فصلنامه (علمی)

زیست شناسی تکوینی

سال شانزدهم، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۲ ص. ۹۴-۸۷

**مقاله پژوهشی**

# تاثیر خاک‌آلوده به عناصر سرب و کادمیوم در منطقه اراک بر شاخص‌های رشد و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید ارقام آفتابگردان

**بابک پیکرستان[۱*]، رضوان کرمی برزآباد[۲]**

[۱] استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، اراک، ایران

[۲] استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[*] (نویسنده مسئول مکاتبات): B_paykarestan@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۲

https://doi.org/10.30495/jdb.2023.1979096.1356

## چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر خاک‌آلوده به عناصر سنگین در منطقه اراک بر سه رقم آفتابگردان مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتور اول شامل: خاک‌آلوده به عناصر سنگین جمع‌آوری‌شده از منطقه اراک و مقایسه آن با شاهد بدون آلودگی جمع‌آوری‌شده یکسان از نظر عناصر معدنی و غذایی از منطقه تفرش و فاکتور دوم شامل ارقام رایج منطقه شامل :آرماویروسکی، آلستار و ازوفلور، ارقام رایج کشت آفتابگردان در منطقه اراک بودند. تأثیر خاک‌آلوده بر صفات شاخص سطح برگ و نسبت سطح برگ و میزان کاروتنوئید در سطح یک درصد معنی دار بود اما بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار نداشت. تأثیر رقم نیز برشاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی داربود اما بر بر شاخص‌های ارزیابی شده دیگر معنی دار نبود.در بین ارقام، بیشترین شاخص سطح برگ، به رقم آرماویروسکی به میزان ۷/۲ تعلق داشت و پس از آن به ترتیب ارقام آزوفلور و آلستار به میزان ۴/۲۲ و ۳/۰۸ قرار داشتند. در بررسی محتوای کلروفیل aبالاترین میزان به رقم آلستار به میزان ۱۰/۵۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ تعلق گرفت و کمترین مقدار به رقم آزوفلور به میزان ۱۰/۲۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ تعلق گرفت که اختلاف معنی دار نداشتند.در بررسی میزان کاروتنوئید، ارقام آلستار، آرماویروسکی و آزوفلور به ترتیب مقدار ۲/۵۳، ۲/۰۷ و ۱/۹۸ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ را به خود اختصاص دادند که در سطح یک درصد معنی دار بود.در بین ارقام، بیشترین عملکرد دانه، به رقم آزوفلور به میزان ۳۸۲۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد به رقم آلستار به میزان ۲۲۳۱ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت.

**کلیدواژه‌ها:** خاک‌آلوده، کلروفیل، آفتابگردان.

**مقدمه**

توسعه سریع تکنولوژی‌های جدید، همراه با یکسری مشکلات محیطی از جمله آلودگی خاك، آب و هوا است. آلوده شدن خاك بوسیله فلزات سنگین ساختار و تنوع زیستی خاك را بهم می‌زند [۱]. مهمترین راه ورود فلزات سنگین به محیط از طریق رهاسازی فاضلاب‌های شهری، حشره‌کش‌ها، کوددهی، آبیاری با هرزاب‌ها، صنایع رنگ سازی، کارخانجات سیمان، لاستیک سازی، سوخت خودرو وصنایع ذوب فلز می‌باشد. کادمیوم یکی از مهمترین فلزات شناخته شده آلاینده محیط زیست است [۲]. توسعه سریع تکنولوژی‌های جدید، همراه با یکسری مشکلات محیطی ازجمله آلودگی خاك، آب و هوا است. برخلاف آب و هوا، آلودگی خاك از نظر ترکیبات شیمیایی به آسانی قابل اندازه گیری نبوده و با توسعه طرح‌های متعدد و آلوده شدن خاك بوسیله فلزات سنگین ساختار خاك برای رشد و توسعه گیاهان مسموم وخطرناك می‌شود و تنوع زیستی خاك را بهم می‌زند [ ۳].

فلزات سنگین که سرب، آلومینیوم، جیوه، مس، کادمیوم، مس، نیکل و آرسنیک را شامل می‌گردد ابتدا توسط فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانیسم‌های کوچک دیگر جذب شده و سپس به ترتیب توسط موجودات بزرگتر خورده و در نهایت به راحتی از طریق مصرف محصولات کشت شده در خاکهای آلوده، به زنجیره غذایی مصرف کنندگان وارد شده و سلامت انسان‌ها و حیوانات را به خطر می‌اندازد [۴]. این باکتری‌ها می‌توانند با سمزدایی مواد شیمیایی، کنترل بیماری‌ها و آفات همچنین کاهش سمیت فلزات سنگین بوسیله ی تغییر فراهمی زیستی آنها در گیاه باعث افزایش رشد گیاه و بهتبع آن افزایش کارایی گیاه پالایی شوند [۵].

فلزات سنگین که سرب، آلومینیوم، جیوه، مس، کادمیوم، مس، نیکل و آرسنیک را شامل می‌گردد. ابتدا توسط فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانیسم‌های کوچک دیگر جذب شده و سپس به ترتیب توسط موجودات بزرگ تر خورده و در نهایت به راحتی ازطریق مصرف محصولات کشت شده در خاک‌های آلوده، به زنجیره غذایی مصرف کنندگان وارد شده و سلامت انسان‌ها و حیوانات را به خطر می‌اندازد [۷].

