

مقدار هیدرات‌های کربن و پرولین برگ درخت چنار، در شرایط تنش آلودگی هوا (پژوهش موردی: شهرستان ارومیه)

نگار امید^۱، نسرین سیدی*^۲، عباس بانج شفیعی^۲ و ناصر عباسپور^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۲۴

چکیده

آلودگی هوا بر رشد و کیفیت درختان در فضای سبز شهری تأثیر بسزایی دارد، زیرا صدمات مزمنی در اثر جذب مداوم آلاینده‌ها ایجاد می‌شود. امروزه ایجاد فضای سبز مناسب در مناطق شهری موجب کاهش صدمات زیان‌آور آلودگی‌های محیطی می‌شود. این پژوهش باهدف بررسی تأثیر آلودگی هوا بر مقدار هیدرات‌های کربن و پرولین درخت چنار (*Platanus orientalis L.*) در سطح شهر ارومیه انجام شد. برای این منظور پنج پارک بوستان با درجه آلودگی متفاوت در سطح شهر ارومیه در دو مرحله (مردادماه ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳) مورد بررسی قرار گرفت. در هر پارک پنج‌پایه تقریباً همسال از این گونه انتخاب شدند. نمونه‌های برگ از هر پایه در سه مقطع ارتفاعی و از شاخه‌های بیرونی برداشت شدند و مقدار پرولین و هیدرات‌های کربن در دو مرحله اندازه‌گیری شدند و ارتباط آن‌ها با غلظت آلاینده‌های هوا شامل PM_{10} ، CO ، SO_2 ، NH_3 ، O_3 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در هر دو زمان مقدار هیدرات‌های کربن و پرولین گونه‌های مورد بررسی در مناطق آلوده بیشتر از منطقه شاهد بود. همبستگی مثبت هیدرات‌های کربن و پرولین با آلاینده‌های NH_3 ، O_3 و PM_{10} در هر دو مرحله (به‌جز همبستگی پرولین با NH_3 در مرداد ۹۲)، در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، پرولین، چنار، هیدرات‌های کربن.

مقدمه

یافتن کربوهیدرات‌ها از برگ به محل مصرف، سبب بروز پاسخ‌های پیچیده در سطوح فیزیولوژیکی نیز می‌شود (Burke, 2007). قندهای محلول از اسمولیت‌های سازگار هستند که در شرایط تنش تجمع یافته و ممکن است به‌عنوان عامل اسمزی و یا محافظ اسمزی عمل نمایند که در حالت اول افزایش قندها در اثر تنش با تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و در حالت دوم با پایدار کردن غشاها و پروتئین‌ها در ارتباط است (Ingram and Bartlet, 1996). Ghorbanli و همکاران (2007) به بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران روی دو گیاه خرزهره و افاقیا پرداختند، آن‌ها نمونه‌های برگ از دو گیاه خرزهره (برگ پنجم هر شاخه) و افاقیا (برگ‌های شاخه‌های میانی درخت) از منطقه پاک و آلوده جمع‌آوری کرده و مورد آزمایش قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که پرولین در دو گیاه موردنظر در منطقه‌ی آلوده نسبت به منطقه‌ی پاک افزایش و کربوهیدرات‌های محلول در خرزهره افزایش و در افاقیا کاهش یافت. در پژوهشی خصوصیات فیزیولوژیکی چهار گونه‌ی اکالیپتوس را تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت و بیان شد که افزایش تنش خشکی منجر به افزایش اندازه پرولین، قندهای محلول، کاهش رنگ‌ریزه‌های گیاهی و کاهش مشخصه‌های رشد می‌شود (Shariat and Assareh, 2008). Salama و همکاران (2011) نیز کاهش اندازه کلروفیل، کاراتنوئید، قندهای غیر احیا، قندهای کل، پروتئین و لیپید را در گونه‌ی *Datura innoxia* در مناطق آلوده به O_3 ، SO_2 ، NO_2 نسبت به منطقه‌ی شاهد گزارش کردند.

درخت چنار با علمی *Platanus orientalis* از خانواده Platanaceae است و جزء درختان پهن‌برگ و خزان‌کننده نیم‌کره شمالی محسوب می‌شود. چنار درخت

یکی از عوامل تهدیدکننده پوشش گیاهی در مناطق شهری، آلودگی هوا و گازهای آلاینده است که با غلظت‌های مختلف در فضای شهرها پراکنده‌اند و به همراه عوامل اقلیمی و انسانی آثار مخربی را بر روی پوشش گیاهی ایجاد می‌کنند. در مقابل، پوشش گیاهی نیز با توجه به کارکردهای زیست‌محیطی سبب کاهش گازهای آلاینده می‌شود (Rashidi et al., 2011). گیاهان نیز ضمن اینکه می‌توانند تا اندازه‌ای در کاهش آلودگی هوا مؤثر باشند، تحت تأثیر آلاینده‌ها قرار گرفته و آسیب می‌بینند. گیاهان مختلف نسبت به آلودگی هوا حساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Ghorbanli et al., 2007; Van Breusgem et al., 2001). تنش آلودگی هوا نیز مانند دیگر تنش‌های محیطی موجب ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. مقدار این رادیکال‌های آزاد در سلول‌های گیاهی به وسیله فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها کنترل می‌شود و این ظرفیت به اندازه تحمل گیاه به تنش بستگی دارد (Farooq et al., 2009). از واکنش گیاهان تحت تأثیر استرس‌های محیطی از قبیل استرس خشکی، شوری، آلودگی به فلزات سنگین و گازهای آلاینده می‌توان به افزایش اسیدآمینو پرولین، پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول اشاره کرد (Shariat et al., 2010; Bamniya et al., 2012; Salama et al., 2011).

