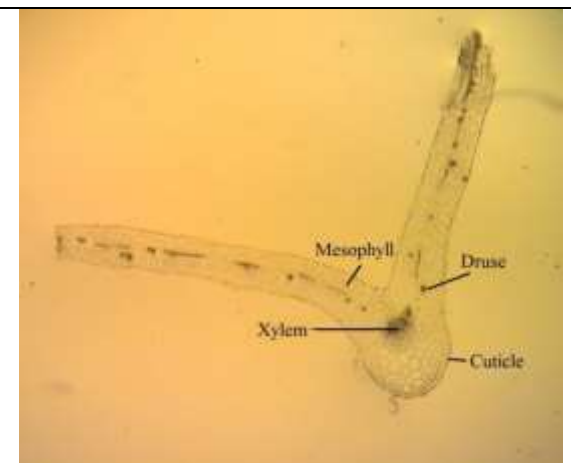
شکل ۵- دسته آوندی ساقه در شرایط عاری از آلودگی

10x



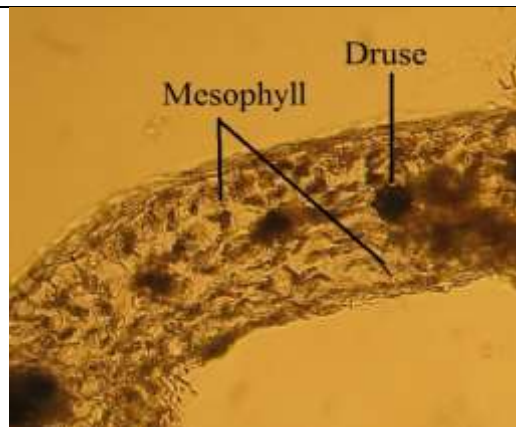
شکل ۸- پهنک برگ در شرایط تحت تاثیر آلاینده ها

10x

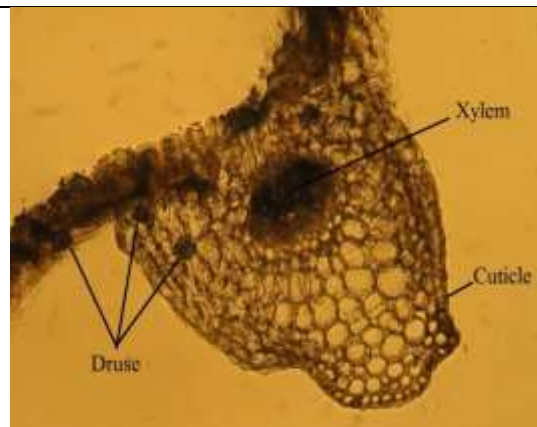


شکل ۷- پهنک برگ در شرایط عاری از آلودگی

4x



شکل ۱۰- پهنک برگ در شرایط تحت تاثیر آلاینده ها  
10x



شکل ۹- پهنک برگ در شرایط تحت تاثیر آلاینده ها  
10x

علائم اختصاری شکل‌ها:

= Cortex، کلانشیم = Collenchyma، کرک = Trichome، روپوست = Epidermis، چوب = Xylem، کوتیکول = Cuticle، پوست، = Vascular cylinder = قسمتی از محور گیاه شامل بافت آوندی و پارانشیم همراه آن، Mesophyll = بافت پارانشیم فتوسنتز کننده بین دو لایه اپیدرم برگ، Druse = یک بلور مرکب، کم و بیش کروی که در آن بلورهای بسیار برجسته از سطح بیرون زده است

