تنش کوتاه‌مدت ازن و اثر آن بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و سیستم آنتی‌اکسیدانی توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا

مهدیه کریمی[۱*]، منصور غلامی[۲] و حسن ساری‌خانی[۳]

[۱و۲و۳] به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی و اصلاح میوه، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

*نویسنده مسئول: mah.kara@yahoo.com

چکیده

ازن (O_3) یکی از آلاینده‌های مهم موجود در جو پائینی زمین است که در حضور انرژی خورشید و از مواد فرار و اکسید نیتروژن که از دود کارخانه‌ها و ماشین‌ها تولید می‌شوند، ایجاد می‌گردد. در این پژوهش توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا تحت تنش تدریجی ازن در مدت ۱۸ روز با سه غلظت صفر (شاهد)، ۵۰ و۱۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب قرار گرفتند. رقم آروماس طی تنش توانایی بالا بردن شاخص مقاومت به آلاینده هوا (APTI)، ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل، آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی را داشت و آسیب‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتری را نشان داد. در مقابله با تنش کوتاه‌مدت ازن (هجده‌روزه) به نظر می‌رسد این رقم نسبت به رقم سلوا می‌تواند تحمل بیشتری از خود نشان دهد.

واژه‌های کلیدی: **آلاینده، مناطق صنعتی، تنش‌های محیطی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص مقاومت به آلاینده هوا**

مقدمه

هوای اطراف زمین علاوه بر اکسیژن (۲۱ درصد) و ازت (۷۸ درصد)، دارای مقادیر اندکی از ترکیبات دیگر شامل کربن دی‌اکسید، بخار آب و گازهای دیگر از جمله ازن (O_3) می‌باشد. غلظت‌های بالای ازن صدمات جبران‌ناپذیری به محصولات مهم کشاورزی از جمله برنج (Wang *et al.*, 2012; Oksanen *et al.*, 2013)، گندم (Ahmad *et al.*, 2013) و گونه‌های چوبی (Koike *et al.*, 2013) در دنیا وارد آورده است. در کشور ما، نیز پژوهش‌های مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران وجود غلظت‌های بالای گاز ازن (۷۰ppb) به‌ویژه در فصل‌های بهار و تابستان در حاشیه کلان‌شهرهایی مانند تهران را تأیید می‌کند (Shariepour and Aliakbari Bidokhti, 2013). توت‌فرنگی[۱] یکی از میوه‌های مهم تجاری است که عملکرد و کیفیت آن به میزان زیادی تحت تأثیر برهمکنش پیچیده بین ژنوتیپ و محیط می‌باشد. به دلیل اهمیت نزدیک بودن به بازار مصرف در بعضی از مناطق مانند استان تهران، اصفهان، خوزستان و مرکزی، اغلب در حواشی شهرها و مراکز اقتصادی و بعضاً صنعتی و در تراکم بالای آلاینده‌های زیست‌محیطی، توت‌فرنگی کشت می‌گردد.

پاسخ ارقام توت‌فرنگی Korona و Elsanta به غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در مترمکعب ازن کاهش وزن خشک و وزن تر، افزایش پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی، تغییر غلظت آنزیم‌های آپوپلاستی و تغییرات مورفولوژیکی در برگ‌ها و کاسبرگ‌ها گزارش شده است (Keutgen and Pawelzik, 2008). وی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کرده‌اند که در گیاه گوجه‌فرنگی تنش ازن تعداد و اندازه میوه را کاهش داد اما سرعت گلدهی و میوه دهی تحت تأثیر ازن قرار نگرفت. رقم آروماس قدرت رشد بوته و محصول دهی بالائی دارد و مناسب کشت در شرایط مزرعه‌ای و در معرض تنش‌های محیطی می‌باشد (Gecer *et al.*, 2013). رقم سلوا یک رقم گلخانه‌ای حساس به تنش خشکی (Ghaderi & Siosemardeh, 2011)، شوری (Khayyat *et al.*, 2009)، سرما و خاک‌های آهکی است. بر این اساس در این پژوهش آثار مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مربوط به حساسیت یا مقاومت به تنش با غلظت کم و بالای ازن در مدت کوتاه در دو رقم تجاری مقاوم و حساس به تنش‌های محیطی در توت‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفته است.

