

## ارزیابی وضعیت گازهای محیطی و ذرات معلق در محیط اطراف نیروگاه شهید منتظری اصفهان

حمیدرضا رحمانی<sup>۱\*</sup>، بهمن زمانی کبرآبادی<sup>۲</sup>

\*۱- بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۲- فارغ التحصیل مقطع دکترای گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول: rahmani.hrhr@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۳

### چکیده

گازهای مخرب و ذرات خطرناکی که روزانه توسط واحدهای صنعتی در محیط اطراف رها می گردند، یکی از مشکلات امروزه محیط زیست محسوب می شوند. این تحقیق با روش توصیفی - مقطعی و با هدف بررسی غلظت گازهای (SO<sub>2</sub>)، (NO<sub>2</sub>)، (O<sub>3</sub>) و (CO) و ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) و (PM<sub>2.5</sub>) در ایستگاه های مختلف و در ماه های مختلف سال در هوای اراضی اطراف نیروگاه شهید منتظری اصفهان انجام گرفت. نتایج نشان داد بیشترین مقدار آلودگی گازها در ماه های سرد سال و غلظت گازهای (SO<sub>2</sub>)، (NO<sub>2</sub>) و (O<sub>3</sub>) از استاندارد هوای پاک ایران بیشتر بود، که غلظت بالای این گازها اثرات منفی زیادی بر گیاهان زراعی و مرتعی اطراف این نیروگاه دارد. درصد گاز مونوکسید کربن (CO) در بین گازهای محیطی نیروگاه از همه بیشتر بود (۸۸ درصد) که غلظت آن پایین تر از استاندارد هوای پاک ایران بود. ذرات معلق زیر ۲/۵ میکرون و زیر ۱۰ میکرون در کلیه ایستگاه ها زیر حد مجاز قرار داشت. همچنین در بررسی شاخص کیفیت هوا (AQI)، تمامی گازهای محیطی (به جز گاز دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>)) و ذرات معلق در محدوده سالم قرار داشتند.

### کلمات کلیدی

نیروگاه شهید منتظری، ذرات معلق، شاخص کیفیت هوا، دی اکسید گوگرد

## Assessment of environmental gases and particulate matter in the surroundings of Isfahan Shahid Montazeri Power Plant

Hamid Reza Rahmani<sup>1\*</sup>, Bahman Zamani Kebrabadi<sup>2</sup>

\*1. Department of Soil and Water, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

2. Graduate Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

\*Email Address: rahmani.hrhr@gmail.com

### Abstract

Destructive gases and hazardous particles that are released daily by industrial units into the environment are one of the problems in today's environment. This descriptive cross-sectional study aimed to investigate the concentrations of gases (SO<sub>2</sub>), (NO<sub>2</sub>), (O<sub>3</sub>) and (CO) and particulate matter (PM<sub>10</sub>) and (PM<sub>2.5</sub>) at different stations and at different months of the year in the air around the Shahid Montazeri power plant in Isfahan. The results showed that the highest amount of pollutants in the cold months of the year and concentrations of (SO<sub>2</sub>), (NO<sub>2</sub>) and (O<sub>3</sub>) gases were higher than the Iranian air standard, which high concentration of these gases had many negative effects on crop and rangeland surrounding this plant. Carbon monoxide (CO) was the most abundant (88%) of the plant's environmental gases, with a concentration lower than Iran's Air Standard. Suspended particles below 2.5 microns and below 10 microns were below the permissible limit at all stations. Also in the air quality index (AQI) survey, all environmental gases (except SO<sub>2</sub>) and particulate matter were within the safe range.

### Keywords

Shahid Montazeri Power Plant, Suspended Particle, Air Quality Index, Sulfur Dioxide.

## ۱- مقدمه

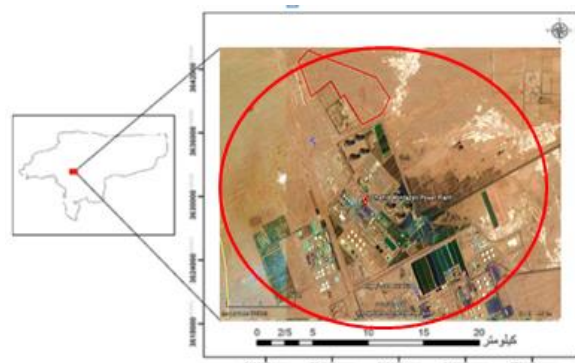
برای چندین ساعت می تواند به برخی از گونه های گیاهی آسیب برساند (Smith, 1990). آلاینده هایی از قبیل ازن بعد از ورود از طریق روزنه به برگ در لایه ی آبکی حل می شود و تولید رادیکال های هیدروکسیل (OH-) و سوپراکسید (O<sub>2</sub>-) و H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> می کند و می تواند از خلال غشاء ها عبور کند و باعث پراکسیداسیون لیپید غشاء و آسیب به ماکرومولکولها شود ( Loreto and Velikova, 2001). ازن باعث تغییر در نفوذپذیری و سیالیت غشاء و همچنین اختلال در تبادل پتاسیم و کلسیم و کار پمپ ATPase می شود (Heath, 2008). تحقیقات نشان می دهد که در آلودگی هوا غلظت SO<sub>2</sub> و NO<sub>2</sub> بافت در مراحل اولیه رشد گیاه هویج بیشتر است ولی در مراحل بعدی رشد، غلظت ازن بافت بیشتر بوده است (Tiwari et al., 2006). آلودگی هوا تولید محصولات و کیفیت غذایی را کاهش می دهد (Jager et al., 1993). Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در اثر آلودگی هوا وزن خشک گیاهان به طور معنی داری کاهش می یابد. در اثر آلاینده های هوا مبادله گازها در سطح برگ کم می شود و سرعت فتوسنتز با مسدود شدن روزنه ها کاهش می یابد (Naidoo Chirkoot, 2004). پژوهشگران نشان دادند که در مناطق آلوده میزان کلروفیل کاهش یافته است (Giri et al., 2013). دی اکسید سولفور، اکسیدهای نیتروژن و آلاینده هایی مانند ازن به عنوان تهدید بزرگی برای محصولات زراعی شناخته می شوند و این گازهای فیتوتوکسیک اهمیت زیادی در افزایش خطر برای سلامت تولید کننده ها و مصرف کنندگان اکوسیستم در مناطق شهری و حومه شهری دارد و این آلاینده ها به عنوان یک عامل بالقوه برای کاهش محصول دهی و کیفیت غذایی گیاهان زراعی به شمار می رود (Kulshreshtha et al., 1994, Ashmore and Marshall, 1999). افزایش آلودگی هوا از یک سو با اثر روی ساختار خود گیاه باعث اختلال در عملکرد بخش های مختلف از جمله کلروفیل می شود و غذاسازی گیاه تضعیف می شود و از سوی دیگر از طریق ایجاد باران های اسیدی، روی خاک اطراف ریشه گیاه اثر می گذارد و باعث کاهش اسیدپته خاک می شود و نزولات اسیدی سبب نشت و خروج مواد مغذی قابل ملاحظه ای از داخل خاک می شود و یون هیدروژن را جانشین مواد غذایی قابل جذب برای گیاه می سازند و pH خاک را اسیدی می کنند (Vallero, 2008). دی اکسید گوگرد به عنوان یک آلودگی هوا عامل اصلی تولید باران اسیدی است که باعث اسیدی شدن می شود و به پوشش های گیاهی جنگل ها، مراتع، محصولات کشاورزی و گیاهان درختی صدمه می زند. دی اکسید گوگرد می تواند تولید گونه های اکسیژن فعال در گیاهان نماید (Bell and Treshow, 2002). آلودگی هوا بر غشاء سلولی و آنزیم ها نیز اثر سوء دارد (Hoseinabadi, 2012). بطور کلی صنایع آلاینده، با تاثیر بر گازهای محیطی و ذرات معلق در هوای اطراف، می توانند تاثیر زیادی بر گیاهان بگذارند، پژوهش حاضر به بررسی گازهای آلاینده و ذرات معلق در ماههای مختلف سال نیروگاه شهید منتظری می پردازد، که در نتیجه با بررسی آلودگی هوای محیط اطراف تاثیر منفی آن بر گیاهان بررسی شود.