## بحث

نیز مورد توجه قرار گرفته است از جمله امینی و همکاران [۳] در خصوص دو گیاه افاقیا و عرعر به این نتیجه رسیده بودند که: "تحت تاثیر آلودگی هوا تراکم کرک سطح زیرین و طول کرک هر دو سطح برگ افاقیا افزایش معنی‌داری یافت همچنین تراکم کرک سطح زیرین برگ عرعر کاهش و طول کرک افزایش معنی‌داری نشان داد. طول پارانشیم نردبانی برگ افاقیا منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک کاهش و در عرعر افزایش معنی‌داری نشان داد، قطر پارانشیم اسفنجی برگ افاقیا تغییر معنی‌داری نداشت ولی در عرعر کاهش نشان داد." نتایج این محققین با نتیجه پژوهش اخیر همسویی دارد. این محققین در واقع پاسخ‌های متفاوتی را در برابر آلاینده‌ها برای این دو گیاه گزارش نمودند و بیان داشتند که "وجود گیاهان افاقیا و عرعر در پارک‌ها، حاشیه خیابان‌ها، بزرگراه‌ها و جاده‌های شهر اراک و ماندگاری آنها در این محیط تا حدودی موید مقاومت احتمالی این گیاهان در برابر آلاینده‌های

در پژوهش حاضر تاثیر آلودگی هوا بر ساختار تشریحی گیاه اسفناج بطور مشخصی موثر بوده است. در نمونه مربوط به منطقه آلوده، کوتیکول ضخامت بیشتری یافته و دستگاه کرک محافظتی به فراوانی یافت شد. ساختار کلانشیم بی‌نظم شده و بافت پارانشیم ذخیره‌ایی مملو از رسوبات کریستالی اگرالاتی شده بودند مطالعات مختلف در این زمینه، نتایج مختلفی را بیان می‌کند. پیش از پرداختن به سایر پژوهش‌ها یادآوری می‌شود که متأسفانه غالب تحقیقات تاثیر آلاینده‌ها بر روی ساختار تشریحی گیاهان غیر خوراکی و صرفاً خودرو بوده که کار مقایسه و بحث در این زمینه را محدودتر نموده است. بخصوص که بر روی اثر آلاینده‌ها بر ساختار تشریحی گیاه اسفناج تاکنون پژوهشی گزارش نشده است. تاثیر آلاینده‌ها بر روی تغییرات وضعیت کرک و وضعیت پارانشیم اسفنجی برگ در پژوهش‌های دیگر

کادمیوم دارند. در کل به نظر می‌رسد که اگرچه هر دو کانی سپیولیت و پالیگورسکیت در کاهش جذب سرب و کادمیوم توسط گیاه اسفناج موثر بوده‌اند، اما هیچکدام از این دو کانی نتوانسته است تجمع سرب و کادمیوم را در بخش خوراکی گیاه اسفناج به کمتر از حد مجاز آن تقلیل دهد."

لازم به ذکر است که به تازگی در بقایای پژوهشی نشان داد [۵] که "کاربرد کمپوست زباله شهری اراک غنی شده با خاکستر لاستیک توانسته است نقش به سزایی در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم داشته باشد که دلیل آن را می‌توان به نقش کاربرد این افزودنی آلی در افزایش ویژگی‌های جذبی خاک و در نتیجه کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک و گیاه اسفناج در شهر اراک نسبت داد". این نتایج پرتویی برای توجه بیشتر برای ضرورت بررسی وضعیت آلاینده‌ها در این گیاه دارویی و خوراکی خواهد بود.

بنابراین ضروری است در پژوهش اخیر و حتی در ادامه تحقیقات با اشاره به تغییرات مورفولوژیکی و شیمیایی مهم در گیاه اسفناج، هشدار به مصرف این گیاه در مناطق آلوده داده شود.

از جمله آنکه تحقیقات نشان داده که این گیاه در جذب عناصر و مواد آلاینده بشدت حساس بوده و تحت تاثیر شرایط اقلیمی اش قرار می‌گیرد. بطوریکه تحقیقات نشان داده که حتی با تغییر اقلیم، مقادیر کمی و کیفی عناصر در این گیاه تغییر خواهد کرد. بطور همسو با نتایج این مقاله عرفانی [۴] و همکاران نشان دادند که این گیاه در اقلیم‌های متفاوت محتوی عناصر متفاوتی است.

