اثر اسید آسکوربیک روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه ریحان تحت سمیت آرسنیک

The Effect of Ascorbic Acid on some Physiological and Biochemical Characteristics of Basil under Arsenic Toxicity

پرویز یدالهی[۱]، محمدرضا اصغری‌پور[۲*]، اکبر باقری[۳]، نورالله خیری[۴] و ایوب امیری [۵]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۹

چکیده

در این پژوهش اثر محلول‌پاشی گیاه ریحان با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) بر درصد اسانس، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی و تجمع آن‌ها در اندام‌های گیاه، تحت تأثیر تنش آرسنیک صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با هدف ارزیابی تأثیر کاربرد اسید آسکوربیک بر کاهش سمیت آرسنیک در گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که اعمال تیمارهای ساده آرسنیک و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر تمامی صفات مورد بررسی به جزء گایاکول پراکسیداز تأثیر معنی‌دار داشتند. افزایش سطوح آرسنیک باعث کاهش ۱۰/۳۷ درصدی کلروفیل فلورسانس و افزایش ۷۱/۴۲ درصدی در آسکوربات پراکسیداز نسبت به شاهد گردید. برهمکنش اسید آسکوربیک و آرسنیک بر درصد اسانس، شاخص کلروفیل، کارتنوئید، کربوهیدرات، کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار شد. اسیدآسکوربیک به‌خصوص در سطح ۲۰ میلی‌مولار باعث بهبود پارامترهای اندازه‌گیری شده در تنش آرسنیک گردید. بیشترین درصد اسانس (۱/۵۰درصد)، شاخص کلروفیل (۱۵/۰۵) و کارتنوئید (۷/۹۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) از تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش (شاهد) حاصل شد. همچنین بالاترین سطح اسیدآسکوربیک (۲۰ میلی‌مولار) در شرایط تنش شدید آرسنیک (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مقدار کربوهیدرات، آنزیم کاتالاز و پراکسیداز را به‌ترتیب ۱۳/۲۸، ۷۵ و ۵۳/۸۴ درصد نسبت به‌عدم محلول‌پاشی در شرایط تنش مشابه کاهش داد. بنابراین با استناد به یافته‌های مطالعه حاضر و همچنین انجام تحقیقات تکمیلی می‌توان محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک را جهت بهبود رشد و کاهش تجمع آرسنیک در بافت‌های مختلف ریحان به‌صورت تجاری استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، تنش عناصر سنگین، مطالعه گلدانی، محلول‌پاشی

۱. کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، شهرکرد، ایران

۲، ۳ و ۵. به ترتیب دانشیار، فارغ‌التحصیلان کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۴. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد گرگان، گرگان، ایران

*: نویسنده مسئول Email: m_asgharipour@uoz.ac.ir

مقدمه

سمیت فلزات سنگین و خطر تجمع زیستی آن‌ها در زنجیره غذایی یکی از مشکلات بزرگ زیست محیطی و سلامت انسان‌ها در جوامع مدرن است (*چوهوتو*[1] و همکاران، 2008). آرسنیک عنصری بسیار سمی است که برای گیاه ضروری نیست و به‌سهولت توسط ریشه گیاهان جذب می‌شود و می‌تواند وارد زنجیره غذایی انسان شود (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۲). این عنصر سبب تغییر در کمیت و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی می‌شود و با توجه به افزایش روزافزون آن از طریق فعالیت‌های انسانی نگرانی‌های زیادی برای آلودگی خاک و محصولات کشاورزی ایجاد کرده است (*کاوو*[2] و همکاران، 2009؛ یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳). حد آستانه خسارت آرسنیک در گونه‌های گیاهی متفاوت می‌باشد. با این وجود اگر غلظت عناصر سنگین در خاک بیش از ۰/۱ درصد باشد، برای گیاهان سمی خواهد بود (*آگراوال*[3] و همکاران، 2011). سطح مجاز این عنصر در خاک ۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و در گیاه ۵ تا ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و غلظت سمی آن ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است (طباطبایی، ۱۳۸۸).