هم گام با پیشرفت صنایع در کشورهای در حال توسعه، آلودگی هوا تهدیدی جدی برای سلامت عمومی جامعه قلمداد شده و از این رو در زمره اهم مسایل زیست محیطی و بهداشتی این گونه جوامع قرار گرفته است. منظور از آلودگی ورود عناصر و ترکیبات جدید به محیط یا تغییر نسبت عناصر و ترکیباتی است که به طور طبیعی در محیط وجود دارند (Tripathi and Gautam, 2007). آلودگی هوا بر اساس تعریف عبارتست از وجود هر آلاینده اعم از جامد، مایع و گاز در هوا به مقدار و مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر موجودات زنده به خطر اندازد. میزان حساسیت گیاهان نسبت به آلودگی هوا متفاوت است و موجب تغییراتی مانند تغییر در فرآیندهای بیوشیمیایی و تجمع متابولیت های معین در آنها می شود (Agbaire, 2009). گازهای مخرب و سمی، آلاینده های و ذرات خطرناکی که روزانه توسط دودکش کارخانه ها و نیروگاه ها در محیط اطراف رها می گردند، این گونه جوامع را با چالش زیست محیطی مهمی روبرو ساخته است. یکی از مشکلاتی که امروزه محیط زیست پیرامون شهرهای صنعتی را درگیر نموده است اثرات منفی آلاینده ها بر روی موجودات زنده و گیاهان این مناطق است. شدت جذب آلاینده ها در برخی از گیاهان بنا به ساختار سلولی حساس تر آن ها شدیدتر می باشد و از سویی در خصوص گیاهان دارویی که مصرف خوراکی دارد این اثرات مخرب به انسان انتقال یافته و منجر به بیماری های مختلف می گردد. در تحقیقات عمده ای که در مورد تاثیر مواد آلاینده بر روی پوشش گیاهی مناطق اطراف صنایع در بیشتر نقاط دنیا انجام شده است، به طور واضح تخریب حیات گیاهی در نتیجه ورود مواد متصاعد شده به اثبات رسیده است (Taylor et al., 1978). همان طور که قبلا اشاره شد عبارات متصاعد شده از کارخانه ها شامل بسیاری از عناصر سنگین مانند Mg, Cu, Cr, Hg, Bz, Zn, Pb و همچنین ترکیباتی نظیر فلوریدها، سولفات ها و کلرید است. ورود ترکیبات فوق به چرخه طبیعت از طریق هوا، آب و خاک که به عنوان منابع تغذیه کننده گیاهان هستند و تمرکز آنها در مجاورت گیاهان فعالیت های متابولیکی آنها را در تامین نیازمندی های حیاتشان دچار مشکل می کند. نوسانات زیست محیطی شامل دما، pH، خاک، رطوبت خاک و فرسایش خاک های اطراف در نتیجه عوامل آلوده کننده به وجود خواهد آمد که به همراه آن منابع تامین انرژی برای اجزای مختلف خاک تحت این دگرگونی ها قرار خواهد گرفت و به طور تخصصی تر ارکان حیاتی گیاه نظیر محتویات کلروفیل، فیتوماس، پروتئین، نشاسته و... کاهش شدیدی نشان خواهد داد. بنابراین فعالیت های متابولیکی و آنزیمی گیاهان دچار اختلال شدیدی خواهد شد (Taylor et al., 1978). برای مثال آلودگی هوا باعث افزایش اسید آمینه پرولین می شود (Seyyednejad and Koochak, 2011). از جمله مهمترین آلاینده های هوا که توسط درختان جذب می شوند می توان به CO<sub>2</sub>، NO<sub>2</sub>، CO، O<sub>3</sub> و SO<sub>2</sub> اشاره نمود (Beckett et al., 1998). دی اکسید گوگرد به دو طریق توسط درخت جذب می گردد. یکی از طریق روزنه ها و دیگری از طریق رطوبت سطحی موجود در برگ (Bell and Treshow, 2002). تحقیقات نشان می دهد که تراکم گاز گوگرد دی اکسید

## ۲- روش انجام تحقیق

### • محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه نیروگاه شهید منتظری در ۸ کیلومتری شمال غرب شهر اصفهان در نزدیکی شاهین شهر یکی از نیروگاه‌های ایران با ظرفیت تولید ۱۶۱۶ مگاوات برق است که در زمینی به مساحت ۲/۲ میلیون مترمربع تاسیس شده است. این نیروگاه در کنار پالایشگاه نفت اصفهان و پتروشیمی اصفهان بنا شده تا بتواند پسماندهای پالایشگاه از جمله مازوت یا نفت کوره را به انرژی تبدیل کند. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. همچنین به منظور تأثیر گذاری بادهای غالب منطقه و تأثیر در غلظت گازهای محیطی و ذرات معلق مورد مطالعه گلباد منطقه نیز ترسیم شد (شکل ۲).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. گلباد منطقه مورد مطالعه (آمار ۲۵ ساله هواشناسی استان اصفهان)

این مطالعه توصیفی - مقطعی بوده است. ابتدا به منظور اندازه گیری غلظت آلاینده های هوای اراضی اطراف نیروگاه شهید منتظری (۱۰ ایستگاه) و همچنین در چهار ایستگاه در ضلع های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی نیروگاه به مدت یکسال در پنج دوره در ماههای اسفند (شروع اندازه گیری)، اردیبهشت، مرداد، آذر و اسفند (پایان اندازه گیری) با استفاده از دستگاه های پرتابل اندازه گیری و بررسی شد. سپس با استفاده از نرم افزار Excel و با توجه به جدول استاندارد هوای پاک ارائه شده ایران مصوب سال ۱۳۹۵ تبدیل شدند. در این استاندارد، برای مونوکسید کربن از متوسط غلظت یک ساعته، برای ازن و دی

