فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۴ شماره ۱، صفحه ۳۱-۲۱، (۱۳۹۵)

تأثیر آلودگی هوا بر ریخت‌شناسی برگ گونه‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.)، چنار (*Platanus orientalis* L.) و افرا زینتی (*Acer negundo* L.) (پژوهش موردی: شهر ارومیه)

زهرا باباپور علیار[۱]، عباس بانج شفیعی[۲*] و نسرین سیدی[۳]

۱- کارشناس‌ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. پست الکترونیک: a.banjshafiei@urmia.ac.ir
۳- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۷

چکیده

امروزه افزایش غلظت آلاینده‌های هوا در شهرهای بزرگ تبدیل به مشکل بزرگی شده است که می‌تواند بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژی اندام‌های درختان به‌ویژه برگ آنها تأثیر بگذارد. به‌منظور مطالعه این تأثیر، ابتدا با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواسنجی (ثابت و سیار) سازمان حفاظت محیط زیست استان آذربایجان غربی، اقدام به انتخاب پنج منطقه با آلودگی‌های متفاوت شد. در مردادماه ۱۳۹۲ به‌طور تصادفی پنج درخت از سه گونه زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.)، چنار (*Platanus orientalis* L.) و افرازینتی (*Acer negundo* L.) در هر منطقه گزینش شدند. سپس برگ‌ها از درختان مورد نظر جمع‌آوری و بلافاصله برای اندازه‌گیری صفات طول دمبرگ، طول پهنک، بیشینه عرض پهنک و سطح برگ به آزمایشگاه منتقل شدند. در اردیبهشت ۱۳۹۳ دوباره برگ‌ها از درختان انتخاب‌شده،جمع‌آوری شدند و اندازه‌گیری‌ها تکرار شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های تجزیه واریانس، دانکن و t جفتی استفاده شد. نتایج نشان داد که صفات ریخت‌شناسی برگ هر سه گونه مورد بررسی به‌طور معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تحت تأثیر آلاینده‌های هوا قرار دارند و میزان تأثیر آلاینده‌های هوا بر صفات ریخت‌شناسی برگ هر سه گونه در مردادماه بیشتر از اردیبهشت‌ماه بود.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌های هوا، جنگل‌داری شهری، سطح برگ، طول پهنک، طول دمبرگ.

مقدمه

با صنعتی شدن جوامع در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، غلظت آلاینده‌های اولیه و ثانویه در اتمسفر افزایش یافته و تبدیل به یک معضل رو به رشد شده است. بسیاری از کشورهای در حال توسعه به‌علت صنعتی شدن، شهرنشینی، عدم آگاهی، تعداد زیاد وسایل نقلیه موتوری، استفاده از سوخت‌های با کیفیت نامناسب و مخرب محیط زیست و قوانین ناکارآمد محیط زیست، تخریب پیش‌رونده‌ای را در کیفیت هوا تجربه می‌کنند (Abdolmanafi Jahromi *et al.*, 2012). در کشور ما نیز با توجه به توسعه صنعتی در نیمه دوم قرن اخیر، بررسی و بحث در مورد آلاینده‌ها و اثرات آن‌ها در چرخه محیط زیست به‌صورت امری ضروری درآمده است (Haj Rasuliha *et al.*, 2006). ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰

میکرون (PM_{10})، مونواکسیدکربن (CO)، دی‌اکسیدازت (NO_2)، دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) و ازن (O_3) پنج آلاینده اصلی هوای شهرهای بزرگ به‌ویژه تهران هستند (Ejtehadi, 2007). در چند سال اخیر، مناطق وسیعی از ایران مانند مناطق غرب، نیمه شمالی، شمال غربی و مرکز کشور مورد هجوم ریزگردهای معروف به ریزگردهای عربی قرار گرفته‌اند که استان آذربایجان غربی نیز از این امر مستثنی نیست. این ریزگردها دو ساختار رسی و سیلتی دارند. غبارهای رسی دارای ذرات ریز و سبکی هستند که قابلیت ماندگاری زیادی در هوا و قدرت آلایندگی بیشتری دارند و با نشستن بر روی برگ درختان باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شوند. این امر از تنفس و فتوسنتز گیاه جلوگیری کرده و باعث کاهش جذب نور توسط برگ‌ها خواهد شد. بعد از مدتی به‌علت اختلال در مکانیسم طبیعی، برگ‌ها از تاج درخت شروع به ریزش می‌کنند، مقاومت گیاهان کاهش یافته و امکان حمله آفات افزایش می‌یابد (Esfahani, 2011). در همه گیاهان برگ‌ها از مهم‌ترین قسمت‌های گیاه هستند که به‌وسیله آلاینده‌های هوا تحت تأثیر قرار می‌گیرند. کاهش طول، عرض و سطح برگ گیاهان کنار جاده‌ای نشان‌دهنده تأثیر بد محیط‌های شهری بر گیاهان است، بنابراین برگ‌ها براساس مراحل مختلف رشد خود، به‌عنوان یک نشان‌گر خوب در برابر آلاینده‌های هوا به حساب می‌آیند (Reig-Armiñana *et al*., 2004; Silva *et al*., 2005; Stevovic *et al.*, 2010; Leghari & Asrar zaidi, 2013).

