





دانشکده منابع طبیعی

گروه جنگلداری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع طبیعی – جنگلداری

تأثیر آلودگی هوا بر روی عناصر برگ درختان چنار، ون و افرای زینتی در شهر ارومیه

پژوهش و نگارش:

کیتا رحمانی

اساتید راهنما:

دکتر نسوین سیدی

دکتر عباس بانج شیعی

استاد مشاور:

دکتر میر حسن رسولی صدقیانی

تابستان ۹۳

تقدیم به مادر مهربانم و پدر دلسوزم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان

به پاس حافظه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

و تقدیم به برادر عزیز

و خواهران گرامیم

که دعای خیرشان، همیشه بدرقه راهم بود و بی یاری آنان نمی سودن این راه ممکن نبود.

بر خود لازم میدانم تشکر ویژه و ارادتمندانه خویش را

از اساتید راهنمای بزرگوارم، سرکار خانم دکتر نسreen سیدی و جناب آقای دکتر عباس بلخ شیبی که زحمت راهنمایی این پروژه را بر عهده گرفتند و همواره با گشاده رویی خویش مرا پذیرا بوده و در راه تکمیل به انجام بیهوده کار از هیچ کوششی دریغ ننموده اند

همچنین از استاد مشاور گرامیم، جناب آقای دکتر میر حسن رسولی صدیقیانی

همچنین از اساتید داور، جناب آقای دکتر سید رستم موسوی و سرکار خانم دکتر شهید سوری که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند و تشکر و قدردانی را دارم. از سایر اساتید بزرگوار گروه جناب آقای دکتر علیچانور، آقای دکتر رمضان، آقای دکتر اسحاق، آقای دکتر حسین زاده و آقای دکتر زرگران، خانم دکتر جباریان که از محضر پر فیض تدریستان بهره‌برده‌ام، کمال تشکر را دارم. از سرکار خانم اسماعیلی، کارشناس آموزش ساکن‌نارم. و از همکاری اداره پارک باوفضای سبزینهایت ساکن‌نارم.

و در پایان

از دوستان عزیزم خانم سیاطنی، و خانم سحر مکرّم، خانم زهرا باباپور و نگار امید می از صمیم قلب سپاسگزارم

## چکیده

آلودگی را می‌توان تغییرات نامطلوب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هوا، آب یا زمین تعریف کرد که سبب به خطر افتادن سلامت، بقا و فعالیت‌های انسان یا موجودات زنده‌ی دیگر می‌شود. درختان به عنوان عناصر زنده در اکوسیستم قادر هستند از طریق تنفس، جذب، فتوسنتز و سایر اعمال حیاتی، بخشی از مواد آلاینده را به مواد غیر مضر تبدیل کنند و بخشی از آن را درون بافت‌های خود ذخیره کرده و از تراکم و شدت آنها بکاهند. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر آلودگی شهری بر میزان عناصر ماکرو (سدیم و پتاسیم) و عناصر میکرو (آهن، مس، روی و منگنز) برگ درختان فضای سبز شهری ارومیه و همچنین بررسی ویژگی‌های کمی پایه‌های مورد مطالعه می‌باشد تا مقاومت گونه‌های مورد مطالعه ارزیابی گردد. بدین منظور در مرداد ماه سال ۹۲ و اردیبهشت سال ۹۳، نمونه‌های برگ درختان افرای زینتی و چنار و زبان گنجشک از مناطق پنج‌گانه‌ی پارک کوثر، پارک حجاب، پارک الغدير، ائللر باغی و پردیس شهری دانشگاه ارومیه بعنوان منطقه‌ی شاهد جمع آوری و میزان جذب سدیم، پتاسیم، مس، آهن، روی و منگنز اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین قطر، ارتفاع و قطر تاج هر سه گونه در هر پنج منطقه اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که در دوره اول نمونه‌برداری، بین میانگین جذب تمام عناصر بجز عنصر روی و سدیم توسط گونه‌ی افرای زینتی، چنار و زبان گنجشک در مکان‌های متفاوت از نظر آلودگی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در دوره دوم نمونه‌برداری، آلودگی نسبت به دوره اول افزایش داشته و به مراتب جذب اغلب عناصر توسط گونه‌های مورد نظر بطور معنی‌داری افزایش یافته و نیز اختلاف بین میانگین جذب تمام عناصر توسط گونه‌های افرای زینتی، چنار و زبان گنجشک در مکان‌های متفاوت از نظر آلودگی از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار است. هم‌چنین در هر دو دوره منطقه شاهد کمترین میزان آلودگی را جذب کرده است. نتایج مقایسه میانگین جذب عناصر نشان داد که بین میانگین جذب عناصر در دو دوره توسط گونه‌های مورد نظر در همه‌ی مکان‌های مورد مطالعه در بیشتر موارد اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌شود. نتایج نشان داد که بین آلاینده‌ها و اغلب عناصر جذب شده همبستگی معنی‌دار وجود دارد. نتایج همبستگی بین داده‌های قطر، ارتفاع و قطر تاج با غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، مس، آهن، روی و منگنز جذب شده توسط گونه‌های افرای زینتی، چنار و زبان گنجشک در دوره اول و دوم نمونه‌برداری نشان داد که بین این فاکتورها در بیشتر

