

## بررسی اثر تنش آلاینده های آگروزی بر شاخص های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت (*Zea mays var. indentata*)

بهنام کریمی\* و رامین عزتی

تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم زیستی، گروه علوم گیاهی

تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۵

### چکیده

آلاینده های آگروزی با تغییر در سیستم های متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاهان سبب تغییرات منفی در شاخص های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می شوند. تحقیقات قبلی نشان داده اند که بسیاری از آلاینده های موجود در گازهای خروجی از آگروز در غلظت های بالا، می توانند به گیاهان آسیب برسانند. در این تحقیق دانه رست های ذرت (*Zea mays var. indentata*) رقم SC704 پس از کشت در تیمار های زمانی ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه در یک محفظه در معرض دود آگروز حاصل از احتراق بنزین و CNG به صورت جداگانه در شرایطی کاملاً یکسان از نظر دما، رطوبت و نور قرار گرفتند، یک گروه نیز بعنوان شاهد در نظر گرفته شد. دود آگروز خودرو توسط یک سیستم رابط به محفظه ای که گلدان ها در درون آن قرار داشتند، با دبی  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  پمپاژ گردید. پس از یک ماه تیمار و انجام سنجش ها به صورت تصادفی بر روی نمونه ها و آنالیز داده های حاصله، یافته های این پژوهش نشان داد که تنش حاصل از اعمال آلودگی آگروزی بر کلیه پارامتر های رشدی، از قبیل طول، وزن و سطح برگ و شاخص های بیوشیمیایی گیاه ذرت مانند رنگدانه های فتوسنتزی اثر منفی دارد، همچنین آلاینده های آگروزی سبب کاهش محتوای فلز آهن می شوند ولی باعث افزایش جذب و تجمع فلزات سنگینی همچون روی و منگنز می شوند، همچنین تأثیر غلظت های مختلف از آلاینده های ناشی از احتراق بنزین معمولی بر کلیه پارامتر های رشدی و شاخص های بیوشیمیایی گیاه ذرت بیش از CNG می باشد.

**کلمات کلیدی:** آلاینده های آگروزی، پارامتر های رشدی، ذرت، رنگیزه های فتوسنتزی، شاخص های بیوشیمیایی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۷۷۲۰۱۸۷، پست الکترونیکی: std\_Karimi943@Khu.ac.ir

### مقدمه

و تکمیل به شکل دندان اسب درآمده و به آن ذرت دندان اسبی می گویند (۵).

وسایل نقلیه موتوری مهمترین منابع مصنوعی آلودگی هوا محسوب می گردند و خروجی آگروز آنها از عوامل اصلی ورود مواد سمی به اتمسفر می باشد (۴، ۴۹).

ازن، دی اکسید کربن، اکسید های گوگرد و نیتروژن، سرب، ذرات معلق و ترکیبات سمی مانند بنزن و فرمالدئید ترکیباتی هستند که در اثر سوخت اتومبیل ها ایجاد شده و موجب آلودگی هوا می شوند (۳۱).

ذرت از تیره Poaceae و زیر تیره Panicoideae می باشد و گیاهی است که قدرت سازش با شرایط آب و هوایی مختلف را دارد (۳). پراکندگی جغرافیایی ذرت در ایران به صورت کاشته شده در اغلب نقاط و در استانهای مختلف ایران به خصوص در نواحی معتدله و معتدله سرد، به ندرت در نواحی گرمسیری در استانهای گرگان، مازندران، آذربایجان، فارس، خوزستان و تهران می باشد (۱۰). ذرت دارای ارقام مختلفی می باشد که در رقم ذرت دندان اسبی (*Dent Corn-Zea mays indentata*) بوته های ذرت بزرگ بوده و بعنوان علوفه کشت می شود. دانه ها پس از رسیدن

کاهش رشد گیاهان می‌شوند (۲۰).

تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که آلاینده‌های  $NO_x$ ،  $O_3$ ،  $SO_2$  سبب کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شوند (۴۶، ۵۳).

بررسی‌ها نشان داده‌اند که فلزات سنگین موجود در آلاینده‌های هوا می‌توانند به زنجیره غذایی وارد شده و برای تمامی موجودات زنده خطر ساز باشند. در چنین شرایطی می‌توان از گیاهان بعنوان مانیتورهای پیش آلودگی‌ها استفاده نمود (۳۷).

### مواد و روشها

**تهیه بذر و کشت گیاه ذرت:** در شروع آزمایش بذر گیاه ذرت (*Zea mays var. indentata*) رقم SC704 توسط اتانول ۷۰٪ به مدت ۲ دقیقه و سپس با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی و سپس ۵ بار، با آب مقطر شستشو داده شد (۵۷)، سپس بذرها در گلدان‌هایی محتوی پرلیت و در آزمایشگاه تحقیقاتی محیط زیست دانشگاه خوارزمی کشت شدند.

دود خروجی از آگزوز خودرو با استفاده از یک دستگاه گاز آنالایزر مدل avl ditest mds 650 در مرکز معاینه فنی مورد بررسی قرار گرفت که جهت تعیین ترکیبات موجود در آن از دستگاه قرائت مستقیم گاز "Testo" استفاده شد و در زمان نمونه برداری لوله نمونه گیر ۱۵ سانتیمتر داخل آگزوز قرار گرفت و نتیجه آنالیز دود خروجی از آگزوز در جدول ۱ درج گردیده است.

بذرهای ذرت (*Zea mays var. indentata*) رقم SC704 در گلدان‌های مخصوص در شرایط بدون خاک در محیط پرلیت با محلول غذایی هویت (Hewitt) و در هر گلدان به تعداد ۶ عدد در ۷ گروه و ۳ تکرار مستقل برای هر گروه و در مجموع در ۲۱ گلدان کشت شدند. و در شرایط کاملاً یکسان، در فتوپریود ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی، میانگین رطوبت ۶۰٪ و میانگین دمای  $25^{\circ}C$  و  $18^{\circ}C$  به هنگام روز و شب قرار گرفتند، ۱۰ روز پس از جوانه زنی

آلاینده‌هایی مانند  $SO_2$ ،  $NO_2$ ،  $O_3$ ، SPM (ذرات معلق) که از آگزوز اتومبیل‌ها خارج می‌شوند، علل کیفیت نامطلوب هوا می‌باشند و تأثیرات نامطلوبی بر مورفولوژی و بیوشیمی گیاه دارند (۵۳).

توانایی تأثیر آلودگی هوا بر محیط زیست موضوعی است که در دهه اخیر تحقیقات و تلاش‌های زیادی را متوجه خود کرده است (۵۵).

تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که بسیاری از آلاینده‌های موجود در گازهای خروجی از آگزوز در غلظت‌های بالا، می‌توانند به گیاهان آسیب برسانند (۲۵، ۱۱).

آلودگی‌های خروجی از آگزوز خودرو می‌توانند با ورود به برگ‌ها، تخریب سلول‌ها و کاهش توانایی سلول‌ها در تولید غذا، تأثیر خود را بر گیاه اعمال نمایند (۳۲).

برگ‌ها فرم‌های گازی آلاینده‌ها را توسط سطوح خود جذب می‌کنند. ورود آلودگی به پیکر گیاه، در میزان کلروفیل، فتوسنتز و رشد گیاه تغییراتی ایجاد می‌کند (۱۸).

آلاینده‌ها به علت دارا بودن پتانسیل اکسیداسیون بر فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان مضر هستند (۴۱).

بیشترین تأثیر آلودگی هوا بر گیاهان مرتبط با مراحل اولیه چرخه زندگی گیاه است (۲۸).

تأثیر آلاینده‌های هوا بر محصولات کشاورزی مرتبط با غلظت، مدت، ترکیب، الگوی انتشار، انتقال اتمسفری، دریافت برگی و ظرفیت دفاع بیوشیمیایی گیاه می‌باشد، آلاینده‌ها با تولید ROS (Reactive Oxygen Species) (گونه‌های اکسیژن فعال) بر فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه تأثیر منفی اعمال نموده و سبب کاهش ظرفیت تحمل گیاهان به سایر تنش‌ها می‌شوند، چندین فرآیند فیزیولوژیکی حیاتی مانند تثبیت  $CO_2$  فتوسنتزی و متابولیسم انرژی به صورت منفی تحت تأثیر آلاینده‌های هوا هستند (۴۱).