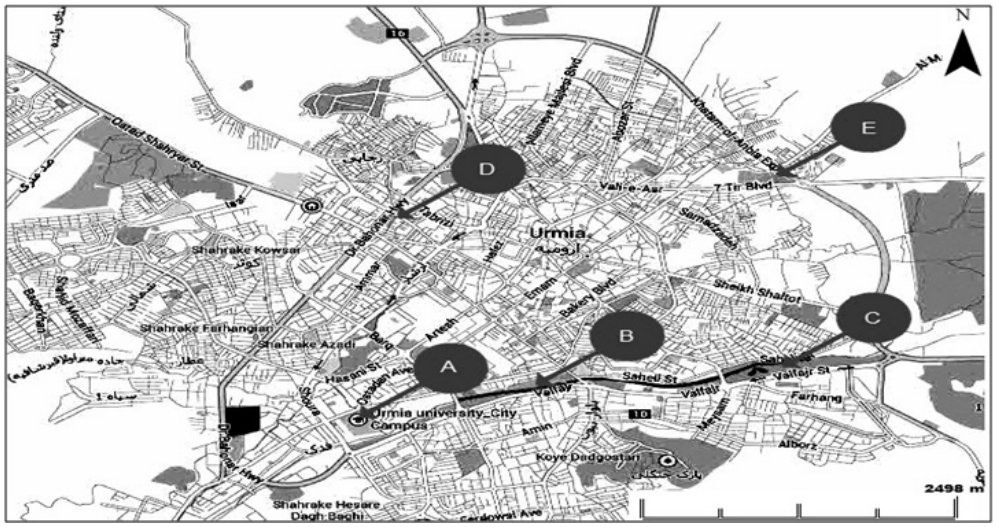
آلاینده‌های هوا باعث کاهش اندازه و آسیب به بافت‌های فتوسنتزی می‌شوند (Shafiq & Iqbal, 2003; 2005). کاهش معنی‌دار رشد برگ، سطح برگ و طول دمبرگ گونه‌های *Platanus acerifolia*، *Ficus bengalensis*، *Guaiacum officinale*، *Fraxinus Americana*، *Platanus orientalis* و *Eucalyptus* sp. در مکان‌های شهری به‌شدت آلوده توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (Ninoval *et al.*, 1983; Jahan & Iqbal, 1992; Dineva, 2004; Ghorbanli *et al.*, 2007; Pourkhabbaz *et al.*, 2010). افزایش آلودگی هوا حتی باعث افزایش ضخامت پهنک، ضخامت مزوفیل پهنک و ضخامت پارانشیم نردبانی پهنک در گونه‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) در شهر تهران شده است تا بتوانند برای مقابله با آلودگی هوا آماده شوند (Rashidi *et al*., 2011; 2012).

در پژوهش پیش‌رو، اثر آلاینده‌های هوا شامل مونواکسیدکربن، ازن، دی‌اکسیدگوگرد و ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) بر صفات ریخت‌شناسی برگ گونه‌های افرا زینتی (*Acer negundo* L.)، ون و چنار(*Platanus orientalis* L.) که به‌طور گسترده در فضاهای سبز شهر ارومیه کاشته شده‌اند، در دو نوبت ابتدا و انتهای فصل رویش بررسی شده است.هدف از این پژوهش، بررسی میزان تغییر شکل ظاهری برگ گونه‌های مورد مطالعه در اثر آلودگی هوا و یافتن زمان مناسب نمونه‌برداری در این ارتباط بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر ارومیه در محدوده جغرافیایی ´۶ °۳۷ تا ´۹ °۳۸ عرض شمالی و ´۲۳ °۴۴ تا ´۲۵ °۴۵ طول شرقی قرار گرفته است. براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ارومیه، در یک دوره ۶۰ ساله (۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰)، میانگین دمای سالانه ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارش سالانه ۳۴۱ میلی‌متر، میانگین دمای گرم‌ترین ماه سال (تیر) ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سردترین ماه سال (دی) ۱/۸- درجه سانتی‌گراد است. به‌منظور بررسی آلاینده‌های هوا، اطلاعات ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای سازمان حفاظت محیط زیست آذربایجان غربی که در نزدیکی مناطق مورد مطالعه قرار داشتند، بررسی شد. با توجه به این اطلاعات، پردیس دانشگاه ارومیه و پارک‌های ائللرباغی، الغدیر، حجاب و کوثر به‌ترتیب از کمترین آلودگی تا آلوده‌ترین مناطق انتخاب شدند (شکل ۱ و جدول ۱).



شکل ۱- نقشه شهر ارومیه و موقعیت مناطق انتخاب‌شده در شهر ارومیه

پردیس دانشگاه (A)، پارک الغدیر (B)، پارک ائللرباغی (C)، پارک حجاب (D)، پارک کوثر (E)

جدول ۱- میانگین پنج‌ساله آلاینده‌های هوا در مناطق مورد مطالعه (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲)

آلاینده	مناطق مورد مطالعه				
	پردیس دانشگاه	پارک ائللرباغی	پارک الغدیر	پارک حجاب	پارک کوثر
مونواکسیدکربن (ppm)	۲/۰۷	۲/۸۳	۳/۹۳	۵/۵	۶/۰۷
ازن (ppm)	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳
دی‌اکسیدگوگرد (ppm)	۰/۳۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳۳	۰/۳۳
ذرات آلاینده با قطر کوچکتر از ۱۰ میکرون (µg/m3)	۲۳	۳۴/۶۷	۶۳	۶۶/۶۷	۷۰/۶۷