مکان‌ها و گونه‌ها همبستگی وجود ندارد. داده‌های کمی نیز مؤید نتایج همبستگی می‌باشند. از نتایج همبستگی می‌توان دریافت که میزان جذب عناصر با افزایش قطر، ارتفاع و قطرتاج، افزایش نمی‌یابد. این امر در مورد زمان نمونه‌برداری نیز صادق بوده است و تنها عامل تاثیرگذار بر میزان جذب عناصر، میزان آلودگی بوده است. بنابراین با افزایش میزان آلاینده‌ها میزان جذب عناصر بطور معنی‌دار افزایش می‌یابد. در نهایت، گونه‌ی افرای زینتی نسبت به گونه‌ی چنار و زبان‌گنجشک عناصر را از آستانه‌ی مجاز تعریف شده بیشتر جذب کرده است و بعنوان گونه‌ی مقاوم‌تری معرفی گردید. و همچنین گونه‌های مورد بررسی میزان جذب عناصرشان در منطقه شاهد کمتر و در مناطق آلوده بیشتر بود بنابراین از این گونه‌ها می‌توان در تفکیک مناطق آلوده و غیر آلوده استفاده کرد.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، درختان شهری، شهرستان ارومیه، عناصر برگ

فصل اول - مقدمه و کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- کلیات .....	۳
۱-۲-۱- تاثیرات آلودگی هوا .....	۳
۲-۲-۱- منابع آلاینده‌های هوا .....	۳
۳-۲-۱- انواع آلاینده‌های محیطی .....	۴
۴-۲-۱- عناصر موجود در گیاهان .....	۴
۵-۲-۱- حد کفایت عناصر در بافت‌های گیاهی .....	۵
۶-۲-۱- پالایش سبز یا گیاه‌پالایی .....	۵
۷-۲-۱- گیاهان مناسب برای گیاه‌پالایی .....	۶
۸-۲-۱- ویژگی‌های گیاه شناسی گونه‌های مورد مطالعه .....	۶
۱-۸-۲-۱- افرای زینتی .....	۶
۲-۸-۲-۱- گونه‌ی چنار .....	۷
۳-۸-۲-۱- ون یا زبان گنجشک .....	۷
۹-۲-۱- فرضیه‌ها .....	۸
۱۰-۲-۱- اهداف تحقیق .....	۸
فصل دوم - بررسی منابع .....	۹
فصل سوم - مواد و روشها .....	۱۵
۱-۳- ویژگی‌های مناطق مورد مطالعه .....	۱۵
۱-۱-۳- موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان غربی .....	۱۵
۲-۱-۳- مساحت منطقه .....	۱۵
۳-۱-۳- ویژگی‌های جغرافیایی شهر ارومیه .....	۱۶

۱۷.....	۳-۱-۴- اقلیم شهر ارومیه .....	۱۷
۱۸.....	۳-۱-۵- اقلیم .....	۱۸
۲۱.....	۳-۱-۶- ویژگی پارک های مورد مطالعه در این پژوهش .....	۲۱
۲۲.....	۳-۲-آلاینده‌های هوای مورد نظر در پژوهش حاضر .....	۲۲
۲۲.....	۳-۳- روش جمع آوری داده‌ها .....	۲۲
۲۳.....	۳-۴- روش آماده کردن داده‌ها.....	۲۳
۲۳.....	۳-۵- قرائت عناصر .....	۲۳
۲۳.....	۳-۵-۱- اندازه گیری عنصر سدیم .....	۲۳
۲۴.....	۳-۵-۲- اندازه گیری عنصر پتاسیم .....	۲۴
۲۴.....	۳-۵-۳- اندازه‌گیری عنصر آهن .....	۲۴
۲۵.....	۳-۵-۴- اندازه گیری عنصر روی .....	۲۵
۲۵.....	۳-۵-۵- اندازه گیری عنصر مس .....	۲۵
۲۵.....	۳-۵-۶- اندازه گیری عنصر منگنز .....	۲۵
۲۶.....	۳-۶- تجزیه و تحلیل داده‌ها .....	۲۶
۲۷.....	<b>فصل چهارم- نتایج</b> .....	۲۷
۲۷.....	۴-۱- نتایج دوره اول نمونه‌برداری .....	۲۷
۲۸.....	۴-۱-۱- نتایج آلاینده‌های اندازه‌گیری شده مرداد ۹۲ .....	۲۸
۲۸.....	۴-۱-۲- بررسی نتایج تجزیه برگ .....	۲۸
۲۸.....	۴-۱-۲-۱- بررسی غلظت عناصر برگ افرای زینتی در مرداد ۹۲ .....	۲۸
۲۹.....	۴-۱-۲-۲- بررسی غلظت عناصر برگ گونه‌ی چنار در مرداد ۹۲ .....	۲۹
۳۱.....	۴-۱-۲-۳- بررسی غلظت عناصر برگ زبان گنجشک در مرداد ۹۲ .....	۳۱
۳۲.....	۴-۲- نتایج دوره دوم نمونه‌برداری .....	۳۲
۳۲.....	۴-۲-۱- نتایج آلاینده‌های اندازه‌گیری شده اردیبهشت ۹۳ .....	۳۲