همچنین آلاینده‌ها با کاهش در غلظت رنگدانه‌ها سبب

دهی در درون آن قرار گرفتند بدین صورت از نفوذ هوای بیرون به محفظه حاوی گلدانها، و همچنین از رقیق شدن و تغییر غلظت آلودگی اعمال شده به گیاهان تاحد امکان جلوگیری گردید. و در بین هر تیمار با تیمار بعدی فاصله زمانی ۱۰ دقیقه جهت تأثیر غلظت مورد نظر از دود آگزوز بر نمونه‌ها در نظر گرفته شد که در این فاصله زمان نمونه‌ها در درون محفظه دود قرار داشتند. فاصله هر دوره تیمار با دوره تیمار بعدی برای گروه‌ها ۲ روز در نظر گرفته شد و تیمار دهی هر روز در ساعت مشخصی صورت می‌گرفت. در پایان یک دوره ۳۱ روزه که نمونه‌ها ۱۶ بار تحت تیمار قرار گرفتند شاخص‌های رشدی مانند ارتفاع گیاه، وزن تر و وزن خشک و سطح برگ اندازه‌گیری شدند. در ادامه فاکتورهای بیوشیمیایی مانند رنگیزه‌هایی مثل کلروفیل‌های a، b و فلزات سنگین (آهن، روی، منگنز) سنجیده شد.

کامل (Full germination) تیمار دهی آغاز گردید. پس از جوانه زنی و در طول دوره تیمار نمونه‌ها با استفاده از کود هویت (Hewitt) با درصد مشخص از عناصر مورد نیاز گیاه و با غلظت و حجم یکسانی از محلول کود آبیاری شدند. تیمار دهی با استفاده از دود حاصل از احتراق دو نوع سوخت بنزین و CNG در موتور خودرو به طور جداگانه و در بازه‌های زمانی ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه برای هر کدام و دود دهی در محفظه مخصوص صورت گرفت (یک گروه نیز بعنوان شاهد). که شرایط کاملاً یکسانی از هر لحاظ به جز تفاوت در نوع تیمار بر آنها حاکم بود. جهت کنترل میزان دود ورودی به محفظه، دود خروجی از آگزوز خودرو با استفاده از لوله‌ای مخصوص به قطر ۸ سانتی‌متر به پمپی با دبی ۵ متر مکعب بر ثانیه وصل گردید، لوله خروجی از این پمپ به محفظه‌ای با حجم ۷/۵ متر مکعب وصل گردید که نمونه‌ها در هنگام تیمار

جدول ۱- میزان آلاینده‌های حاصل از احتراق بنزین و CNG در موتور خودرو

آلاینده/پارامتر	میزان آلاینده‌های حاصل از احتراق بنزین	میزان آلاینده‌های حاصل از احتراق CNG
CO	٪۰/۴۲	٪۳/۵۶
CO <sub>2</sub>	٪۱۴	٪۸/۸
O <sub>2</sub>	٪۰/۸۴	٪۰/۴۵
NOx	۱۲۴ ppm***	۶۸ ppm
HC*	۱۲۹ ppm	۱۴۳ ppm
λ**	۱/۰۲۳	۰/۸۸۷

\* هیدروکربن‌های نسوخته که این هیدروکربن‌ها به دلیل احتراق ناقص در موتور و همچنین بخار شدن سوخت در باک خودرو ایجاد می‌شود.  
\*\* نسبت هوا؛ برای ارزیابی میزان انحراف مخلوط سوخت و هوای ورودی به موتور \*\*\* ppm مخفف parts per million و معرف یک ذره از آلاینده در یک میلیون ذره از مخلوط است.

اسیدی کامل در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند، سپس عصاره‌های حاصل جهت تبخیر کامل اسید تا خروج بخارهای اسیدی خرمایی رنگ همراه با آب مقطر حرارت دیدند، عصاره‌های حاصل از تبخیر اسید پس از عبور از کاغذ صافی با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شده، به لوله‌های آزمایش منتقل شدند و توسط دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorption) مدل Shimadzu AAS 800 با حد

جهت سنجش غلظت سه فلز آهن (Fe)، روی (Zn) و منگنز (Mn)، ابتدا تمام وسایل مورد نیاز با اسید نیتریک ۶۵٪ و آب مقطر دیونیزه کاملاً شسته و خشک شدند، برگ‌ها پس از شستشو با آب مقطر دیونیزه، به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند، سپس به ۰/۱ گرم از نمونه‌های خشک شده ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ افزوده شده و لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت جهت هضم

G<sub>1</sub> چرخه زندگی سلول متوقف می‌ماند و بدین صورت از آسیب رسیدن به DNA جلوگیری می‌شود (۵۹).

Bhatti و Iqbal (1988) نیز دریافتند که فنولوژی و زیایی برخی گیاهان به شدت تحت تأثیر آلودگی ناشی از دود آگروز خودروها قرار می‌گیرند. آنها همچنین دریافتند که توان تولیدی و همینطور وزن تر و خشک برگ، و محتوای رطوبت آن نیز در مناطق آلوده به طور قابل توجهی نسبت به مناطق پاک کاهش داشته است (۴۷).

نکته جالب توجه این است که، داده‌های ارتفاع نشان می‌دهند که گیاهان جوان به گازهای خروجی آگروز نسبت به آنهایی که مسن‌ترند، بیشتر حساس می‌باشند. این نتایج نشان می‌دهد که، برای برخی از گونه‌ها، بیشترین اثرات تیمار آلودگی با مراحل اولیه چرخه زندگی مرتبط است. این نظریه توسط کارهای Whitmore و Mansfield (1983) پشتیبانی شده که نشان دادند، برای گونه‌های *P. pratense* و *Dactylis glomerata*، اثرات دود دهی در طول زمستان با  $66 \text{ nl l}^{-1} \text{ NO}_2$  برای گیاهان دود دیده از بدو ظهور نهال بیشتر از گیاهانی بود که دود دهی بعد از ایجاد نهال شروع شد (۲۸).

O<sub>3</sub>، NO<sub>2</sub>، SO<sub>2</sub> به صورت جداگانه و یا در ترکیب باهم موجب کاهش محصولات گیاهی می‌شوند، بیشترین آسیب در شاخص‌های مختلف رشد از قبیل طول ریشه و شاخه، ارتفاع، سطح برگ، بیومس، NPP (تولید اولیه خالص)، PGR (میزان رشد نسبی) و محصول در گیاهان *Triticum aestivum* به علت آلودگی هوای شهری و صنعتی است (۵۰).

تأثیر آلودگی ناشی از ترافیک بر برگ گیاه *Cassia* شامل کاهش سطح برگ، نکروزیز، آسیب به حاشیه برگ، تغییر رنگ و اسیدی شدن pH عصاره برگ است که در گیاهان حساس بیشتر است (۵۳).

میانگین‌های مربوط به سطح برگی در پنیوک گل ریز

تشخیص مناسب (زیر ۱ ppm) و با روش نورسنجی شعله (Flame photometer) سنجش غلظت فلزات سنگین بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک صورت گرفت (۱۵).

**تجزیه و تحلیل آماری:** در این پژوهش، سنجش آماری نتایج کلیه آزمایش‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی و در قالب سه تکرار مستقل انجام گرفت. تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار (version 22) SPSS و با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) و محاسبه احتمال معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین‌ها در سطح ۰/۰۵ بر طبق روش استاندارد گومز و گومز (۱۹۸۴)، (۲۴) انجام شد. رسم نمودارهای مربوطه نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

## نتایج

قرارگیری طولانی مدت در معرض آلاینده‌ها مشکلاتی جدی برای گیاه ایجاد می‌کند. ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه مانند ساختارهای بدون کرک ممکن است بعنوان موانع فیزیکی و محافظ در برابر آلاینده‌ها عمل نمایند (۳۷).

آلودگی ناشی از خودروها شامل آلاینده‌های مختلفی مانند: اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، هیدروکربن‌ها، ازون، ذرات ریز، هیدروژن فلوراید، پراکسی‌آسیل‌نیتراها و... می‌باشند. برگ‌ها که از سایر قسمت‌های گیاه مانند ریشه و ساقه به آلودگی حساستر هستند و در هر یک از مراحل نمو خود می‌توانند نشانگر آلودگی هوا باشند (۴۲، ۷). تحقیقات صورت گرفته در پاکستان نشان داد آلودگی هوا باعث تغییر در خصوصیات مورفولوژیکی برگ بسیاری از گونه‌های مورد بررسی در مناطق با هوای آلوده در مقایسه با هوای پاک گردیده است (۳۲).