روش پژوهش

در هر منطقه برای انجام نمونه‌برداری، پنج درخت به‌طور تصادفی از درختان هر گونه انتخاب شد. به‌منظور بررسی واکنش درخت به آلودگی در ابتدا و انتهای فصل رشد، نمونه‌برداری برگ در دو نوبت انتهای تابستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳ انجام شد. در انتخاب درختان سعی شد تا پایه‌های شاداب و سالم، همسال، دارای تاج متقارن و بدون آفت انتخاب شوند. برای نمونه‌برداری از تمام قسمت‌های تاج، دو برگ در هر یک از چهار جهت اصلی، از بخش‌های پایینی، میانی و بالایی تاج و در مجموع ۲۴ برگ برای هر درخت جمع‌آوری شد. برگ‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای انجام اندازه‌گیری‌ها، ابتدا دمبرگ هر برگ جدا و طول آن با خط‌کش تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس تصویر هر برگ روی کاغذ ترسیم شد و سطح برگ توسط پلانی‌متر تا دقت یک‌صدم سانتی‌متر مربع و طول پهنک و بیشینه عرض پهنک توسط خط‌کش تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند (Leghri & Asrar zaidi, 2013).

از آنجایی‌که به‌طور معمول شهرداری‌ها در احداث فضای سبز شهری از خاک‌هایی با ترکیب یکسان استفاده می‌کنند و روش‌های نگهداری و آبیاری این مناطق نیز مشابه است، بنابراین فرض بر این شد که شرایط خاکی و اکولوژیکی این مناطق نیز تا حد بسیار زیادی یکسان است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از شناسایی و حذف داده‌های پرت، نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف تست شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، از تجزیه واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین دانکن برای مشخص کردن اختلاف معنی‌دار بین میانگین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده استفاده شد. از آزمون t جفتی برای مقایسه میانگین صفات ریخت‌شناسی برگ گونه‌های مورد بررسی در دو زمان نمونه‌برداری استفاده شد. لازم به ذکر است که ون فقط در سه منطقه حضور داشت. همچنین به‌دلیل خشک شدن یکی از درختان نمونه چنار در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳ در پارک حجاب، آزمون t جفتی برای ۶۴ درخت انجام شد. معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد. تمامی آزمون‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS 18 انجام شد.

نتایج

طول دمبرگ

براساس نتایج (جدول ۲)، بیشترین میانگین طول دمبرگ افرا زینتی در اردیبهشت و مردادماه در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار آن در پارک حجاب مشاهده شد. در مورد چنار، بیشترین مقدار در هر دو زمان اردیبهشت و مردادماه، در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار در پارک کوثر (اردیبهشت‌ماه) و پارک ائللرباغی (مردادماه) ثبت شد. بیشترین و کمترین مقدار این متغیر در هر دو زمان نمونه‌برداری در مورد ون به‌ترتیب در پردیس دانشگاه و پارک حجاب به‌دست آمد. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن نشان دادند که بین میانگین طول دمبرگ تمامی گونه‌ها در مناطق مختلف و در هر دو زمان نمونه‌برداری (به‌جز ون در مرداد) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۶).

جدول ۲- نتایج آزمون دانکن در مورد میانگین طول دمبرگ گونه‌ها در مناطق مورد مطالعه و در دو زمان نمونه‌برداری به سانتی‌متر

منطقه	افرا زینتی		چنار		ون	
	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد
پردیس دانشگاه	۴/۳۲^{a}	۴/۵۵^{a}	۳/۳۸^{a}	۶/۰۷^{a}	۶/۰۶^{a}	۶/۲۳
پارک ائللرباغی	۴/۰۹^{a}	۴/۵۱^{a}	۲/۷۸^{b}	۴/۳۲^{c}	۵/۲۳^{b}	۶/۰۵
پارک الغدیر	۴/۱۶^{a}	۴/۰۹^{b}	۲/۵۹^{b}	۴/۳۷^{bc}		
پارک حجاب	۳/۴۷^{b}	۳/۶۱^{c}	۳/۳۳^{a}	۴/۸۱^{b}	۴/۹۲^{b}	۵/۹۶
پارک کوثر	۴/۱۸^{a}	۳/۹۲^{b}	۲/۲۲^{c}	۴/۴۱^{bc}		

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

طول پهنک

براساس نتایج، بیشترین میانگین طول پهنک افرا زینتی در اردیبهشت و مردادماه در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار آن در پارک حجاب (اردیبهشت‌ماه) و پارک الغدیر (مردادماه) مشاهده شد (جدول ۳). در مورد چنار و در ماه اردیبهشت، پردیس دانشگاه بیشترین مقدار و پارک ائللرباغی کمترین مقدار را داشتند و در ماه مرداد، پارک ائللرباغی بیشترین و پارک الغدیر کمترین مقدار را داشتند. بیشترین و کمترین مقدار این متغیر در هر دو زمان نمونه‌برداری در مورد ون به‌ترتیب در پردیس دانشگاه و پارک حجاب به‌دست آمد. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن نشان دادند که بین میانگین طول پهنک تمامی گونه‌ها در مناطق مختلف و در هر دو زمان نمونه‌برداری (به‌جز افرا زینتی در اردیبهشت‌ماه) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۶).