برخی فلزات به مقدار ناچیز برای عملکرد طبیعی بدن ضروری می‌باشند اما ورود بیش از اندازه آنها به بدن مسمومیت ایجاد خواهد کرد. ایراد اصلی فلزات سنگین این می‌باشد که در بدن متابولیزه نمی‌گردند. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نشده و در بافتهای بدن انباشته می‌گردند [۸]. همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. مهمترین مضرات فلزات سنگین اختلالات عصبی [پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی]، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، بر هم خوردن تعادل هورمون‌ها، چاقی، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی -عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، آلرژی و آسم، اختلالات غدد درونریز، عفونت‌های ویروسی مزمن، کاهش آستانه تحمل بدن، اختلال در عملکرد آنزیم‌ها، تغییر درسوخت و ساز، ناباروری، کم خونی، خستگی، تهوع و استفراغ، سردرد و سرگیجه، تحریک‌پذیری، تخریب ژن‌ها، پیری زودرس، اختلالات پوستی، کاهش حافظه، دردهای التهابی، بی‌خوابی و مرگ می‌باشد [۹].

**آفتابگردان**

آفتابگردان [*Helianthus annus l.*] به عنوان پنجمین گیاه تولید کننده روغن و تولید کننده سوخت زیستی در جهان مطرح بوده و در پالایش سبز خاك‌های آلوده به فلزات سنگین نقش دارد [۵]. آفتابگردان گیاهی یک ساله و چندساله، دارای سه نوع ریشه است: ریشه نخست شامل ریشه اصلی که تا ۴/۵ متر متر در عمق زمین فرومی‌رود. ریشه دوم شامل ریشه‌های فرعی که در۲۵ سانتی‌متری عمق خاك پراکنده می‌شوند و مهمترین بخش ریشه را تشکیل می‌دهند وریشه سوم شامل ریشه‌های سطحی که نزدیک به سطح خاك هستند [۱۰]. رقم آرماویروسکی یک رقم وارداتی از کشور روسیه است. مدت زمان دوره رویش ۹۵ تا ۱۰۵ روز و یک رقم آزاد گرده افشان است. این رقم نسبت به اکثر بیماری‌ها حساس بوده و به همین دلیل بازدید منظم و مداوم از مزارع جهت جلوگیری از خسارت بیماری‌ها، ضروری خواهد بود. ارتفاع بوته ۱۶۰ تا ۱۶۵ سانتی‌متر، قطر طبق ۲۲ سانتی‌متر، وزن هزار دانه ۶۷ گرم و میزان روغن ۴۸ تا ۵۰ درصد می‌باشد. از مناطق مناسب برای کشت این رقم می‌توان به استان‌های گلستان، مازندران، خراسان، همدان و مرکزی اشاره نمود. با انتخاب زمان کاشت مناسب و رعایت اصول زراعی تقریبا ۲ تا ۲/۵ تن در هکتار، محصول تولید خواهد شد [۶]. از ویژگی‌های مطلوب

هیبرید آلستار می‌توان به عملکرد مطلوب دانه، دوره رویش کوتاه (۸۷ تا ۹۰ روز)، ارتفاع کوتاه (۱۳۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر)، ساختار شکلی مطلوب، مقاوم به تنش‌های خشکسالی، طبق ایستاده و بزرگ، درصد روغن زیاد (۴۷ تا ۴۹ درصد)، مقاوم به بیماری‌های محدودکننده مانند زنگ، پلاسموپارا، ماکروفومینا و ریزوپوس، اشاره نمود. از این رقم می‌توان به عنوان کشت اول در اکثر مناطق کشور و کشت دوم در مناطق گرم و معتدل استفاده کرد. هیبرید آلستار به دلیل ارتفاع کوتاه و خمش کم ساقه، برای برداشت مکانیزه بسیار مناسب و قابلیت رقابت با ارقام هیبرید خارجی را دارد. در گیاهان ارقام قاسم وزن هزار دانه ۵۰ تا ۵۵ گرم و عملکرد دانه ۳۰۰۰ تا ۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد [۸]. رقم آزوفلور یک رقم آزاد گرده افشان بوده و به عنوان یک رقم وارداتی از کشور رومانی، از سال ۱۳۴۹ در ایران کشت و کار می‌گردد. مناطقی مانند گلستان، مازندران، خراسان، همدان و استان مرکزی برای تولید این رقم مناسب می‌باشند. ارتفاع این گیاه ۱۸۹ تا ۲۱۰ سانتی‌متر، قطر طبق ۲۲ سانتی‌متر و مقدار روغن موجود در دانه‌ها، ۴۸ درصد می‌باشد. محصول گیاهان رقم آزوفلور را می‌توان ۱۱۰ تا ۱۲۰ روز پس از کاشت از مزرعه برداشت نمود. وزن هزار دانه ۶۷ تا ۸۰ گرم و عملکرد نهایی ۲ تا ۲/۵ تن در هکتار می‌باشد [۱۱].