Yuval Eshdat در سال ۱۹۹۷ بیان داشت هنگامی که سلول‌های گیاهی در تنش اکسیداتیو قرار می‌گیرند در فاز

با مطالعات اولیه کاهش غلظت کلروفیل‌ها و زرد شدن برگ‌ها بر اثر تنش آلاینده‌های هوا شناخته شد (۴۸).

گازهای SO<sub>2</sub> و ازون موجب مهار بیوسنتز کلروفیل می‌شوند (۲۹).

غلظت کلروفیل‌های a و b در برگ چنار (*Platanus orientalis L.*) با افزایش غلظت ازون در هوا کاهش می‌یابد (۶).

تنش‌های محیطی با فعال کردن ژن‌های تنظیم‌کننده فرآیند خزان و آغاز پروسه‌های کاتابولیک در سلول ممکن است موجب کاهش غلظت کلروفیل شوند (۲۳). گیاهان دارای محتوای کلروفیل بالا نسبت به آلاینده‌ها مقاوم‌تر هستند (۳۰).

ازون علاوه بر آسیب به روزنه و تغییر بروز ژن‌ها از طریق افزایش تولید هورمون اتیلن بر محتوای کلروفیل گیاه تأثیر می‌گذارد. هورمون گیاهی اتیلن (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) چندین وظیفه مانند ریزش برگ، پژمردگی برگ و جلوگیری از بیداری برگ بر عهده دارد (۵۸)، و طی فرآیند پژمردگی برگ، کلروفیل آن تخریب می‌گردد (۴۳).

کلروفیل a و کلروفیل b در پاییز با افزایش غلظت مونواکسید نیتروژن در هوا روند کاهشی نشان داد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد نیتروژن اکسید تأثیر منفی بر غلظت کلروفیل‌ها در برگ می‌گذارد. احتمالاً مکانیسم اثر این آلاینده بر گیاه از طریق القای تولید اتیلن است. مشخص شده است غلظت‌های کم مونواکسید نیتروژن در حد ppb (arts per billion مخفف از آلاینده در یک میلیارد ذره از مخلوط است) منجر به القای خزان زودهنگام در برگ می‌شود (۴۰). اتیلن موجب فعال شدن ژن‌های خزان و تخریب رنگدانه‌ها می‌شود (۴۴).

مولکول‌های کلروفیل در سلول در وضعیتی بسیار باثبات نگهداری می‌شوند و تحت انواع استرس ممکن است در چندین واکنش فتوشیمیایی مانند اکسیداسیون، کاهش،

(*Malva parviflora*) و جو هرز (*Hordeum glaucum*) تحت اثر آلودگی هوا کاهش می‌یابد (۹).

سطح برگ‌گی در افاق‌های (*Robinia pseudoacacia L.*) که در معرض آلاینده‌های هوا بوده اند کاهش یافت، همچنین کاهش تعداد سلول‌های روزنه هم باعث کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه کاهش رشد در افاق‌ها شد (۲).

کاهش سطح برگ‌گی در گیاهان سیب زمینی به علت آلاینده‌های SO<sub>2</sub> و NO<sub>2</sub> می‌باشد و ازون آسیب‌هایی شامل عدم بلوغ، پیری زودرس و ریزش را در برگ‌ها ایجاد می‌کند (۵۰).

در مواردی که گیاه تحت تأثیر تنش محیطی قرار می‌گیرد و محتوای آب بافتی دستخوش تغییر می‌گردد، یکی از راه‌های افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش، برقرار کردن توازن و تعادل در محتوای آب بافتی است که گیاه با کاهش سطح برگ‌گی و تنظیم محتوای آب بافتی، در برابر تنش مقاومت می‌کند (۹).

آلودگی هوا یا مستقیماً از طریق برگ بر گیاهان اثر می‌کند و یا خاک را اسیدی می‌کند که تأثیرات نامطلوبی بر رشد و فیزیولوژی گیاه دارد (۴۶).

جذب برگ‌گی NOx ممکن است فرآیندهای متابولیکی را مختل کرده، و به طور بالقوه می‌تواند ترکیب موم برگ و ساختار آن را به طور غیر مستقیم تحت تأثیر قرار دهد، اگر چه این مکانیسم احتمالی کمتر شناخته شده است (۱۶).

احتمالاً علت اثرات مستقیم ذرات معلق بر واکس سطح برگ عمدتاً وابسته به ترکیب شیمیایی ذرات است (۲۲). با این حال، در مطالعات انجام شده تخریب موم سطحی در معرض گاز خروجی آگزوز، گزارش شده است که به هیدروکربن‌های آلی و NOx (۵۶)، یا به طور دقیق‌تر، هیدروکربن‌های آروماتیک چربی دوست مرتبط با گازهای خروجی وسیله نقلیه نسبت داده شده است (۴۵).

فتوفیتیزاسیون (Pheophytisation) و سفید شدگی قابل بازگشت شرکت کنند (۴۸).

رنگدانه‌ها به آلاینده‌ای به خصوص پاسخ اختصاصی نمی‌دهند و انواع مختلف آلاینده‌ها و استرس‌های محیطی بر آن تأثیر می‌گذارد (۶). البته کلروفیل b زودتر از کلروفیل a تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۹).

آلاینده‌ها با تولید ROS (گونه‌های اکسیژن فعال) در گیاهان موجب تخریب پراکسیداتیو اجزاء سلولی می‌شوند، ورود آلاینده‌ها از طریق کوتیکول و روزنه ابتدا محتوای کلروفیل را کاهش می‌دهد و سپس به تغییر pH عصاره برگ می‌انجامد (۵۳).

مواد سمی و فلزات سنگین خروجی از آگروز خودروها باعث کاهش رشد و تغییر پارامترهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، آناتومی و بیوشیمیایی گیاه می‌گردند. البته این آلودگی‌ها اثرات طولانی مدتی نیز بر گیاه دارند. بدین صورت که با تأثیر بر مقادیر  $CO_2$ ، شدت نور، دما و رسوب شیمیایی بر گیاه تأثیر می‌گذارند (۳۲).

گیاهانی که در امتداد جاده‌ها رشد می‌کنند سرب و فلزات سمی دیگر را در بافت‌های برگ یا سلول‌هایشان انباشته می‌کنند (۵۴)، بنابراین بررسی آناتومی و مورفولوژی یک برگ در تشخیص آلاینده‌های آزاد شده از آگروز ماشین مفید است (۳۸).

ورود سرب و فلزات سمی دیگر به درون سیستم گیاه از منفذ روزنه‌ها باعث اختلال در فعالیت فیزیکی گیاه شده و فلزات باعث غیرطبیعی شدن کروموزومی و کاهش در سرعت تقسیم سلول می‌شوند (۳۶).

آلاینده‌هایی مانند  $SO_2$  و  $NO_2$  با تولید یون‌های سولفیت، بی‌سولفیت و  $H^+$  سبب اسیدی شدن خاک می‌شوند (۵۱).

غلظت بالای یون هیدروژن در خاک‌های اسیدی منجر به آزاد شدن یون‌های مختلف از قبیل پتاسیم، منیزیم، کلسیم،

منگنز و آلومینیم به محلول خاک می‌شود که توسط گیاهان جذب می‌شوند (۳۵).

یکی از شایع‌ترین تغییراتی که در حضور فلزات سنگین در گیاهان ایجاد می‌شود کاهش محتوای کلروفیل است، در شرایط حضور فلزات سنگین، جایگزینی عناصر جیوه، مس، کادمیم، نیکل، روی و سرب در کلروفیل به جای منیزیم منجر به کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (۳۴).

طبق مطالعات انجام شده فلزات سنگین از یک سو آسیب‌های اکسیداتیو را القا می‌کنند و از سوی دیگر رقابت‌کننده مؤثری برای کوفاکتورهای فلزی ضروری (آهن) هستند که در بیوسنتز کلروفیل نقش دارند (۲۱).

همچنین در این گیاهان کاهش محتوای کلروفیل را می‌توان به مهار جذب آهن که توسط این فلزات القا می‌شود نسبت داد، که این امر بدلیل نیاز آهن برای ساخت کلروفیل است (۳۹).

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص شد که تنش آلودگی ناشی از احتراق سوخت بنزین و CNG در موتور وسایل نقلیه که آلاینده‌هایی مانند ازن، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید کربن و ذرات معلق را در بر دارد، بر کلیه پارامترهای رشدی از قبیل طول، وزن و سطح برگ و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه ذرت مانند رنگدانه‌های فتوسنتزی اثر منفی دارد، همچنین آلاینده‌های آگروزی سبب کاهش محتوای فلز آهن شده ولی باعث افزایش جذب و تجمع فلزات سنگینی همچون روی و منگنز می‌شوند، همچنین تأثیر آلاینده‌های ناشی از احتراق بنزین بر کلیه پارامترهای رشدی از قبیل طول، وزن و سطح برگ و همچنین بر شاخص‌های فیزیولوژیکی همچون محتوای رنگدانه‌ای و فلزات سنگین گیاه ذرت بیش از آلاینده‌های ناشی از احتراق CNG می‌باشد.