اکسید ازت از متوسط غلظت سالانه و برای ذرات معلق و دی اکسید سولفور از متوسط غلظت ۲۴ ساعته استفاده گردید (et al., 2005). برای سایر آلاینده ها نیز با توجه با استاندارد (Sobhan Ardakani). وضع شده از روش مشابهی استفاده گردید. سپس با مقایسه غلظت آلاینده ها در نیروگاه شهید منتظری با استاندارد هوای پاک مصوب سال ۱۳۹۵ (جدول ۱) وضعیت گازها و ذرات معلق در هوای نیروگاه مشخص شد. همچنین به منظور تعیین شاخص کیفیت هوای (AQI) اطراف نیروگاه برای سلامت، میانگین غلظت آلاینده ها در طول کل دوره و در هر چهار ایستگاه استفاده شد. در نهایت با استفاده از رابطه ۱ و جدول ۲ مقدار شاخص روزانه برای همه غلظت ها مشخص شد و بالاترین مقدار از بین شاخص ها ی محاسبه شده به عنوان شاخص مسئول انتخاب شد. شاخص AQI بر اساس جدول استاندارد کیفیت بهداشتی هوا در گروه های خوب، متوسط، ناسالم برای گروه حساس، ناسالم، خیلی ناسالم و خطرناک طبقه بندی گردید (Fitz-Simons, 1999). (National ambient air quality standards, 1997). (لازم به ذکر است با شروع تحقیق سوخت نیروگاه از مازوت به گاز تغییر یافته و امکان بررسی در زمان استفاده از سوخت مازوت فراهم نیامد).

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BPHi - BPLo} (CP - BPLo) + I_{Lo}$$

$I_p$ : شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلاینده مورد نظر

$CP$ : غلظت اندازه گیری شده برای آلاینده مورد نظر

$BPHi$ : نقطه شکستگی که بزرگتر یا مساوی  $CP$  است.

$BPLo$ : نقطه شکستگی که کوچکتر یا مساوی  $CP$  است.

$I_{Hi}$ : مقدار AQI منطبق با  $BPHi$

$I_{Lo}$ : مقدار AQI منطبق با  $BPLo$

## ۳- نتایج

میانگین اندازه گیری گازهای محیطی و ذرات معلق هوای نیروگاه شهید منتظری در طول یکسال (۵ دوره اندازه گیری) در ماههای مختلف سال در چهار ایستگاه در جهات مختلف نیروگاه اندازه گیری شد. همچنین در جدول ۱، استاندارد هوای پاک ایران مصوب ۱۳۹۵ نیز برای مقایسه با غلظت های اندازه گیری آورده شده است.

جدول ۱. نقاط شکست AQI

نقاط شکست								کیفیت هوا
O3(ppm)	O3(ppm)	PM10(ug/m3)	PM10(ug/m3)	CO(ppm)	SO2(ppm)	NO2(ppm)	AQI	
۸ ساعته	یک ساعته	۲۴ ساعته	۲۴ ساعته	۸ ساعته	۲۴ ساعته	یک ساعته	۰-۵۰	خوب
۰-۰/۰۵۹	-	۰-۱۵/۴	۰-۵۴	۰-۴/۴	۰-۰/۰۳۴	۰-۰/۰۵۳	۵۱-۱۰۰	متوسط
۰/۰۶-۰/۰۷۵	-	۱۵/۵-۳۵	۵۵-۱۵۴	۴/۵-۹/۴	۰/۱۴۴-۰/۱۳۵	۰/۱۰-۰/۰۵۴	۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای افراد حساس
۰/۰۷۶-۰/۰۹۵	-۰/۱۶۴ ۰/۱۲۵	۳۵/۱-۶۵/۴	۱۵۵-۲۵۴	۹/۵-۱۲/۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۰/۱۰۱-۰/۳۶	۱۵۱-۲۰۰	ناسالم
۰/۰۹۶-۰/۱۱۵	-۰/۲۰۴ ۰/۱۶۵	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۲۵۵-۳۵۴	۱۲/۵-۱۵/۴	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۰/۳۶۱-۰/۶۴	۳۰۱-۴۰۰	خیلی ناسالم
(۲)	-۰/۵۰۴ ۰/۴۰۵	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴	۴۲۵-۵۰۴	۳۰/۵-۴۰/۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴	۱/۲۵-۱/۶۴	۴۰۱-۵۰۰	خطرناک
	-۰/۶۰۴ ۰/۵۰۵	۳۵۰/۵-۵۰۰/۴	۵۰۰۵-۶۰۴	۴۰/۵-۵۰/۴	۰/۸۰۵-۱/۰۰۴	۱/۶۵-۲/۰۴		

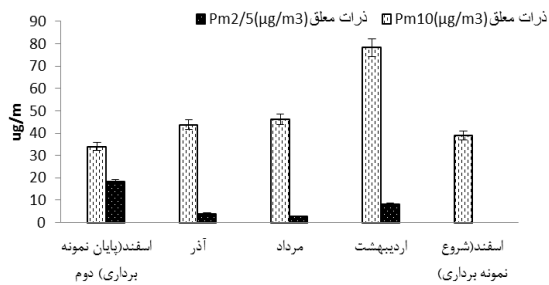
جدول ۲. استاندارد هوای پاک (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۵)

۱۳۹۵		زمان	نوع آلاینده
(ppm)	(ug/m3)		
۹	۱۰۰۰۰	۸ ساعته	منو اکسید کربن (CO)
۳۵	۴۰۰۰۰	۱ ساعته	
۰/۰۰۷۵	۱۹۶	۱ ساعته	دی اکسید گوگرد (SO <sub>2</sub> )
۰/۱۴	۳۹۵	۲۴ ساعته	
۰/۰۰۵۳	۱۰۰	سالانه	دی اکسید نیتروژن (NO <sub>2</sub> )
۰/۰۱	۲۰۰	۱ ساعته	
۰/۰۰۷۵	۱۵۹	۸ ساعته	ازن (O <sub>3</sub> )
-	-	۱ ساعته	
-	۱۲	سالانه	ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون (Pm2.5)
-	۳۵	۲۴ ساعته	
-	-	سالانه	ذرات کمتر از ۱۰ میکرون (Pm10)
-	۱۵۰	۲۴ ساعته	

جدول ۳- میانگین اندازه گیری گازها و ذرات معلق در زمان های مختلف (۵ دوره) در ایستگاههای مختلف (۴ ضلع مختلف نیروگاه شهید منتظری)

