

محور مقاله: آلودگی زیست‌بوم، سلامت انسان و زیست‌پالایی

### تأثیر ازن بر گیاه‌پالایی گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*)

مهناز آزاده<sup>۱\*</sup>، منیره رنجبر<sup>۲</sup>، مرتضی ایزدی<sup>۳</sup>، بابک خیام‌باشی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری تخصصی گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی فلاورجان واحد اصفهان

<sup>۲</sup> استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی فلاورجان واحد اصفهان

<sup>۳</sup> استاد گروه پزشکی، دانشگاه بقیه‌الله تهران

<sup>۴</sup> استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

### چکیده

کادمیوم یکی از عناصر آلوده‌کننده خاک است که می‌تواند به‌آسانی باعث تغییراتی در ساختار خاک شده و میزان دسترسی گیاهان به مواد مغذی را کاهش دهد. برخی از گیاهان همچون آفتابگردان با خاصیت گیاه‌پالایی خود قادر به جذب چنین عناصری و پاک‌سازی خاک هستند. پژوهش حاضر باهدف بررسی ازن بر میزان جذب کادمیوم در گیاه آفتابگردان انجام گرفته است. در این پژوهش پس از ۴۰ روز تیمار گیاه آفتابگردان با ازن و کادمیوم، عصاره گیری انجام شد و میزان کادمیوم جذب‌شده با طیف‌سنج اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که ورود ازن در آب استفاده شده برای آبیاری تیمارها موجب افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه آفتابگردان شد. از سوی دیگر نتایج نشان داد که ازن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گردید. استفاده از ازن در گیاه‌پالایی کادمیوم توسط آفتابگردان باعث افزایش معنی‌دار برداشت این عنصر توسط گیاه می‌گردد.

کلمات کلیدی: ازن، آفتابگردان، کادمیوم، گیاه‌پالایی

### مقدمه

آلودگی خاک به‌وسیله فلزات سنگین یکی از مسائل مهم قابل‌بررسی در سطح جهان است. بر اساس تعریف، فلزات سنگین عناصری فلزی با چگالی ۵ یا بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند. علاوه بر وزن مخصوص بالا اغلب این عناصر می‌توانند در بیش از یک عدد کوئوردیناسیون وجود داشته باشند. به عبارت دیگر آن‌ها می‌توانند اکسید و احیا شده و این عناصر غالباً به‌عنوان اجزای فلزی آنزیم‌های ناقل الکترون حضور دارند. برخی از فلزات سنگین مانند آهن، منگنز، روی، مس، نیکل، مولیبدن و کبالت در گروه ریزمغذی‌ها قرار می‌گیرند و بقیه آن‌ها (جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک) بالقوه می‌توانند به‌عنوان سم سلولی عمل نمایند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

استفاده از کودهای فسفات دار، فاضلاب‌های صنعتی، وسایل نقلیه و... به‌ویژه در مناطق شهری و مجاور آن باعث ورود عناصر سنگین به خاک‌های کشاورزی می‌شود. در بین فلزات سنگین، کادمیوم بیشترین فراوانی را داشته و به‌راحتی توسط گیاهان زراعی جذب می‌شود. خاک آلوده به کادمیوم ممکن است ۳ تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم داشته باشد. کادمیوم موجود در خاک توسط گیاه جذب می‌شود. با ورود کادمیوم به گیاه ایجاد اکسیژن فعال شده که متابولیسم رشد را به سمت متابولیسم دفاعی محدود کرده و به‌ویژه آنزیم‌های کربس و فتوسنتز را متوقف می‌کند. کادمیوم به اندام‌های خاص گیاه منتقل شده و باعث کلروز، نکروز و قرمز شدن آوندها و کاهش رشد ریشه و ساقه می‌شود. علاوه بر آن مطالعات نشان می‌دهد کادمیوم باعث کاهش جذب برخی از مواد مغذی مانند فسفر و کلسیم و منیزیوم شده و برای جذب با آن‌ها رقابت می‌کند (Irfan و همکاران ۲۰۱۲).