1*Fragaria* × *ananassa* (Duch)

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، نشاءهای توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان تهیه و برای اعمال تیمار اُزُن ۴ اتاقک به حجم ۲ مترمکعب در کنار هم و در شرایط محیطی مشابه ساخته شد. در زمان تیماردهی کلیه ابعاد و کف اتاقک‌ها با پلاستیک‌های شفاف کاملاً پوشانده و جهت آبیاری گلدان‌ها از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۳×۲ (فاکتور اول رقم توت‌فرنگی در دو سطح و فاکتور دوم غلظت ازن در سه سطح) و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و تعداد ۴ گلدان از هر رقم انجام شد. گیاهان به مدت هجده توسط دستگاه تولیدکننده ازن (هوا زیست محیط آرین، ایران) تحت تیمار تدریجی ازن در غلظت‌های صفر، ۲۰ ± ۵۰ و ۲۰± ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب ازن قرار گرفتند. گیاهان در هرروز به مدت هشت ساعت در زمان روشنایی تحت تیمار قرار داشتند و در پایان روز تهویه می‌شدند. همچنین دما، رطوبت و غلظت ازن در اتاقک‌ها به‌صورت منظم در طی تیماردهی اندازه‌گیری و به‌صورت نمودار ثبت گردید. در طول دوره تیمار دهی، به‌منظور جابجایی هوا و توزیع یکنواخت ازن در سطح گلدان‌ها در زیر پوشش پلاستیکی از فن‌های کوچک استفاده شد. به‌منظور کنترل و ثابت نگه‌داشتن میزان ازن موجود در سطح برگ‌ها، از ازن سنج[1](GC21، چین) در داخل اتاقک‌ها استفاده گردید.

تعداد برگ‌های هر گیاه در هر تکرار شمارش و سپس میانگین گرفته شد. جهت اندازه‌گیری سطح برگ از نرم‌افزار پردازش تصویر[2]استفاده گردید. تعداد گل و میوه در هر گیاه و در هر تکرار شمارش شده و سپس میانگین گرفته شد. طول و قطر میوه برای هر بوته با استفاده از کولیس دستی با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. شکل میوه، از تقسیم طول میوه بر قطر میوه به دست آمد. برای درصد ماده خشک نمونه‌ها از فرمول وزن تر / 100 × وزن خشک = درصد ماده خشک استفاده گردید. اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس درصد مهارکنندگی دی پی پی اچ[3]طبق روش برند- ویلیامز و همکاران (1995) انجام شد. برای اندازه‌گیری پی اچ عصاره برگ از روش مینا و همکاران (2015) و برای اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک از روش مستوفی و نجفی (2011) استفاده گردید. برای اندازه‌گیری شاخص مقاومت به آلاینده [4]، مقدار تحمل دو رقم توت‌فرنگی به آلاینده ازن در غلظت‌های مختلف توسط فرمول APTI (mg/g)= [A(T+P)+R]/10 اسکوبدو و همکاران (2008) اندازه‌گیری شد. برای سنجش آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و پروتئین کل به ترتیب از روش (Dhindasa et al., 1981; Plewa et al., 1991; Giannopolitis and Ries, 1977; Kar and Mishra,1976; Bradford, 1976) استفاده گردید. تجزیه آماری داده‌ها به روش مدل خطی عمومی (GLM) و با کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اثرات برهمکنشی رقم و تنش ازن بر تعداد برگ تازه بوته معنی‌دار نشد و بر تعداد برگ خشک بوته در سطح یک درصد و سطح برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). تنش ازن شدید (۱۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب) در هر دو رقم آروماس و سلوا بیشترین تعداد برگ خشک نسبت به تنش متوسط و شاهد را سبب شد. این نشان می‌دهد گیاه توت‌فرنگی در غلظت‌های پایین سازگار با تنش ازن است. توت‌فرنگی در تنش متوسط ازن، گیاهی مقاوم است (Keutgen and Lenz, 2001; Drogoudi and Ashmore, 2002). در مورد صفت سطح برگ، رقم آروماس سطح برگ را به‌صورت قابل‌توجهی کاهش داد. ازن با تخریب ساختار سلول‌ها، افزایش تولید اتیلن، کاهش فتوسنتز، تجزیه کلروفیل و افزایش تنفس فرآیند پیری برگ را سرعت می‌بخشد. رقم سلوا در پاسخ به تنش کوتاه‌مدت ازن، سطح برگ را کاهش نداد (جدول ۱).