قدرت بالای جذب مواد شیمیایی بخصوص مواد سمی در این گیاه در استان کرمانشاه، توسط پیرصاحب و همکاران [۵] به میزان بالایی نشان داده

این شهر صنعتی است. عدم تغییر قطر پارانشیم‌های اسفنجی برگ افاقیا، افزایش طول پارانشیم نردبانی برگ عرعر، افزایش طول کرک و عدم تغییر گشودگی روزنه، انواعی از ساز و کار را در گیاهان افاقیا و عرعر، نسبت به آلودگی هوای منطقه نشان می‌دهد که نشان دهنده مقاومت نسبی این گیاهان می‌باشد. در حقیقت عرعر از طرفی با افزایش طول کرک و تعداد روزنه نوعی سیستم دفاعی ایجاد کرده تا هم مانع کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی شود هم مانع آسیب به روزنه‌ها گردد."

تغییر در میزان بلورهای اگزالاتی در گیاه اسفناج حاکی از حساسیت بالای این گیاه با توجه به تغییر در مقادیر کمی و کیفی عناصر در گیاه است. رونقی و همکاران [۱۵] نشان دادند که حساسیت بالای این گیاه در مقادیر متفاوت عناصر محیط برای دو عنصر نیتروژن، منگنز بطور واضحی در رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) موثر بوده است. این محققین اشاره داشتند که "کاربرد نیتروژن، غلظت و جذب کل روی، مس و جذب کل آهن را در گیاه به طور معنی‌داری افزایش، ولی غلظت آهن را کاهش داد. مصرف منگنز باعث کاهش غلظت آهن و روی، ولی افزایش معنی‌دار جذب کل آهن و مس در اسفناج گردید". بطور جالب توجه تلاش برای کاهش میزان جذب آلاینده‌ها توسط گیاه اسفناج در پژوهش‌ها مورد توجه قرار گرفته است اما موفقیت چندانی حاصل نشده است از جمله آنکه دلفیه و همکاران [۷] تاثیر افزودن کانی‌های سپیولیت و پالیگورسکیت به یک خاک آلوده بر جذب عناصر کادمیوم و سرب توسط اسفناج (*Spinacia oleracea*) را مورد بررسی قرار دارد "هر دو کانی سپیولیت و پالیگورسکیت تمایل بیشتری به جذب سرب نسبت به

تأثیر آلاینده ها بر روی ساختار تشریحی گیاه برگ بوتوسط سنائی راد و همکاران نشان داد [۱۰] که سطح برگ، نوع و تعداد روزنه، برش ر گیری از برگ، ساقه و ریشه انجام و میزان فعالیت آنزیمهای پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز بررسی شد. فعالیت آنزیمهای پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز، تعداد روزنه در هر میلی متر مربع برگ و سطح برگ در نمونه های منطقه آلوده افزایش قابل توجهی یافت ( $Pr < 0.01$ ) و ساختار تشریحی و تکوینی تغییراتی را بروز داد، که نشان دهنده فعال شدن مکانیسم های حفاظتی در این گیاهان تحت تنش آلودگی هوا است و همچنین واکنش های مشاهده شده بعنوان واکنش های تطبیقی و جبرانی در برابر عوارض نامطلوب آلودگی هوا در نظر گرفته می شوند که با یافته های این پژوهش همسو است.

با توجه بررسی پژوهش های قبلی در خصوص تأثیر آلاینده بر روی خصوصیات تشریحی گیاه اسفناج در ایران پژوهشی مشاهده نشده و این تحقیق برای اولین بار در کشور گزارش می شود.