۳۳.....	۲-۲-۴- بررسی نتایج تجزیه برگ در اردیبهشت ۹۳
۳۳.....	۲-۲-۴-۱- بررسی غلظت عناصر برگ افرای زینتی در اردیبهشت ۹۳
۳۴.....	۲-۲-۴-۲- بررسی غلظت عناصر برگ گونه‌ی چنار در اردیبهشت ۹۳
۳۶.....	۲-۲-۴-۳- بررسی غلظت عناصر برگ زبان گنجشک در اردیبهشت ۹۳
۳۷.....	۳-۴- مقایسه میانگین آلاینده‌های دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۳۷.....	۳-۴-۱- مقایسه میانگین ازون ( $O_3$ ) اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۳۸.....	۳-۴-۲- مقایسه میانگین آمونیاک ( $NH_3$ ) اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۳۹.....	۳-۴-۳- مقایسه میانگین دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۳۹.....	
۴۰.....	۳-۴-۴- مقایسه میانگین مونوکسید کربن ( $CO$ ) اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۴۰.....	۳-۴-۵- مقایسه میانگین ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۴۲.....	۴-۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر برگ گونه‌های مورد نظر در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۴۲.....	۴-۴-۱- مقایسه میانگین غلظت عناصر برگ افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۴۸.....	۴-۴-۲- مقایسه میانگین غلظت عناصر برگ چنار در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۵۴.....	۴-۴-۳- مقایسه میانگین غلظت عناصر برگ زبان گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه
۶۰.....	۴-۵- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده
۶۱.....	۴-۵-۱- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی افرای زینتی
۶۱.....	۴-۵-۱-۱- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی افرای زینتی در مرداد ۹۲
۶۲.....	۴-۵-۱-۲- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی افرای زینتی در اردیبهشت ۹۳
۶۳.....	۴-۵-۲- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی چنار
۶۳.....	۴-۵-۲-۱- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی چنار در مرداد ۹۲
۶۴.....	۴-۵-۲-۲- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی چنار در اردیبهشت ۹۳
۶۵.....	۴-۵-۳- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی زبان گنجشک
۶۵.....	۴-۵-۳-۱- همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی زبان گنجشک در مرداد ۹۲

۶۶.....	۴-۵-۳-۲- همبستگی بین آلاینده ها و عناصر اندازه گیری شده گونه ی زبان گنجشک در اردیبهشت ۹۳.....
۶۷.....	۴-۶- بررسی صفات کمی گونه های مورد مطالعه .....
۶۷.....	۴-۶-۱- بررسی مشخصات قطر ، ارتفاع و قطر تاج گونه ی افرای زینتی .....
۶۹.....	۴-۶-۲- بررسی مشخصات قطر، ارتفاع و قطر تاج گونه ی چنار.....
۷۱.....	۴-۶-۳- بررسی مشخصات قطر، ارتفاع و قطر تاج گونه ی زبان گنجشک .....
۷۳.....	۴-۷-۷- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده .....
۷۳.....	۴-۷-۱- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی افرای زینتی .....
۷۳.....	۴-۷-۱-۱- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی افرای زینتی در مرداد ۹۲.....
۷۴.....	۴-۷-۱-۲- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی افرای زینتی در اردیبهشت ۹۳.....
۷۵.....	۴-۷-۲- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی چنار .....
۷۵.....	۴-۷-۲-۱- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی چنار در مرداد ۹۲.....
۷۶.....	۴-۷-۲-۲- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی چنار در اردیبهشت ۹۳.....
۷۷.....	۴-۷-۳- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی زبان گنجشک .....
۷۷.....	۴-۷-۳-۱- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی زبان گنجشک در مرداد ۹۲.....
۷۸.....	۴-۷-۳-۲- همبستگی بین صفات کمی و عناصر اندازه گیری شده گونه ی زبان گنجشک در اردیبهشت ۹۳.....
۷۹.....	<b>فصل پنجم- بحث و نتیجه گیری .....</b>
۷۹.....	۵-۱- تفسیر نتایج مقایسه میانگین آلاینده های دو دوره نمونه برداری در مکان های مورد مطالعه .....
۸۱.....	۵-۲-۲- تفسیر نتایج جذب عناصر در دو دوره نمونه برداری .....
۸۱.....	۵-۲-۱- تفسیر نتایج بررسی غلظت عناصر برگ گونه ی افرای زینتی .....
۸۳.....	۵-۲-۲- تفسیر نتایج بررسی غلظت عناصر برگ گونه ی چنار .....
۸۵.....	۵-۲-۳- تفسیر نتایج بررسی غلظت عناصر برگ گونه ی زبان گنجشک .....
۸۶.....	۵-۳- تفسیر نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر برگ گونه های مورد نظر در دو دوره نمونه برداری در مکان های مورد مطالعه .....
۸۶.....	.....
۸۷.....	۵-۴- نتیجه گیری کلی .....