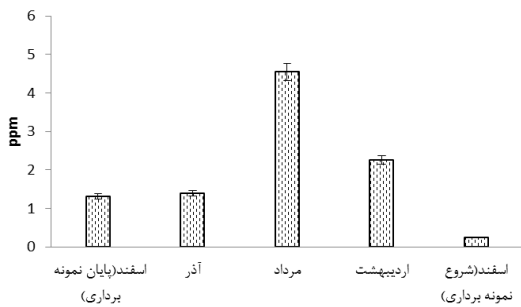
St4	St3	St2	St1	میانگین غلظت در چهار ایستگاه در یکسال	استاندارد هوای پاک ۱۳۹۵	موقعیت
ضلع شرقی	ضلع جنوبی	ضلع غربی	ضلع شمالی	-	-	موقعیت
۱/۷۱۴	۱/۵۵۸	۱/۳۷۸	۳/۹۴۵	۲/۱۴	۳۵	CO(ppm)
۰/۰۳۷۸	۰/۰۹۵۸	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹۴	۰/۰۵۲۲	۰/۰۰۵۳	NO <sub>2</sub> (ppm)
۰/۲۶۵	۰/۲۱۷۵	۰/۳۳	۰/۱۷۷۵	۰/۲۴۷	۰/۰۱۴	SO <sub>2</sub> (ppm)
۰/۰۲۱۸	۰/۰۱۸۶	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹۹	۰/۰۰۷۵	O <sub>3</sub> (ppm)
۸/۲۵	۸	۱۰	۸/۷۵	۸/۷۵	۳۵ (۲۴ ساعته)	Pm2.5(ug/m <sup>3</sup> ) ذرات معلق
۴۲/۸	۵۸/۴	۴۷/۸	۴۵/۸	۴۸/۷	۱۵۰ (۲۴ ساعته)	Pm10(ug/m <sup>3</sup> ) ذرات معلق

در بین ذرات معلق اندازه گیری شده در نیروگاه شهید منتظری بیشترین مقدار ذرات معلق با اندازه کمتر از ۱۰ میکرون به ترتیب در اردیبهشت ماه، مرداد ماه، آذر ماه، اسفند ماه شروع اندازه گیری و اسفند ماه پایان اندازه گیری مشاهده شد. به گونه ای که نتایج نشان داد مقدار ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون در بیشترین حالت در اردیبهشت ماه ۲/۳ برابر بیشتر از مقدار آن در اسفند ماه پایان اندازه گیری بود. بیشترین مقدار ذرات معلق با اندازه کمتر از ۲/۵ میکرون مربوط به اسفند ماه پایان دوره اندازه گیری و در اسفند ماه شروع نمونه برداری مقدار ذرات معلق با اندازه کمتر از ۲/۵ میکرون بسیار ناچیز و نزدیک به صفر بود (شکل ۳)



شکل ۵. میانگین ذرات معلق (PM10 PM2.5) در چهار ایستگاه در هر دوره (ماه) نیروگاه شهید منتظری

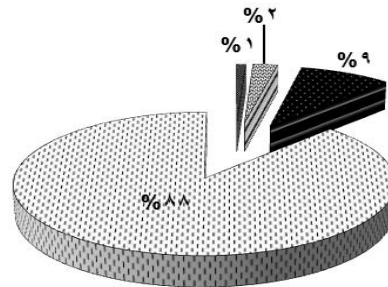
نتایج نشان داد در مرداد ماه بیشترین مقدار مونوکسید کربن (CO) و ۱۸ برابر بیشتر از کمترین مقدار آن در اسفند ماه شروع اندازه گیری بود. در مرداد ماه مقدار گازهای دی اکسید گوگرد و ازن نزدیک به صفر مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقدار گاز مونوکسید کربن مربوط به این ماه بود (شکل ۴).



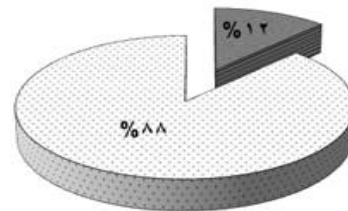
شکل ۶. میانگین مونوکسید کربن (CO) در چهار ایستگاه در هر دوره (ماه) نیروگاه شهید منتظری

با توجه به میانگین نتایج به دست آمده از اندازه گیری گازهای محیطی و ذرات معلق و همچنین مقایسه با استاندارد هوای پاک ایران مصوب سال ۱۳۹۵، گازهای دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>)، دی اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>) و ازن (O<sub>3</sub>) بالاتر از مقدار استاندارد بود. بیشترین اختلاف نسبت به استاندارد مربوط به گاز دی اکسید گوگرد بود که ۱۴ برابر بیشتر از مقدار استاندارد مشاهده شد (شکل ۵).

نتایج نشان داد در بین ذرات معلق اندازه گیری شده در طول یکسال در نیروگاه شهید منتظری، ۸۸ درصد ذرات معلق مربوط به ذرات با اندازه کمتر از ۱۰ میکرون و ۱۲ درصد ذرات معلق مربوط به ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون بود. در بین گازهای محیطی بیشترین مقدار با ۸۸ درصد مربوط به مونوکسید کربن (CO) و کمترین درصد (۱ درصد) از گازهای محیطی نیروگاه مربوط به ازن (O<sub>3</sub>) مشاهده شد (شکل ۱).



نسبت درصد ذرات معلق و نسبت درصد گازهای محیطی

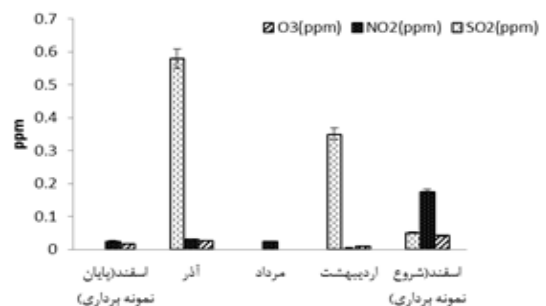


میانگین گازهای محیطی (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO) در چهار ایستگاه

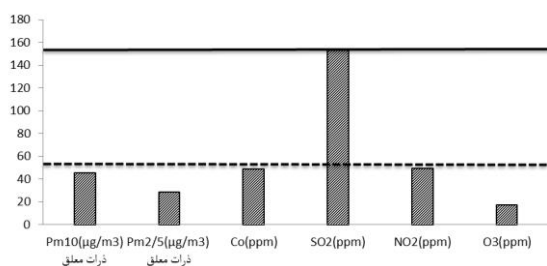
شکل ۳. نسبت درصد ذرات معلق و نسبت درصد گازهای محیطی اندازه گیری شده در طول یکسال در چهار ایستگاه نیروگاه شهید منتظری

اندازه گیری ذرات معلق و گازهای محیطی نیروگاه شهید منتظری در طول یکسال در ماههای مختلف نشان داد بیشترین مقدار گاز آلاینده در ماههای اردیبهشت و آذر ماه مربوط به گاز دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>) بود. همچنین بیشترین مقدار دی اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>) در تمامی دوره های اندازه گیری شده در اسفند ماه شروع اندازه گیری مشاهده شد. و کمترین مقدار گازهای محیطی مربوط به مردادماه بود، که در مرداد ماه گازهای ازن (O<sub>3</sub>) و دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>) نزدیک به صفر بود (شکل ۲).

شکل ۴. میانگین گازهای محیطی (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) در چهار ایستگاه در ماههای مختلف اندازه گیری نیروگاه شهید منتظری



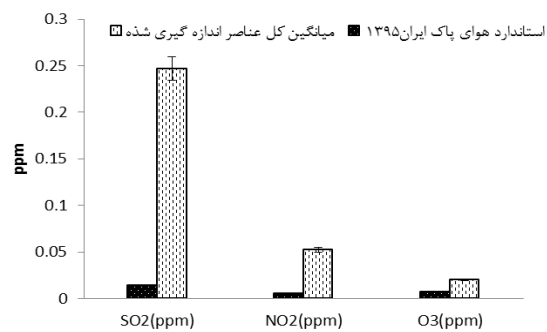
دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) در حالت خوب قرار دارد. وضعیت گاز دی اکسید گوگرد در هوای اطراف نیروگاه در وضعیت ناسالم قرار داشت (شکل ۶).