جدول ۳- نتایج آزمون دانکن در مورد میانگین طول پهنک برگ گونه‌ها در مناطق مورد مطالعه و در دو زمان نمونه‌برداری به سانتی‌متر

منطقه	افرا زینتی		چنار		ون	
	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد
پردیس دانشگاه	۱۰/۲۸	۹/۹۷^{a}	۱۴/۸۸^{a}	۱۴/۴۵^{c}	۱۱/۱۳^{a}	۱۲/۱۵^{a}
پارک ائللرباغی	۱۰/۲۱	۹/۲۵^{b}	۱۳/۱۲^{b}	۱۶/۳۲^{a}	۹/۴۶^{b}	۱۰/۲۵^{b}
پارک الغدیر	۱۰/۲۷	۸/۹۷^{b}	۱۳/۱۵^{b}	۱۴/۴۱^{c}	--	--
پارک حجاب	۹/۵۰	۹/۴۲^{b}	۱۳/۵۳^{b}	۱۵/۸۶^{ab}	۸/۵۴^{c}	۹/۶۲^{b}
پارک کوثر	۹/۵۹	۹/۵^{ab}	۱۴/۶۸^{a}	۱۵/۳۷^{b}	--	--

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

بیشینه عرض پهنک

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین میانگین بیشینه عرض پهنک افرا زینتی در اردیبهشت و مردادماه در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار آن در پارک کوثر (اردیبهشت‌ماه) و پارک ائللرباغی (مردادماه) مشاهده شد. در مورد چنار و در ماه اردیبهشت، پردیس دانشگاه بیشترین مقدار و پارک الغدیر کمترین مقدار و در ماه مرداد، پارک حجاب بیشترین و پارک الغدیر کمترین مقدار را داشتند. بیشترین و کمترین مقدار این متغیر در هر دو زمان نمونه‌برداری در مورد ون به‌ترتیب در پردیس دانشگاه و پارک حجاب به‌دست آمد. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن نشان دادند که بین میانگین بیشینه عرض پهنک تمامی گونه‌ها در مناطق مختلف و در هر دو زمان نمونه‌برداری (به‌جز چنار در اردیبهشت) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۴ و ۶).

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن در مورد میانگین بیشینه عرض پهنک برگ گونه‌ها در مناطق مورد مطالعه و در دو زمان نمونه‌برداری به سانتی‌متر

منطقه	افرا زینتی		چنار		ون	
	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد
پردیس دانشگاه	۱۱/۸۸^{a}	۱۲/۴۰^{a}	۱۶/۲۹	۱۷/۷۰^{bc}	۹/۱۲^{a}	۱۰/۳۳^{a}
پارک ائللرباغی	۱۱/۱۲^{b}	۹/۹۲^{d}	۱۵/۵۷	۱۸/۶۰^{b}	۷/۹۳^{b}	۸/۴۹^{b}
پارک الغدیر	۱۱/۰۴^{b}	۱۱/۸۰^{a}	۱۵/۱۲	۱۶/۹۰^{c}	--	--
پارک حجاب	۱۰/۸۲^{bc}	۱۰/۷۸^{c}	۱۶/۲۶	۱۹/۸۷^{a}	۷/۱۵^{c}	۸/۰۴^{b}
پارک کوثر	۱۰/۲۱^{c}	۱۱/۴۰^{bc}	۱۵/۶۷	۱۸/۰۴^{bc}	--	--

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

سطح برگ

براساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین میانگین سطح برگ افرا زینتی در اردیبهشت و مردادماه در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار آن در پارک حجاب (اردیبهشت‌ماه) و پارک ائللرباغی (مردادماه) مشاهده شد (جدول ۵). در مورد چنار، بیشترین مقدار در هر دو زمان اردیبهشت و مردادماه در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار، در پارک الغدیر ثبت شد. در مورد ون، بیشترین مقدار در هر دو زمان اردیبهشت و مردادماه در پردیس دانشگاه و کمترین مقدار در پارک حجاب (اردیبهشت‌ماه) و پارک ائللرباغی (مردادماه) به‌دست

آمد. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن نشان دادند که بین میانگین سطح برگ تمامی گونه‌ها در مناطق مختلف و در هر دو زمان نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن در مورد مقایسه میانگین سطح برگ گونه‌ها در مناطق مورد مطالعه و در دو زمان نمونه‌برداری به سانتی‌متر مربع

منطقه	افرا زینتی		چنار		ون	
	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد	اردیبهشت	مرداد
پردیس دانشگاه	۶۱/۱۰^{a}	۵۶/۳۷^{a}	۱۴۵/۳۹^{a}	۱۵۶/۲۵^{a}	۴۳/۳۷^{a}	۴۷/۴۷^{a}
پارک ائللرباغی	۴۸/۲۸^{bc}	۴۱/۸۶^{c}	۱۱۲/۲۵^{b}	۱۵۱/۱۱^{ab}	۳۰/۴۳^{b}	۲۹/۳۴^{b}
پارک الغدیر	۵۴/۴۹^{ab}	۴۳/۷۳^{c}	۱۰۴/۷۶^{b}	۱۲۱/۵۳^{c}	--	--
پارک حجاب	۴۱/۸۴^{c}	۴۶/۸۲^{bc}	۱۱۶/۶۱^{b}	۱۳۸/۴۸^{b}	۲۵/۸۸^{c}	۲۹/۵۳^{b}
پارک کوثر	۴۵/۲۳^{c}	۵۰/۲۹^{b}	۱۲۲^{b}	۱۴۱/۹۱^{ab}	--	--

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۶- نتایج آزمون تجزیه واریانس برای متغیرهای اندازه‌گیری‌شده به‌تفکیک گونه و زمان نمونه‌برداری