[1] Ozone detector
[2] Image-J
[3] 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
[4] Air pollution tolerance index (APTI)

جدول «۱» مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف ازن بر تعداد برگ تازه، تعداد برگ خشک و سطح برگ توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا طی تنش کوتاه‌مدت (هجده‌روزه)

تیمار	تعداد برگ تازه	تعداد برگ خشک	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
	رقم × غلظت ازن (میلی‌گرم بر مترمکعب)		
آروماس × صفر	۲۴/۰۰	۶/۴۰^{bc}	۵۰/۰۸^{a}
سلوا × صفر	۲۲/۳۳	۷/۶۷^{b}	۳۴/۷۹^{b}
آروماس × ۵۰	۱۹/۷۵	۴/۷۵^{bc}	۳۲/۰۰^{b}
سلوا × ۵۰	۲۰/۶۰	۳/۴۰^{c}	۳۵/۷۲^{b}
آروماس × ۱۰۰	۲۰/۰۰	۱۲/۰۰^{a}	۲۶/۳۰^{b}
سلوا ×۱۰۰	۲۱/۰۰	۱۱/۳۳^{a}	۳۷/۴۰^{b}

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیماری نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

برهم‌کنش رقم و غلظت توت‌فرنگی بر تعداد گل تولید شده، تعداد میوه در هر بوته، وزن تر، وزن خشک، درصد ماده خشک و شکل میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول). ارقام آروماس و سلوا طی تنش کوتاه‌مدت با غلظت متوسط (۵۰ppb) تعداد گل را افزایش دادند و تنش با غلظت بالا اثر منفی بر تعداد گل به‌ویژه در رقم سلوا بر جای گذاشت (جدول ۲). دروگودی و آشمور (۲۰۰۰) نیز در هفته اول تنش ازن، افزایش گل، و با افزایش تنش کاهش تعداد گل را در توت‌فرنگی رقم کمبریج فیوریت گزارش کردند. ازن در دوره هجده‌روزه در غلظت ۵۰ppb در رقم سلوا و در غلظت ۱۰۰ppb در رقم آروماس سبب تولید متوسط دو میوه در هر بوته شد. میوه رقم سلوا وزن تر بالاتر و میوه رقم آروماس وزن خشک و درصد ماده خشک بالاتری داشت. یکی از مکانیسم‌های دفاعی مهم توت‌فرنگی توانایی در کاهش ذخیره کربوهیدراتی برگ و فرستادن آن‌ها به نقاط فعال رشد زایشی از جمله میوه‌ها در هنگام تنش ازن می‌باشد (Keutgen *et al.*, 2005) که این مکانیسم دفاعی در رقم آروماس مشهودتر است. شکل میوه در رقم آروماس کشیده‌تر بود.

جدول «۲» مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف ازن بر تعداد گل و میوه، وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک و شکل میوه توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا

تیمار	تعداد گل	تعداد میوه	وزن تر میوه	وزن خشک میوه	ماده خشک میوه (درصد)	شکل میوه
	رقم × غلظت ازن (میلی‌گرم بر مترمکعب)					
آروماس × صفر	۸/۲۰^{b}	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}
سلوا × صفر	۵/۸۰^{c}	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}
آروماس × ۵۰	۱۱/۴۰^{a}	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}
سلوا × ۵۰	۹/۸۳^{ab}	۲/۱۷^{a}	۳/۶۹^{b}	۱/۴۷^{a}	۱۵/۲۸^{a}	۱/۳۱^{b}
آروماس × ۱۰۰	۱۰/۴۰^{ab}	۲/۲۰^{a}	۴/۹۶^{a}	۱/۳۱^{b}	۷/۹۶^{b}	۱/۵۲^{a}
سلوا ×۱۰۰	۳/۲۰^{d}	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیماری نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