---

منابع	.....	۸۹
-------	-------	----

جدول ۱-۳	داده‌های بارندگی ایستگاه سینوپتیک ارومیه بر حسب میلی‌متر.....	۱۷
جدول ۲-۳	پراکنش میزان بارندگی ارومیه بر حسب میلی‌متر.....	۱۷
جدول ۳-۳	میانگین دمای ماه‌های سال بر حسب درجه سانتیگراد.....	۱۸
جدول ۴-۳	طبقه‌بندی اقلیمی جدول دومارتن.....	۱۹
جدول ۱-۴	میزان آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در مرداد ۹۲ در مکان‌های مورد مطالعه.....	۲۷
جدول ۲-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ‌های افرای زینتی در مرداد ۹۲.....	۲۹
جدول ۳-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ‌های چنار در مرداد ۹۲.....	۳۰
جدول ۴-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ‌های زبان‌گنجشک در مرداد ۹۲.....	۳۱
جدول ۵-۴	میزان آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در اردیبهشت ۹۳ در مکان‌های مورد مطالعه.....	۳۲
جدول ۶-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ‌های افرای زینتی در اردیبهشت ۹۳.....	۳۴
جدول ۷-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ‌های چنار در اردیبهشت ۹۳.....	۳۵
جدول ۸-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ‌های زبان‌گنجشک در اردیبهشت ۹۳.....	۳۶
جدول ۹-۴	همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی افرای زینتی در مرداد ۹۲.....	۶۱
جدول ۱۰-۴	همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی افرای زینتی در اردیبهشت ۹۳.....	۶۲
جدول ۱۱-۴	همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی چنار در مرداد ۹۲.....	۶۳
جدول ۱۲-۴	همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی چنار در اردیبهشت ۹۳.....	۶۴
جدول ۱۳-۴	همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی زبان‌گنجشک در مرداد ۹۲.....	۶۵
جدول ۱۴-۴	همبستگی بین آلاینده‌ها و عناصر اندازه‌گیری شده گونه‌ی زبان‌گنجشک در اردیبهشت ۹۳.....	۶۶
جدول ۱۵-۴	همبستگی بین داده‌های کمی و عناصر اندازه‌گیری شده افرای زینتی مرداد ۹۲.....	۷۳
جدول ۱۶-۴	همبستگی بین داده‌های کمی و عناصر اندازه‌گیری شده افرای زینتی اردیبهشت ۹۳.....	۷۴
جدول ۱۷-۴	همبستگی بین داده‌های کمی و عناصر اندازه‌گیری شده چنار مرداد ۹۲.....	۷۵
جدول ۱۸-۴	همبستگی بین داده‌های کمی و عناصر اندازه‌گیری شده چنار اردیبهشت ۹۳.....	۷۶
جدول ۱۹-۴	همبستگی بین داده‌های کمی و عناصر اندازه‌گیری شده زبان‌گنجشک مرداد ۹۲.....	۷۷
جدول ۲۰-۴	همبستگی بین داده‌های کمی و عناصر اندازه‌گیری شده زبان‌گنجشک اردیبهشت ۹۳.....	۷۸

شکل ۳-۱- نقشه ایران، نقشه آذربایجان غربی.....	۱۶
شکل ۳-۲- نمودار اقلیمی آمبروترمیک برای منطقه مورد مطالعه.....	۲۰
شکل ۳-۳- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه.....	۲۱
شکل ۴-۱- ازون اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۳۷
شکل ۴-۲- آمونیاک اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۳۸
شکل ۴-۳- دی‌اکسیدگوگرد اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۳۹
شکل ۴-۴- ذرات معلق اندازه‌گیری شده در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۱
شکل ۴-۵- غلظت سدیم در برگ افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۲
شکل ۴-۶- غلظت پتاسیم برگ افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۳
شکل ۴-۷- غلظت مس برگ افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۴
شکل ۴-۸- غلظت آهن برگ افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۵
شکل ۴-۹- غلظت روی افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۶
شکل ۴-۱۰- غلظت منگنز برگ افرای زینتی در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۷
شکل ۴-۱۱- غلظت سدیم برگ چنار در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۸
شکل ۴-۱۲- غلظت پتاسیم برگ چنار در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۴۹
شکل ۴-۱۳- غلظت مس برگ چنار در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۰
شکل ۴-۱۴- غلظت آهن برگ چنار در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۱
شکل ۴-۱۵- غلظت روی برگ چنار در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۲
شکل ۴-۱۶- غلظت منگنز چنار برگ در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۳
شکل ۴-۱۷- غلظت سدیم برگ زبان‌گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۴
شکل ۴-۱۸- غلظت پتاسیم برگ زبان‌گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۵
شکل ۴-۱۹- غلظت مس برگ زبان‌گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۶
شکل ۴-۲۰- غلظت آهن برگ زبان‌گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۷
شکل ۴-۲۱- غلظت روی برگ زبان‌گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۸
شکل ۴-۲۲- غلظت منگنز برگ زبان‌گنجشک در دو دوره نمونه‌برداری در مکان‌های مورد مطالعه.....	۵۹
شکل ۴-۲۳- میانگین قطر برابر سینه گونه‌ی افرای زینتی در مناطق مورد مطالعه.....	۶۷