گونه	زمان	طول دمبرگ		طول پهنک		بیشینه عرض پهنک		سطح برگ	
		F	معنی‌داری	F	معنی‌داری	F	معنی‌داری	F	معنی‌داری
افرا زینتی	اردیبهشت	۴/۶۳	۰/۰۰۱**	۲/۳۵	۰/۰۵۳^{ns}	۶/۰۵	۰/۰۰۰**	۸/۸۳	۰/۰۰۰**
	مرداد	۸/۹۸	۰/۰۰۰**	۴/۰۶	۰/۰۳۰*	۱۶/۴۷	۰/۰۰۰**	۱۰/۳۵	۰/۰۰۰**
چنار	اردیبهشت	۱۸/۹۳	۰/۰۰۰**	۷/۲۳	۰/۰۰۰**	۱/۰۹	۰/۳۵۹^{ns}	۷/۰۷	۰/۰۰۰**
	مرداد	۲۱/۶۶	۰/۰۰۰**	۹/۱۲	۰/۰۰۰**	۶/۷۹	۰/۰۰۰**	۵/۳۷	۰/۰۰۰**
ون	اردیبهشت	۲۶/۰۴	۰/۰۰۰**	۳۱/۳۹	۰/۰۰۰**	۱۸/۹۹	۰/۰۰۰**	۳۸/۷۳	۰/۰۰۰**
	مرداد	۱/۹۹	۰/۱۳۸^{ns}	۳۲/۳۱	۰/۰۰۰**	۴۱/۱۷	۰/۰۰۰**	۶۶/۸۹	۰/۰۰۰**

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ *معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

مقایسه بین میانگین صفات در دو زمان نمونه‌برداری با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که در افرا زینتی فقط بیشینه عرض پهنک و سطح برگ در پارک ائللرباغی دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۷)؛ در حالی‌که در مورد چنار، برای طول دمبرگ در تمام مناطق، برای طول پهنک در پارک ائللرباغی و الغدیر، برای بیشینه عرض پهنک در تمام مناطق به‌جز پارک کوثر و برای سطح برگ در پارک الغدیر و ائللرباغی بین دو زمان نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۸). در مورد ون نیز تنها طول دمبرگ در دو منطقه پارک ائللرباغی و حجاب بین دو زمان نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۹).

جدول ۷- مقادیر t جفتی برای میانگین صفات برگ افرا زینتی در دو زمان نمونه‌برداری در مناطق مورد مطالعه

صفت	مناطق مورد مطالعه									
	پردیس دانشگاه		پارک ائللرباغی		پارک الغدیر		پارک حجاب		پارک کوثر	
	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t
طول دمبرگ	۰/۷۶۸^{ns}	۰/۳۱۶	۰/۳۹۷^{ns}	۰/۹۴۷	۰/۸۷۲^{ns}	۰/۱۷۲	۰/۷۲۵^{ns}	۰/۳۷۸	۰/۷۰۵^{ns}	-۰/۴۰۶
طول پهنک	۰/۶۳۴^{ns}	-۰/۵۱۵	۰/۲۷۵^{ns}	-۱/۲۶۲	۰/۰۶۳^{ns}	-۲/۵۵۱	۰/۹۳۴^{ns}	-۰/۰۸۹	۰/۸۵۲^{ns}	-۰/۱۹۶
بیشینه عرض پهنک	۰/۱۶۷^{ns}	۱/۶۸۷	۰/۰۰۹**	-۴/۷۵۷	۰/۳۳۶^{ns}	۱/۰۹۳	۰/۹۴۹^{ns}	-۰/۰۶۸	۰/۱۱۸^{ns}	۱/۹۸۵
سطح برگ	۰/۶۴^{ns}	-۰/۵۰۵	۰/۰۱۹*	-۳/۸۰۳	۰/۱۲۷^{ns}	-۱/۹۲۳	۰/۵۳۵^{ns}	۰/۶۷۷	۰/۴۸^{ns}	۰/۷۷۸

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ *معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns}غیرمعنی‌دار

جدول ۸- مقادیر t جفتی برای میانگین صفات برگ چنار در دو زمان نمونه‌برداری در مناطق مورد مطالعه

صفت	مناطق مورد مطالعه									
	پردیس دانشگاه		پارک ائللرباغی		پارک الغدیر		پارک حجاب		پارک کوثر	
	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t
طول دمبرگ	۰/۰۰۲**	۷/۱۲۳	۰/۰۰۱**	۸/۳۲۱	۰/۰۰۱**	۸/۳۰۰	۰/۰۴۹*	۳/۱۹۹	۰/۰۰۰**	۲۶/۰۳۸
طول پهنک	۰/۲۸۹^{ns}	-۱/۲۲۱	۰/۰۰۲**	۷/۲۰۳	۰/۰۱۶*	۴/۰۴۵	۰/۰۶۵^{ns}	۲/۸۴۴	۰/۳۷۳^{ns}	۱/۰۰۲
بیشینه عرض پهنک	۰/۰۲۸*	۳/۳۷۹	۰/۰۰۵**	۵/۵۸۷	۰/۰۲۱*	۳/۶۷۸	۰/۰۴۹*	۳/۲۱۴	۰/۰۸۵^{ns}	۲/۲۷۷
سطح برگ	۰/۵۴۷^{ns}	۰/۶۵۶	۰/۰۱۵*	۴/۱۰۲	۰/۰۲۵*	۳/۴۸۱	۰/۲۰۸^{ns}	۱/۶	۰/۲۱۶^{ns}	۱/۴۶۹