اثرات رقم و غلظت ازن بر اسید آسکوربیک برگ، شاخص مقاومت به آلاینده هوا در سطح یک درصد و بر میزان آنتی‌اکسیدان کل و پی اچ عصاره برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول). رقم آروماس با افزایش تنش میزان آنتی‌اکسیدان کل را افزایش داد و رقم سلوا در تنش ازن با غلظت بالا میزان آنتی‌اکسیدان کل را کاهش داد (جدول). شاخص APTI بهترین شاخص برای به دست آوردن میزان مقاومت گیاه به یک غلظت از یک آلاینده در هوا است. بیشترین غلظت و نوع آلاینده آسیب زننده به گیاه و حساس‌ترین رقم، کم‌ترین میزان APTI را خواهند داشت. رقم آروماس در ابتدای تنش مقدار اسید آسکوربیک را کاهش داد و با افزایش غلظت ازن مقدار آن به مقدار شاهد رسید ولی رقم سلوا تجزیه اسید آسکوربیک را طی تنش کوتاه‌مدت ازن نشان داد. pH بالای عصاره برگ محیط مناسبی را برای فعالیت اسید آسکوربیک فراهم می‌کند (Rai *et al.*, 2011; Krishnaveni *et al.*,*2015*). گونه‌های گیاهی که با بروز تنش ازن، پی اچ عصاره برگ را افزایش

می‌دهند، از نظر مقاوم بودن به آلاینده بسیار بهتر هستند. در مطالعه ما، در رقم آروماس با بروز تنش ازن، به‌وضوح پی اچ عصاره برگ افزایش پیدا کرد و بالاترین پی اچ عصاره برگ در این رقم و در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ازن مشاهده گردید. رقم آروماس نسبت به رقم سلوا شاخص مقاومت بالاتری داشت و در تنش کوتاه‌مدت شاخص مقاومت در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در مترمکعب شاخص مقاومت پایین آمد و در تنش ۱۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب شاخص مقاومت بالا رفت. رقم سلوا با افزایش تنش شاخص مقاومت را پایین آورد. در نتیجه رقم آروماس نسبت به رقم سلوا مقاومت بالاتری نسبت به تنش کوتاه‌مدت ازن دارد (جدول ۳).

جدول «۳» مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف ازن بر میزان اسید آسکوربیک و پی اچ عصاره برگ و میزان شاخص مقاومت به آلاینده هوا توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا طی تنش کوتاه‌مدت (هجده‌روزه)

تیمار	آنتی‌اکسیدان کل (درصد)	اسید آسکوربیک (در هر ده گرم بافت تازه برگ)	پی اچ عصاره برگ	شاخص مقاومت به آلاینده هوا
		رقم × غلظت ازن (میلی‌گرم بر مترمکعب)		
آروماس × صفر	۳۰/۸۷^{c}	۱۰/۵۰^{a}	۵/۱۹^{b}	۲۵/۰۶^{a}
سلوا × صفر	۵۴/۳۶^{b}	۸/۰۰^{b}	۵/۴۲^{ab}	۱۹/۴۷^{b}
آروماس × ۵۰	۲۵/۹۷^{c}	۵/۶۷^{bc}	۵/۵۰^{ab}	۱۵/۳۲^{d}
سلوا × ۵۰	۶۹/۴۹^{a}	۵/۳۳^{bc}	۵/۵۵^{ab}	۱۶/۸۷^{c}
آروماس × ۱۰۰	۶۹/۵۱^{a}	۱۱/۰۰^{a}	۵/۶۱^{a}	۱۹/۴۴^{b}
سلوا × ۱۰۰	۲۸/۸۲^{c}	۶/۶۷^{bc}	۵/۴۸^{ab}	۱۴/۸۴^{d}

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیماری نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و پروتئین محلول کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، نشان می‌دهد که میزان آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت ازن و رقم قرار گرفت و بر مقدار پروتئین کل معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین برهم‌کنش غلظت‌های مختلف ازن و رقم نشان داد که رقم سلوا با افزایش غلظت ازن میزان کاتالاز را افزایش و رقم آروماس میزان آن را کاهش داد. رقم آروماس با افزایش تنش مقدار آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز را بالا برد. آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز مهم‌ترین آنزیم‌های خنثی‌کننده ازن و سایر آلاینده‌ها هستند (Calatayud and Barreno, 2001; Calatayud *et al.*, 2002).