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۲۴- میانگین ارتفاع گونه‌ی افرای زینتی در مناطق مورد مطالعه.....	۶۸
شکل ۴-۲۵- میانگین قطر تاج گونه‌ی افرای زینتی در مناطق مورد مطالعه.....	۶۸
شکل ۴-۲۶- میانگین قطر برابر سینه گونه‌ی چنار در مناطق مورد مطالعه.....	۶۹
شکل ۴-۲۷- میانگین ارتفاع گونه‌ی چنار در مناطق مورد مطالعه.....	۷۰
شکل ۴-۲۸- میانگین قطر تاج گونه‌ی چنار در مناطق مورد مطالعه.....	۷۰
شکل ۴-۲۹- میانگین قطر برابر سینه گونه‌ی زبان گنجشک در مناطق مورد مطالعه.....	۷۱
شکل ۴-۳۰- میانگین ارتفاع گونه‌ی زبان گنجشک در مناطق مورد مطالعه.....	۷۲
شکل ۴-۳۱- میانگین قطر تاج گونه‌ی زبان گنجشک در مناطق مورد مطالعه.....	۷۲

## فصل اول - مقدمه و کلیات

### ۱-۱- مقدمه

تغییر کیفیت هوا به شکلی که اثرات نامطلوب بر روی محیط زیست داشته باشد را می‌توان آلودگی هوا نامید (Godish, 2004). وجود هرگونه آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز و یا تشعشع پرتوزا و یا غیر پرتوزا، در هوا به میزان و مدت زمانیکه کیفیت زندگی را برای انسان و سایر موجودات به خطراندازد و یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد کند به عنوان آلودگی هوا تعریف می‌شود (Nielinger et al., 2005). در این میان عوامل متعددی بر میزان انتشار آلاینده‌ها تاثیر می‌گذارند، که می‌توان به خصوصیات هواشناسی (پارامترهای جوی، اندازه و جهت باد و رطوبت نسبی یک منطقه)، شرایط توپوگرافی منطقه، خصوصیات آلاینده‌ها (جامد، مایع و یا گاز بودن آلاینده‌ها)، و روش آزادسازی آلاینده‌ها اشاره کرد (شمسی پور و همکاران، ۱۳۹۱). موسسه حفاظت از محیط زیست آمریکا<sup>۱</sup>، آلاینده‌های هوا را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرده‌اند: آلاینده‌های اولیه موادی هستند که مستقیماً به هوای محیط وارد می‌شوند و شامل پنج آلاینده‌ی مونوکسیدکربن، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ذرات ریز و سرب می‌باشند. از آلاینده‌های ثانویه می‌توان به ازن اشاره کرد (Kosiba, 2007). در این میان حمل و نقل و ترافیک حاصل از آن مهم‌ترین دلیل آلودگی هوا می‌باشند. این مساله بخصوص با گسترش روز افزون شهرها و تبدیل مناطق روستایی و کشاورزی به مناطق صنعتی، فزونی می‌یابد. آلودگی هوا تابع مثبت از مصرف انرژی، حجم سرمایه‌های فیزیکی و فعالیتهای صنعتی و تابعی منفی از بهره‌وری نیروی کار و قیمت سوخت‌های فسیلی است (نصراللهی و غفاری، ۱۳۸۹). آلودگی هوا معمولاً یکی از مشکلات کلان شهرها بوده است و کیفیت هوای شهر تحت تاثیر خروج آلاینده‌ها از منابع متحرک و ثابت است که باعث تاثیر منفی بر روی سلامت انسان و حیوانات و گیاهان می‌شود (Brack, 2002). گیاهان و درختان نیز بطور مستقیم در تماس با هوا قرار دارند و حساسیت آلودگی برای گیاهان به اندازه‌ی انسان‌ها می‌باشد.