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ *معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns}غیرمعنی‌دار

جدول ۹- مقادیر t جفتی برای میانگین صفات برگ ون در دو زمان نمونه‌برداری در مناطق مورد مطالعه

صفت	مناطق مورد مطالعه					
	پردیس دانشگاه		پارک ائللرباغی		پارک حجاب	
	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t	معنی‌داری	t
طول دمبرگ	۰/۷۵۳^{ns}	۰/۳۳۷	۰/۰۰۶**	۵/۳۹۱	۰/۰۰۵**	۵/۴۵۸
طول پهنک	۰/۱۵۳^{ns}	۱/۷۵۹	۰/۳۶۹^{ns}	۱/۰۱۳	۰/۲۱۹^{ns}	۱/۴۵۸
بیشینه عرض پهنک	۰/۱۴۵^{ns}	۱/۸۰۵	۰/۳۲۵^{ns}	۱/۱۲۲	۰/۰۷^{ns}	۲/۴۵۷
سطح برگ	۰/۲۳۷^{ns}	۱/۳۹۱	۰/۶۰۳^{ns}	-۰/۵۶۳	۰/۳۰۷^{ns}	۱/۱۶۹

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ^{ns}غیرمعنی‌دار

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که طول دمبرگ هر سه گونه تحت تأثیر آلودگی هوا هم در انتهای فصل رویش و هم در ابتدای آن کاهش می‌یابد. این کاهش برای افرا زینتی و چنار در هر دو زمان در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار و برای ون در اوایل فصل رویش معنی‌دار، اما در اواخر فصل رویش معنی‌دار نبود. صفت طول پهنک برگ افرا زینتی و ون در هر دو زمان تحت تأثیر آلاینده‌های هوا کاهش داشت. این کاهش برای ون در هر دو فصل معنی‌دار بود، اما برای افرا زینتی فقط در اواخر فصل رویش معنی‌دار بود. در مورد چنار صفت طول پهنک در فصل بهار در حضور آلاینده‌های هوا کاهش معنی‌دار داشت، اما در اواخر فصل رویش این مقدار افزایش معنی دار پیدا کرد. صفت بیشینه عرض پهنک برگ ون و افرا زینتی در هر دو زمان تحت تأثیر آلودگی هوا کاهش معنی‌دار داشت. در مورد چنار، میانگین صفت بیشینه عرض پهنک در این گونه در فصل بهار در پردیس دانشگاه (منطقه دارای کمترین میزان آلودگی هوا) بیشتر از مناطق آلوده‌تر بود، اما این اختلاف معنی‌دار نبود. در اواخر فصل رویش، میانگین بیشینه عرض پهنک برگ درختان چنار بر اثر آلودگی هوا همانند طول پهنک، افزایش معنی‌دار یافت. میانگین صفت سطح برگ هر سه گونه مورد مطالعه در هر دو زمان ابتدا و انتهای فصل رویش به‌طور معنی‌داری در پردیس دانشگاه بیشتر از مناطق آلوده‌تر بود. دلیل کاهش متغیرهای مورد مطالعه در مناطق آلوده‌تر را شاید بتوان این‌گونه بیان کرد که در اثر ته‌نشست ذرات آلاینده هوا، مبادله گازها در سطح برگ به‌دلیل مسدود شدن منفذ روزنه‌ها کم می‌شود و سرعت و مقدار فتوسنتز کاهش می‌یابد. درنتیجه به بافت‌های فتوسنتزی آسیب وارد شده و اندازه برگ‌ها کاهش می‌یابد (Shafiq & Iqbal, 2003; 2005; Naidoo & Chirkoot, 2004; Tiwari, 2013). کاهش معنی‌دار رشد برگ گونه‌های *Platanus acerifolia*، *Ficus bengalensis*، *Guaiacum officinale* و *Eucalyptus* sp. در مکان‌های شهری به‌شدت آلوده گزارش شده است (Ninoval *et al.*, 1983; Jahan & Iqbal, 1992). Preeti (۲۰۰۰) مشاهده کرد که برگ‌های گونه‌های *Thevetia nerifolia* و *Cassia siamea* در محیط‌های آلوده کاهش معنی‌داری را در رشد خود نشان می‌دهند. Dineva (۲۰۰۴) کاهش سطح برگ و طول دمبرگ گونه‌های *Fraxinus americana* و *Platanus acerifolia* را تحت تأثیر آلودگی هوا گزارش کرد. Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که کاهش سرعت تقسیم سلول‌های اپیدرمی در اثر آلاینده‌های هوا در اقاقیا باعث کاهش سطح برگ این گونه در محیط‌های آلوده می‌شود. همچنین کاهش تعداد سلول‌های روزنه در این گیاه تحت تأثیر آلاینده‌های هوا باعث کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد این گونه می‌شود. Pourkhabbaz و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که آلودگی محیط شهری، ویژگی‌های ساختاری برگ چنار را تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش فتوسنتز از طریق کاهش سطح برگ، کاهش تراکم و عرض منفذ روزنه‌ها می‌شود. Leghari و Asrar Zaidi (۲۰۱۳) گزارش کردند که آلودگی هوا باعث کاهش معنی‌دار طول پهنک، عرض پهنک، سطح برگ و طول دمبرگ در سنجد (*Elaeagnus angustifolia*)، اوکالیپتوس (*Eucalyptus tereticornis*)، ون (*Fraxinus excelsior*)، انجیر (*Ficus carica*)، زیتون تلخ (*Melia azadirach*)، توت‌سفید (*Morus alba*)، توت‌سیاه (*Morus nigra*)، پسته (*Pistacia vera*)، آلوچه (*Prunus armeniaca*)، انار (*Punica granatum*)، اقاقیا، رز (*Rosa indica*) و انگور (*Vitis vinifera*) می‌شود و این کاهش در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار و پاییز است. Ekpemerechi و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای دریافتند که سطح برگ و طول دمبرگ ۱۰ گونه از خانواده Euphorbiaceae در جنوب غربی نیجریه از مناطق کمتر آلوده (روستایی) به مناطق آلوده‌تر (شهری) کاهش معنی‌داری را نشان داد. Pathak و Pancholi (۲۰۱۴) گزارش کردند که سطح برگ و طول برگ (پهنک) گونه‌های *Azadirachta indica*، *Mangifera indica*، *Polyalthia longifolia* و *Cassia siamea* در اثر آلودگی هوا، به‌شدت کاهش پیدا کرد. Rashidi و همکاران