شکل ۹. مقایسه شاخص کیفیت هوا (AQI) نیروگاه شهید منتظری با شاخص کیفیت هوای سالم (خط غیرممتد) و ناسالم (خط ممتد) (National ambient air quality standards)

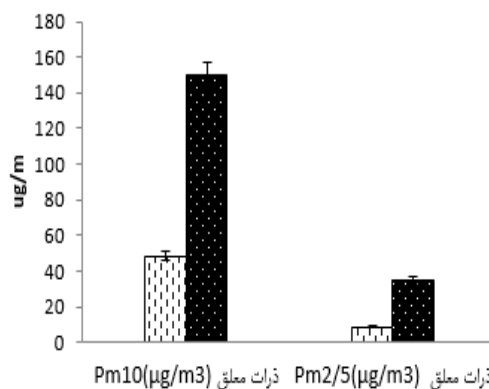
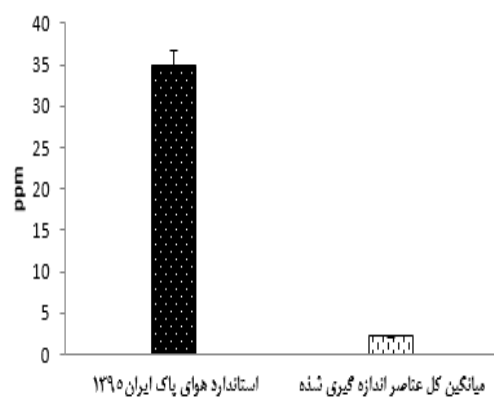
#### ۴- بحث

نتایج نشان داد از بین گازهای محیطی بیشترین سهم مربوط به مونوکسید کربن (Co) بود که در مقایسه با استاندارد هوای پاک ایران مصوب ۱۳۹۵ بسیار پایین تر و آلودگی وجود نداشت. گازهای دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ )، دی اکسید نیتروژن ( $NO_2$ ) و ازن ( $O_3$ ) از استاندارد هوای پاک ایران مصوب ۱۳۹۵ بالاتر بود که به ترتیب ۲، ۹ و ۱ درصد از گازهای محیطی اطراف نیروگاه را تشکیل دادند. مقدار غلظت دی اکسید گوگرد در هوا نیروگاه (ppm)  $0.247$  اندازه گیری شد. در مطالعه ای بر روی نیروگاه سیکل ترکیبی سمنان انجام شد نتایج مدل سازی نشان داد که غلظت حداکثری اکسیدهای ازت در فاصله ۲۲۵۸ متری نیروگاه معادل  $24/25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  حاصل شده است (Mohammadi et al., 2009). همچنین در مطالعه دیگری که در آن مدل سازی انتشار گاز دی اکسید گوگرد از نیروگاه شهید رجایی قزوین انجام پذیرفت نتایج نشان داد که حداکثر انتشار دی اکسید گوگرد تا  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  می رسد (Saeedi., 2005). پس با توجه به نتایج سه گاز دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ )، دی اکسید نیتروژن ( $NO_2$ ) و ازن ( $O_3$ ) دارای آلودگی هستند که می توانند بر روی گیاهان اطراف نیروگاه اثر منفی داشته باشند. آلاینده های هوا می توانند دامنه وسیعی از علائم قابل رویت را روی گیاهان ایجاد کنند. اثر شدید گاز دی اکسید گوگرد بر گیاه با غلظت بالای آن در مدت کم اتفاق می افتد. در گیاهان پهن برگ علائم شدید گاز دی اکسید گوگرد شامل نکروزهای بین برگی و یا حاشیه ای است و کلروز برگی در مراحل پایانی آلودگی اتفاق می افتد. سطوح نکروز شده دارای رنگ سفید تا قهوه ای متمایل به قرمز تا سیاه بوده که بستگی به گونه گیاه دارد (Taylor et al., 1978). در گیاهان تک لپه ای علائم از پشت برگ شروع شده و به صورت لکه های نکروتیک و کلروتیک با رنگدانه های قرمز رنگ گسترش می یابد. خطر مزمین گاز دی اکسید گوگرد بسته به شرایط گیاه ممکن است سبب صدمه به شاخ و برگ گیاه شود. در مجموع آلاینده ها در شرایط آلودگی شدید سبب کاهش رشد و کاهش محصول شده که ممکن است بدون علائم قابل رویت باشد (Taylor et al., 1978). دی اکسید گوگرد هوا در غلظت های پایین دارای اثرات مثبت بر رشد و نمو گیاه می باشد و به عنوان یک منبع تامین کننده گوگرد مورد نیاز گیاه محسوب می



شکل ۷. مقایسه میانگین گازهای محیطی ( $SO_2$ ،  $NO_2$  و  $O_3$ ) در چهار ایستگاه نیروگاه شهید منتظری با استاندارد هوای پاک ایران ۱۳۹۵

مقدار مونوکسید کربن (CO) اندازه گیری شده و مقایسه آن با استاندارد هوای پاک ایران ۱۳۹۵، نشان داد هوای اطراف نیروگاه شهید منتظری نسبت به استاندارد بسیار کمتر و در حالت مناسب قرار داشت. همچنین مقایسه ذرات معلق هوای نیروگاه شهید منتظری با استاندارد هوای پاک ایران ۱۳۹۵، نشان داد، هوای اطراف این نیروگاه از لحاظ ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون و  $2/5$  میکرون کمتر از استاندارد بود و هوای اطراف این نیروگاه از لحاظ ذرات معلق مشکلی ندارد (شکل ۶).



شکل ۸. مقایسه میانگین مونوکسید کربن (CO) و ذرات معلق ( $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$ ) در چهار ایستگاه نیروگاه شهید منتظری با استاندارد هوای پاک ایران ۱۳۹۵