از بین اسیدهای آمینه، پرولین پایدارترین آن‌هاست و حداقل بازدارندگی را برای رشد سلول دارد. شاید به همین دلیل بیش از دیگر اسیدهای آمینه با شرایط مطلوب سلول مطابقت داشته و در شرایط نامساعد تجمع آن بیشتر است. پرولین منبع نیتروژن و کربن برای رشد و ترمیم گیاه و یک پالاینده‌ی رادیکال‌های آزاد نیز محسوب می‌شود (Levitt, 1980). تنش علاوه بر ایجاد اختلال در رشد و در نتیجه آن عدم جریان

بزرگ و زیبایی است با تنه مستقل، تاجی گسترده و شاخه‌های قوی داشته و این ویژگی‌ها موجب شده‌اند تا چنار در ردیف مهم‌ترین درختان سایه‌دار پارک‌ها و حاشیه خیابان‌ها قرار گیرد. در ایران درخت چنار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و هست. در حال حاضر نیز مهم‌ترین گونه مورد استفاده در فضای سبز شهری، چنار است (Aftab Talab, 2007). با توجه به اهمیت آلودگی هوا و تأثیر آن بر سلامت انسان و گیاهان، توجه به مسئله آلاینده‌ها و واکنش گونه‌های مختلف گیاهی در رویارویی با غلظت‌های گوناگون آن حائز اهمیت است. در این بین، فهم پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان شهری در برابر این آلودگی‌ها به امکان معرفی گونه‌های مقاوم کمک می‌کند. از این رو در این پژوهش تغییرات مقدار اسیدآمینه پرولین و هیدرات‌های کربن درخت چنار، در برابر آلودگی هوا بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

مناطق مورد پژوهش در استان آذربایجان غربی در شهر ارومیه، بین ۳۷ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۶۳ متر قرار دارد. ابتدا با استفاده از اطلاعات سازمان حفاظت محیط‌زیست و فضای سبز استان (Anonymous, 2013; Anonymous, 2012) و با بررسی‌های اولیه، تعداد ۵ پارک با درجه آلودگی متفاوت (A, B, C, D, E) در سطح شهرستان ارومیه انتخاب شد.

منطقه E با بالاترین شدت آلودگی هوا به نام پارک کوثر (واقع در نزدیکی پایانه‌ی شهری)
منطقه D با شدت آلودگی کمتر از منطقه E در پارک حجاب (واقع در فلکه مدرس)

منطقه C و B با شدت آلودگی کمتر از منطقه D در پارک ساحلی الغدیر و ائل‌رباغی (به ترتیب واقع در بلوار امامت و والفجر)

منطقه A به‌عنوان منطقه شاهد در پردیس شهری دانشگاه ارومیه (واقع در خیابان شهید بهشتی) با کمترین شدت آلودگی

نمونه‌برداری به روش انتخابی در هر پارک و پنج درخت از گونه مورد بررسی با صفات حتی‌الامکان هم‌سن، سالم، دارای تاج متقارن و بدون آفت انجام شد. نمونه‌برداری از برگ درختان در تابستان (مردادماه ۱۳۹۲) و بهار سال بعد (اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳) انجام گرفت. نمونه‌های برگ از هر پایه در سه مقطع ارتفاعی و از شاخه‌های بیرونی برداشت شد. همچنین مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و قطر تاج درختان مورد نظر نیز اندازه‌گیری شد. نمونه‌های هوا شامل O_3 ، PM_{10} و CO ، SO_2 ، NH_3 با استفاده از دستگاه‌های سنجنده سیار (دستگاه پرتابل LSI برای اندازه‌گیری گازهای آلاینده و دستگاه پرتابل TSI برای اندازه‌گیری ذرات معلق) و ایستگاه پایش دائم هوا (واقع در پارک ساحلی الغدیر و پارک حجاب) و با سه تکرار انجام گرفت و اندازه‌گیری هیدرات‌های محلول کربن و پرولین در هر دو مرحله انجام گرفت.

محتوای پرولین آزاد در برگ نمونه‌ها بر طبق روش Bates و همکاران (1973) سنجیده شد و برای اندازه‌گیری قند از روش Dubois و همکاران (1956) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۸) انجام شد. برای این منظور از آنالیز تجزیه واریانس و از آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۰) صورت گرفت.

نتایج

مقایسه آلاینده‌های هوا در مناطق مطالعاتی در مردادماه ۱۳۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳

با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده در مردادماه ۱۳۹۲ اندازه آلاینده‌های ازن، ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون و مونوکسید کربن در پارک کوثر (آلوده‌ترین منطقه) بیشترین مقدار و در پردیس شهر (منطقه شاهد) کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. همچنین مقدار گاز آلاینده‌ی آمونیاک در پارک الغدیر بیشترین مقدار و در پردیس شهر کمترین مقدار را دارد. مقدار دی‌اکسید گوگرد نیز در پنج منطقه یکسان بوده است. در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳ به‌طورکلی مقدار گازهای آلاینده‌ی ازن، آمونیاک، ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون و مونوکسید کربن در پارک کوثر (آلوده‌ترین منطقه) بیشترین مقدار و در پردیس شهر (منطقه شاهد) کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است و مقدار گاز آلاینده‌ی دی‌اکسید گوگرد در پارک ائللرباغی و الغدیر بیشترین مقدار و در پردیس شهر کمترین مقدار را دارد (جدول ۱).

تأثیر زمان بر اندازه غلظت آلاینده‌های هوا

اندازه گاز آلاینده ازن، آمونیاک و دی‌اکسید گوگرد در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳ نسبت به مردادماه ۱۳۹۲ در هر پنج منطقه افزایش داشته است و مقدار ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳ نسبت به مردادماه ۱۳۹۲ به‌جز پردیس شهر و پارک ائللرباغی در بقیه مناطق افزایش داشته است. نتایج آزمون t جفتی نشان داد که تأثیر زمان بر مقدار غلظت آلاینده

ازن به‌جز پارک ائللرباغی در بقیه مناطق (پردیس، الغدیر، حجاب و کوثر) معنی‌دار نبوده است. در رابطه با آلاینده‌های آمونیاک و دی‌اکسید گوگرد تأثیر زمان در هر پنج منطقه معنی‌دار نبود.