(۲۰۱۲) گزارش کردند که در اقاقیا، با افزایش آلودگی هوا، تعداد کلانشیم زیرین رگبرگ اصلی، ضخامت پارانشیم زیرین رگبرگ اصلی، تراکم روزنه سطح زیرین برگ و نسبت پارانشیم نردبانی به اسفنجی افزایش یافت. آنها همچنین بیان کردند که افزایش آلودگی هوا در ون باعث افزایش ضخامت پهنک، مزوفیل پهنک، ضخامت لایه پارانشیم نردبانی، تعداد کلانشیم زیرین و ضخامت رگبرگ میانی برگ شد، بنابراین مشاهده می‌شود که نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو با تحقیقات ذکرشده هم‌خوانی دارد.

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه داده‌های مرحله اول و دوم نمونه‌برداری نشان داد که شدت اثر آلاینده‌های هوا در مرداد بیشتر از اردیبهشت است. همچنین تشخیص اثر آلاینده‌ها بر ریخت‌شناسی برگ در اواخر فصل رویش ملموس‌تر است. دلیل این امر شاید این باشد که در ماه‌های خشک و گرم، گازهای آلاینده همراه با آلاینده‌های دیگر مانند گردوخاک و آلاینده‌های مایع به مدت طولانی در هوا ساکن می‌شوند و به آرامی روی گیاهان ته‌نشین می‌شوند (Tripathi & Gautam, 2007). همچنین شدت نور، دمای زیاد هوا و استرس کمبود آب باعث تأثیر بیشتر آلاینده‌های هوا بر تبادل گازی گیاهان شده و کارایی گیاهان را کاهش می‌دهد (Carlson, 1979; Woodward, 1987; Weber *et al.*, 1994; Gratani, *et al*., 2000). Ekpemerechi و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تأثیر آلودگی هوا بر گیاهان خانواده Euphorbiaceae در فصل خشک به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل مرطوب است. Rashidi و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱۲) نیز دریافتند که افزایش دما در اقاقیا باعث افزایش ضخامت پهنک، اپیدرم زیرین و مزوفیل پهنک می‌شود و در ون باعث افزایش نسبت مزوفیل نردبانی به اسفنجی، ضخامت اپیدرم زبرین، ضخامت رگبرگ میانی و مزوفیل رگبرگ میانی می‌شود.

هرچند نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ افرا زینتی، ون و چنار تحت تأثیر آلودگی هوا قرار گرفته‌اند و این تأثیر در مردادماه بیشتر از اردیبهشت‌ماه است، اما برای یافتن زمان مناسب نمونه‌برداری، پیشنهاد می‌شود تا مطالعات مشابهی در تمام ماه‌های فصل رشد انجام گیرد. همچنین به‌منظور مقایسه دقیق‌تر تأثیر آلودگی هوا پیشنهاد می‌شود تا منطقه‌ای دور از شهر (جنگلی یا روستایی) که دارای این گونه‌ها هستند، انتخاب شود و مطالعه مشابهی در آن انجام گیرد.

References

- Abdolmanafi Jahromi, N., Mousavi Baygi, M. and Ziyaei, A.N., 2012. Estimation of crop yield loss due to air pollutants in different atmospheric conditions. Journal of Water and Soil, 26(2): 523-532 (In Persian).
- Carlson, R.W., 1979. Reduction in the photosynthetic rates of Acer, Quercus and Fraxinus species, caused by sulphur dioxide and ozone. Environmental Pollution, 18: 159-170.
- Dineva, S.B., 2004. Comparative studies of the leaf morphology and structure of white ash *Fraxinus Americana* L. and London plane tree *Platanus acerifolia* wiled growing in polluted area. Dendrobiology, 52: 3-8.
- Ejtehadi, M., 2007. Assessment of urban air pollution by transportation system with emphasis on the suspended particles and the presented of the principal managerial solution (Case study of Tehran). Abstracts of 10th National Conference on Environmental Health, Hamadan, 8-10 Nov. 2007: 1-8 (In Persian).
- Ekpemerechi, S.E., Lala, M.A., Jimoda, L.A., Odiwe, A.I. and Saheed, S.A., 2014. Effect of air pollution on the foliar morphology of some species in the family Euphorbiaceae in southwestern Nigeria. Journal of Science and Technology, 34(1): 21-29.
- Esfahani, S., 2011. Arabic fine dusts battle with trees. Farheekhtegan, 632: 1-2 (In Persian).
- Ghorbanli, M.L., Bakhshi khaniki, G.L. and Bakand, Z., 2007. 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. Pajouhesh & Sazandegi, 77: 3-28 (In Persian).
- Gratani, L., Crescente, M.F. and Petruzzi, M., 2000. Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of *Quercus ilex* in