با این همه، آلودگی هوا برای تمام موجودات خطر جدی محسوب می‌شود و فضای سبز را تهدید به نابودی می‌کند. بنابراین آگاهی دادن به مردم و انجام اقدامات سریع و جدی برای جلوگیری از تخریب بیش از حد

منابع طبیعی و ایجاد فضای سبز امری بسیار حیاتی می‌باشد. که این اقدامات بیشتر جنبه پیشگیری دارند اما امروزه با افزایش آلودگی باید در جهت رفع و کاهش آلودگی اقداماتی انجام داد. توجه به نقش گیاهان در پاکسازی هوا سبب شده است تا اقدامات جدی در حفظ و نگهداری و افزایش فضای سبز صورت گیرد.

بنابراین تکنیک گیاه‌پالایی یک روش آسان، موثر و کم‌هزینه به منظور کاهش آلاینده‌ها می‌باشد. گیاه‌پالایی با استفاده از مهندسی گیاهان سبز شامل گونه‌های علفی و چوبی برای برداشت مواد آلاینده از آب و خاک یا کاهش خطرات آلاینده‌های محیط زیست نظیر فلزات سنگین، عناصر کمیاب، ترکیبات آلی و مواد رادیواکتیو به کار برده می‌شود (Abhilash and Yunus, 2011). گیاهان سه راهبرد پایه برای گیاه‌پالایی دارند، عملکرد گیاهان برای پالایش هوای آلوده بدین صورت انجام می‌پذیرد که گیاهان فلزات را در اندام‌های هوایی خود تجمع داده و دوباره به خاک بر می‌گرداند و یا می‌توانند فلزات را در اندام‌های هوایی خود تغلیظ کرده به طوری که چندین برابر غلظت فلز در خاک شود و گیاهانی که غلظت بالایی از آلاینده‌ها را جذب کرده و در ریشه، ساقه یا برگ هایشان تغلیظ می‌کنند که این روش در منابع طبیعی کاربرد بیشتری دارد که از درختان جنگلی بدین منظور استفاده می‌گردد (Dipu *et al.*, 2012). در این میان انتخاب گونه‌ی مناسب بسیار اهمیت دارد.

تحقیقات متعددی در این رابطه انجام گرفته است. در مناطق مختلف جهان متناسب با شرایط محیطی منطقه گونه‌ی مناسب که توانایی جذب و حذف آلاینده‌ها را داشته باشد معرفی گردیده است. از جمله Lawal و همکاران (2011) گونه‌ی *Azadiracta indica* را بدلیل توانایی بالا در جذب عناصر سنگین حاصل از آلودگی، به عنوان گونه‌ی مقاوم در برابر آلودگی در منطقه‌ای از نیجریه معرفی کردند. در بیشتر شهرهای ایران نیز تحقیقاتی در این رابطه انجام گرفته است. به عنوان مثال، عطا آبادی و همکاران (۱۳۸۹) در شهر اصفهان تاثیر آلودگی هوا بر روی گونه‌های *Pinus eldarica*, *Quercus brantii*, *Cupressus arizonia* را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در مناطق آلوده‌ی این شهر میزان جذب عناصر آهن، مس، نیکل و سرب توسط گونه‌ی *Cupressus arizonia* بیشتر از دو گونه‌ی دیگر بوده و این گونه ظرفیت و مقاومت بالایی در برابر آلاینده‌ها دارد و می‌توان آن را در سطح شهر اصفهان برای پالایش آلاینده‌ها به کار برد. در این میان شهر ارومیه نیز از کلان شهرهای ایران به شمار می‌آید، ولی تا کنون تحقیقی در رابطه با مبارزه با آلودگی در این شهر در دسترس نیست. در این تحقیق به بررسی تاثیر آلودگی هوا بر روی عناصر



سدیم، پتاسیم، آهن، مس، روی، منگنز برگ گونه‌های چنار، ون و افرای زینتی می‌پردازیم تا بتوان گونه‌های مقاوم به آلودگی را معرفی و در فضای شهری و مناطق آلوده شهر به کار گرفته شوند.

## ۱-۲- کلیات

### ۱-۲-۱- تأثیرات آلودگی هوا

تأثیری که آلاینده‌ها بر مورد انسان دارند یا بطور مستقیم از طریق تنفس و یا از طریق خاک وارد زنجیره‌ی غذایی شده و به بدن انسان راه پیدا می‌کنند و باعث اختلالات تنفسی و مشکلات عصبی و بروز سرطان می‌شوند (Brimblecomb, 2003; Pascal *et al.*, 2013). تحقیقات نشان داده است که گیاهان در مقایسه با انسان‌ها نسبت به آلاینده‌ها حساس‌ترند. بعنوان مثال آلاینده‌ها باعث کاهش فتوسنتز، کاهش رشد ریشه‌ها، کاهش رنگیزه‌های گیاهی، کاهش تعداد روزنه‌ها در سطح رویی و زیری و کاهش تعدادی از صفات جوانه‌زنی می‌شوند (رشیدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ شریعت و همکاران، ۱۳۸۹). هم چنین میزان قندهای محلول و کربوهیدرات‌ها در مناطق آلوده کاهش می‌یابد (Tzvetkov and Kolarov, 1996).