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور میلاجرد به صورت گلدانی [عرض جغرافیایی 34 درجه و 21 دقیقه شمالی، طول جغرافیایی 47درجه و 9 دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا] انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی دمارتن، اقلیم منطقه سرد و نیمه خشک می‌باشد. ویژگی‌های آب و هوایی محل آزمایش در طول دوره رشد گیاه آفتابگردان در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد

کاربرد خاک‌آلوده و شاهد به عنوان فاکتور اول و ارقام آفتابگردان شامل ارقام آرماویروسکی، آلستار و ازوفلور به عنوان فاکتوردوم قرار گرفتند. خاک‌آلوده از محل زمین کشاورزی دانشگاه پیام نور اراک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری برداشت شد [۱۱]. خاک غیر آلوده از مزرعه ای که کشت قبلی آن در سال قبل جو بود و از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری در منطقه تفرش در استان مرکزی برداشت شد.کاشت آفتابگردان در تاریخ پنج اردیبهشت سال ۱۳۹۹ به صورت دستی در عمق پنج سانتی‌متری گلدان‌ها انجام شدو در هر حفره سه دانه جهت تضمین سبز شدن قرار گرفت [۱۲]. به‌منظور رسیدن به تراکم مطلوب یک بوته در هر گلدان، در مرحله سه تا چهار برگی آفتابگردان، جوانه‌های اضافی تنک شدند. آبیاری گلدان‌ها، هر هفت روز یکبارو با در نظر گرفتن نیاز گیاه بر اساس تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. گلدان‌ها جهت شبیه سازی شرایط نرمال کشت در هوای آزاد قرار گرفتند [۱۳]. پس از پایان دوره گرده افشانی، اطراف گلدان‌ها و همچنین اطراف طبق‌ها به وسیله نوارهای مغناطیسی وی اچ اس [Video Home System] پوشانده شد تا از خسارت گنجشک محفوظ بمانند [۱۴]. وجین علف‌های هرز در تمام طول فصل رشد در هر گلدان انجام شد .

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی ماه‌های کشت آفتابگردان

| ماه | میانگین درجه حرارت روزانه [سانتی‌گراد] | | میزان بازندگی [میلی متر] |
|---|---|---|---|
| | حداقل | حداکثر | |
| اردیبهشت | ۱۰/۵ | ۲۵/۱ | ۱۵/۲ |
| خرداد | ۱۱/۲ | ۳۰/۲ | ۰/۲ |
| تیر | ۱۷/۲ | ۳۸/۱ | ۰ |
| مرداد | ۱۷/۸ | ۳۹/۳ | ۰ |

در زمان وقوع گلدهی آفتابگردان [زمانی که گل‌های میله‌ای موجود در طبقه‌ای ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت باز شدند] در هر گلدان، ارتفاع بوته از سطح زمین تا زیر طبق برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد [۱۵]. سپس پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و کف برشدند. پس از شمارش تعداد برگ‌های سبز و فعال، بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک کردن، وزن خشک برگ‌ها و ساقه به تفکیک اندازه‌گیری و برحسب گرم در بوته گزارش شد [۱۶] .

طبق‌ها در سایهٔ خشک ودانه‌ها جدا شدند و عملکرد دانه و شاخص برداشت آنها تعیین شد. به‌منظور اندازه گیری اجزاء عملکرد تعداد سه بوته آفتابگردان از میان بوته‌های برداشت شده

انتخاب و صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند [۳، ۱۷].

به‌منظور محاسبه شاخص سطح برگ از تکنیک پردازش تصویربا نرم‌افزار Jmicro version 1.27 استفاده شد. در این تکنیک، مساحت برگ‌های هر بوته با عکسبرداری محاسبه و به مترمربع تعمیم داده شد.

سطح ویژه برگ [مترمربع بر گرم] و نسبت سطح برگ [مترمربع بر گرم] به ترتیب با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$1 - SLA = \frac{\mathrm{LA}}{\mathrm{LW}}$$

$$2 - LAR = [\frac{\mathrm{LA}}{\mathrm{TDW}}]$$

SLA؛ سطح ویژه برگ، LAR؛ نسبت سطح برگ، LA؛ سطح یک طرف برگ، LW؛ وزن خشک همان برگ و TDWوزن خشک کل گیاه است.

محتوای کلرفیل a، کلروفیل bو کارتنوئید برگ‌های آفتابگردان در مرحله گلدهی با استفاده از دستگاه پلیت ریدر مدل Power wave x3 ساخت شرکت Biotekامریکا و از طریق روابط زیر محاسبه شدند:

$$3 - Chl.a = [12.7(\mathrm{A663}) - 2.69[\mathrm{A646}]][\frac{\mathrm{V}}{1000 \times \mathrm{W}}]$$

$$4 - Chl.b = [22.9(\mathrm{A646}) - 4.68[\mathrm{A663}]][\frac{\mathrm{V}}{1000 \times \mathrm{W}}]$$

$$5 - CAR\,S = \frac{100(\mathrm{A470}) - 3.27(\mathrm{Ch.a}) - 104[\mathrm{Ch.b}]}{227}$$

شدت جذب نور عصاره در طول موج‌های موردنظر، V؛ حجم محلول (میلی‌لیتر) و W؛ وزن پودر برگ استفاده شده (گرم) است [۱۲، ۱۸].

محتوای کلروفیل کل با جمع محتوای کلروفیل‌های a و b و نسبت کلروفیل aبه b نیز از تقسیم این مقادیر به دست آمدند.

تمامی تجزیه‌های آماری صورت گرفته با استفاده از نرم افزار آماریSAS نسخه ۹/۲ صورت گرفت. برای محاسبهٔ ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف از رویهٔ همبستگی استفاده شد [۸، ۱۸].