در این تحقیق آلودگی‌های آگروزی ناشی از وسایل نقلیه

ریز مغذی‌ها از دسترس گیاه و پیری برگ‌ها می‌شوند (۳۰).

ازون بعنوان یک اکسید کننده قوی سبب ایجاد بیماری‌هایی مانند کلروزیز و نکروزیز در گیاهان می‌شود که بیشتر در برگ‌های مسن و معمولاً بین رگبرگ‌ها در سطح فوقانی برگ ایجاد می‌شوند (۳۳).

نکروز و تغییر رنگ برگ‌ها شایعترین علامت سمیت فلزات سنگین می‌باشد که به ترتیب به علت تولید انواع فعال اکسیژن، تخریب سلول‌ها، کاهش فتوسنتز و افزایش ترکیبات فنولی است (۷).

گازهای ازون،  $SO_2$  و  $NO_2$  سبب کاهش سطح برگ در گیاهان تحت تنش آلودگی هوا می‌شوند (۵۰).

هیدروکربن‌های آلی و  $NO_x$ ‌های خروجی از آگزوز خودرو سبب تخریب موم سطح برگ می‌شوند (۵۶).

همچنین در این مطالعه آلودگی آگزوزی ناشی از وسایل نقلیه به ویژه در تیمار با غلظت‌های بالای دود حاصل از احتراق سوخت بنزین سبب کاهش شدید محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه ذرت شد که علت آن می‌تواند موارد زیر باشد:

آلاینده‌های  $SO_2$  و ازون با تولید ROS (گونه‌های اکسیژن فعال) سبب مهار بیوسنتز کلروفیل و تخریب پراکسیداتیو اجزای سلولی می‌شوند (۲۹).

انحلال  $SO_2$  در آب درون بافتی برگ در غشاء تیلاکوئید سبب آماس کلروپلاست و کاهش کلروفیل می‌شود (۲۰).

کاهش محتوای کلروفیل مرتبط با گسترش آسیب و بیماری در برگ‌ها به علت گازهای  $NO_2$  و  $SO_2$  است زیرا این گازها بر ساختار سلولی، کلروپلاستی و سطوح کلروفیل تأثیر گذار هستند (۲۶).

القای تولید اتیلن توسط NO و ازون باعث فعال شدن ژن‌های خزان و تخریب رنگدانه‌ها می‌شود (۴۳، ۴۴، ۵۸).

منجر به کاهش در طول و وزن تر و خشک برگ در گیاه ذرت گردید و تأثیر آلاینده‌های ناشی از احتراق بنزین بر طول و وزن تر و خشک برگ در گیاه ذرت بیش از آلاینده‌های ناشی از احتراق CNG می‌باشد. و علت این تأثیرات می‌تواند موارد ذیل باشد:

شرایط محیطی آلوده موجب کاهش رشد و بیومس می‌شود، که کاهش رشد به علت اثر بر مبادلات گازی برگ است، البته گیاهان تحت تنش برای مقاومت به آلودگی هوا و اکس‌های اپی کوتیکولی بیشتری تولید می‌کنند (۲۷).

$SO_2$  که یکی از گازهای انتشاری از اتومبیل‌هاست به ویژه در کاهش ارتفاع گیاهان نقش دارد، اتصال ازون و  $SO_2$  موجب کاهش قابل توجه در ماده خشک ریشه و شاخه در گیاهان گوجه‌فرنگی می‌شود، کاهش انباشتگی بیومس در گیاه گندم به علت سطوح بالای  $SO_2$  می‌باشد، این گاز سبب کاهش در ارتفاع و تعداد ساقه‌ها و برگ‌ها می‌شود، افزایش ازون موجب کاهش ۱۵ درصدی در بیومس گیاهان گندم می‌شود. همچنین کاهش شدت فتوسنتز و میزان رشد گیاه به علت وجود گاز ازون در بین آلاینده‌هاست که کاهش رشد به علت گاز ازون اغلب مرتبط با کاهش در فتوسنتز است (۱۲، ۵۰).

دریافت بیشتر آلاینده  $SO_2$  با تداخل در فرآیند‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی کاهش رشد گیاهان را در پی دارد (۱۳).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آلاینده‌های آگزوزی ناشی از وسایل نقلیه با افزایش غلظت موجب کاهش سطح برگ و نیز زرد شدن تدریجی برگ به ویژه در گیاهانی که در معرض آلاینده‌های ناشی از احتراق بنزین و با غلظت‌های بالا قرار گرفته بودند، شدند. با افزایش غلظت CNG نیز سطح برگ گیاه ذرت کاهش یافته و زردی برگ فزونی یافت. که علت اثرات فوق می‌تواند موارد ذیل باشد:

آلاینده‌ها با افزایش نفوذ پذیری سبب از دست رفتن آب و

(۲۳،

محتوای کلروفیل در تنش فلزات به بازدارندگی فعالیت آنزیم‌های مسئول در بیوسنتز کلروفیل وابسته است (۱).

در این تحقیق آلودگی آگزوزی ناشی از وسایل نقلیه به ویژه در تیمار با غلظت‌های بالای دود حاصل از احتراق سوخت بنزین سبب کاهش محتوای فلز آهن و نیز افزایش محتوای فلزاتی مانند روی و منگنز در مقایسه با گیاهان شاهد شد، علت کاهش محتوای آهن و افزایش محتوای روی و منگنز می‌تواند موارد ذیل باشد:

اسیدی شدن خاک به علت آلاینده‌هایی مانند  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_2$  که سبب افزایش دسترسی و جذب فلزات سنگین می‌شود. غلظت بالای یون هیدروژن در خاک‌های اسیدی منجر به آزاد شدن یون‌های مختلف از قبیل پتاسیم، منیزیم، کلسیم، منگنز و آلومینیم به محلول خاک می‌شود که توسط گیاهان جذب می‌شوند (۳۵).

جایگزینی عناصر جیوه، مس، کادمیم، نیکل، روی و سرب در کلروفیل به جای منیزیم و القای مهار جذب آهن توسط این فلزات منجر به کاهش محتوای کلروفیل و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (۲۱، ۳۴، ۳۹).

### تشکر و قدردانی

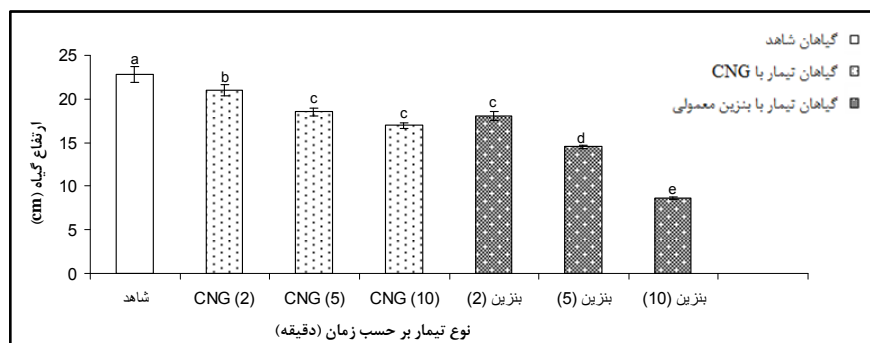
مقاله حاضر نتیجه پروژه ای است که با حمایت دانشکده علوم زیستی دانشگاه خوارزمی انجام گردید که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

مکانیسم آسیب دیگر احتمالاً از طریق تخریب کلروفیل بدلیل اسیدی شدن برگ بر اثر مونواکسید نیتروژن است. آلاینده  $\text{NO}_x$  که از روزه عبور می‌کند و به اتاقت زیر روزه وارد می‌شود در لایه مرطوب سطح سلول‌ها یعنی آپوپلاست حل شده و به اسید نیتریک و اسید نیتروز تبدیل می‌شود (۱۴). سپس،  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{NO}_2^-$  به همراه  $\text{NO}_3^-$  ای که از آوند چوبی می‌آید از غشا عبور می‌کند و به سیتوپلاسم وارد می‌شود و در آنجا، توسط آنزیم نیتريت ریداکتاز به  $\text{NH}_4^+$  تبدیل و در ساخت اسیدهای آمینه استفاده می‌شود. این واکنش‌ها موجب تغییر pH سلول می‌شوند (۱۷). پژوهش‌ها نشان داده است کلروفیل به اسیدیته بسیار حساس است و یون  $\text{Mg}^{2+}$  مولکول کلروفیل در محیط اسیدی به وسیله  $\text{H}^+$  جایگزین شده و منجر به تخریب کلروفیل به فتوفیتین می‌شود (۵۲).