اندازه گیری شاخص کیفیت هوا (AQI) نیروگاه شهید منتظری و مقایسه آن با استاندارد شاخص کیفیت هوا نشان داد، تمامی گازها محیطی و ذرات معلق در هوای اطراف نیروگاه شهید منتظری جز گاز

al., 1978). نتایج تحقیقات روی گیاه خرزهره نشان داد در مناطق صنعتی میزان کلروفیل درختان کاهش یافته است (Giri et al., 2013). ذرات معلق روی سطح برگ نیز مقدار کلروفیل و کارتنوئید گیاهان مناطق آلوده را کاهش می دهند. این ذرات ممکن است روزه ها را ببندند و در تبادل گازها اختلال ایجاد کند که منجر به افزایش درجه حرارت برگ می شود و سنتز کلروفیل و کارتنوئید را کاهش می دهد (Hoseinabadi, 2012). Lordifard و همکاران در سال ۲۰۱۲ روی گیاه *Conocarpus* به این نتیجه رسیدند که در مناطق آلوده میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ کاهش می یابد (Lordifard et al., 2012). آلودگی هوا باعث کاهش میزان آنتوسیانین ها می شود (Fattah Ravandi et al., 2014). اگر گیاهان به مدت طولانی در معرض آلودگی هوا باشند کلروپلاست ها به یک سطح انرژی برانگیختگی بالا می رسند که در جریان گردش انرژی باعث تولید رادیکال های آزاد اکسیژن و تنش اکسیداتیو می شود. پروپیلین به عنوان جمع کننده رادیکال های آزاد برای حفاظت گیاهان از آسیب های تنش اکسیداتیو عمل می کند (Woo et al, 2007). در مطالعه ای نیز روی گیاهان *Callistemon citrinu* و *Albizia lebbeck* به این نتیجه رسیدند که آلودگی هوا باعث افزایش اسید آمینه پروپیلین می شود (Seyyednejad and Koochak, 2011). بررسی پاسخ های فیزیولوژیکی درخت بادام (*Prunus amygdalus*) به آلودگی هوای منطقه صنعتی شازند استان مرکزی نیز افزایش پروپیلین برگ را تایید نموده است (Askari Mehrabadi et al., 2016). Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقات روی *oleander* و *Nerium* و *Robinia pseudoacacia* نشان دادند که در مناطق با آلودگی هوا، آنزیم های پراکسیداز که از جمله آنزیم های آنتی اکسیدان می باشد در برگ های این گیاهان بیشتر از شاهد بوده است. در اثر آلاینده هایی چون ازن و دی اکسید سولفور در نتیجه ی فعالیت فیتتوکسیسمیتی، اکسیداسیون پروتئین ها و لیپیدها ایجاد می شود (Mehlhorn and Mandel, 1986). کاهش غلظت کلروفیل در برگ های دو گونه *Ficus religiosa L.* و *Thevetia nerifolia Juss.* با افزایش میزان آلودگی (دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن، ازن، ذرات معلق کوچکتر ۱۰ میکرون و فلزات سنگین) گزارش شده است (Verma, & Singh 2006). همچنین سطوح مختلف آلاینده های دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و ذرات معلق در شهر اوداپور هند باعث ایجاد تغییر در میزان کلروفیل، کربوهیدرات های کل و پروتئین کل برگ های باقلای هندی (*Pongamia pinnata L.*) شد (Bamniya, et al. 2012). غلظت کلروفیل در برگ های گونه های ماش (*Vigna radiata L.*)، چغندرقد (*Beta vulgaris*)، گندم (*Triticum aestivum L.*) و خردل (*Brassica compestris L.*) نیز با آلاینده های دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و ازن یک رابطه معکوس را نشان داد (Agrawal, et al, 2003). همچنین کاهش میزان رنگدانه های فتوسنتزی و پروتئین قابل حل کل در اثر آلاینده های شهری و صنعتی در برگ گونه های افرای زینتی (*Acer negundo*) چنار شرقی (*Platanus orientalis*) و خرزهره (*Nerium oleander L.*) نیز گزارش شده است (۸). از وسایل نقلیه قدیمی بیان کردند

شود. گوگرد از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است. گاز دی اکسید گوگرد در غلظت بالا درون سلول با آب واکنش می دهد و به سولفیت تبدیل می شود. سولفیت به عنوان یک رادیکال آزاد عمل کرده، به سوبستراهای متعددی حمله می کند و باعث تخریب کلروپلاست، رنگیزه های فتوسنتزی، آنزیم های فتوسنتزی، بازدارندگی سنتز پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین، کاهش رشد و در نتیجه کاهش جذب عناصر مختلف از جمله فسفر و پتاسیم می شود (۳۲) و Sha, & Wang, 2013). در گیاه باقلا (*Vicia faba*) در معرض دی اکسید گوگرد افزایش محتوای گوگرد و کاهش میزان فسفر و پتاسیم در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد (Agrawal, 1985). گیاه تحت غلظت های بالای گاز دی اکسید گوگرد میزان پروپیلین خود را افزایش می دهد. پروپیلین به عنوان یک ماده تنظیم کننده اسمزی و عامل حفاظت کننده ماکرومولکول ها و ساختمان غشاء در مقابل تخریب القا شده بوسیله رادیکال های آزاد می باشد، که در شلغم هندی (*Brassica juncea*) و ترب سفید (*Raphanus sativus*) در معرض گاز دی اکسید گوگرد مشاهده شد (Anjali et al., 2012). Lopez-Carrion, 2008). دی اکسید گوگرد هوا در غلظت های پایین دارای اثرات مثبت بر رشد و نمو گیاه می باشد و به عنوان یک منبع تامین کننده گوگرد مورد نیاز گیاه محسوب می شود. گوگرد از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است. گاز دی اکسید گوگرد در غلظت بالا درون سلول با آب واکنش می دهد و به سولفیت تبدیل می شود. سولفیت به عنوان یک رادیکال آزاد عمل کرده، به سوبستراهای متعددی حمله می کند و باعث تخریب کلروپلاست، رنگیزه های فتوسنتزی، آنزیم های فتوسنتزی، بازدارندگی سنتز پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین، کاهش رشد و در نتیجه کاهش جذب عناصر مختلف از جمله فسفر و پتاسیم می شود (۳۲) و Sha, & Wang, 2010). در گیاه باقلا (*Vicia faba*) در معرض دی اکسید گوگرد افزایش محتوای گوگرد و کاهش میزان فسفر و پتاسیم در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد (Agrawal, 1985). گیاه تحت غلظت های بالای گاز دی اکسید گوگرد میزان پروپیلین خود را افزایش می دهد. پروپیلین به عنوان یک ماده تنظیم کننده اسمزی و عامل حفاظت کننده ماکرومولکول ها و ساختمان غشاء در مقابل تخریب القا شده بوسیله رادیکال های آزاد می باشد، که در شلغم هندی (*Brassica juncea*) و ترب سفید (*Raphanus sativus*) در معرض گاز دی اکسید گوگرد مشاهده شد (Lopez-Anjali et al., 2012). Carrion, 2008). علائم قابل رویت آلودگی با گازهای دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن معمولا در غلظت فراتر از حد مجاز یا آستانه این گازها در گیاه صورت می گیرد. این در صورتی است که در آلودگی با گاز ازن علائم قابل رویت در غلظتی معادل دو برابر غلظت طبیعی ظاهر می شوند. بنابر این علائم قابل رویت اثر گازهای سمی دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن در مقادیر بالای این گازها یا در مکان های خیلی آلوده در اطراف صنایع ظاهر شده اما در مقابل برای گاز ازن در جاهایی که یک سطح افزایش یافته از این آلاینده اتفاق افتد. علائم قابل رویت بر گیاه نمایان می شود. اثر شدید توسط این آلاینده ها بر گیاه در فرم و میزان لکه های نکروتیک و رنگ از سفید تا قهوای تیره در گونه های مختلف گیاهی پدیدار می شود (Taylor et