جدول ۲- غلظت عناصر سرب و کادمیوم در خاک مورد استفاده در آزمایش گلدانی

| نوع خاک | سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) | کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم) |
|---|---|---|
| خاک آلوده (اراک) | ۱۷/۳۸ | ۲۳۴ |
| خاک غیرآلوده (تفرش) | ۲ | ۵۰ |

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی دار بودن اثر سطوح خاک‌آلوده به عناصر سنگین و ارقام آفتابگردان [در سطح یک درصد] بر شاخص سطح برگ بود، اما برهمکنش تیمارها بر این صفت معنی دار نبود [جدول ۳]. رقم آرماویروسکی دارای بیشترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ۷/۱۲ و ارقام آلستار و آزوفلور به ترتیب دارای شخص سطح برگ ۳/۰۸ و ۴/۵۲ بودند که تفاوت فاحشی با رقم اول داشتند. در تیمار خاک آلوده کمترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ۲/۸۳ به دست آمد که تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد خاک غیر آلوده به میزان ۶/۳۹ داشت. به نظر می‌رسد جذب مناسب عناصر در حالت خاک غیر آلوده

جدول ۳- **تجزیه واریانس اثر تیمار خاك و رقم بر برخی صفات فیزیولوژیک آفتابگردان[میانگین مربعات**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | شاخص سطح برگ | سطح ویژه برگ | نسبت سطح برگ | کلروفیلa | کلروفیلb | کلروفیل کل | کلروفیلa/b | کاروتنوئید | عملکرد دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۱۷/۷۳ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۱/۲۸ | ۰/۲۳ | ۱/۵۱ | ۰/۳۸ | ۰/۳۶ | ۱۵۹/۲۵ |
| خاک | ۳ | ۵/۶۲$^{**}$ | ۰/۰۰۰۸۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۲$^{**}$ | ۴/۳۲$^{ns}$ | ۰/۳۳$^{ns}$ | ۴/۶۵$^{ns}$ | ۰/۱۶$^{ns}$ | ۰/۰۶$^{ns}$ | ۵۴۵۷/۲۲$^{**}$ |
| رقم | ۲ | ۶۴/۲۶$^{**}$ | ۰/۰۰۰۱۴۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۲۳۱$^{ns}$ | ۳/۸۱$^{ns}$ | ۰/۲۲$^{ns}$ | ۴/۰۳$^{ns}$ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ۱/۱۳$^{*}$ | ۵۲۶۴/۲۶$^{**}$ |
| خاک×رقم | ۶ | ۲۵/۵۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۱۵۲$^{ns}$ | ۰/۰۰۲۱$^{*}$ | ۱/۲۵$^{ns}$ | ۰/۱۴$^{ns}$ | ۱/۳۹$^{ns}$ | ۰/۰۶$^{ns}$ | ۱/۰۶$^{ns}$ | ۲۵۶/۰۲$^{ns}$ |
| خطا | ۲۲ | ۱/۵ | ۰/۰۰۳۲ | ۰/۰۰۲۳۱ | ۵/۶ | ۰/۱۱ | ۵/۷۱ | ۱/۰۶ | ۰/۱۴۱ | ۰/۱۵ |
| ضریب تغییرات [درصد] | - | ۳/۲ | ۱۹/۵۴ | ۱۹/۳۸ | ۱۵/۱۷ | ۱۲/۱۱ | ۲۷/۲۸ | ۱۲/۱۵ | ۱۴/۱۳ | ۲/۹۴ |

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمار خاك و رقم بر برخی صفات فیزیولوژیک آفتابگردان

| تیمارها | شاخص سطح برگ | سطح ویژه برگ | نسبت سطح برگ [متر مربع بر گرم] | کلروفیلa[میلی گرم در گرم وزن تر برگ] | کلروفیلb[میلی گرم در گرم وزن تر برگ] | کلروفیل کل [میلی گرم در گرم وزن تر برگ] | کلروفیلa/b | کاروتنوئید[میلی گرم در گرم وزن تر برگ] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک آلوده [خاک منطقه اراک] | ۲/۸۳$^{b}$ | ۲/۳$^{a}$ | ۰/۰۰۷$^{c}$ | ۱۰/۰۷$^{a}$ | ۲/۵۱$^{a}$ | ۱۲/۵۸$^{a}$ | ۸/۱۹$^{a}$ | ۲/۲۱$^{a}$ |
| شاهد [خاک منطقه تفرش] | ۶/۳۹$^{a}$ | ۲/۴۱$^{a}$ | ۰/۰۱۸$^{b}$ | ۹/۷۳$^{a}$ | ۲/۶۷$^{a}$ | ۱۲/۴۰$^{a}$ | ۹/۸$^{a}$ | ۲/۳۳$^{a}$ |
| LSD[5%[ | ۱۹/۴۳ | ۱۲/۲ | ۲/۶۶ | ۳۲/۱۵ | ۱۳/۱۵ | ۴۵/۳۰ | ۸۷ | ۸۷ |
| آرماویروسکی | ۷/۱۲$^{a}$ | ۲/۲$^{a}$ | ۰/۰۷۸$^{a}$ | ۱۰/۴۸$^{a}$ | ۲/۵۹$^{a}$ | ۱۳/۰۷$^{a}$ | ۸/۲$^{a}$ | ۲/۰۷$^{b}$ |
| آلستار | ۳/۰۸$^{b}$ | ۲/۷$^{a}$ | ۰/۰۷۵$^{a}$ | ۱۰/۵۴$^{a}$ | ۲/۴۳$^{a}$ | ۱۲/۹۷$^{a}$ | ۷/۶$^{a}$ | ۲/۵۳$^{a}$ |
| آزوفلور | ۴/۵۲$^{b}$ | ۲/۶$^{a}$ | ۰/۰۷۷$^{a}$ | ۱۰/۲۳$^{a}$ | ۲/۳۳$^{a}$ | ۱۲/۶۵$^{a}$ | ۸/۱۲$^{a}$ | ۱/۹۸$^{b}$ |
| LSD[5%[ | ۱۸/۳۳ | ۱۱۲/۳ | ۲/۶۳ | ۰/۱۲ | ۰/۳۱ | ۰/۱۶ | ۰/۳۵ | ۰/۳۱ |