کاهش محتوای کلروفیل ممکن است به علت افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از حضور فلزات سنگین و در نتیجه اکسیداسیون شدید دستگاه فتوشیمیایی، همچنین کاهش تراکم و اندازه کلروپلاست‌ها و نیز کمبود آهن و فسفر باشد (۸، ۳۵).

فلزات سنگین از فرایندهای متابولیکی گیاهان بواسطه بازدارندگی فعالیت آنزیم‌ها جلوگیری می‌کنند. کاهش

### نتایج حاصل از اندازه‌گیری ارتفاع گیاه

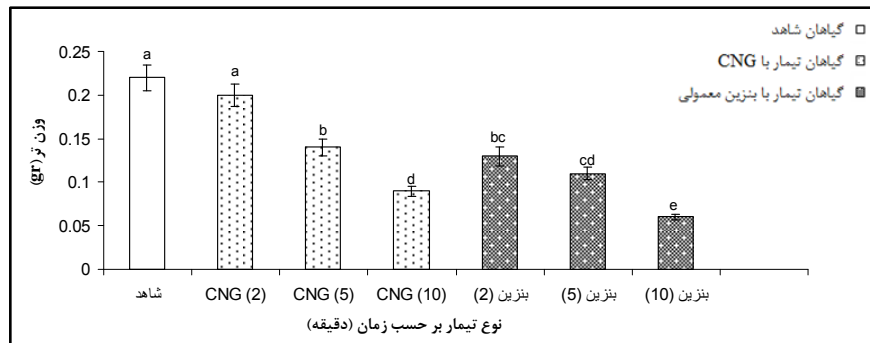


نمودار ۱ - مقایسه ارتفاع گیاهان شاهد و تیمار بر حسب سانتیمتر (cm)



با توجه به نمودار ۱ بیشترین طول برگ در گیاهان شاهد و سپس در گیاهان تیمار با CNG2 (گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق گاز CNG به مدت ۲ دقیقه) دیده می‌شود و CNG5 و CNG10 از نظر طول برگ تقریباً مشابه می‌باشند. گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز از نظر میانگین طول پایین‌تر از گیاهان تیمار با CNG بوده و گیاهان تیمار با PET2 (گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین به مدت ۲ دقیقه) تقریباً هم سطح با گیاهان تیمار با CNG5 و CNG10 بوده و گیاهان تیمار با PET5 از نظر طولی پایینتر از گیاهان تیمار با PET2 و گیاهان تیمار با PET10 نیز پایینتر از گیاهان تیمار با PET5 می‌باشند.

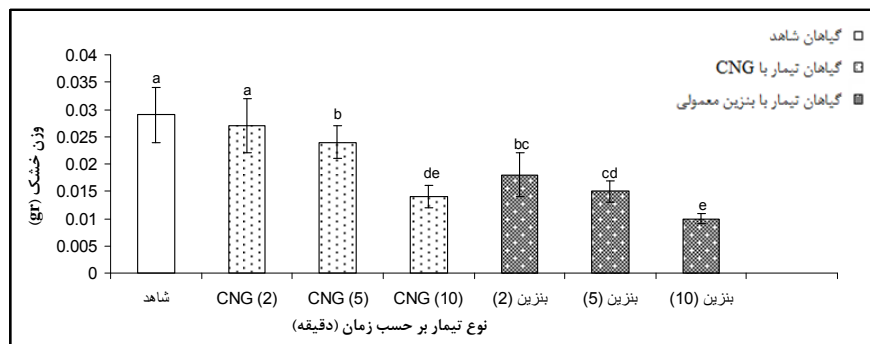
### نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن تر برگ



نمودار ۲ - مقایسه وزن تر برگ در گیاهان شاهد و تیمار بر حسب گرم (gr)

طبق نمودار ۲ وزن تر برگ در گیاهان شاهد بیشتر از گیاهان تیمار است، و وزن گیاهان تیمار با CNG2 اندکی کمتر از گیاهان شاهد می‌باشد. میانگین وزنی گیاهان تیمار با CNG5 کمتر از CNG2 و نیز میانگین وزنی گیاهان تیمار با CNG10 کمتر از CNG5 می‌باشد. نسبت وزنی گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین کمتر از گیاهان تیمار با CNG بوده به طوری که PET2 کمتر از CNG5 بوده و PET5 کمتر از PET2 می‌باشد، PET10 نیز از نظر میانگین وزن در انتهای این طیف قرار دارد.

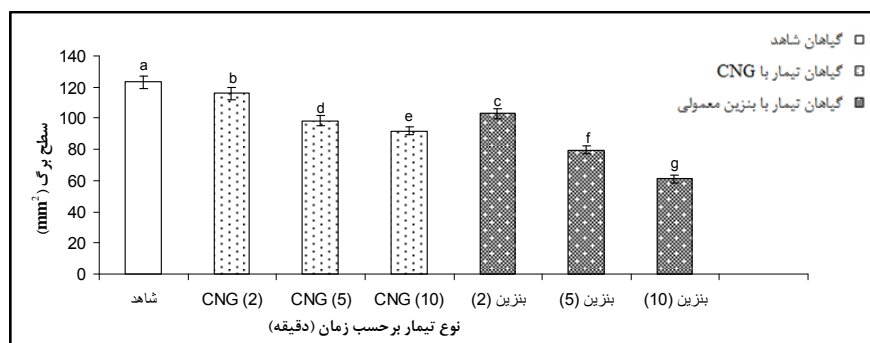
### نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن خشک برگ



نمودار ۳ - مقایسه وزن خشک برگ در گیاهان شاهد و تیمار بر حسب گرم (gr)

با توجه به نمودار ۳ میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با CNG2 و شاهد تقریباً در یک سطح قرار داشته و میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با CNG5 کمتر از آنها می‌باشد همچنین میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با CNG10 نیز کمتر از گیاهان تیمار با CNG5 بوده به طوری که اختلاف میانگین وزنی برگ گیاهان تیمار با CNG10 و CNG5 بیشتر از اختلاف میانگین وزنی برگ گیاهان تیمار با CNG2 و CNG5 می‌باشد. در گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با PET2 کمتر از میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با CNG5 و میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با PET5 کمتر از میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با PET2 بوده و اندکی از گیاهان تیمار با CNG10 بیشتر می‌باشد و میانگین وزن خشک برگ گیاهان تیمار با PET10 در سطحی پایین‌تر از تمام گیاهان تیمار و شاهد قرار دارند.

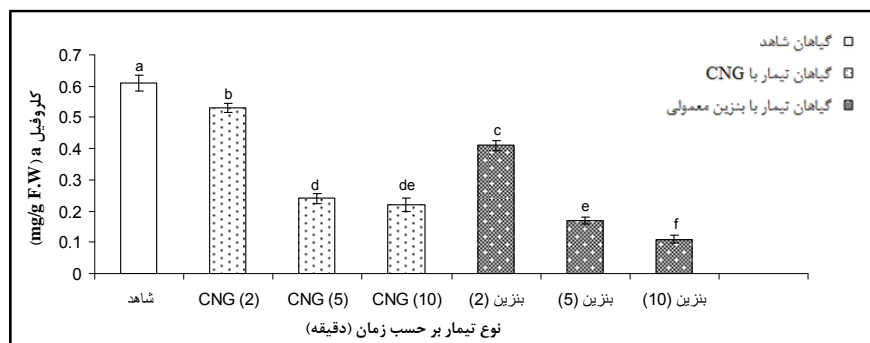
## نتایج حاصل از اندازه‌گیری سطح برگ



نمودار ۴ - مقایسه سطح برگ گیاهان شاهد و تیمار بر حسب میلی متر مربع (mm<sup>2</sup>)

طبق نمودار ۴ بیشترین سطح برگ در گیاهان شاهد و سپس در گیاهان تیمار با CNG2 دیده می‌شود و میانگین سطح برگ گیاهان تیمار با CNG5 و CNG10 پایینتر از دو مورد قبل بوده با ذکر این مطلب که گیاهان تیمار با CNG5 و CNG10 اختلاف کمی با یکدیگر از نظر میانگین سطح برگی داشته و میانگین سطح برگ گیاهان تیمار با CNG10 کمی پایین تر از گیاهان تیمار با CNG5 می‌باشد. در مورد گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز میانگین سطح برگ گیاهان تیمار با PET2 کمتر از میانگین سطح برگ گیاهان تیمار با CNG2 می‌باشد همچنین میانگین سطح برگ گیاهان تیمار با PET5 کمتر از میانگین سطح برگ گیاهان تیمار با PET2 بوده و در نهایت در انتهای این طیف گیاهان تیمار با PET10 در سطح پایین تری قرار می‌گیرند.