یافته‌ها نشان می‌دهد کادمیوم با تولید رادیکال آزاد اکسیژن یا کاهش غلظت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (پراکسیداز، کاتالاز سوپراکسید دیسموتاز و ...) و غیر آنزیمی (آسکوربات، گلوتاتیون، توکوفرول و ...) باعث ایجاد استرس اکسیداتیو می‌شود. جذب کادمیوم از طریق چندین ناقل که به‌طور عمومی ZIP نامیده می‌شوند و همچنین ناقلان ABC واقع در غشاء پلاسمایی انجام می‌گیرد. پس از ورود به ریشه، به واکوئل‌های ریشه و برگ‌های قدیمی‌تر انتقال

می‌یابد. به نظر می‌رسد برای انتقال کادمیوم از ریشه به واکوئل‌ها، ناقلان *At MTP1, Sh MTP*، پروتئین‌هایی با وزن مولکولی کم (LMWPs) و آنتی پورترهای پروتون/ کاتیون دخالت دارند (*Irfan* و همکاران ۲۰۱۲).

تکنیک‌های بسیاری جهت پاک‌سازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین و از جمله کادمیوم گسترش یافته‌اند. در میان این تکنیک‌ها استخراج گیاهی (گیاه‌پالایی) به‌عنوان یک روش پاک‌سازی مؤثر و ارزان عرضه شده است که در آن جذب و جمع‌آوری آلاینده‌ها در بافت‌های قابل برداشت گیاهی مدنظر می‌باشد. در این روش با برداشت گیاهان از خاک، آلاینده‌ها از خاک زدوده می‌شوند (کازمی و همکاران، ۱۳۹۳).

گیاهانی که قادرند مقادیر زیادی از فلزات سنگین خاک را استخراج نموده و در زیست توده حجیم خود، ولو برای یک دوره‌ی رویشی کوتاه ذخیره نمایند، برای گیاه‌پالایی مناسب هستند. این گیاهان (فوق انباشت کننده) قادرند فلزات سنگین را ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر گیاهان غیر انباشت کننده در خود ذخیره کنند. میزان تحمل فیزیولوژیکی غالب فلزات سنگین تقریباً حدود ۰/۱ درصد وزن خشک گیاه است. استثنائاً برای روی حدود ۱ درصد، کادمیوم ۰/۰۱ درصد و طلا ۰/۰۰۰۱ درصد است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

گیاه آفتابگردان یک گیاه فوق انباشته گر است که به علت جذب در زمان کوتاه، تولید زیست‌توده کافی و همچنین کشت و برداشت راحت نسبت به سایر گیاهان، در زمینه گیاه‌پالایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. آفتابگردان گیاهی زراعی با نام علمی *Helianthus annuus* یک گونه از رده‌ی دولپه‌ای‌ها، راسته‌ی گل‌مینا، تیره‌ی گل ستاره‌ای‌ها و سرده‌ی آفتابگردان می‌باشد. این گیاه یک‌ساله تا حدود سه متر رشد می‌کند (فتاحی و همکاران، ۱۳۸۶).

تاکنون عوامل مختلفی که می‌توانند بر فعالیت این گیاه تأثیرگذار باشند، مورد مطالعه قرار گرفته است: سلیمی و همکاران در سال ۱۳۹۰ تأثیر شوری بر جذب کادمیوم را در گیاه آفتابگردان بررسی کردند. در این تحقیق برای تأمین شوری از آب آبیاری با مقادیر مختلف هدایت الکتریکی استفاده شد و همچنین اثر ترکیبات اصلاح‌کننده آلی شامل لجن فاضلاب و کمپوست شهری برای بالا بردن جذب کادمیوم نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش هدایت الکتریکی خاک، میزان جذب کادمیوم افزایش می‌یابد.

تأثیر PGPR در طول شدن ریشه و جذب کادمیوم نیز مطالعه شده است. PGPR ریزوباکتریوم‌هایی هستند که در گیاهان مقاوم به کادمیوم، در طول مراحل پایانی رشد، مقادیر بالایی اسید ایندول ۳- استیک (IAA) را افزایش می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که رشد و تجمع کادمیوم در آفتابگردان به‌طور قابل توجهی توسط PGPR افزایش می‌یابد و آنزیم‌های باکتریایی، پروتئین‌های عالی برای بازسازی محیط آلوده به فلزات سنگین هستند (Prapagde و همکاران ۲۰۱۳).