باعث رشد مناسب گیاه و به تبع آن افزایش شاخص سطح برگ شده است. یکی از دلایل مهم افت عملکرد گیاه آفتابگردان در خاک‌آلوده را می‌توان به کاهش شاخص سطح برگ نسبت داد. در شرایط خاک‌آلوده رشد گیاه در مراحل اولیه با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد وچون توسعه سطح برگ در ابتدای فصل رشد از حساسیت بالاتری در مقایسه با سایر مراحل رشد برخوردار است و بنابراین منطقی است که رشد کمتر ابتدای فصل رشد به کاهش چشمگیر شاخص سطح برگ منجر می‌گردد. یکی از اثرات مثبت خاک مناسب برای زیست گیاهی، انتقال عناصر به ویژه نیتروژن می‌باشد که با فراهمی نیتروژن موردنیاز برای رشد آفتابگردان باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد. میزان نیتروژن میتواند یکی از عوامل مؤثر برافزایش سطح برگ هر گیاه باشد و با اثر بر طول عمر هر برگ، باعث حفظ شاخص سطح برگ در طول فصل رشد می‌شود خاک‌آلوده به عنصر سرب باعث کاهش جذب سایر عناصر به طور میانگین به میزان ۱۲ درصد و کاهش شاخص سطح برگ شده است و بین ارقام مورد آزمایش تفوت معنی‌دار مشاهده گردید [۱۹].

## سطح ویژه برگ

در تعریف کلی سطح ویژه برگ، بیانگرنازکی برگ است و باضخامت برگ رابطه عکس دارد.در این تحقیق این پارامتر با دقت مورد مطالعه قرار گرفت. مقادیر بالای این شاخص بیانگر سطح بیشتر و وزن خشک کمتر برگ است یافته‌های آزمایش نشان داد که سطح ویژه برگ تحت تأثیر هیچکدام از تیمارهای آزمایش و برهمکنش آنها قرار نگرفت [جدول ۳]. به عبارت دیگر، تیمارهای موردبررسی نسبت سطح به وزن برگ را تحت تأثیر قرار نداد.به نظر می‌رسد این صفت به ژنتیک گیاه بیشتر وابسته باشد تا به شرایط محیطی که در آن گیاه در حال رشد است، بنابراین سطح ویژه برگ ارقام آفتابگردان تحت تأثیر خاک‌آلوده و تیمار ارقام قرار نگرفت. سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش شوری در ارقام سیب زمینی قرار نگرفت [۲۰، ۱۴، ۱۲].

## نسبت سطح برگ

این شاخص نشان دهنده نسبت بین سطح پهنک یا بافت‌های فتوسنتز کننده به کل بافتهای تنفس کننده گیاه است. در مطالعه حاضر این نسبت در سطح یک درصد معنی بود. برهمکنش خاك آلوده و رقم نیز بر نسبت سطح برگ در سطح پنج درصد معنی دار بود. کمترین میزان این نسبت در رقم آلستار به میزان ۰/۰۷۵ متر مربع بر گرم و بیشترین مقدار به رقم آرماویروسکی به میزان ۰/۰۷۸ متر مربع بر گرم تعلق گرفت ولی این تفاوت معنی دار نبود [جدول ۴].در تحقیقی اثر تنش شوری بر نسبت سطح برگ در سه گیاه مورد مطالعه قرار گرفت و در هر سه مورد گیاهی، تأثیر دارای معنی در سطح احتمال یک درصد بود [۲۱].در تحقیق دیگر تأثیر رقم بر نسبت سطح برگ معنی دار نبود [۲۲].

## محتوای کلروفیل

اثر تیمار خاك آلوده، رقم و برهمکنش آنها بر محتوای کلروفیل‌های a و b و کل معنی‌دار نبود. نسبت کلروفیل aبه b نیز تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای موردبررسی قرار نگرفت [جدول ۳]. باوجود معنی دار نبودن اثر تیمارها بر کلروفیل به دلیل