آنالیز آماری عوامل مورد آزمایش

جدول ۲ تجزیه واریانس مشخصه‌های هیدرات‌های کربن و پرولین گونه‌ی چنار در مرحله اول (مردادماه ۱۳۹۲) و دوم (اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳) را نشان می‌دهد. هر دو شاخص مورد بررسی بین مناطق مختلف با سطح آلودگی متفاوت، در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

مقایسه غلظت هیدرات‌های کربن تحت تأثیر آلودگی هوا

میانگین غلظت هیدرات‌های کربن گونه‌ی چنار در پارک کوثر (آلوده‌ترین منطقه) در مرداد ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳ به ترتیب $25/03$ و 43 میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک برگ دارای بیشترین مقدار و در پردیس شهری دانشگاه ارومیه (منطقه‌ی شاهد) در مرداد ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳ به ترتیب با $16/78$ و $33/02$ میلی‌گرم کمترین مقدار را دارا است. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود میانگین غلظت هیدرات‌های کربن در چنار تحت تأثیر آلودگی هوا افزایش یافت و این افزایش در مرداد و اردیبهشت‌ماه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین مقدار غلظت هیدرات‌های کربن گونه‌ی چنار در اردیبهشت‌ماه ۹۳ بیشتر از مردادماه ۹۲ است و این اختلاف در دو زمان در هر پنج منطقه معنی‌دار بوده است.

جدول ۱- میانگین داده‌های آلودگی هوا در مناطق مطالعاتی در مردادماه ۱۳۹۲ و اردیبهشت ۱۳۹۳

Table 1. Mean of air pollution data in study areas in August 2013 and May 2014

CO(ppm)		SO ₂ (ppm)		PM ₁₀ (μg/m ³)		NH ₃ (ppm)		O ₃ (ppm)		منطقه‌های مورد بررسی Study areas
مرداد ۹۲ MAY 2014	اردیبهشت ۹۳ AUG 2013	مرداد ۹۲ AUG 2013	اردیبهشت ۹۳ MAY 2014	مرداد ۹۲ AUG 2013	اردیبهشت ۹۳ MAY 2014	مرداد ۹۲ AUG 2013	اردیبهشت ۹۳ MAY 2014	مرداد ۹۲ AUG 2013	اردیبهشت ۹۳ MAY 2014	
2.066 ^c	1.5	0.33	0.3	23 ^b	25.33 ^b	3.6	2.93 ^{*b}	0.086 ^b	0.073	پردیس Pardis
2.833 ^c	-	0.4	0.3	34.66 ^b	45.33 ^{ab}	3.66	3.3 ^a	0.09 ^b	0.073	ائللرباغی Ellarbaghi
3.933 ^b	6.3	0.4	0.3	63 ^a	34.66 ^b	3.7	3.4 ^a	0.11 ^{ab}	0.086	الغدیر Alghadir
5.500 ^a	7.5	0.33	0.3	66.66 ^a	46 ^{ab}	3.66	3.33 ^a	0.126 ^a	0.08	حجاب Hejab
6.066 ^a	7.9	0.33	0.3	70.66 ^a	58 ^a	3.86	3.3 ^a	0.133 ^a	0.096	کوسر Kosar

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک در هر ستون، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (آزمون دانکن). در مردادماه ۹۲ مقدار SO₂ در همه مناطق یکسان بود و CO در پارک ائلرباغی بنا به یکسری مشکلات در دستگاه سنجنده اندازه‌گیری نشد.

Means with dissimilar letters in each column, represent significant differences, $\alpha=5\%$ (Duncan analysis). In August 2013 amount of SO₂ was the same in all regions and amount of CO in Ellarbaghi Park by a series of problems in the sensor device was not measured.

جدول ۲- تجزیه واریانس عوامل مورد آزمایش گونه چنار در پنج منطقه با درجه آلودگی متفاوت در مردادماه ۱۳۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳

Table 2. Analysis of variance in tested factors of *Platanus* species in five regions with different pollution rate in August 2013 and May 2014

میانگین مربعات Mean Squared	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source	صفات Attributes	زمان Time
56.55**	4	تیمار Treatment		مرداد ۱۳۹۲ AUG 2013
0.944	20	خطای آزمایش Error	هیدرات‌های کربن Carbohydrates	
	24	کل Total		
0.069**	4	تیمار Treatment		مرداد ۱۳۹۲ AUG 2013
0.009	20	خطای آزمایش Error	پرولین Proline	
	24	کل Total		

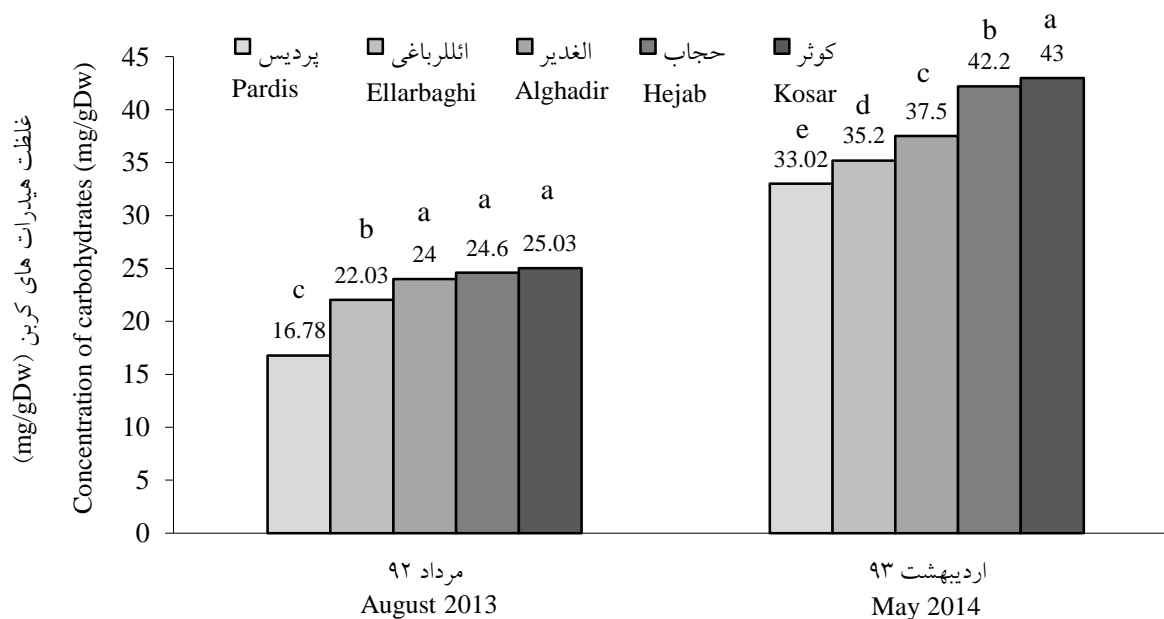
ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