یکی از عوامل موجود در خاک قارچ‌های اندوفیت می‌باشند که می‌توانند بر جذب کادمیوم توسط آفتابگردان تأثیرگذار باشند. در یک مطالعه در حضور قارچ‌های اندوفیت گیاه آفتابگردان تحت تیمار کادمیوم تیمار قرار گرفت و میزان جذب آن بررسی شد؛ که در نهایت کاهش پارامترهای رشد، کلروفیل *b* و محتوای پرولین مشاهده گردید. در گیاهانی که قارچ داشتند بیشترین تجمع کادمیوم در ریشه بود و کادمیوم کمتری در ساقه و برگ مشاهده شد که این بیانگر این است که قارچ‌های اندوفیتی می‌توانند برای کاهش سمیت کادمیوم و بهبود وضعیت فیزیولوژیکی آفتابگردان استفاده شوند (shahabivand و همکاران ۲۰۱۷).

تأثیر سالیسیک اسید و کلرید پتاسیم بر رشد، جذب و انتقال کادمیوم در گیاه آفتابگردان مورد مطالعه قرار گرفت. استفاده از کلرید پتاسیم به‌طور قابل توجهی غلظت کادمیوم در آفتابگردان و ضریب ذخیره آن را افزایش داد. استفاده همزمان از کود و کلرید پتاسیم، انتقال کادمیوم و روی را از ریشه به اندام هوایی افزایش داد. استفاده همزمان از کود و سالیسیک اسید، نسبت کادمیوم به روی را در گل آفتابگردان کاهش داد. تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که نسبت کادمیوم به روی در ریشه آفتابگردان با نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و غلظت پتاسیم خاک رابطه‌ی مستقیم دارد؛ بنابراین آفتابگردان می‌تواند به‌طور فعال جذب کادمیوم و روی را با استفاده از کلرید پتاسیم به‌منظور تعادل بین منافع محیطی و اقتصادی افزایش دهد (Xiu و همکاران ۲۰۱۲).

یکی از عوامل محیطی که می‌تواند بر فعالیت گیاه‌پالایی و جذب کادمیوم تأثیرگذار باشد، ازن می‌باشد. ازن فرم سه اتمی اکسیژن است که به‌عنوان بخش محافظ استراتوسفر در برابر اشعه ماوراءبنفش شناخته شده است. در تحقیقی که در زمینه‌ی تأثیر ازن بر روی جذب کادمیوم در گندم انجام شد، افزایش ازن منجر به افزایش غلظت کادمیوم در بافت گندم (شاخه، پوسته و دانه) گردید. قرار گرفتن در معرض ترکیبات کادمیوم و سطوح بالای ازن به‌شدت تحت تأثیر ایزوآنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و کاتالاز) بود و استرس اکسیداتیو را افزایش داد (Guo و همکاران