اهمیت این صفت میانگین‌های صفات مرتبط با کلروفیل موردبررسی قرار گرفت. صرف نظر از نوع رقم، کاشت گیاه آفتابگردان در خاک‌آلوده میزان کلروفیلa، b و کلروفیل کل را به میزان ۳/۴۹ درصد، ۶/۳۷ درصد و ۱/۰۴ درصد نسبت به تیمار شاهد خاک بدون آلودگی عناصر سنگین کاهش داد. علت این موضوع جلوگیری عناصر سنگین از تبادل کاتیونی و عناصر به صورت مناسب در خاک دانست که سبب عدم دسترسی کافی گیاه زراعی به نور و منابع محیطی به ویژه عنصر نیتروژن شده و میزان کلروفیل برگ‌ها کاهش یابد. بیشترین میانگین کلروفیل a در رقم آلستار به میزان ۱۰/۵۴ میلی گرم در گرم وزن تر برگبه دست آمد و کمترین مقدار کلروفیل aدر آزوفلور به میزان ۱۰/۲۳ میلی گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد.اختلاف معنی داری بین این ارقام با رقم ارماویروسکی با مقدار ۱۰/۴۸ میلی گرم در گرم وزن تر برگ در کلروفیل aمشاهده نشد.کمترین میزان کلروفیل bدر تیمارهای خاک در خاک غیر آلوده به میزان ۲/۵۱ میلی گرم در گرم وزن تر برگ در مقایسه با مقدار ۲/۶۷ میلی گرم در گرم وزن تر برگ در تیمار خاک غیر آلوده به دست آمد.در بین ارقام بالاترین میزان کلروفیل b در رقم آرماویروسکی به میزان ۲/۵۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد و کمترین مقدار در رقم آزوفلور به میزان ۲/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد که این دو رقم اختلاف معنی‌دار با رقم آلستار نداشتند. در بین ارقام بالاترین میزان کلروفیل کل در رقم آلستار به میزان ۱۲/۵۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد و کمترین مقدار در رقم آزوفلور به میزان ۱۲/۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد که این دو رقم اختلاف معنی‌دار با رقم آرماویروسکی نداشتند. به نظر می‌رسد رقم آلستار دارای محتوای کلروفیل بالاتر در مقایسه با ارقام دیگر در این سه ایتم اشاره شده باشد. در تحقیقی به این نتیجه رسیدند خاک‌آلوده به عناصر سنگین به خصوص عنصر سرب باعث تغییر در محتوای کاروفیل در سه رقم گیاه داروئی می‌گردد ولی این تغییر در سطوح احتمال دارای معنی نبودند [۲۳]. در تحقیقی دیگراعلام نمودند نیتروژن از اجزای سازند مولکول کلروفیل است. بنابراین بین محتوای کلروفیل و محتوای نیتروژن برگ رابطه مستقیم برقرار است، هرقدر دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر باشد، کلروفیل هم به همان نسبت افزایش و فتوسنتز بهبود خواهد یافت [۲۴]. محققین اعلام نمودند تأثیر ارقام مختلف سیب زمینی در معرض خاک‌آلوده باعث کاهش محتوای سبزینه‌ای گیاهان مورد آزمایش گردید ولی این مقدار در سطوح احتمال معنی دار نبود [۲۵].

**محتوای کاروتنوئیدها**

سطوح تیمار خاك الوده اثر معنیداری بر محتوای کاروتنوئیدها در آفتابگردان نداشت، اما تفاوت ارقام مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. محتوای کاروتنوئید در برگهای رقم آلستار دارای مقدار ۲/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که به ترتیب با مقدار کاروتنوئید در برگ رقم آرماویروسکی و آزوفلور به میزان ۲/۰۷ و ۱/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به مقدار ۲۲/۲۲ درصد و ۲۷/۷۷ درصد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد داشتند.

رنگدانه کاروتنوئید به عنوان یک آنتیاکسیدان، نقش مهمی در افزایش توان گیاه برای مقابله با تنش‌ها دارد. محتوای بیشتر این رنگیزه در رقم آلستارمی‌تواند به معنای توان بالاتر آن در مقایسه با ارقام آرماویروسکی و آزوفلور باشد. این توان تحمل بیشتر به تنش خاک‌آلوده برای گیاه هزینه دارد، به این معنی که بخش بیشتری از تولیدات گیاهی صرف ایجاد سازوکار مقاومت میشود. بنابراین کاهش عملکرد در ارقام مقاومتر مشابه با آنچه در این مطالعه در مورد رقم آلستار مشاهده شد قابل انتظاراست. در ارقامی که مقاوت به شرایط تنش به خصوص تنش خشکی دارن کاهش عملکرد مشاهده شده است [۲۶]. در تحقیقی مشابه عامل اصلی کاهش عملکرد ارقام در سه تنش مختلف را تنش خشکی و مقاومت گیاه در برابر این تنش و به حداقل رسیدن عمملکرد دانستند [۲۷].

**عملکرد دانه**

اثر خاک‌آلوده در سطح یک درصد و ارقام مورد بررسی در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه آفتابگردان معنی‌دار بود [جدول ۴]. در تیمار خاک‌آلوده، عملکرد دانه ۲۷۳۴ کیلوگرم دانه در هکتار تولید شد در حالی که عملکرد دانه در خاک غیر آلوده به میزان ۳۴۲۳ کیلوگرم دانه در هکتار به دست آمد که دارای ۲۵/۲ درصد افزایش عملکرد دانه بود. احتمالاً دلیل این موضوع جذب عناصر مفید برای پر شدن دانه به خصوص فسفر و پتاسیم در خاک غیر

آلوده بوده است. ر حالت خاک غیر آلوده سریعترعناصر مغذی جذب دانه گیاه شده و مراحل پر شدن دانه با سرعت بیشتر و کامل تر صورت می‌گیرد و این در وزن هزار دانه و وزن دانه در هکتار موثر است.میزان فتوسنتز موثر در تولید دانه یکی دیگر از عوامل موثر است که در شاخص سطح برگ بالاتر، عملا فتوسنتز بالاتری اتفاق می‌افتد و پر شدن دانه کامل تر انجام می‌شود.در این حالت ارتفاع کمتر، تولید ساقه و برگ کمتر، کاهش فتوسنتز و درنهایت کاهش عملکرد دانه آفتابگردان اتفاق می‌افتد. دربررسی نتایج یک تحقیق بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان، در خاک بدون عنصر کادمیوم در مقابل خاک‌آلوده به عنصر کادمیوم به دست آمد. به عقیده آنها اثرات منفی خاک‌آلوده بر جلوگیری از تبادل کاتیونی گیاه دلالت دارد [۲۸].