فلزات سنگین با ذخیره شدن در سلول‌های گیاهی از طریق جذب سطحی و همچنین جذب ریشه موجب اختلال در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه می‌شوند، همچنین وقتی آلودگی موجب تغییر در خصوصیات شیمیایی خاک، تعادل عناصر، کیفیت تغذیه و کاهش توان تجدید حیات گیاه می‌شود، تنش‌های وارد به گیاه نیز مضاعف می‌گردند.

آلودگی هوا می‌تواند بصورت تأثیرات جوی، باران‌های اسیدی و اثرات گلخانه‌ای هم نمود پیدا کند.

### ۱-۲-۱- منابع آلاینده‌های هوا

بطور کلی منابع آلاینده‌های هوا به دو دسته‌ی طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند:

منابع طبیعی آلاینده‌های هوا دارای منشأ طبیعی می‌باشند و دامنه‌ی اثر آنها زیاد بوده و کنترل آنها مشکل‌تر است. منابع طبیعی شامل آتش‌فشان‌ها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، طوفان‌های گرد و غبار، گرده گیاهان، تولید هیدروکربن‌ها و فاسد شدن گیاهان می‌باشد.

منابع مصنوعی آلاینده‌های هوا بسته به نوع فعالیت بشری دارای دامنه اثر اولیه محدودتری می‌باشند. از مهم‌ترین منابع طبیعی مصنوعی، حمل و نقل، فرآیندهای احتراقی، فرآیندهای صنعتی را می‌توان نام برد

(Harison *et al.*, 2001 ; Constane *et al.*, 2013). تحقیقات نشان داده است که حمل و نقل مهم‌ترین منبع آلودگی با منشا انسانی می‌باشد. دوده حاصل از حمل و نقل جاده‌ای، خطوط راه‌آهن، حمل و نقل هوایی و آبی منتشر شده و بطور عمده در تشکیل رسوبات اسیدی موثر بوده و علاوه بر این باعث تحلیل لایه ازن استراتوسفر شده که این عامل در تغییرات اقلیمی موثر است. ترافیک شهری بیشترین تاثیر را در آلودگی هوا دارد که باید راهکارهایی برای کاهش آلودگی برنامه‌ریزی کرد (Convile *et al.*, 2001).

### ۱-۲-۳- انواع آلاینده‌های محیطی

تاکنون حدود ۳۰۰۰ ماده‌ی آلاینده‌ی محیطی شناخته شده است که به چندین طریق می‌توانند طبقه‌بندی شوند. این طبقه‌بندی می‌تواند از نظر خصوصیات شیمیایی یا فیزیکی، منبع انتشار آلودگی، نوع واکنش و خصوصیات قانونی باشد. همچنین آلاینده‌ها بر اساس اینکه چگونه به جو می‌رسند به دو دسته‌ی آلاینده‌های اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند (Kyrikilis *et al.*, 2007). از شایع‌ترین آلاینده‌های هوا می‌توان به مونوکسیدکربن (CO)، دی‌اکسیدنیترژن (NO<sub>2</sub>)، دی‌اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>)، ازن (O<sub>3</sub>) و ذرات معلق در هوا و یا ذرات ریزتر از ۱۰ میکرون (PM<sub>10</sub>) اشاره کرد (Rai *et al.*, 2011). فلزات سنگین نیز از مهم‌ترین آلاینده‌های محیطی به شمار می‌آیند که در بین این فلزات می‌توان به سرب، کادمیوم، آهن، مس، روی، نیکل، کبالت، جیوه و نقره اشاره کرد، آلودگی محیط به این مواد در نتیجه‌ی فعالیت‌های صنعتی و کاربرد سموم و غیره حاصل می‌شود (Lewandowski *et al.*, 2005). اما مهم‌ترین نگرانی که در مورد آلاینده‌ها وجود دارد این است که آلاینده‌ها در تشکیل مه دود دخیل می‌باشند و هم چنین قدرت جذب بالایی از امواج مادون قرمز را دارند که در مشکل گرمایش جهانی حائز اهمیت می‌باشند (Pries *et al.*, 2008).

### ۱-۲-۴- عناصر موجود در گیاهان

علاوه بر اکسیژن، کربن و هیدروژن که اجزای اصلی ساختمان آلی گیاه را تشکیل می‌دهند و از خاک و یا از هوا و از طریق روزه‌های هوایی جذب گیاه می‌شوند، عناصر دیگری نیز در ساختمان سلولزی و فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه شرکت دارند که به دو دسته‌ی پر مصرف و کم مصرف تقسیم می‌شوند:

عناصر پرمصرف به میزان بیشتری مورد نیاز گیاه می‌باشند، مانند پتاسیم، منیزیم، فسفر، کلسیم، گوگرد و غیره. عناصر کم‌مصرف به میزان کمتری مورد نیاز گیاهان می‌باشند از این عناصر می‌توان به آهن، مس، روی، مولیبدن، بور، کلر و غیره اشاره کرد (عابدی و هنرجو، ۱۳۸۲؛ فلاح‌چای و همکاران، ۱۳۸۹).