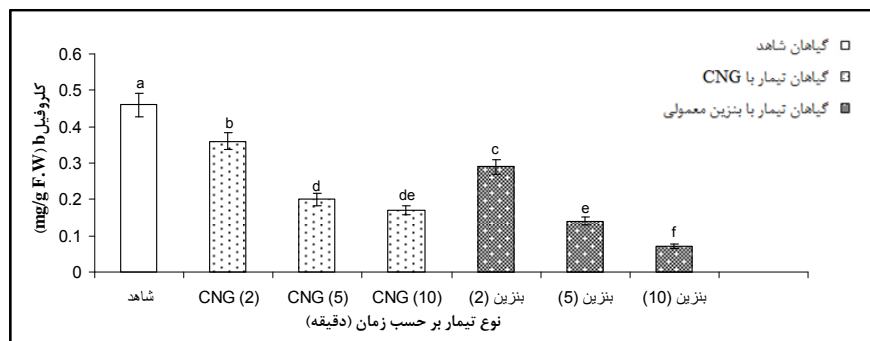
## نتایج حاصل از سنجش محتوای کلروفیل a



نمودار ۵ - مقایسه محتوای کلروفیل a گیاهان شاهد و تیمار بر حسب (mg/g F.W)

بر اساس نمودار ۵ محتوای کلروفیل a در گیاهان شاهد بیشترین مقدار را داشته و گیاهان تیمار با CNG2 از نظر میانگین محتوای کلروفیل a در سطح پایین تری می‌باشند، محتوای کلروفیل a در گیاهان تیمار با CNG5 و CNG10 تقریباً یکسان بوده و کمتر از محتوای کلروفیل a در گیاهان تیمار با CNG2 می‌باشند. در گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز محتوای کلروفیل a در گیاهان تیمار با PET2 کمتر از محتوای کلروفیل a در گیاهان تیمار با CNG2 بوده و میانگین محتوای کلروفیل a در گیاهان تیمار با PET5 نیز بسیار پایین تر از محتوای کلروفیل a در گیاهان تیمار با PET2 می‌باشد و در ادامه نیز گیاهان تیمار با PET10 و در پایین ترین سطح از نظر محتوای کلروفیل a در این مجموعه قرار دارند.

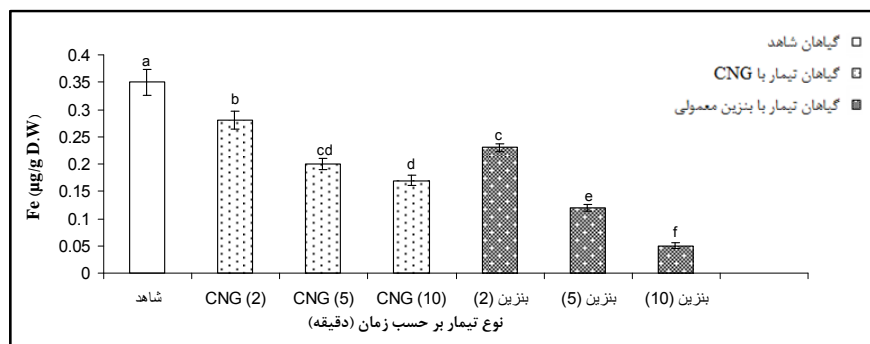
## نتایج حاصل از سنجش محتوای کلروفیل b



نمودار ۶ - مقایسه محتوای کلروفیل b گیاهان شاهد و تیمار بر حسب (mg/g F.W)

با توجه به نمودار ۶ میانگین محتوای کلروفیل b در گیاهان شاهد حداکثر مقدار را داشته و گیاهان تیمار با CNG2 نسبت به آن محتوای کلروفیل b کمتری دارند گیاهان تیمار با CNG5 و CNG10 نیز میانگین محتوای کلروفیل b بسیار کمتری نسبت به نمونه های شاهد دارند و میانگین محتوای کلروفیل b تقریباً یکسانی دارند و گیاهان تیمار با CNG10 اندکی از گیاهان تیمار با CNG5 محتوای کلروفیل b کمتری دارند. در گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز محتوای کلروفیل b در گیاهان تیمار با PET2 نسبت به گیاهان شاهد و گیاهان تیمار با CNG2 پایین تر بوده و گیاهان تیمار با PET5 و PET10 از نظر میانگین محتوای کلروفیل b بترتیب پایین تر از آن قرار می گیرند و گیاهان تیمار با PET10 از نظر میانگین محتوای کلروفیل b پایین تر از گیاهان تیمار با PET5 قرار می گیرند.

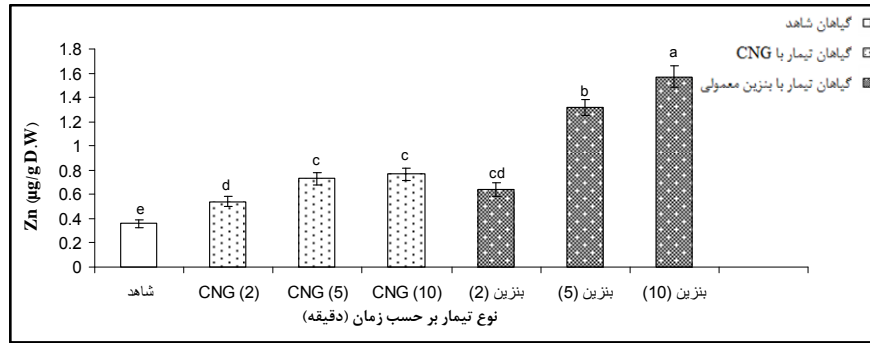
#### نتایج حاصل از سنجش محتوای فلز آهن



نمودار ۷ - مقایسه محتوای فلز آهن در برگ گیاهان شاهد و تیمار بر حسب (µg/g D.W)

بر اساس نمودار ۷ مربوط به میانگین محتوای فلز آهن، گیاهان شاهد بالاترین مقدار محتوای فلز آهن را داشته و گیاهان تیمار با CNG2 از نظر میانگین محتوای فلز آهن پایین تر از گیاهان شاهد می باشند همچنین گیاهان تیمار با CNG5 نیز از نظر محتوای فلز آهن پایین تر از گیاهان تیمار با CNG2 بوده و گیاهان تیمار با CNG10 از این نظر از گیاهان تیمار با CNG5 نسبتاً پایین تر می باشند ولی میانگین محتوای فلز آهن این دو تیمار اختلاف زیادی با هم ندارند. همچنین در گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز میانگین محتوای فلز آهن در گیاهان تیمار با PET2 کمتر از گیاهان شاهد و تیمار با CNG2 بوده و میانگین محتوای فلز آهن در گیاهان تیمار با PET5 پایین تر از آن می باشد. همچنین میانگین محتوای فلز آهن در گیاهان تیمار با PET10 در سطح پایین تری قرار دارد.

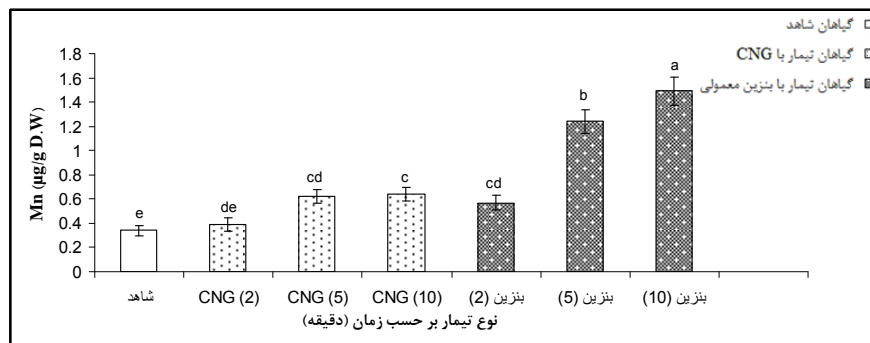
#### نتایج حاصل از سنجش محتوای فلز روی



نمودار ۸ - مقایسه محتوای فلز روی در برگ گیاهان شاهد و تیمار بر حسب (µg/g D.W)

با توجه به نمودار ۸ محتوای فلز روی در گیاهان شاهد حداقل مقدار را داشته و گیاهان تیمار با CNG2 از این نظر بالاتر از آن قرار دارند، میانگین محتوای فلز روی در گیاهان تیمار با CNG5 نیز تقریباً همسطح با گیاهان تیمار با CNG10 بوده و بالاتر از گیاهان تیمار با CNG2 قرار دارد. در گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز محتوای فلز روی در PET2 نسبتاً بیشتر از CNG2 و در PET5 با اختلاف قابل ملاحظه‌ای، بیشتر از PET2 می‌باشد و در گیاهان تیمار با PET10 میانگین محتوای فلز روی بیشترین مقدار را دارد.