بین ارقام موردبررسی، ارقام آزوفلورو آلستار به ترتیب بیشترین مقدار با متوسط عملکرد دانه ۳۵۱۲کیلوگرم در هکتار و ۲۳۲۳ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص دادند. باوجود اینکه نتایج، عدم معنی‌داری مقدار عملکرد دانه رقم آرماویروسکی نسبت به رقم آلستار را نشان میداد[۲۷۳۵ کیلو گرم در هکتار] اما تفاوت این دو رقم به میزان ۴۱۳ کیلوگرم عددی قابل توجه و بررسی است. تفاوت عملکرد دانه بین ارقام در تحقیق دو تحقیق مختلف نیز به دست آمده است[۳۰، ۲۹].

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق اهمیت انتخاب رقم و عدم آلودگی خاک جهت حصول موفقیت کشت آفتابگردان را روشن ساخت. در رابطه با ارقام آفتابگردان، رقم آزوفلور با تولید ۳۵۱۲کیلوگرم دانه در هکتار بر ارقام آرماویروسکی و آلستار با تولید ۲۷۳۵ و ۲۳۲۳ کیلوگرم دانه در هکتار برتری داشت. کشت در خاک‌آلوده، تأثیر بسیار زیادی بر کاهش سبزینه‌ای گیاه به خصوص در میزان کلروفیل‌های فتوسنتزی و همچنین میزان کاروتنوئید در گیاه زراعی آفتابگردان دارد که این پارامترها در پیشنهاد کشت این محصول در خاک‌هایی که آلودگی در آن‌ها به سرب و کادمیوم بالاست تأثیر دارد و توصیه می‌گردد در این خاک‌ها کشت آفابگردان انجام نشود. به نظر می‌رسد. برخی ارقام مانند آلستار بیشتر تحت تأثیر خاک‌های آلوده قرار می‌گیرند و یا جذب بالاتری از عناصر مغذی در حضور خاک‌آلوده دارند که باعث می‌شود این رقم قابل توصیه برای کشاورزان مناطقی مثل اراک در استان مرکزی نباشد زیرا خاک دارای آلودگی از نوع آلودگی‌های مذکور می‌باشد.

## References


[1] Geravandi S, Mohammadi MJ, Goudarzi G.2014. Health effects of exposure to particulate matter less than 10 microns [PM10] in Ahvaz. J Qazvin Univ Med Sci.;18[5]:45-53.

[2] Liu, E., C. Yan, X. 2015.Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma.* 158: 173–180.

[3] López-Valdez, F., F. Fernández-Luqueño, S. 2016.Greenhouse gas emissions and plant characteristics from soil cultivated with sunflower [*Helianthus annuus* L.] and amended with organic or inorganic fertilizers. *Science of the Total Environment.* 412-413: 257–264.

[4] Majidian, M., A. Ghalavand. 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. *Electronic Journal of Crop Production.* 1[2]: 67-85. [In Persian].

[5] Shoghi-Kalkhoran, S., A. Ghalavand, S.A.M. 2013. Integrated fertilization systems enhance quality and yield of sunflower [*Helianthus annuus* L.]. *Journal of Agricultural Science and Technology.* 15: 1343-1352.

[6] Dinakar N, Nagajyothi PC, Suresh S, Udaykiran Y.2008. Phytotoxicity of cadmium on protein, praline and antioxidant enzyme activities in growing Arachis hypogaea L. seedling. J Environ Sci;20: 199-206.

[7] Maradanpour F, Mehrabi AM.2008. The use of biotechnology in relation to phytoremediation.Regional Conference on Food and Biotechnology,Islamic Azad University of Kermanshah;1-5.

[8] Johnson DL, Anderson DR.2015. Soil microbial response during the phytoremediation of a PAH contaminated soil. J Soil Bio & Bioch;37: 2334-2336.

[9] Joner EJ, Leyval C, Colpaert JV. 2016. Ectomycorrhizas impede phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons [PAHs] both within and beyond the rhizosphere. J Environ Poll;142: 34-38.

[10] Yang XE, Long XX.2018. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Zn hyperaccumulating plant species [Sedum alfredii Hence]. J Plant Soil;259:181-189.

[11] Meena S., P. Senthilvalavan. 2017. Residual effects of phosphorus from organic manures in sunflower assessment using radio tracer technique.*Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.* 3[5]: 377-379.

[12] Thavaprakash, N., G. Senthilkumar, S.D. Sivakumar. 2013. Photosynthetic attributes and seed yield of sunflower [*Helianthus annuus* L.] as influenced by different levels and ratios of nitrogen and phosphorus fertilizers. *Acta Agronomica Hungarica.*51: 149-155.