زوار موسوی و همکاران [۷] اثر آلاینده جیوه و گوگرد را بر روی گیاهان این گونه نشان دادند که: "انتشار جیوه و ترکیبات گوگردی در محیط زیست باعث آلودگی های زیست محیطی جدی می شود و انسان و سایر ارگانیسم موجودات را در معرض خطر قرار می دهد. جیوه و ترکیبات آن یکی از مهم ترین منابع آلودگی است که سیستم عصبی مرکزی انسان را مختل می کند. میزان قابل توجهی از جیوه و گوگرد می تواند به وسیله فعالیت های صنعتی مانند استفاده از کودها و یا فعالیت های پالایشگاهی نفت وارد محیط زیست شود. در اطراف پالایشگاه تهران و حوالی شهر ری زمین های کشاورزی زیادی وجود دارد که محصول های آنها به مصرف انسان، دام و طیور

شده است. این محققان معتقد بودند که " بیشترین میزان تجمع نیترات در نمونه های سبزیجات و صیفی جات کشت شده به تفکیک محل نمونه برداری در دشت ماهیدشت مربوط به اسفناج و در مورد درود و فرامان مربوط به غده تربچه و کمترین میزان برای هر دو دشت درود و فرامان مربوط به گوجه فرنگی می باشد. نتایج مؤید این امر است که گوجه فرنگی به علت اسیدی بودن محیط و نوع بافت آن نسبت به سایر نمونه ها میزان کمتری از نیترات را تجمع می دهد." در ادامه در خصوص جذب بالای عنصر سمی سرب در گیاه اسفناج در شهر ساری، شعبانخانی و همکاران [۶] به این نتیجه رسیدند که "فلز سرب بالاترین میزان را داشت که بالاتر از حد استاندارد ppm ۲ است. بالاترین میزان کادمیوم در سبزیجات، در منطقه جنوب مشاهده شد که با توجه به استاندارد کادمیوم در سبزیجات (۰/۲۵ ppm) در مورد اسفناج کمی بالاتر از حد استاندارد و در مورد سبزی تربچه نزدیک به حد استاندارد است" ۳. وب وسیله این گزارش به اهمیت خطر محل کشت این گیاه بخصوص در کنار جاده های پر تردد بدلیل جذب بالای سرب و سایر مواد آلاینده می توان پی برد.

در خصوص تغییرات ظاهری و آناتومیکی این گیاه در برابر آلاینده ها و شرایط پراسترس تحقیقات کمی انجام شده از جمله در پژوهشی حساسیت و تغییر پذیری بخش عمده خوراکی اسفناج یعنی برگ آن نشان داد که " تغییرات ساختمانی برگ از جمله بافت ذخیره کننده آب بیانگر سازش این نوع گیاهان در زیستگاه های خشک است" [۱۹]. این امر نشان دهنده قدرت تغییر پذیری و تحت تأثیر قرار گرفتن سریع این گیاه در برابر شرایط نامساعد محیط زیست پیرامونش است.



کروم در نمونه‌های گیاهی مجاور کارخانه بیشتر بود. غلظت کادمیوم و سرب در خاک از استانداردهای جهانی از حد آستانه کمتر بود که نشان دهنده عدم وضعیت بحرانی از نظر این دو عنصر است. میانگین غلظت نیکل، کادمیوم و سرب در گیاه به ترتیب ۱۱۵۰۱۲۱، ۱۱۵ و ۱۱۵۰۷  $\mu\text{g/g}$  بود که این عناصر از حد مسمومیت گیاه کمتر بودند. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان دهنده مستعد بودن مراتع اطراف کارخانه برای افزایش عناصر سنگین و سمی خاک بویژه از نظر نیکل در خاک و بافت گیاهی است. با توجه به علاقه زیاد دام‌ها به چرا از این گیاه، و مصارف دارویی آن، می‌تواند برای سلامت ساکنان منطقه خطرناک باشد."