میانگین مربعات Mean Squared	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source	صفات Attributes	زمان Time
85/8**	4	تیمار Treatment		
0.009	19	خطای آزمایش Error	هیدرات‌های کربن Carbohydrates	
	23	کل Total		اردیبهشت ۱۳۹۳
85/8**	4	تیمار Treatment		MAY 2014
0.681	19	خطای آزمایش Error	پرولین Proline	
	23	کل Total		

** معنی‌دار بودن در سطح ۱ درصد.

** Significant differences, $\alpha=1\%$.

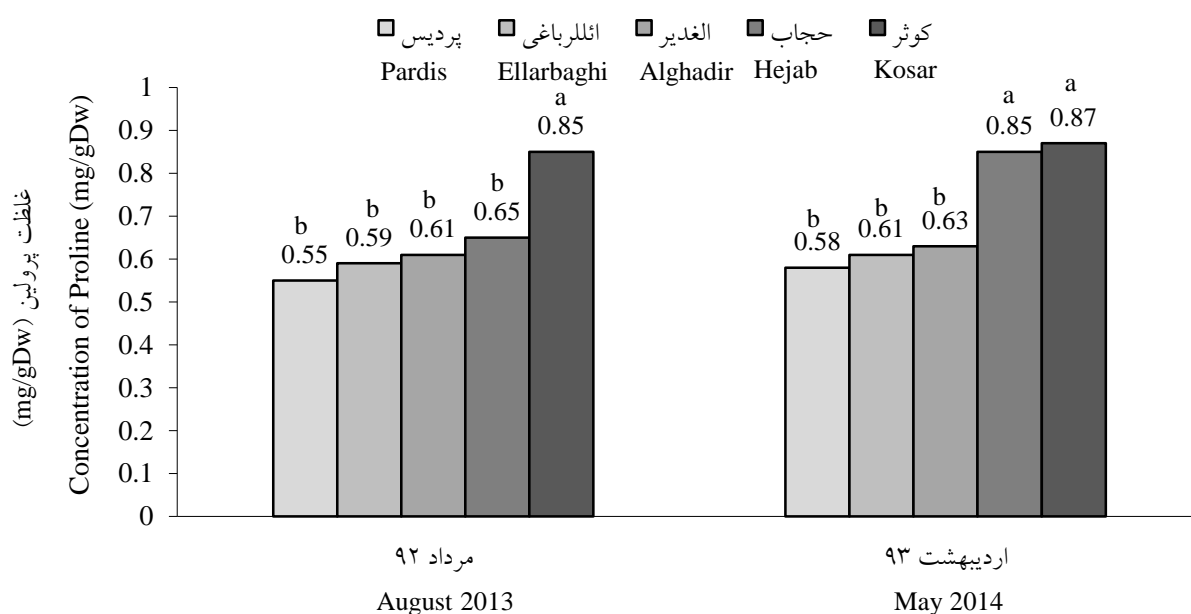


شکل ۱- تغییرات میانگین غلظت هیدرات‌های کربن چنار در اثر آلودگی هوا در دو مرحله (اواخر مرداد ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳) در پنج منطقه با درجه آلودگی متفاوت. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین میانگین‌ها است (آزمون دانکن). در ضمن اختلاف مقدار هیدرات‌های کربن در دو زمان در همی مناطق در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است.

Figure 1. Mean changes of carbohydrates concentration of *Platanus orientalis* by effect of air pollution at two stages (end of August 2013 and May 2014) in five regions with different degrees of pollution. Dissimilar letters represent significant differences, $\alpha=5\%$ (Duncan analysis). The difference between amounts of carbohydrate in all regions was significant, $\alpha=5\%$.

مشاهده می‌شود میانگین غلظت پرولین در چنار تحت تأثیر آلودگی هوا افزایش یافت و این افزایش در مردادماه و اردیبهشت‌ماه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اندازه غلظت پرولین گونه چنار در اردیبهشت‌ماه ۹۳ بیشتر از مردادماه ۹۲ است و این اختلاف در دو زمان به‌جز پارک حجاب در بقیه‌ی مناطق معنی‌دار نبوده است.

مقایسه غلظت پرولین تحت تأثیر آلودگی هوا میانگین غلظت پرولین گونه چنار در پارک کوثر (آلوده‌ترین منطقه) در مردادماه ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳ به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۷ میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک برگ دارای بیشترین مقدار و در پردیس شهری دانشگاه ارومیه (منطقه‌ی شاهد) در مردادماه ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳ به ترتیب با ۰/۵۵ و ۰/۵۸ میلی‌گرم کمترین مقدار را دارا است. همان‌گونه که در شکل ۲



شکل ۲- تغییرات میانگین غلظت پرولین چنار در اثر آلودگی هوا در دو مرحله (اواخر مرداد ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳) در پنج منطقه با درجه آلودگی متفاوت. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین میانگین‌ها است (آزمون دانکن). در ضمن اختلاف مقدار پرولین در دو زمان به‌جز پارک حجاب در بقیه‌ی مناطق معنی‌دار نبوده است.