[13] Mirlouhi, A.F., R. Mohammadi, S.J. 2008. Effects of different fertilizer applications during rice and corn cultivation on barley yield in a three years replication. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science.* 18[3]: 161-171.[In Persian].

[14] Wabekwa, J.W., E.C. Odion, and D. Aminu. 2010. Effects of poultry manure rates on yield and yield attributes of sunflower [*Helianthus annuus* L.] at Samaru, Nigeria.*International Journal of Food Agricultural Research.* 7[1]: 182-190.

[15] Westerm, R.L. 2010. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America. Madison Wisconisn,USA.

[16] Pantal, D. 2013. Economics and energies of organic and conventional farming. *Journal of Agricultural and Environmenal Ethics.* 6: 53-60.

[17] Saleh, A.L., A.A. Abd El-Kader, and S.A.M. Hegab. 2013. Response of onion to organic fertilizer under irrigation with saline water. *Egypt Journal Applied Science.* 18[12]: 707-716.

[18] Richmond, L.A. 2014. Diagnosis improvement of saline and alkali soils. USDA, Handbook No. 60, p. 102.

[19] Sadat Taghavirad S, Davar H, Mohammadi MJ. 2014.The a study on concentration of BETX vapors during winter in the department of ports and shipping located in one of the southern cities of Iran. Int J Cur Life Sci; 4[9]: 5416-5420.

[20] Shyalaja, J., and G. Swarajyalakshmi. 2014. Response of sunflower *[Helianthus annuus* L.]to conjunctive use of organic and chemical fertilizers on yield and quality parameters.*Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*, 19: 1. 88-90.

[21] Wabekwa, J.W., D. Aminu, and Z. Dauda, 2014. Physio-morphological response of sunflower [*Helianthus annuus* L.] to poultry manure in Wamdeo, North-east Nigeria.*International Journal of Advanced Agricultural Research.* 2: 100-105.

[22] Walkley, A., and T.A. Black. 2014. An examination of deglijareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the choromic acid titration method.*Soil Science*, 37: 29-38.

[23] Yousefpoor, Z., and A.R. Yadavi. 2014. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative yield of sunflower. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science.* 1 [24]: 95-112. [In Persian].

[24] Ofosu-Anim, J., and M. Leitch. 2015. Relative efficacy of organic manures in spring barley [*Hordeum vulgare L.*] production. *Australian Journal of Crop Science.* 3[1]: 13- 19.

[25] Rathke, G.W., O. Christen. 2015. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape [*Brassica napus* L.] grown in different crop rotations. *Field Crops Reserch.* 94: 103–113.

[26] Wu, W., and B. Ma. 2015. Integrated nutrient management [INM] for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A review. *Science of the Total Environment.* 512: 415–427.

[27] Malik, M.A., M. Akram. 2016. Effect of planting geometry as fertiliuzation growth, yield and quality of a new sunflower cultivar SF-100. *Journal of Agricultural Research.* 30: 59-63.

[28] Pal M, Horvath E, Janda T. 2016.Physiological changes and defense mechanisms induced by cadmium stress in maize. J Plant Nutr Soil Sci;169: 239-246.

[29] Munir, M.A., M.A. Malik. 2017. Impact of integration of crop manuring and nitrogen application on growth, yield and quality of spring planted sunflower [*Helianthus annuus* L.]. *Pakistan Journal of Botany.* 39 [2]: 441-449.

[30] Shata, S.M., A.M. Safaa. 2017. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.* 3[6]: 733-739.

# The effect of soil stress contaminated with lead and cadmium elements in Arak region on growth indicators and chlorophyll and carotenoid content of sunflower cultivars

**Paykarestan B.[1*], Karami Borzabadi R.[2]**

[1] Assistant Professor, Department of Agriculture, Payam Noor University, Arak, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran

* (Corresponding author): B_paykarestan@pnu.ac.ir

https://doi.org/10.30495/jdb.2023.1979096.1356

Received: February 2023 Accepted: July 2023

## Abstract

Introduction:This research was evaluated in order to investigate the effect of soil contaminated with heavy elements in Arak region on three sunflower cultivars. The first factor includes: soil contaminated with heavy elements collected from Arak region and its comparison with the uncontaminated control collected from Tafarsh region, and the second factor includes cultivars including: Armaviroski, Alstar, and Ezoflor, common cultivars of sunflower cultivation in Arak region. The effect of contaminated soil on leaf area index traits and leaf area ratio was significant at the level of 1%, but it had no significant effect on other traits. The effect of the cultivar was also significant on the leaf area index at the level of 1%, but it was not significant on the other evaluated indices.. In the investigation of the content of chlorophyll a, the highest amount was assigned to the Alstar cultivar at the rate of 10.54 mg/g fresh weight of leaves, and the lowest amount was assigned to the variety Azoflor at the rate of 10.23 mg/g fresh weight of leaves, which did not have a significant difference. Examining the amount of carotenoid, Allstar, Armaviroski and Azoflor cultivars had 2.53, 2.07 and 1.98 mg per gram of leaf wet weight, respectively, which was significant at the five percent level. Among the cultivars, the most seed yield was assigned to the Azoflor cultivar at the rate of 3822 kg/ha and the lowest yield was assigned to the Alstar variety at the rate of 2231 kg/ha.

**Keywords:** Contaminated Soil, Chlorophyll, Sunflower.