Talebi, K. and Hodgson J., 2012. Anatomical responses of leaves of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) to urban pollutant gases and climatic factors. Trees, 26(2): 363-375.
- Reig-Armiñana, J., Calatayud, V., Cerveró, J., García Breijo, F.J., Ibars, A. and Sanz, M.J., 2004. Effects of ozone on the foliar histology of the mastic plant (*Pistacia lentiscus* L.). Environmental Pollution, 132: 321-331.
- Shafiq, M. and Iqbal, M.Z., 2003. Effects of automobile pollution on the phenology and periodicity of some roadside plants. Pakistan Journal of Botany, 35: 931-938.
- Shafiq, M. and Iqbal, M.Z., 2005. The impact of auto emission on the biomass production of some roadside plants. International Journal of Biology and Biotechnology, 2: 93-97.
- Silva, L.C., Oliva, M.A., Azevedo, A.A., Araújo, J.M. and Aguiar, R., 2005. Micro morphological and anatomical alterations caused by simulated acid rain in Restinga plants: *Eugenia uniflora* and *Clusia hilariana*. Water Air and Soil Pollution, 168: 129-143.
- Stevovic, S., Mikovilovic, V.S. and Calic-Dragosavac, D., 2010. Environmental impact on morphological and anatomical structure of Tansy. African Journal of Biotechnology, 9(16): 2413-2421.
- Tiwari, Sh., 2013. Air pollution induced changes in foliar morphology of two shrub species at Indore city, India. Research Journal of Recent Sciences, 2: 195-199.
- Tripathi, A.K. and Gautam, M., 2007. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. Journal of Environmental Biology, 28: 127-132.
- Weber, J.A., Tingey, D.T. and Andersen, C.P., 1994. Plant response to air pollution: 357-389. In: Wilkinson, R.E. (Eds.). Plant Environment Interactions. Marcel Dekker Inc, New York, 456p.
- Woodward, F.I., 1987. Climate and Plant Distribution. Cambridge University Press, Cambridge, 188p.

polluted urban areas (Rome). Environmental Pollution, 110: 19-28.
- Haj Rasuliha, Sh., Amini, H., Houdaji, M. and Najafi, P., 2006. Biomonitoring of air and soil pollution in Isfahan region. Research in Agricultural Science, 2(2): 39-54 (In Persian).
- Jahan, S. and Iqbal, M.Z., 1992. Morphological and anatomical studies of leaves of different plants affected by motor vehicles exhaust. Journal of Islamic Academical Science, 5: 21-23.
- Leghari, S., and Asrar Zaidi, M., 2013. Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city. Pakistan Journal of Botany, 45: 447-454.
- Naidoo, G. and Chirkoot, D., 2004. The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa. Environmental Pollution, 127: 359-366.
- Ninoval, D.J., Dushkova, P.I. and Kovacheva, C.V., 1983. Anatomical, morphological studies of *Platanus acerifolia* at various degrees of air pollution. Ekologiya Sofia, 6: 35-47.
- Pathak, H. and Pancholi, K., 2014. Effect of air pollution on foliar morphology of some tree species at Indore, Madhya Pradesh, India. Journal of Environmental Research and Development, 8(3): 669-672.
- Pourkhabbaz, A.R., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld Heiser, R. and Polle, A., 2010. Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 85(3): 251-255.
- Preeti, A., 2000. Study of leaf area damage of urban and rural environment in Agra. Actaeon Ecology, 22: 96-100.
- Rashidi, F., Jalili, A., Babaie Kafaki, S. and Sagheb-Talebi, K., 2011. Response of leaf anatomy in ash (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) to pollutant gases and climatic factors. Iranian Journal of Forest, 3(2): 133-143 (In Persian).
- Rashidi, F., Jalili, A., Babaie Kafaki, S., Sagheb-

Effect of air pollution on leaf morphology in narrow-leafed ash (*Fraxinus rotundifolia* Mill.), oriental plane (*Platanus orientalis* L.) and box elder (*Acer negundo* L.) (Case study: Urmia city)

Z. Babapour Aliyar[1], A. Banj Shafiei[2*] and N. Seyedi[3]

1- M.Sc. Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

2*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: a.banjshafiei@urmia.ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 14.02.2015 Accepted: 08.07.2015

Abstract

The increasing amount of air pollutants in large cities has turned into a crucial factor that affects morphological and physiological tree characteristics, particularly on leaf level. In order to study those effects, 5 areas ranging from least to most polluted areas were initially selected in Urmia, the capital of West Azerbaijan province, using fixed and mobile air pollution recording stations of the Environment Office in August 2013. From each three species in each area 5 individuals were randomly selected and the leaves were measured in terms of their length of petiole, length of blade, maximum width of blade and leaf area. The above-mentioned parameters were repeatedly measured in May 2014. The ANOVA, Duncan and paired-t tests were performed analyze the data. The results revealed that the morphological properties of all species are affected by air pollutions ($\alpha = 0.05$), with the greater effects occurred in August 2013 compared to May 2014.

Keywords: Air pollutants, urban forestry, leaf area, blade length, petiole length.