Figure 2. Mean changes of proline concentration of *Platanus orientalis* by effect of air pollution at two stages (end of August 2013 and May 2014) in five regions with different degrees of pollution. Dissimilar letters represent significant differences, $\alpha=5\%$ (Duncan analysis). The difference between amounts of proline in all regions except Hejab park was significant, $\alpha=5\%$.

درصد نشان داد. (جدول ۳). در اردیبهشت‌ماه ۹۳ هر دو شاخص مورد اندازه‌گیری با آلاینده‌های ازن، آمونیاک و ذرات معلق همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد.

ارتباط بین آلاینده‌های هوا و عوامل فیزیولوژیکی در مردادماه ۹۲، هیدرات‌های کربن با آلاینده‌های ازن، آمونیاک و ذرات معلق همبستگی مثبت و معناداری دارد که از این بین ذرات معلق بیشترین همبستگی را به خود اختصاص داده است. پرولین نیز با آلاینده ازن و ذرات معلق همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون مشخصه‌های اندازه‌گیری شده با آلاینده‌های هوا

Table 3. Pearson correlation coefficients of characteristics measured with air pollution

PM ₁₀	NH ₃	O ₃	PM ₁₀	NH ₃	O ₃	
	اردیبهشت ۹۳ May 2014			مرداد ۹۲ Aug 2013		
0.900**	0.773**	0.964**	0.914**	0.624**	0.587**	هیدرات‌های کربن Carbohydrates
0.720**	0.625**	0.850**	0.890**	0.389	0.576**	پرولین Proline

نقش ایفا می‌کنند (Hoekstra *et al.*, 2001). در اثر تنش، به‌علت تداخل واکنش‌های آکسیداسیون اسید و ایندول استیک اسید، مقدار ایندول استیک اسید کاهش یافته و در نتیجه، توسعه‌ی سلولی کاهش می‌یابد و این امر سبب کاهش تبدیل کربوهیدرات‌های محلول به پلی ساکاریدهای ساختاری مانند سلولز و همی سلولز می‌شود و به‌این ترتیب قندهای محلول در گیاه تجمع پیدا می‌کنند (Homaei, 2002). از سوی دیگر انباشتگی قندهای محلول در برگ‌ها ممکن است به دلیل مهار بارگذاری آوند آبکش و یا تحریک فعالیت آنزیم ساکارز- فسفات سینتاز تحت تنش باشد (Huber and Huber, 1996).

نتایج حاصله مطابق یافته‌های Bamniya و همکاران (2012) است که به بررسی مشخصه‌هایی مانند مقدار کربوهیدرات کل و پروتئین کل و ارتباط آن با آلاینده‌هایی مانند SO₂، NO₂، SPM، RSPM پرداختند. همچنین Ghorbanli و همکاران (2007) در بررسی اثر آلاینده‌های SO₂، NO₂، O₃، CO و PM₁₀ روی دو گونه خرزهره و اقاچیا به این نتیجه رسیدند که در نتیجه افزایش آلودگی هوا کربوهیدرات‌های محلول در خرزهره افزایش یافت که مطابق با یافته‌های این پژوهش است و در گیاه اقاچیا کاهش یافت که با نتایج

بحث با توجه به نتایج به‌دست آمده از آنالیز واریانس داده‌ها، مقدار هیدرات‌های کربن در گونه چنار تحت تأثیر آلودگی هوا افزایش یافته است. افزایش قندهای محلول تحت شرایط تنش می‌تواند به جابجایی کمتر آن‌ها از برگ، مصرف کمتر آن‌ها در اثر کاهش رشد و تغییرات دیگری چون هیدرولیز نشاسته نسبت داده شود (Kameli and Losel, 1993). هیدرات‌های کربن به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند. تعیین مقدار قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به تنش باشد (Pagter *et al.*, 2005). در پژوهش حاضر اندازه هیدرات‌های کربن در پارک کوثر نسبت به پردیس شهر در مرداد ۹۲ و اردیبهشت ۹۳ به ترتیب ۱/۴۹ و ۱/۳ برابر افزایش یافته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار آلاینده‌ها در اردیبهشت‌ماه افزایش یافته بود که در پژوهش حاضر نیز اندازه هیدرات‌های کربن افزایش معنی‌داری را نسبت به مرحله اول (مردادماه ۹۲) نشان می‌دهد. قندها در سنتز ترکیبات دیگر به‌طور مستقیم دخالت کرده و در تولید انرژی، پایداری و ثبات غشاء سلولی در گیاهان

دو وارسته حساس و مقاوم گندم مشاهده شد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به کمبود آب شاخص مناسب‌تری، در مقایسه با پرولین، برای نشان دادن پتانسیل مقاومت به تنش کمبود آب است.

افزایش هیدرات‌های کربن با یافته‌های Xu و همکاران (2006) در گیاه *Lonicera japonica* نیز مطابقت دارد. همچنین Sairam و همکاران (2002) بیان کرده‌اند که تجمع قندهای محلول در رقم مقاوم به شوری گیاه گندم بیشتر از رقم حساس به این تنش است.

در این پژوهش مشخص شد که اندازه پرولین تحت تأثیر آلودگی هوا افزایش یافته است؛ که این افزایش در مردادماه ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در این پژوهش بیشترین اندازه انباشت پرولین در گیاه چنار در پارک کوثر در مردادماه ۹۲ و اردیبهشت‌ماه ۹۳ به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۷ میلی-گرم در هر گرم وزن خشک برگ است. در پژوهش حاضر محتوای پرولین در برگ گونه مورد بررسی در منطقه‌ی آلوده افزایش یافت. در حقیقت مکانیسم متابولیکی به‌منظور مقابله با تنش آلودگی هوا منجر به افزایش میزان آنزیم پرولین شده است (Shariat et al., 2010).