تحقیقات اندکی بر روی تاثیر آلاینده‌ها بر روی آناتومی گیاهان دارویی خوراکی در کشور انجام شده است. از جمله رشیدی و همکاران [۱۱] در خصوص تاثیر آلاینده‌ها بر روی ساختار تشریحی برگ گیاه زبان گنجشک گزارش نموده که "با افزایش آلودگی ضخامت پهنک، ضخامت مزوفیل پهنک و ضخامت پارانشیم نردبانی پهنک افزایش یافته و شاخص نسبت پارانشیم نردبانی به پارانشیم اسفنجی در مقابل افزایش دما، افزایش پیدا کرده است." نتایج رشیدی و همکاران با یافته‌های ما همسو بوده است. اما نکته قابل توجه این است که توجه کمتری بر روی تغییرات ساختاری ساقه انجام شده است که توسط پژوهش انجام شده در این مقاله معرفی گردیده است. از طرفی گیاه اسفناج با توجه به مصرف خوراکی و دارویی آن لازم است به لحاظ عاری بودن از آلاینده‌ها بیشتر مورد توجه قرار گیرد که امید است در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

#### منابع

می‌رسد. در این مطالعه مقدار جیوه و نیز گوگرد موجود در سبزیجاتی مانند کاهو، کلم، ریحان و نیز گوجه‌فرنگی کاشته شده در این مناطق مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. رابطه بین مقدار آلاینده‌ها در گیاهان نام برده شده و فاصله آن‌ها از مرکز آلودگی به دقت مورد بررسی قرار گرفت. ۱۶۰ نمونه مختلف از چهار گونه کاهو، گوجه فرنگی، ریحان و کلم جمع‌آوری شد و آنالیزهای مختلف بر روی آن‌ها انجام شد. در ضمن در تحلیل نتایج، شعاع کاشت نیز در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که گیاهانی که در قسمت غربی تاسیسات پالایشگاه قرار دارند دارای آلودگی بیش‌تری نسبت به سایر قسمت‌ها می‌باشند. افزایش فاصله از تاسیسات نفتی باعث کاهش آلودگی در گیاهان مورد مطالعه شد. در بافت گیاهانی مانند کاهو و کلم میزان آلاینده‌های جیوه بیش‌تری نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه وجود داشت"

اثرات مخرب و مسمومیت‌زایی عناصر سنگین نیز وسط محققین دیگر شامل باستانی و همکاران [۸] مورد توجه قرار گرفته است "تجمع فلزات سنگین نیکل، کادمیوم، سرب، آلومینیوم و کروم در اندام‌هایی هوایی و خاک مجاور ریشه گیاه مرتعی *Stachys trinervis* در مجاورت کارخانه سیمان بجنورد و در جهت مخالف باد غالب در مجاورت و ۵۱ کیلومتری کارخانه با ۸ نمونه خاک و گیاه مورد مقایسه قرار گرفت. غلظت کروم، نیکل و آلومینیوم در خاک تفاوتی بین دو سایت نداشت، درحالی‌که در عناصر کادمیوم، و سرب در مجاورت کارخانه بطور معنی‌داری بیشتر از سایت شاهد بود. مقادیر دو عنصر آلومینیوم و سرب در گیاه مجاورت کارخانه و شاهد تفاوتی نداشت، در حالی‌که عناصر نیکل، کادمیوم و