جدول «۴» مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف ازن بر میزان آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و پروتئین محلول برگ توت‌فرنگی ارقام آروماس و سلوا طی تنش کوتاه‌مدت (هجده‌روزه)

تیمار	کاتالاز (میلی‌لیتر پروتئین در دقیقه)	پراکسیداز	پلی‌فنل اکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز	میزان پروتئین محلول برگ (میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ)
			رقم × غلظت ازن (میلی‌گرم بر مترمکعب)		
آروماس × صفر	۴/۰۲^{b}	۰/۶۲^{b}	۲۶/۷۵^{b}	۴۳/۰۹^{c}	۱/۰۹
سلوا × صفر	۳/۳۵^{b}	۰/۱۴^{c}	۳۶/۵۵^{a}	۶۶/۶۷^{a}	۰/۹۶
آروماس × ۵۰	۳/۱۶^{b}	۱/۰۰^{a}	۳۰/۱۱^{b}	۵۴/۹۶^{b}	۱/۰۱
سلوا × ۵۰	۵/۸۳^{a}	۰/۱۸^{c}	۱۵/۷۴^{c}	۵۵/۰۲^{b}	۱/۰۹
آروماس × ۱۰۰	۳/۲۶^{b}	۱/۳۷^{a}	۳۴/۸۸^{a}	۲۹/۶۲^{d}	۱/۱۱
سلوا × ۱۰۰	۳/۶۱^{b}	۰/۱۶^{c}	۱۵/۹۴^{c}	۶۵/۸۵^{a}	۱/۱۰

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیماری نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

منابع

Ahmad, M. N., Buker, P. Khalid, S., Van Den Berg, L., Shah, H. U. Wahid, A., Emberson, L., Power, S. A. and Ashmor, M. 2013. Effects of ozone on crops in north-west Pakistan. Environmental Pollution; 174: 244-249.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analual Biochemistri; 72, 248–254.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science Technology; 28, 25-30.

Calatayud, A. Ramirez, J.W. Iglesias, D.J. and Barreno E. 2002. Effects of ozone on photosynthetic CO2 exchange, chlorophyll *a* fluorescence and antioxidant systems in lettuce leaves, Physiology Plant 116: 308–316.

Calatayud, A. and Barreno, E. 2001. Chlorophyll *a* fluorescence, antioxidant enzymes and lipid peroxidation in tomato in response to ozone and benomyl, Environmental Pollution; 115: 283–289.

Drogoudi, P. A. and Ashmore, M. R. 2002. Effects of elevated ozone on yield and carbon allocation in strawberry cultivars differing in developmental stage. Phyton (Austria). Special issue: Global change; 2: 45-53.

Drogoudi, P. D. and Ashmore, MR 2000. Does elevated ozone have differing effects in flowering and deblossomed strawberry?. New Phytology; 147: 561-569.

Escobedo, F.J., Wagner, J.E., Nowak, D.J. De la Maza, C. L., Rodriquez M. and Crane D. E. 2008. Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality. Journal of Environment Management; 86: 148–157.

Gecer, M. K., Eyduran, E. and Yilmaz, H. 2013. THE effect of different applications on fruit yield characteristics of strawberries cultivated under van ecological conditions. The Journal of Animal and Plant Sciences; 23(5): 1431-1435.

Ghaderi, N. and Siosemardeh, A. 2011. Response to Drought Stress of Two Strawberry Cultivars (cv. Kurdistan and Selva). Horticulture, Environment, and Biotechnology; 52(1): 6-12.

Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology; 59:309–314.

Kar, M. and Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescense. Plant Physiology; 57: 315-319.

Keutgen, A. J. and Pawelzik, E. 2008. Apoplastic antioxidative system responses to ozone stress in strawberry leaves. Journal of Plant Physiology; 165: 868-875.

Keutgen, A.J., Noga, G., Pawelzik, E. 2005. Cultivar-specific impairment of strawberry growth, photosynthesis, carbohydrate and nitrogen accumulation by ozone. Environmental Experiments Botany; 53: 271–280.