Ghorbanli و همکاران (2007) در بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران (SO_2 ، NO_2 ، O_3 ، CO و PM_{10}) روی دو گونه خرزهره و اقاچیا به این نتیجه رسیدند که اندازه پرولین در منطقه‌ی آلوده (منطقه آزادی) نسبت به منطقه پاک (پارک سرخه‌حصار) افزایش یافته است که مطابق یافته‌های این پژوهش است. افزایش اندازه پرولین توسط Ghorbanli و همکاران (2007) در بررسی اثر تنش خشکی بر ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کتان *Linum*

این پژوهش تناقض دارد. Shariat and Assareh (2008) بیان کردند که افزایش تنش خشکی روی گونه اکالیپتوس منجر به افزایش مقدار قندهای محلول می‌شود.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مقدار هیدرات‌های کربن با افزایش آلودگی هوا افزایش معنی‌داری داشته که با یافته‌های بررسی‌های Bagheri and Rusta (2012) مطابقت دارد، آن‌ها نیز افزایش اندازه هیدرات‌های کربن محلول تحت شرایط تنش قلیائیت در وارسته کلم‌قمری را گزارش کردند. در بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی اکالیپتوس توسط Verma and Singh (2006) به این نتیجه رسیدند که تنش کمبود آب سبب افزایش قندهای محلول این گونه می‌شود که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

در پژوهش حاضر هیدرات‌های کربن در هر دو مرحله با آلاینده‌های ازن، آمونیاک و ذرات معلق همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند، در نتیجه می‌توان گفت با افزایش آلاینده‌های شهری هیدرات‌های کربن نیز افزایش یافته است و یک ارتباط و همبستگی مثبت بین بیشتر آلاینده‌ها و هیدرات‌های کربن وجود دارد. کربوهیدرات‌های محلول هم در مرداد ۹۲ و هم در اردیبهشت ۹۳ با افزایش غلظت آلاینده‌ها روند افزایشی نشان دادند. نتایج Taji و همکاران (2002) نیز در راستای این پژوهش است، آن‌ها نیز همبستگی مثبتی بین انباشتگی کربوهیدرات‌های محلول و تحمل به تنش گزارش کردند. Seyednejad و همکاران (2012) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی دو گیاه پنیرک گل ریز و جو هرز در شرایط آلودگی هوا (صنایع فولاد اهواز) افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول را گزارش کردند. در تحقیق Kameli and Losel (1993) بر روی

نقش این اسیدآمینها در گیاهان تحت تنش به عنوان یک فرایند سازگاری جای بحث دارد. بسیاری از محققان همبستگی مثبتی بین ظرفیت انباشتگی پرولین و تحمل به تنش گزارش کرده‌اند (Kumar et al., 2003)؛ درحالی که برخی ارزش این مواد محلول را به عنوان شاخص مثبتی برای تحمل به تنش به چالش کشیده‌اند (Heuer, 2003). در این پژوهش نیز همبستگی مثبت و معنی داری بین پرولین با بیشتر آلاینده‌ها مشاهده شد. گزارش‌های متعددی مبنی بر وجود همبستگی مثبت بین انباشت پرولین و سازش به شرایط تنش اسمزی در گیاهان وجود دارد (Bohnert and Shen, 1998؛ Kuznetsov and Shevyakova, 1999) که مؤید نتایج این پژوهش است. Seyednejad و همکاران (2012) نیز اعلام کردند یک‌روند افزایشی بین پرولین و آلودگی هوا وجود دارد. در پژوهشی استرس سمیت نیکل روی گیاهان سی‌روزه (*Catharanthus roseus* L.) مورد بررسی قرار گرفت نتایج حاکی از آن بود که افزایش غلظت نیکل منجر به افزایش محتوای پرولین می‌شود (Idrees et al., 2013). همچنین Golbaz Hagh (2011) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) بیان کرد که تابش اشعه‌ی ماورای بنفش موجب افزایش اسیدآمینها پرولین می‌شود. تجمع پرولین در برگ گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد، ولی ارقام از این نظر باهم اختلاف دارند (Mamnoei and Seyed Sharifi, 2010). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مقدار پرولین با افزایش آلودگی هوا افزایش داشته که با یافته‌های Siripornadulsil (2002) مطابقت دارد. پرولین در بهبود تنش‌های محیطی مانند تنش‌های فلزات سنگین در گیاهان و میکروارگانسیم‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند و احتمالاً در سلول‌های تحت تنش، نقش آنتی‌اکسیدانی دارد.

usitatissimum L. نیز گزارش شده است که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند. Bahernik و همکاران (2007) در تحقیق اثر تیمارهای مختلف آبیاری شامل آبیاری در حد ظرفیت زراعی در طی دوره‌ی رویشی، تنش ملایم و تنش شدید روی گیاه *Parthenium argentatum* Gray. پی بردند با افزایش مقدار تنش، مقدار پرولین افزایش یافت. در تحقیق حاضر نیز اندازه پرولین در مناطق آلوده بیشتر از منطقه‌ی پاک بوده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مقدار پرولین با افزایش آلودگی هوا افزایش داشته که با یافته‌های (Shabanian and Cheraghi, 2013) مطابقت دارد، آن‌ها در بررسی تنش فلزات سنگین از قبیل سرب، روی، کادمیوم و منگنز شهر سندج روی برگ‌های گونه‌های چنار شرقی، نارون، ون، سرو خمره‌ای و کاج سیاه در منطقه آلوده و پاک، به این نتیجه رسیدند که پرولین در منطقه آلوده نسبت به منطقه شاهد در هر پنج گیاه مورد نظر افزایش می‌یابد. همچنین افزایش اندازه پرولین در گونه *Eucalyptus globulus* در مقابل کمبود آب گزارش شده است (Verma and Singh, 2006). Shariat and Assareh (2008) بیان کردند که افزایش تنش خشکی منجر به افزایش مقدار پرولین، قندهای محلول و کاهش مشخصه‌های رشد در چهار گونه اکالیپتوس می‌شود که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در تحقیق حاضر به‌طورکلی پرولین در گونه چنار با آلاینده ازن و ذرات معلق همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد. در نتیجه می‌توان گفت با افزایش آلاینده‌های شهری اسیدآمینها پرولین نیز افزایش یافته است و یک ارتباط و همبستگی مثبت بین بیشتر آلاینده‌ها و پرولین وجود دارد. انباشتگی پرولین یکی از اولین فرایندهای بیوشیمیایی مشاهده‌شده در گیاهان عالی تحت تنش است؛ اما

مشابه برای گونه‌های دیگری که در جنگلداری شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند، تکرار شود.