باعث تجمع و افزایش غلظت مونوکسید کربن می شود (Varone, 2007, Mohan & Kandy, 2007). که با نتایج این پژوهش که بیشترین غلظت مونوکسید کربن را در مرداد (تابستان) نشان داد مغایرت داشت. همچنین بیشترین غلظت ازن در هوای نیروگاه مربوط به اسفندماه (زمستان) بود که با مطالعات انجام شده مغایرت داشت که می توان یکی از دلایل آن را وجود روزهای آفتابی در اسفندماه دانست. در مورد غلظت ازن حداکثر مقدار در فصل های گرم (بهار و تابستان) و کمترین میزان خود را در فصل های سرد نشان داد (Suthawaree et al., 2008, Yamaji et al., 2006). که دلیل آن نبود عامل نور خورشید و انجام نگرفتن واکنش های فتوشیمیایی در اکثر روزهای پاییز و زمستان است. در این پژوهش با اندازه گیری شاخص کیفیت هوا (AQI) اطراف نیروگاه برای سلامت نتایج نشان داد همه گازها جز گاز دی اکسید گوگرد در محدوده کیفیت هوای خوب قرار دارند. که با توجه به نتایج گاز دی اکسید گوگرد می تواند برای افراد مشغول به کار در نیروگاه پیامدهای منفی به دنبال داشته باشد، و نیروگاه برای جلوگیری و کاهش این گاز می بایست تمهیدات لازم را لحاظ کند.

#### ۵- نتیجه گیری:

نتایج پژوهش نشان داد آلودگی هوا در اطراف نیروگاه به طور کلی در فصل های پاییز و زمستان بیشتر است. همچنین در هوای اطراف نیروگاه گازهای دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ )، دی اکسید نیتروژن ( $NO_2$ ) و ازن ( $O_3$ ) از استاندارد هوای پاک ایران مصوب ۱۳۹۵ بالاتر بود، که گاز دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) از لحاظ شاخص کیفیت سلامت (AQI) در محدوده ناسالم قرار دارد، که با توجه به این نتایج و تاثیر این گازها با غلظت های بالا، مطمئناً گیاهان زراعی و مرتعی اطراف نیروگاه نیز صدمه دیده و اثرات منفی روی آن ها ایجاد می شود، پس به منظور کاهش اثرات منفی این گازها بر گیاهان زراعی و مرتعی و همچنین نیروی انسانی، نیروگاه با انجام و ایجاد شرایط لازم باعث کاهش این گازها در محیط اطراف شود.

(Asilian & Azhdarpour, 2007). نتایج تغییرات غلظت گازهای محیطی و ذرات معلق اطراف نیروگاه نیز نشان داد بیشترین مقدار ذرات معلق کمتر از  $10$  میکرون در اردیبهشت ماه (بهار) و ذرات معلق کوچکتر از  $2.5$  میکرون در اسفند ماه (زمستان) وجود داشت. در مطالعه ای در کشور ایتالیا در شهر میلان صورت گرفته نتایج حاکی از دخیل بودن عامل باد و شرایط زمستانی در تغییرات روزانه غلظت ذرات معلق است (Marcazzan et al., 2001). در مطالعات صورت گرفته کشور تایوان و سوئیس، بیشترین غلظت  $PM_{10}$  در فصل زمستان بوده است که علت آن کاهش یا نبود نزولات جوی در این فصل و همچنین سرما و پایداری هوا ذکر شده است (Gehrig et al., 2003, Pengchai et al., 2009, Yang, 2002, al., 2003). مطالعات انجام شده در مورد ذرات معلق کوچکتر از  $2.5$  میکرون با این پژوهش همسوء بود. بیشترین غلظت دی اکسید نیتروژن در هوای اطراف نیروگاه مربوط به اسفندماه (زمستان) بود. بررسی برخی نتایج نشان داده است دی اکسید نیتروژن بیشترین غلظت را در فصل زمستان و بهار و کمترین غلظت را در فصل تابستان و پاییز نشان داده است (Boersma et al., 2009, Wang et al., 2006). نتایج به دست آمده بیشترین غلظت دی اکسید گوگرد مربوط به آذرماه (پاییز) و کمترین مقدار آن مربوط به مرداد ماه (تابستان) بود. دی اکسید گوگرد مهمترین اکسید گوگرد منتشره از منابع آلاینده می باشد. که از منابع انتشار آن می توان به نیروگاه حرارتی و احتراق گازوئیل و مازوت در سیستم های گرمایشی و کارگاه های درون شهری و همچنین خودروهای دیزلی اشاره کرد (Streets & Waldhoff 2000, Kellogg et al., 1972). طبق مطالعات صورت گرفته علت افزایش غلظت دی اکسید گوگرد در فصل پاییز و زمستان شرایط آب و هوایی سرد می باشد که در نتیجه آن شاهد تکرار بیشتر وارونگی هوا هستیم (Kellogg et al., 1972)، که با نتایج این پژوهش همسوء بود. در مطالعاتی غلظت بیشتر مونوکسید کربن را در نیمه دوم سال گزارش کردند که می تواند علت وارونگی هوا در فصل سرد باشد که

#### منابع

- Agrawal, M., P. K. Nandi and D. N. Rao. 1985. Effects of sulphur dioxide fumigation on soil system and growth 2455iochemi of Vicia faba plants. Plant and Soil 86(1): 69-78.
- Anjali, M. N. Kumar, Singh and K. Pal. 2012. Effect of sulphur dioxide on plant 2455iochemical. International Journal Of Pharma Professional's Research 3(2): 627-633.
- Agrawal, M., Singh, B., Rajput, M., Marshall, F. and Bell, J. N. B. 2003. Effect of air pollution on peri-urban agriculture: a case study. Environmental Pollution. 126: 323-329.
- Azhdarpour, A. and Asilian, H. 2007. Investigation of three-year suspended particles and carbon monoxide concentration in the air of Tehran. The First Environmental Engineering Conference. Iran, Tehran, 19-20 Feb. 2007: 126- 129.
- Askari Mehrabadi, M., Amini, F. and Faraji, G. (2016) Some of physiological and biochemical responses of Prunus amygdalus to air pollution of the Shazand industrial area. Iranian Journal of Plant Biology 8(28): 63-78 (in Persian).
- Ashmore, M. R. and Marshall, F. M. (1999) Ozone impacts on agriculture an issue of global concern. Advances in Botanical Research 29: 32-49.