#### نتایج حاصل از سنجش محتوای فلز منگنز



نمودار ۹ - مقایسه محتوای فلز منگنز در برگ گیاهان شاهد و تیمار بر حسب (µg/g D.W)

بر اساس نمودار ۹ محتوای فلز منگنز در گیاهان شاهد کمترین مقدار را دارد گیاهان تیمار با CNG2 از لحاظ فاکتور میانگین محتوای فلز منگنز به مقدار جزئی، بالاتر از گیاهان شاهد می‌باشند، گیاهان تیمار با CNG5 و CNG10 از نظر میانگین محتوای فلز منگنز تقریباً در یک سطح قرار داشته و از گیاهان تیمار با CNG2 بالاتر می‌باشند. همچنین در گیاهان تیمار با دود حاصل از احتراق بنزین نیز میانگین محتوای فلز منگنز در گیاهان تیمار با PET2 بیشتر از گیاهان شاهد و تقریباً هم سطح با گیاهان تیمار با CNG5 بوده و گیاهان تیمار با PET5 و PET10 میانگین محتوای فلز منگنز بسیار بالاتری داشته و گیاهان تیمار با PET10 از گیاهان تیمار با PET5 میانگین محتوای فلز منگنز بالاتری دارد.

#### منابع

- اصلائی، ف.، خاوری نژاد، ر.، نجفی، ف. ۱۳۹۴. اثر غلظت‌های مختلف دی‌کرومات پتاسیم بر رشد و محتوای برخی از آنتی‌اکسیدانها در گیاه ذرت (*Zea mays L.*). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۸، شماره ۲: ۲۹۶-۲۸۵.
- باکند، ز.، بخشی‌خانیکی، غ.، قربانلی، م.، منفرد، الف. ۱۳۸۶. بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران بر وزن تر و خشک، غلظت پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، تعداد روزنه، کرک و سلول‌های اپیدرمی در دو گیاه خرزهره (*Nerium oleander L.*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia L.*) پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۷: ۳۴-۲۸.

- ۳- تعالی، ل.، ۱۳۸۹. بررسی سیتو هیستولوژیکی اندام زایشی نر گیاه ذرت و اثرات آرزوی زایی دانه گرده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم - تهران.
- ۴- جنیدی جعفری، الف.، ۱۳۸۱. بررسی مقایسه ای آلاینده های خروجی از آگزوز خودروهایی بنزینی و دیزلی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، سال نهم شماره ۴: ۴۳-۴۹.
- ۵- حقانی، س.، ۱۳۹۰، راهنمای ذرت. نشریه داخلی واحد فنی شرکت توسعه کشاورزی هزاره سوم، شماره ۲.
- ۶- رفیعی، ز.، میر غفاری، ن.، متین خواه، ح. ۱۳۹۳، تعیین معیار های زیستی نشان دهنده تنش آلودگی هوا بر درخت چنار (*Platanus orientalis* L.). نشریه محیط زیست طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۱: ۶۵-۷۸.
- ۷- زرین کمر، ف.، قلیچ، س.، لباسچی، م.ح. ۱۳۹۲. تغییرات ساختار برگ گونه *Hypericum perforatum* L. تحت تیمار سرب uptake by vegetation controlled by atmospheric concentrations and plant stomatal aperture. *Atmospheric Environment*. 45: 5742-5750.
- 11- Ackerly, D.D., Bazzaz, F.A. 1995. Plant-growth and reproduction along CO<sub>2</sub> gradients – nonlinear responses and implications for community change. *Global Change Biology*. 1: 199–207.
- 12- Agrawal, M., Deepak, S.S. 2003. Physiological and biochemical responses of two cultivars of wheat to elevated levels of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> singly and in combination. *Environmental Pollution*. 121: 189-197.
- 13- Agrawal, M., Singh, B., Agrawal, S.B., Bell, J.N.B., Marshall, F. 2006. The effect of air pollution on yield and quality of mungbean grown in periurban areas of Varanasi. *Water, Soil Pollution*. 169: 239-254.
- 14- Bell, J.N.B., Treshow, M. 2003. Air pollution and plant life. In John Wiley and Sons Ltd.
- 15- Bempah, C.K., Boateng, J., Asomaning, J., Asabere, S.B. 2012. Heavy metals contamination in herbal plants from some Ghanaian markets. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2(3): 886-896.
- 16- Cape, J.N. 1994. Evaluation of pollutant critical levels from leaf surface characteristics. In: Percy, K.E., Cape, J.N., Jagels, R., Simpson, C.J. (Eds.), *Air Pollutants and the Leaf Cuticle*. Springer-Verlag, Berlin. pp: 123-138.
- 17- Chaparro-Suarez, I.G., Meixner, F.X., Kesselmeier, J. 2011. Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)
- 18- زرین کمر، ف.، قلیچ، س.، نیکنام، و. ۱۳۹۴. بررسی میزان انباشتگی سرب و تأثیر آن بر فعالیت آنزیم پراکسیداز، محتوای ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در مرحله جوانه زنی در گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۸، شماره ۱: ۱۷۴-۱۶۴.
- ۹- سید نژاد، م.، کرمی زاده، ف.، واعظی، ح.، یوسفی، م. ۱۳۹۱. بررسی اثر آلودگی هوا بر خصوصیات فیزیولوژیکی، تشریحی و ریخت‌شناسی دو گونه گیاهی پنیرک گل ریز (*Malva parviflora*) و جو هرز (*Hordeum glaucum*) در منطقه صنایع فولاد اهواز. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵، شماره ۴: ۱۱۶-۱۰۵.
- ۱۰- مظفریان، و. ۱۳۹۱، شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، تهران.
- 18- Chauhan, A. 2010. Photosynthetic Pigment changes in some selected trees induced by Automobile Exhaust in Dedradum, Uttarakhand. *New York Science Journal*. 3(2).
- 19- Chauhan, A., Joshi, P.C. 2010. Effect of ambient air pollutants on wheat and mustard crops growing in the vicinity of urban and industrial areas. *New York Science Journal*. 3(2).
- 20- Chouhan, A., Iqbala, S., Maheshwarbi, R.S., Bafnab, A. 2011. Study of Effect of Air Pollution on Photosynthetic Pigment of Some Plants Growing in Pithampur Industrial Area, Dhar (M.P.). *International journal Current Scientific Research*. 1(4): 187-190.
- 21- Erdei, S., Hegedus, A., Hauptmann, G., Szali, J., Horvath, G. 2002. Heavy metal induced physiological changes in the antioxidative system. *Acta Biologica Szegediensis*. 46(3-4): 89-90.
- 22- Eveling, D.W. 1969. Effects of spraying plants with suspensions of inert dusts. *Annals of Applied Biology*. 64: 139–151.
- 23- Gan, S. 2005. *Senescence processes in plants*. CRC press. 532pp.
- 24- Gomez KA, Gomez AA. 1984. *Statistical procedures for agricultural research* (2<sup>nd</sup> edition). New York: John Wiley and Sons.