Reference

- Aftab Talab, N., 2007. Evaluation of refined capacity of two toxic elements, Pb and Cd by two-year seedlings of *Platanus orientalis* and *Cupressus arizonica*. M.Sc. thesis, Forestry department, Tehran University, Tehran, Iran, 130 p. (In Persian)
- Anonymous, 2013. Introduction to air pollution, Department of Environmental Protection of West Azerbaijan, Education and Public Participation Office, 30 p. (In Persian)
- Anonymous, 2012. With an eye to the parks and green spaces of Urmia, Deputy Municipal Utilities of Urmia, Public Relations Department of Parks and green spaces of Urmia, 48 p. (In Persian)
- Bahernik, Z., M. Mirza, B. Abbaszadeh and M. Naderi Hajy Bagher Candy, 2007. The effect of metabolism in response to water stress in *Parthenium argentatum* Gray, *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(3): 315-322. (In Persian)
- Bagheri, V. & H.R. Roosta, 2012. Investigating the effect of different concentrations of sodium bicarbonate (alkalinity stress) on some varieties of cool crops in hydroponic system, *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(1): 67-80. (In Persian)
- Bamniya, B.R., C.S. Kapoor & K. Kapoor, 2012. Harmful effects of air pollution on physiological activities of *Pongamia pinnata* L. Pierre, *Clean Technologies Environmental Policy*, 14(1): 115-124.
- Bates, L.S., R.P. Waldern & I.D. Teare, 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies, *Plant and soil*, 39(1): 205- 207.
- Bohnert, H.J. & B. Shen, 1998. Transformation and compatible solutes, *Scientia Horticulturae.*, 78(1): 237-260.
- Van Breusegem, F., E. Vranová, J.F. Dat & D. Inzé, 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction, *Plant Science*, 161(3), 405-414.
- Burke, J.J., 2007. Evaluation of source leaf responses to water-deficit stresses in cotton using a novel stress bioassay, *Plant Physiology*, 143(1): 108-121.

افزایش مقدار پرولین در تنش‌های فلزات سنگین بیشتر گزارش شده است که می‌توان به افزایش پرولین در برگ اکالیپتوس در نتیجه افزایش غلظت کادمیوم در خاک (Shariat *et al.*, 2010) و همچنین افزایش محتوی پرولین برگ و ریشه گیاه کلزا در اثر آلودگی ناشی از سرب (Lari Yazdi *et al.*, 2010) اشاره کرد. همچنین Wang و همکاران (2010) افزایش تجمع پرولین گونه *Paulownia fortune* را تحت استرس فلزات سرب و کادمیوم و نیز Lei و همکاران (2007) در بررسی خصوصیات فیزیولوژی گونه *Populus cathayana* تحت تنش فلز سنگین منگنز افزایش اسید آبسزیک، پلی آمینو اسیدهای آمینه آزاد مثل پرولین را گزارش کرده‌اند. مطالعات Shariat و همکاران (2010) نشان داد با افزایش یون کادمیم میزان پرولین در برگ‌ها تا پنج برابر افزایش یافت. افزایش اندازه پرولین در تنش‌های دیگر مانند تنش شوری نیز دیده شده است به طوری که با افزایش شوری روی گیاه فلفل (Sayed, 1992) پرولین افزایش می‌یابد. افزایش میزان پرولین در شرایط تنش توسط Fatima و همکاران (2000) در گیاه *Cymbopogon winterianus* نیز گزارش شده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. در نهایت، در این تحقیق مشخص شد مقادیر هیدرات‌های کربن و پرولین با افزایش آلودگی هوا افزایش معنی‌داری داشته است یعنی در آلوده‌ترین منطقه بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. در مرحله دوم اندازه آلاینده‌ها در مناطق مطالعاتی بیشتر از مرحله اول بود، در اصل مقدار تنش وارده به گیاهان بیشتر بوده است که در پی آن افزایش در اندازه هیدرات‌های کربن و پرولین در مرحله دوم نسبت به مرحله اول دیده شد. پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به نتیجه بهتر و دقیق‌تر، نمونه‌برداری مداوم آلاینده‌های شهری در چند سال متوالی انجام گیرد و تحقیقات

- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P. Rebers & F. Smith, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Annal chemistery*, 28(3): 350-356.
- El Sayed, H., 1992. Proline metabolism during water stress in Sweet Pepper (*Capsicum annum L.*) *palnt, Phytion: annales rei botanicae*, 32 (2): 255-261.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita & S. Basra, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management, *Sustainable Agriculture*. Springer, USA, pp. 153-188.
- Fatima S., A. Farooqi, S. Sharma, S. Kumar, A. Kukreja, S. Dwivedi & A. Singh, 2000. Effect of drought stress and plant density on growth and essential oil metabolism in citronella java (*Cymbopogon winterianus*) cultivars, *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22(1): 563- 567.
- Golbaz Hagh, A., 2011. Studying effect of ultraviolet radiation on some physiological characteristics of the Sunflower, M.Sc. thesis, Biology group, Urmia University, Urmia, Iran, 60 p. (In Persian)
- Ghorbanli, M., G. Bakhshi khaniki & Z. Bakand, 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: 28-34. (In Persian)
- Heuer, B., 2003. Influence of exogenous application of proline and glycinebetaine on growth of salt-stressed tomato plants, *Plant Science*, 165(4): 693-699.
- Hoekstra, F.A., E.A. Golovina & J. Buitink, 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance, *Trends in Plant Science*, 6(9): 431-438.
- Homaei, M., 2002. Plants response to salinity, National Committee on Irrigation and Drainage Press, Tehran, 97 pp. (In Persian)
- Huber, S.C. & J.L. Huber, 1996. Role and regulation of sucrose-phosphate synthase in higher plants, *Annual Review of Plant Biology*, 47(1): 431-444.
- Idrees, M., M. Naeem, T. Aftab & M.M.A. Khana, 2013. Salicylic acid restrains nickel toxicity, improves antioxidant defence system and enhances the production of anticancer alkaloids in *Catharanthus roseus (L.)*, *Journal of Hazardous Materials*, 252: 367- 374.
- Ingram, J. & D. Bartlet, 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants, *Annual review of plant biology*, 47(1): 377-403.
- Kameli, A. & D. LÖSELδ, 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress, *New Phytologist*, 125(3), 609-614.
- Kumar, S.G., A.M. Reddy & C. Sudhakar, 2003. NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba L.*) with contrasting salt tolerance, *Plant Science*, 165(6): 1245-1251.
- Kuznetsov, V.V. & N. Shevyakova, 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism and regulation, *Russian Journal of Plant Physiology*, 46(2): 274-287.
- Lari Yazdi, H., M. Ranjbar & Sh. Boruman Jazi, 2010. The effect of lead pollution on activity of pigments photosynthesis and amount of proline in leaf and root 20 day of Brassica napus L. under Salicylic acid treatment, *Proceeding of 1st National Conference on Human, Environment and Sustainable Development*, Hamadan, Iran. 7 pp. (In Persian)
- Lei, Y., H. Korpelainen & C. Li, 2007. Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting *Populus cathayana* populations, *Chemosphere*, 68(4): 686-694.
- Levitt, J., 1980. Responses of plant to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses, Academic Press, New York, 698 p.
- Mamnoei, E. and R. Seyed Sharifi, 2010. Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation with canopy temperature and yield, *Journal of Plant Biology*, 2(5): 51-62. (In Persian)
- Pagter, M., C. Bragato & H. Brix, 2005. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit, *Aquatic Botany*, 81(4): 285-299.
- Rashidi, F., A. Jalili, S. Babari kafaki & Kh. Sagheb Talebi, 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)
- Sairam, R.K., K.V. Rao & G. Srivastava, 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in

- relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration, *Plant Science*, 163(5): 1037-1046.
- Salama, H.M., M. Al-Rumaih & M. Al-Dosary, 2011. Effects of Riyadh cement industry pollutions on some physiological and morphological factors of *Datura innoxia* Mill. Plant, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(3): 227-237.
 - Seyednejad, S.M., M. Yusefi, 2012. The effect of air pollution on physiological characteristics, anatomical and morphological of *Malva parviflora* and *Hordeum glaucum* in Ahvaz steel industry area, *the plant production (Scientific Journal of Agriculture)*, 35(4): 15-116. (In Persian)
 - Shabanian, N. and Ch. Cheraghi, 2013. Comparison of phytoremediation of heavy metals by woody species used in urban forestry of Sanandaj city, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(1): 154-165. (In Persian)
 - Shariat, A. & M.H. Assareh, 2008. Effects of drought stress on pigments, prolin, soluble sugar and growth parameters on four eucalyptus species, *Pajouhesh & Sazandegi in Natural Resources*, 78: 139-148. (In Persian)
 - Shariat A., M.H. Assareh & A. Ghamari-Zare, 2010. Effects of Cadmium on Some Physiological Characteristics of *Eucalyptus occidentalis*. *The Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 14 (53):145-154. (In Persian)
 - Siripornadulsil, S., S. Traina, D.P.S. Verma & R.T. Sayre, 2002. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae, *The Plant cell*, 14(11): 2837-2847.
 - Taji, T., C. Ohsumi, S. Iuchi, M. Seki, M. Kasuga, M. Kobayashi, K. Yamaguchi-Shinozaki & K. Shinozaki, 2002. Important roles of drought and cold-inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*, *The Plant Journal*, 29(4): 417-426.
 - Verma, A. & S. Singh, 2006. Biochemical and ultrastructural changes in plant foliage exposed to auto-pollution, *Environmental monitoring and assessment*, 120(1-3), 585-602.
 - Wang, J., W. Li, C. Zhang & S. Ke, 2010. Physiological responses and detoxific mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in young seedlings of *Paulownia fortune*, *Journal of Environmental Sciences*, 22(12), 1916-1922.
 - Xu, Y., J. Zhang, Q. Jiang, L. Zhou & H. Miao, 2006. Effects of water stress on the growth of *Lonicera japonica* and quality of honeysuckle, *Journal of Chinese medicinal materials*, 29(5), 420-423.

Content of carbohydrates and proline of Oriental plane (*Platanus orientalis* L.) leaf in air pollution stress, case study: Urmia city

N. Omidi¹, N. Seyedi^{*2}, A. Banj Shafiei², N. Abbaspour³

1- M.Sc. of Forestry, Forestry department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

2- Assistant Professor, Forestry department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

3- Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, I.R. Iran

Received: 14.05.2015

Accepted: 02.10.2015

Abstract

Air pollution severely damages tree growth and quality in urban areas due to constant absorption of pollutants by plants. It has been clearly substantiated that urban green landscapes considerably decrease environmental pollution. This study aimed to evaluate the effect of air pollution on carbohydrate and proline contents in oriental plane (*Platanus orientalis* L.) trees in Urmia city. For this purpose, five parks of supposedly different levels of pollution were sampled in two phases (i.e. August 2013 and May 2014). Five plane trees of relatively the same age were selected in each park. Leaf samples were collected from the outer branches of trees at three height levels. The carbohydrate and proline contents of the leaves, measured in two steps, were correlated with the level of O₃, NH₃, SO₂, CO and PM₁₀. The results indicated that, except for proline with NH₃ in August 2013, the amounts of carbohydrates and proline were significantly ($\alpha=1\%$) higher with increasing air pollution.

Keywords: Air pollution, Proline, Oriental plane, Carbohydrates.

* Corresponding author:

Email: n.seyedi@urmia.ac.ir