۲۰۱۲). با توجه به فراوانی منابع تولید و قابلیت جذب ازن از طریق گیاه و نبودن مطالعات کافی در زمینه‌ی تأثیر آن بر جذب کادمیوم در آفتابگردان، لزوم تحقیق در این زمینه ضرورت می‌یابد. بنابراین در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر ازن بر جذب کادمیوم در گیاه آفتابگردان می‌پردازیم.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف ازن بر میزان جذب کادمیوم در گیاه آفتابگردان، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار ازن و کادمیوم (دو سطح) با سه تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در شرایط کنترل‌شده اجرا گردید. در این تحقیق بذر آفتابگردان از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تهیه شد. این بذرها ابتدا توسط هیپوکلریت ۲ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی و سپس، ۲ بار با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس بذرها ضدعفونی به گلدان منتقل گردید. تیمارهای ازن شامل شاهد، ازن با غلظت ۰/۳ پی پی ام و کادمیوم با سه غلظت صفر، ۱۰ و ۲۰ پی پی ام در آب آبیاری در نظر گرفته شد. برای اعمال تیمار ازن از دستگاه ازن ساز استفاده گردید. بذرها در گلدان‌هایی به قطر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که تا ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری آن بستر تهیه‌شده قرار گرفت. بستر حاوی ۵۰ درصد کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلیت بود. کلیه گیاهان در شرایط گلخانه با دمای حداقل ۱۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ تا ۴۵ درصد قرار گرفت. تیمارهای ازن و کادمیوم بر اساس نقشه طرح از مرحله‌ی سه تا چهار برگی گیاه آفتابگردان اعمال شدند. بعد از ۴۰ روز گیاهان آفتابگردان با دقت کافی با ریشه کامل برداشت شد. برای زدودن گردوغبار و باقیمانده ترکیبات اضافی احتمالی روی برگ‌ها و ریشه‌ها، ابتدا کل گیاهان با آب مقطر شستشو گردیدند. سپس اندام هوایی در پاکت مخصوص قرار داده شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در گرم‌خانه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. بعد از خشک شدن محتویات هر پاکت در هاون کاملاً ساییده شده تا به‌صورت نرم و پودر درآیند. برای اندازه‌گیری غلظت کادمیوم مقدار ۱ گرم از اندام هوایی را در داخل کروزه چینی ریخته و ظروف را به مدت ۴-۶ ساعت در کوره با دمای ۴۵۰ درجه قرار دادیم. سپس به خاکستر حاصل مقدار ۳۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال افزوده و به مدت ۲ ساعت در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا عصاره گیری به‌طور مناسب انجام شود. مواد هضم شده به کمک کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و سپس ظروف حاوی ساقه و ریشه به ترتیب به حجم ۵۰ میلی‌لیتر و ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شدند. در عصاره آماده شده غلظت کادمیوم‌های مورد نظر به‌وسیله دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی تعیین و غلظت آن‌ها در اندام گیاهی محاسبه گردید.

### نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌ها در قالب طرح آماری به‌صورت کاملاً تصادفی با دو تیمار و سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در خصوص پارامترهای معنی‌دار مقایسه میانگین‌ها از طریق روش دانکن در سطح آماری ۵ درصد انجام گرفت. خلاصه نتایج آماری عملکرد گیاه در تیمارهای مختلف در جدول یک آمده است.

جدول شماره ۱: خلاصه نتایج میانگین مربعات پارامترهای مورد بررسی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | وزن خشک   | غلظت کادمیوم | برداشت کادمیوم |
|---------------|------------|-----------|--------------|----------------|
| ازن           | ۱          | ۵۱/۸۰**   | ۲۱/۶۷**      | ۸۲۶۶/۸۳**      |
| کادمیوم       | ۲          | ۱/۳۳ (ns) | ۱۸۶/۲۶**     | ۷۹۵۶/۴۲**      |
| خطا           | ۱۴         | ۴۳/۳۶     | ۱/۵۰         | ۴۵۷۳/۹۲        |
| ضریب تغییرات  |            | ۲۶/۳۹۸۱   | ۱۴/۶۵        | ۳۱/۷۲          |
| میانگین کل    |            | ۶/۶۶۶     | ۸/۳۷         | ۵۶/۹۶          |

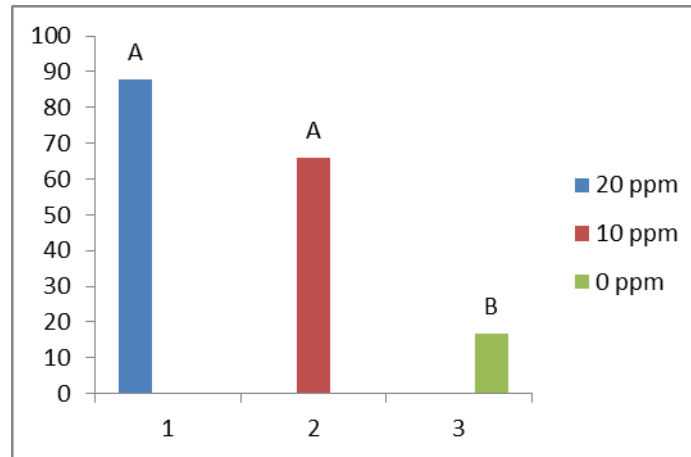
ns: \*\* و \* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح یک درصد.