- 25- Grantz, D.A., Garner, J.H.B., Johnson, D.W. 2003. Ecological effects of particulate matter. *Environment International*. 29: 213-239.
- 26- Hamid, N., Jawid, F. 2009. Effect of short-term exposure of two different concentrations of sulphur dioxide and Nitrogen dioxide mixture on some Biochemical parameter of soybean (*Glycine max* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 41(5): 2223-2228.
- 27- Hollenbach, B., Schreiber, L., Hartung, W., Dietz, K.J. 1997. Cadmium leads to stimulated expression of the lipid transfer protein genes in barley: Implications of the involvement of lipid transfer proteins in wax assembly. *Planta*. 203: 9-19.
- 28- Honour, S.L., Bell, J.N.B., Ashenden, T.W., Cape, J.N., Power, S.A. 2009. Responses of herbaceous plants to urban air pollution: Effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. *Environmental Pollution*. 157: 1279-1286.
- 29- Joshi, U.N., Arora, S.K., Luthra, Y.P. 1993. SO<sub>2</sub> induced changes in CO<sub>2</sub> fixation and photosynthetic pigments in sorghum bicolor leaves. *Annals of Biology* 9, 102-108.
- 30- Kuddus, M., Kumari, R., Ramteke, P.W. 2011. Studies on air pollution tolerance of selected plants in Allahabad City, India. *E3 Journal of Environmental Research and Management*. 2(3): 042-046.
- 31- Kunzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak Jr, F., Puybonnieux- Texier, V., Quantel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J.C., Sommer, H. 2000. Public health of outdoor and traffic- related air pollution: an European assessment. *Science Direct*. 356: 795-801.
- 32- Leghari, S., Asrar zaidi, M. 2013. Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of quetta city. *Pak. J. Bot* 45(S1). 447-454.
- 33- Li, Y., Li, C., Zheng, Y., Wu, G., Wuyun, T., Xu, H., He, X., Jiang, G. 2011. Cadmium Pollution enhanced ozone damage to winter wheat: Biochemical and physiological evidences. *Journal of Environmental Sciences*. 23(2): 1-11.
- 34- Marciol, L., Assolari, S., Sacco, P. 2004. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) on multi contaminated soil. *Environmental Pollution*. 132: 21-24.
- 35- Mishra, S., Srivastava, S., Govindarajan, R., Kuriakose, S., Prasad, M. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidant during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant physiology and Biochemistry*. 44(1): 25-37.
- 36- Monn, C.H., Braendli, O., Schaeppi, G., Schindler, C.H., Ackermann-Liebrich, U., Leuenberger, P.H., and sapaldia Team. 1995. Particulate matter accumulation <10 μm (PM10) and total suspended particulates (TSP) in urban, rural and alpine air in Switzerland. *Atmospheric Environment*. 29: 2565-2573.
- 37- Nawazish, Sh., Hussain, M., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Jamil, A. 2012. Effect of Automobile Related Metal Pollution (Pb<sup>2+</sup> & Cd<sup>2+</sup>) on some Physiological Attributes of Wild Plants. *International Journal of Agriculture & Biology*. 14(6): 953-958.
- 38- Pal, A., Kulshreshtha, K., Ahmad, K J., Behl, H. M. 2002. Do leaf surface characters play a role in plant resistance to auto exhaust pollution?. *Flora*. 197: 47-55.
- 39- Pandey, N., Sharma, C.P. 2002. Effect of heavy metals Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> on growth and metabolism of Cabbage. *Plant Science*. 163: 753-758.
- 40- Procházková, D., Wilhelmová N. 2011. Nitric oxide, reactive nitrogen species and associated enzymes during plant senescence. *Nitric Oxide*. 24: 61-65.
- 41- Rai, R., Rajput, M., Agrawal, M. 2011. Gaseous air pollutants: A review on current and future trends of emission and impact on agriculture. *Journal of Scientific Research*. 55: 77-102.
- 42- Saadabi, A. 2011. Effects of Auto-exhaust pollution on the Micro-Morphology and leaf Epidermal Features of Ornamental Plants in Khartoum, Sudan. *Journal of Applied Sciences Research*. 7(3): 270-273.
- 43- Sakuraba, Y., Kim, Y., Yoo, S.C., Hörtensteiner, S. Paek, N.C. 2013. 7-Hydroxymethyl chlorophyll a reductase functions in metabolic channeling of chlorophyll breakdown intermediates during leaf senescence. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 430: 32-37.
- 44- Sarwat, M., Naqvi, A.R., Ahmad, P., Ashraf, M., Akram, N.A. 2013. Phytohormones and microRNAs as sensors and regulators of leaf senescence: Assigning macro roles to small molecules. *Biotechnology Advances*. 31(8): 1153-1171.

- 45- Sauter, J.J., Pambor, L. 1989. The dramatic corrosive effect of roadside exposure and of aromatic hydrocarbons on the epistomatal wax crystalloids in spruce and fir – and its significance for the ‘Waldsterben’. European Journal of Forest Pathology. 17: 444-448.
- 46- Seyyednejad, S.M., Koochak, H. 2011. A Study on Air Pollution effects on *Eucalyptus Camaldulensis*. International Conference on Environmental, Biomedical and biotechnology IPCBEE Vol. 16.
- 47- Shafiq, M.M.Z., Iqbal Athar, M., Qayyum, M. 2009. Effect of auto exhaust emission on the phenology of *Cassia siamea* and *Peltophorum pterocarpum* growing in different areas of Karachi. African Journal of Biotechnology. 8(11): 2469-2475.
- 48- Sharma, A.P., Tripathi, B.D. 2009. Biochemical responses in tree foliage exposed to coal-fired power plant emission in seasonally dry tropical environment. Environmental Monitoring and assessment. 158: 197-212.
- 49- Sindhu, S., Graham, J., Striebich R. 2001. Semivolatile and particulate emissions from the combustion of alternative diesel fuels. Chemosphere. 42(5-7): 681-690.
- 50- Singh, B., Agrawal, M. 2003. Impact of stimulated acid rain on growth and yield of two cultivar of wheat. Water, Air and soil pollution. 152: 71-80.
- 51- Sonwane, N.C., Chavan, B.L. 2011. Leaf cuticular features as indicators of air pollution. Deccan Current Science. 05: 294-298.
- 52- Thimann, K.V. 1983. Senescence in plants. CRC press, 456pp.
- 53- Tiwari, S. 2012. Foliar Response of two species of Cassia to Heavy Air Pollution load at Indore city, India. Research Journal of Recent sciences. 1: 329-332.
- 54- Tong, S.T.Y. 1991. The retention of copper and lead particulate matter in plant foliage and forest soil. Environmental International. 17: 31-37.
- 55- Venkatesh, S., Gong, W., Kallaur, A., Makar, P., Moran, M., Pabla, B., Ro, C., Vet, R., Burrows, W., Montpetit, R. 2000. Regional air quality modeling in Canada-applications for policy and real-time prediction. Natural Hazarda. 21(2): 101-129.
- 56- Viskari, E.L., Holopainen, T., Karenlampi, L. 2000. Responses of spruce seedlings (*Picea abies*) to exhaust gas under laboratory conditions II: ultrastructural changes and stomatal behaviour. Environmental Pollution. 107: 99-107.
- 57- Wang Y.X., Oyaizu H. 2009. Evaluation of the phytoremediation potential of four plant species for dibenzofuran-contaminated soil. Journal of Hazardous Materials. 168: 760-764.
- 58- Yang, X., Song, J., Campbell-Palmer, L., Fillmore, S., Zhang, Z. 2013. Effect of ethylene and 1-MCP on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and perception during ripening of apple fruit. Postharvest Biology and Technology. 78: 55-66.
- 59- Yuval, E. 1997. Plant glutathione peroxidases. Physiologia Plantarum. 100: 234-240.

## The effect of exhaust emissions stress on morphological and biochemical indices of Corn (*Zea mays var. indentata*)

Karimi B. and Ezzati R.

Plant Science Dept., Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, I.R. of Iran

### Abstract

Exhaust emissions with changes in metabolical and physiological plant systems causing negative changes in morphological, biochemical and physiological indicators. Previous studies have shown that many of the pollutants in exhaust gases in high concentrations, can causing damage in plants. In this study, seedlings of corn (*Zea mays var. indentata*) SC704 variety, after grow, treated time 2, 5 and 10 minutes placed in same situations of temperature, humidity and light in a combustion chamber exposed to the exhaust smoke of gasoline and CNG separately, one group was considered as the control group. The exhaust smoke by interface system was pumping the flow of 5m<sup>3</sup>/s to a chamber that pots were located within. One month after treatment and random measures on sampling and analysis of the resulting data, the findings showed that stress applied exhaust emissions on all growth parameters, such as length, weight and leaf area and biochemical indices corn plant such as photosynthetic pigments has a negative effect, also exhaust emissions are reduced iron content but increase the absorption and accumulation of heavy metals such as zinc and manganese, the effect of different concentrations of emissions from combustion of conventional gasoline on all growth parameters and biochemical indices of corn more than emissions from the combustion of CNG.

**Key words:** Exhaust emissions, Growth parameters, Corn, Photosynthetic pigments, Biochemical indices