- Agbaire, P. O. (2009) Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria. *International Physical Science* 4(6): 366-368.
- Boersma K, Jacob DJ, Trainic M, Rudich Y, DeSmedt I, Dirksen R, et al. Validation of urban NO<sub>2</sub> concentrations and their diurnal and seasonal variations observed from the SCIAMACHY and OMI sensors using in situ surface measurements in Israeli cities. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2009;9(12):3867-79.
- Beckett, P. K., Freer-Smith, p. and Taylor. G. (1998) Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environmental Pollution* 99: 347-365.
- Bell, J. N. B. and Treshow, M. (2002) *Air pollution and plant life*. 2nd edition, John Wiley & Sons, Chichester
- Bamniya, B.R., Kapoor, C.S. and Kapoor, K. 2012. Harmful effects of air pollution on physiological activities of *Pongamia pinnata* L. Pierre. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 14: 115-124.
- Doganlar, Z.B. and Atmaca, M. 2011. Influence of Airborne Pollution on Cd, Zn, Pb, Cu, and Al Accumulation and Physiological Parameters of Plant Leaves in Antakya (Turkey). *Water, Air and Soil Pollution*. 214: 509-523.
- Fattah Ravandi, N., Amini, F. and Askari, M. (2014) Effect of air pollution on carotenoid, Antocyanine and total carbohydrates in three tree species (robinia and fraxinus) in Arak aluminum industry zone. 2nd National Medicinal Plants Congress, Hamadan, Iran.
- Fitz-Simons T. Guideline for reporting of daily air quality: air quality index (AQI). Environmental protection agency office of air quality planning and standards. Washington, DC: Research Triangle Park, NC; 1999. P. 17.
- Gehrig R, Buchmann B. Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment*. 2003;37(19):2571-80.
- Gratani L, Varone L. Daily and seasonal variation of CO<sub>2</sub> in the city of Rome in relationship with the traffic volume. *Atmospheric Environment*. 2005;39(14):2619-24.
- Mohan M, Kandya A. An Analysis of the Annual and Seasonal Trends of Air Quality Index of Delhi. *Environ Monit Assess*. 2007/08/01;131(1-3):267-77.
- Ghorbanli, M., Bakhshi khaniki, G. and Bakand, Z. (2006) Air pollution effects on fresh and dry weight, amount of proline, number of stomata, trichome and epidermal cells in *Nerium oleander* and *Robinia pseudoacacia* in Tehran city. *Journal of Agriculture and Horticulture* 77: 29-33 (in Persian).
- Giri, S. and Shrivastava, D. (2013) Effect of air pollution on chlorophyll content of leaves. *Current Agriculture Research* 1(2): 93-98.
- Heath, R. L. (2008) Modification of the biochemical pathways of plants induced by ozone: what are the varied routes of change? *Environmental Pollution* 155: 453-463.
- Hoseinabadi, S. (2012) Effect of air pollution on crops alfalfa and bean in industrial zone of Arak refinery. MSc thesis, Arak University, Arak, Iran (in Persian).
- Jager, H. J., Unsworth, M. H., De Temmerman, L. and Mathy, P. (1993) Effects of air pollution on agricultural crops in Europe. *Air Pollution Research Report* 46: 105-109.
- Kulshreshtha, K., Farooqui, A., Srivastava, K., Singh, S. N., Ahmad, K. J. and Behl, H. M. (1994) Effect of diesel exhaust pollution on cuticular and epidermal features of *Lantana camara* Linn. and *Syzygium cumini* Linn. (Skeels). *Environmental Science and Health* 29(2):301-308.
- Kellogg WW, Cadle RD, Allen ER, Lazrus AL, Martell EA. The sulfur cycle. *Science*. 1972;175(4022):587-96.
- Loreto, F. and Velikova, V. (2001) Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. *Plant Physiology* 127: 1781-1787.

- Lordifard, P., Seyyednejhad, S. M. and Motamedi, H. (2011) The effect of air pollution on some physiological parameters in conocarpus growthed in bidboland gas refinery. National Plant Stress Congress, Isfahan, Iran.
- Lopez-Carrion, A. I., R. Castellano, M. A. Rosales, J. M. Ruiz and L. Romero. 2008. Role of nitric oxide under saline stress: Implications on proline metabolism. *Biologia Plantrum* 52: 587-591.
- Marcazzan, Grazia M., et al. "Characterisation of PM10 and PM2. 5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy)." *Atmospheric Environment* 35.27 (2001): 4639-4650.
- Mehllhorm, I. and Mandel, M. (1986) Physiological changing creation test plants under automobile exhaust pollution. *Environmental Biology* 22:43-47.
- Mohammadi H, Ashraf zadeh MR, Naji N, Sheikhzadeh B. Modeling of NOx and SO2 emission from natural gas combustion in Semnan power plant Second International Symposium of Environmental Engineering; 2009: Iran (in Persian).
- Noori, A. (2004) Ornamental plant breeding for resistance to water, air and soil pollution. 3th Scientific Agricultural Students Congress. Birjand, Iran.
- National ambient air quality standards. Washington, DC: The Criteria Pollutants, Environmental Protection Agency; 1997. P. 6.
- Saeedi M, Simulation of sulfur dioxide emission from stack of Shahid Rajaei power plant of Ghazvin in winter season. *Iran Energy Journal*. 2005;9(23):34-43.
- Seyyednejad, S. M. and Koochak, H. (2011) A Study on air pollution induced biochemical alteration in Eucalyptus. *Basic and Applied Science* 5(3): 601-606.
- Sha, C., T. Wang, T. J. Lu. 2010. Relative sensitivity of Wetland plants to SO2 pollution. *Wetlands* 30: 1023- 1030.
- Singh, J. S. 2013. Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Resonance* 18(3): 275-281.
- Sobhan Ardakani S, Esmaeili Sari A, Cheraghi M, Tayebi L, Ghasempouri M. Determination of Tehran air quality by using Air Quality Index (AQI) in 2005. *Environmental Science and Tecnology*. 4:33-38.
- Streets DG, Waldhoff ST. Present and future emissions of air pollutants in China:: SO2, NOx, and CO. *Atmospheric Environment*. 2000;34(3):363-74.
- Suthawaree J, Kato S, Takami A, Kadena H, Toguchi M, Yogi K, et al. Observation of ozone and carbon monoxide at Cape Hedo, Japan: Seasonal variation and influence of long-range transport. *Atmospheric Environment*. 2008;42(13):2971-81.
- Taylor, H.J., Ashmore, M.R., Bell, J.N.B., 1987 . *Air Pollution Injury to Vegetation*. London:Institute of Environmental Health Officers 18. 19.
- Verma, A. and Singh, S.N. 2006. Biochemical and ultrastructural changes in plant foliage exposed to auto-pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*. 120: 585-602.
- Vallero, D. (2008) *Fundamentals of air pollution*. 4th edition, academic press, Burlingfan.
- variation, risk assessment and source estimation of PM 10 and PM10-bound PAHs in the ambient air of Chiang Mai and Lamphun, Thailand. *Environ Monit Assess*. 2009/07/01;154(1-4):197-218.
- Wang, Xie-Kang, and Wei-Zhen Lu. "Seasonal variation of air pollution index: Hong Kong case study." *Chemosphere* 63.8 (2006): 1261-1272.
- Woo, S. Y., Lee, D. K. and Lee, Y. K. (2007) Net photosynthetic rate, ascorbate peroxidase and glutathione reductase activities of *Erythrina orientalis* in polluted and non-polluted areas. *Photosynthetica* 45(2): 293-295.
- Yamaji K, Ohara T, Uno I, Tanimoto H, Kurokawa J-i, Akimoto H. Analysis of the seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model:What controls surface ozone levels over Japan? *Atmospheric Environment*. 2006;40(10):1856-68.
- Yang KL. Spatial and seasonal variation of PM10 mass concentrations in Taiwan. *Atmospheric Environment*. 2002;36(21):3403-11.