- [1]. Assadi, A., A. G. Pirbalouti, F. Malekpoor, N. Teimori, and L. Assadi, "Impact of air pollution on physiological and morphological characteristics of *Eucalyptus camaldulensis*," *J. Food Agric. Environ*, vol. 9, pp. 676-679, 2011.
- [2]. Asadi, and Hasandokht, M.R., " Study the genetic variation of genotypes spinach," *IRANIAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES (JOURNAL OF AGRICULTURE)*, vol. 38, pp. 257-265, 2005.
- [3]. Amini, F., N. Fatah ravandi, and M. Askari, "Anatomical Study of the Air Pollution Effect on *Robinia pseudoacacia* and *Ailanthus altissima* leaves near to Iran Aluminum Co. (IRALCO)," *Journal of Cell & Tissue*, vol. 6, pp. 501-511, 2016.
- [4]. Bastani Safdarabadi, F. M. Mosaedi, M., A., "Investigating the Effects of Heavy Metals Pollution on *Stachys Trinervis* and Subsoil Soils in the Bojnourd Cement Factory," in *The 6th National Conference on Rangeland and Standards of Iran*, Mashad university, 2015.
- [5]. Baghaei. AH, "Effect of tire rubber ash enriched municipal waste compost on decreasing spinach Cd concentration (a case study: Arak municipal waste compost)," *Iranian Journal of Health and Environment*, vol. 10, pp. 401-410, 2017.
- [6]. Darvishsefat, A. Atlas, A., *of protected areas of Iran: Ravi*, 2006.
- [7]. Delphieh. M., H. S., and S. D. F., "The Effect of Adding Spiolite and Paligurskite Minerals to an Contaminated Soil on Cadmium and Lead Elevated by Spinach," *IRANIAN JOURNAL OF SOIL RESEARCH (FORMERLY SOIL AND WATER SCIENCES)*, vol. 29, pp. 436-443, 2015.
- [8]. Erfani, F. Hasandokht, M. BARZEGAR, M., and JABARI, A., "Determination and comparison of chemical properties of seven Iranian spinach cultivars," 2006.
- [9]. Jafari, N. M. Eshghi-Malayeri, M. B. , "Studies of fluorides on vegetation of Iranian aluminium company area and their accumulation in *Medicago sativa*," *Findings Sci.*, vol. 7(4), pp. 1-9., 2011.
- [10].Shaban khani, A. b. M. Shokri lomohi, B, M, Bahrami S., "Qualitative Analysis of lead and cadmium in Spinach and Radish, in Sari, in autumn 1999," *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, vol. 11, pp. 27-30, 2001.
- [11].Singsaas, E., D. Ort, and DeLucia, E., "Elevated CO<sub>2</sub> effects on mesophyll conductance and its consequences for interpreting photosynthetic physiology," *Plant, Cell & Environment*, vol. 27, pp. 41-50, 2004.
- [12].Pirsaheb, M., Ahmadian, M., Reshadat, S., and Poormohammadi, A., "The Measurement of Nitrite and Nitrate Contents of Tomato from the Vast Plain of Kermanshah State of Iran," *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, vol. 7, p. 1553, 2014.
- [13].RASHIDI, F., JALILI, A., BABAIE, K. S., and T. K. SAGHEB, "RESPONSE OF LEAF ANATOMY IN ASH (*FRAXINUS ROTUNDIFOLIA* MILL.) TO POLLUTANT GASES AND CLIMATIC FACTORS," 2011.
- [14].Rechinger, K. "Flora iranica: no. 157. Papilionaceae: 2," *Graz: Akademische Druck-und Verlagsanstalt 499p.-keys.. Ge Many new taxa. Geog*, vol. 2, pp. 259-272., 1963-1988.
- [15].Ronaghi. A., P. Y., and K. N., "Effect of Nitrogen and Manganese on Growth and Chemical Composition of Spinach," *THE IRANIAN JOURNAL OF BOTANY*, vol. 5, pp. 71-83, 2001.
- [16].ZAVVAR, M. H., A. ROOHALLAHI, H. SHIRKHANDLOO, and E. ALAIE, "THE INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATING EFFECT OF SHARE-REY PETROLEUM COMPLEX ON REGIONAL PLANTS," 2008.
- [17].Zarinkamar, F., "FOLIAR ANATOMY OF CHENOPODIACEAE FAMILY AND XEROPHYTES ADAPTATION," 2006.
- [18]. Sanaeirad, H. S, Majd, A., Abbaspour, H. and M. Peyvandi, "The Relationship Between Air Pollution and Anatomical and Development of the *Laurus nobilis* L. Plant and Two Effective Enzymes on This Relationship," *Developmental Biology*, vol. 8, pp. 59-73, 2016.