Keutgen, N. and Lenz, F. 2001. Responses of strawberry to long-term elevated atmospheric ozone concentrations. I. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence, and macronutrient contents. Gartenbauwissenschaf; 66: 27–33.

Khayyat, M., Vazi feshenas, M. R., Rajaee, S. and Jamalian, S. 2009. Potassium effect on ion leakage, water usage, fruit yield and biomass production by strawberry plants grown under NaCl stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research; 17(1): 79-88.

Koike, T., Watanabe, M. Hoshika, Y. Kitao, M. Matsumura, H., Funada, R. and Izuta, T. 2013. Effects of ozone on forest ecosystems in East and Southeast Asia. In: Climate change, Air pollution and global challenges: Understanding and solutions from forest research, A cost action. Matyssek, R., Clarke, N., Cudlin, P., Mikkelsen. T. N. Tuovinen. J. P., Wieser, G. and Paoletti, E. (Eds). Elsevier. Oxford. 371-390 p.p..

Krishnaveni, M. Silambarasan1, V., Senthil Kumar1, R., Sabari1 M., Eswari1, V. and Silpavathi, G. 2015. Air Pollution Tolernace Index of Plants Studied Near Omalur Bus Stand, Soil Nutrient Analysis. International Journal of Pharmology Science Reverse Research; 31(1): 154-157.

Mina, U., Bhatia, A.and Fuloria, A. 2015. Effect of Ozone on Biotic Stress Tolerance Potential of Wheat. In: Management of Water, Energy and Bio-resources in the Era of Climate Change: Emerging Issues and Challenges, N.J. Raju et al. (eds.); 299- 313.

Mostofi, Y. and Najafi, F. 2011. Laboratory analytical methods for horticultural science. Tehran University Press. 93 P.

Oksanen, E. Pandey, V., Pandey A. K., Keski-Saari, S., Kontunen-Soppela, S., and Sharma, C. 2013. Impacts of increasing ozone on Indian plants. Environmental Pollution; 177: 189-200.

Plewa, M.J., Smith, S.R. and Wagner, E.D . 1991. Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. Mutation Research; 247: 57-64.

Rai, N., Agrawal, R.C. and Khan, A. 2011. Inhibition of DMBA induced mouse skin carcinogenesis

Shariepour, Z. and Aliakbari Bidokhti, A. A. 2013. Investigation of surface ozone over Tehran for 2008-2011. Journal of physics of the Earth and space; 3: (3): 191-206 (in Persion).

Thwe, A. A., Vercambre, G., Gautier, H., Gay, F., Phattaralerphong, J. and Kasemsap, P. 2014. Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to acute ozone stress in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). Photosynthetica, 52 (1): 105-116.

Wang, Y., Yang, L., Han, Y., Zhu, J., Chen, C. P., Yang K., Tang, H. and Wang, Y. 2012. The impact of elevated tropospheric ozone on grain quality of hybrid rice: A free air gas concentration enrichment in China. Agriculture, Ecosystems and Environment; 150: 63-71.

Short Term Ozone Stress and its Effect on Some Morphological, Physiologial and Antioxidant System of Strawberry (*Fragaria anasassa*) cvs. Aromas and Selva

M. Karimi*, M. Gholamiand H. Sarikhani
Department of Horticultural Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
**Corresponding Author:* mah.kara@yahoo.com

Abstract

Ozone (O_3) is one of the important pollutants in lower atmosphere of earth which is created in the presence of sunlight and volatile substances and nitrogen oxide emitted from the factories and cars. In present study strawberry cultivar Aromas and cultivar Selva were treated with three ozone at three concentrations of (0, 50 and 100 mg/m^{-3}) for a short period of 18 days. Aromas cultivar had the ability of increasing Air pollution tolerance index (APTI), total antioxidant capacity, enzymatic and non-enzymatic antioxidant and indicates lower morphological and physiological damages. it seems that this variety can have stronger tolerance against the short term ozone (18 days) compared to Selva cultivar.

Key words: **Pollutant,environmental stresses, industrial areas, total antioxidants capacity, Air pollution tolerance index (APTI)**