جدول شماره ۲: میانگین تأثیر سطوح ازن بر پارامترهای مورد بررسی

| ازن  | وزن خشک<br>(گرم بر گلدان) | غلظت کادمیوم<br>میکروگرم بر گرم | برداشت کادمیوم<br>میکروگرم |
|------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| ۰/۳  | ۸/۳۶(a)                   | ۹/۴۷(a)                         | ۸۷/۳۹ (a)                  |
| شاهد | ۴/۹۷(b)                   | ۷/۲۷(b)                         | ۳۵/۵۳ (b)                  |

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود غلظت کادمیوم تأثیری بر وزن گیاه نداشت. اما تیمار ازن با غلظت ۰/۳ppm در سطح ۱ درصد ( $p < 0/01$ ) بر وزن گیاه تأثیر معنادار داشته و نشان‌دهنده تأثیر این تیمار بر وزن گیاه می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که وزن اندام هوایی گیاهان تیمار یافته با ازن در غلظت ۰/۳ppm به‌طور چشمگیری افزایش یافته و در گروه A قرار گرفته است. خلاصه نتایج آماری تأثیر ازن بر غلظت کادمیوم در جدول شماره ۱ آمده است. با توجه به اطلاعات مشاهده شده در جدول ۱، تیمار ازن و کادمیوم بسیار معنی‌دار بوده است ( $p < 0/01$ ). این بدین مفهوم است که تیمار ازن سبب ایجاد تغییر معنی‌دار در غلظت کادمیوم در نمونه‌ها گردیده است. همچنین تغییر در غلظت کادمیوم بر غلظت کادمیوم در گیاه تأثیرگذار بوده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش غلظت کادمیوم در محلول غذایی سبب افزایش غلظت این عنصر در گیاه شده است. بر اساس گروه‌بندی به روش دانکن در سطح ۵ درصد تیمارهای شاهد، ۱۰ و ۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر در گروه‌های جداگانه قرار گرفته‌اند (جدول ۳). همچنین اعمال تیمار ازن سبب افزایش غلظت کادمیوم در گیاه شده است. مقایسه میانگین‌ها در این تیمار نیز بیانگر افزایش حدود ۲۳ درصد غلظت کادمیوم در گیاه گردیده و بر اساس نتایج گروه‌بندی دانکن در گروه جداگانه قرار گرفته است (جدول ۲).

نمودار شماره ۱: میانگین کادمیوم در برداشت کادمیوم



در خصوص مقدار کادمیوم برداشت‌شده توسط اندام هوایی نیز مطابق با جدول شماره ۱، ازن و کادمیوم هر دو در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار هستند. بر این اساس میزان ازن و کادمیوم بر برداشت کادمیوم توسط گیاه آفتابگردان مؤثر بوده است. به‌عبارت‌دیگر با افزایش غلظت ازن و همچنین با افزایش غلظت کادمیوم، میزان برداشت کادمیوم افزایش یافته است. نتایج مقایسه میانگین بیانگر این موضوع است که افزایش غلظت کادمیوم سبب برداشت کادمیوم توسط گیاه شده است ولی مقدار کادمیوم جذب‌شده توسط گیاه در اولین سطح کادمیوم به حداکثر رسیده و اختلاف معنی‌داری با سطح دوم ندارد به‌طوری‌که مقدار برداشت کادمیوم در سطح اول و دوم در یک گروه آماری قرار گرفته است (نمودار ۱).



### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که افزایش میزان ازن موجود در آب کشاورزی تا  $3 \text{ ppm}$  می‌تواند باعث افزایش وزن خشک گیاه شود. همچنین وجود ازن می‌تواند باعث تشدید گیاه‌پالایی آفتابگردان شده به‌طوری‌که با افزایش غلظت کادمیوم در آب افزایش غلظت این عنصر در گیاه تشدید می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ازن در نهایت موجب افزایش برداشت کادمیوم از محیط کشت‌شده و می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار فعالیت گیاه‌پالایی آن شود. این یافته همسو با پژوهش‌های انجام‌شده توسط گو و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشد که باهدف اندازه‌گیری اثربخشی افزایش مقدار ازن بر غلظت جذب کادمیوم در گیاه گندم صورت گرفته است. بنابراین می‌توان در خاک‌های آلوده به غلظت‌های بالای کادمیوم با مصرف ازن در آب آبیاری در آفتابگردان راندمان گیاه‌پالایی را به‌طور چشمگیری افزایش داده تا با افزایش جذب این عنصر به پاک‌سازی خاک کمک نماید.

### منابع

- احمدی، ع.، یونسی، ع.، نامداری، ا. ۱۳۹۲. فیزیولوژی تنش در گیاهان. جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان. ۳۵۱-۳۱۹.
- سلیمی، م.، امین، ا.، ابراهیمی، ا.، قاضی فرد، ا. ۱۳۹۰. تأثیر شوری بر گیاه‌پالایی کادمیوم از خاک‌های آلوده. چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، یزد، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد.
- فتاحی، ا.، فتوت، ا.، آستارایی، ع. ۱۳۸۶. بررسی قابلیت گیاه‌پالایی کادمیوم توسط سه گیاه آفتابگردان، ذرت و پنبه. دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- Gue., Tina R., Zhu J., Zhou., Pei D., Wang X. 2012. Combined cadmium and elevated ozone affect concentrations of cadmium and antioxidant systems in wheat under fully open-air conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 27-33.
- Irfan M., Hayat S., Ahmad A., Alyemini N. 2013. Soil cadmium enrichment: Allocation and plant physiological manifestations. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20, 1-10.
- Prapagdee B., Chanprasert M., Mongkolsuks. 2013. Bioaugmentation with cadmium-resistant plant growth-promoting rhizobacteria to assist cadmium phytoextraction by *Helianthus annuus*. *Chemosphere*, 659-666.
- Shahabvand S., Parvaneh A., Aliloo A. 2017. Root endophytic fungus *Piriformospora indica* affected growth, cadmium partitioning and chlorophyll fluorescence of sunflower under cadmium toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 496-502.
- Xiu H., Dong Z., Dan L., Ping J. 2012. Growth, Cadmium and Zinc Accumulation of Ornamental Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Contaminated Soil with Different Amendments. *Pedosphere*, 22(5), 631-639.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



**Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation**

## **Effect of ozone on phytoremediation of sunflower plant (*Helianthus annuus*)**

Azadeh<sup>1</sup>, M., Ranjbar<sup>2</sup>, M., Izadi<sup>3</sup>, M., Khayam Bashi<sup>4</sup>, B.

<sup>†</sup> PhD Students, Department of Biology, Faculty of Science, Islamic Azad University of Falavarjan, Isfahan, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor of Biology, Islamic Azad University of Falavarjan, Isfahan, Iran

<sup>3</sup>Professor of Department of Medicine, Baghiatallah University of Tehran, Iran

<sup>4</sup>Assistant Prof., soil and water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

### **Abstract**

Cadmium is one of the contaminating elements of the soil, and some plants such as sunflower with their own phytoremediation can absorb some elements and clear the soil. The purpose of this study was to investigate the effect of ozone on the absorption of cadmium in sunflower. In this investigation the ozone and cadmium treatments were applied after 40 days. After harvesting, the extraction of plant was prepared and the cadmium content was measured by atomic absorption. The outcome confirms that the application of ozone in water for irrigation increased the absorption of cadmium by sunflower. On the other hand, the results showed that ozone caused a significant increase in yield. The use of ozone in sunflower for cadmium phytoremediation significantly increased uptake of cadmium by plant.

**Keyword:** ozone, Sunflower, cadmium, phytoremediation

---

\* Corresponding author, Email [m\\_azadeh59@yahoo.com](mailto:m_azadeh59@yahoo.com)