### ۱-۲-۵- حد کفایت عناصر در بافت‌های گیاهی

عناصری که گیاه از هوا یا از طریق ریشه از خاک می‌گیرند و در بخش قبلی اشاره گردید برای گیاهان به اندازه‌ای که حد کفایت نامیده می‌شود مورد نیاز می‌باشد و بیشتر از این مقدار برای گیاهان سمی می‌باشد (امامی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کرتولی نژاد، ۱۳۸۶). از طرفی آلودگی هوا میزان این عناصر را که گیاه از طریق روزنه‌های هوایی دریافت می‌کند تحت تاثیر قرار می‌دهد. گیاهانی که حدکفایت جذب عناصر آنها پایین باشد در اثر آلودگی مسموم شده و کم از کم از بین می‌روند ولی برعکس گیاهانی که حدکفایت جذب عناصر آنها بالا باشد مقاوم به آلودگی می‌باشند (Tomasevic and Anicic, 2010).

### ۱-۲-۶- پالایش سبز یا گیاه‌پالایی ۲

فلزات سنگین و آلاینده‌ها در محیط تجزیه نمی‌شوند بنابراین خارج کردن آنها از محیط ضروری است از طرفی هزینه‌های گزاف روش‌های فیزیکی و شیمیایی موجب تلاش برای دستیابی به روش‌های ارزانتر شده است. امروزه روش گیاه‌پالایی بدین منظور استفاده می‌شود (عظیم پور و همکاران، ۱۳۹۲). گیاه‌پالایی یا پالایش سبز یک تکنیک پالایشی است که شامل جذب، تغییر شکل، تجزیه، تجمع و یا تصعید آلاینده‌ها و عناصر سنگین با کمک گیاهان و زدودن آلودگی‌های هوا می‌باشد (Susarla et al., 1998). این تکنیک قابلیت بکارگیری در سطح وسیعی داشته و دارای ارزش اکولوژیکی است (Campos, 2008).

## ۱-۲-۷- گیاهان مناسب برای گیاه پالایی

گیاه پالایی نیاز به خصوصیات عمومی متفاوتی برای تاثیر مطلوب دارد. برای پالایش گیاهی، گیاه باید غلظت بالای فلزات سمی در برگ‌ها را تحمل کند و پس از انتقال در خود جمع کند. بعنوان مثال برای پالایش خاک از آلاینده‌ها، گیاه باید دارای عمق مناسب ریشه باشد (Hazrat *et al.*, 2013). برای پالایش هوای آلوده نیز، گیاه باید مواد را جمع و آن را به بخار تبدیل کند یا اینکه میزان سمیت مواد آلاینده را کاهش دهد. در انتخاب گونه، بهتر است پراکنش وسیع این گونه‌ها بدلیل دسترسی آسان و وجود دانش پایه‌ای زیاد در مورد این گیاهان در نظر گرفته شود (Zhang *et al.*, 2010). مسأله دیگر در انتخاب گونه علاوه بر مسأله کیفیت هوای شهری، زیبایی چشم‌انداز و سایه‌اندازی گونه‌های درختی است. با توجه به این مسائل، از گیاهان درختی می‌توان گونه‌های بید، اکالیپتوس، بلوط، افاقیا، زبان گنجشک، نمدار، صنوبر و افرا را بعنوان گیاهان مناسب برای گیاه‌پالایی نام برد (تقی زاده و کافی، ۱۳۸۷).

## ۱-۲-۸- ویژگی‌های گیاه شناسی گونه‌های مورد مطالعه

### ۱-۲-۸-۱- افرای زینتی<sup>۳</sup>

درختی بزرگ تا ارتفاع ۲۱ متر، برگ‌ها شانه‌ای و برگچه‌ها ۳ تا ۵ تایی و بندرت ۷ تا ۹ تایی، تخم مرغی یا مستطیلی شکل، سرنیزه‌ای، دندان‌اره‌ای درشت یا در برگچه‌ی انتهایی سه لوبه به طول ۵-۱۲/۵ سانتی متر، نوکدار. در سطح تحتانی سبز کم‌رنگ و کمی کرکدار، گلها قبل از برگدهی ظاهر می‌شوند، سبز مایل به زرد، گل‌های نر در گل آذین دیهیمی واژگون، گل‌های ماده در گل آذین خوشه‌ای واژگون، گلبرگ وجود ندارد. میوه این گونه بدون کرک بطول ۲/۵-۳/۵ سانتی‌متر بوده و بال‌ها با زاویه‌ی حاد و واگرا می‌باشد. این گونه بصورت کاشته شده در مناطق معتدله و معتدله‌ی سرد ایران پراکنش دارد. درختی مقاوم به خشکی است که در جنگل‌کاری‌ها و در فضای سبز و اطراف شهرها از آن استفاده می‌شود (مظفریان، ۱۳۸۳).

3. *Acer negundo*