قرار گرفتن در معرض آرسنیک باعث ایجاد تنش قابل توجهی در گیاهان شامل جلوگیری از رشد، ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی و در نهایت مرگ آن‌ها می‌شود (*گونس*[4] و همکاران، 2009؛ یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳؛ یدالهی و همکاران، ۱۳۹۲). تنش عناصر سنگین عمدتاً از طریق کاهش سنتز کلروفیل اثر مستقیمی بر روی فتوسنتز دارند (بابایی و همکاران، ۱۳۸۸). کاهش رنگیزه‌ها به‌واسطهٔ افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است، که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجهٔ تجزیهٔ کلروفیل‌ها می‌گردند (*اسچوتز و فانگمیر*[5]، 2001؛ یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های گیاهی غالباً در مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی افزایش یافته و از این طریق گیاهان قادرند از خسارات رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده بکاهند. کاتالاز[6]، آسکوربات پراکسیداز[7]، گایاکول پراکسیداز[8]، از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که نقش اساسی در متابولیزه کردن ترکیبات فعال اکسیژن و جلوگیری از خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو را به عهده دارند (همراهی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج آزمایشی روی ریحان نشان داد که آرسنیک سبب ایجاد تغییراتی در ترکیب شیمیایی اسانس ریحان می‌شود. در این مطالعه میزان اسانس در ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم آرسنیک در کیلوگرم خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت درحالی‌که در ۱۵۰ میلی‌گرم آرسنیک در کیلوگرم خاک تولید اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (*بیسواس*[9] و همکاران، 2010). همچنین میزان آرسنیک بیش از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خاک بر رشد گیاه بولاغ اوتی[10] (*آزتورک*[11] و همکاران، 2010) و ریحان (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳) اثر منفی داشت.

گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال مکانیسم‌های متفاوتی دارند. ازجمله این مکانیسم‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد. این سیستم شامل سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی است. در این میان اسید آسکوربیک از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی است (*شیگیوکا*[12] و همکاران، 2002). اخیراً گزارش شده است که اسید آسکوربیک نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از قبیل فلزات سنگین، شوری، آفت‌کش‌ها و تابش ماوراء بنفش خورشید دارد (*ویوکو*[13] و همکاران، 2008؛ یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳). بر اساس گزارش‌های موجود، نوعی سیستم آنتی‌اکسیدان که سبب تولید مجدد اسید آسکوربیک می‌شود در حفاظت گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین نقش دارد (*فچت کریستوفر*[14] و همکاران، 2003). به‌طور مثال در گیاه نخود در حضور آسکوربات، فعالیت چرخه گلوتاتیون آسکوربات و در نتیجه جمع‌آوری کننده‌های H_2O_2 افزایش می‌یابد، و به دنبال آن گیاه با افزایش فعالیت کاتالاز با تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین مقابله می‌کند (*دیکسیت*[15] و همکاران، 2001). ریحان[16] گیاهی دارویی از تیره نعنائیان[17] می‌باشد.

1. Chhotu
2. Cao
3. Agrawal
4. Gunes
5. Schutz and Fangmier
6. Catalase
7. Ascorbate Peroxidase
8. Gayakvl peroxidase
9. Biswas
10. *Nasturitum officinalis*
11. Ozturk
12. Shigeoka
13. Vwioko
14. Fecht Christoffers
15. Dixit
16. *Ocimum basilicum*
17. Lamiaceae

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1: Physic-chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec (dS/m)
	(%)			ppm							
لوم شنی Sandy-loam	41	32	27	3.1	4.8	2.2	185	12	6.3	7.1	1.8

جدول ۲: خلاصه نتایج تجزیه واریانس درصد اسانس، شاخص کلروفیل، کلروفیل فلورسانس، کارتنوئید و کربوهیدرات ریحان تحت تأثیر تنش آرسنیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

Table 2: Analysis of variance for essential oil percentage, chlorophyll Index, chlorophyll Fluorescence, carotenoid and carbohydrates in basil influenced by arsenic toxicity and ascorbic acid spraying

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	درصد اسانس Essential. oil Percent	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	کلروفیل فلورسانس Chlorophyll fluorescence	کارتنوئید Carotenoid	کربوهیدرات Carbohydrates
تکرار Replication	2	0.06	12.88	0.15	10.16	0.005
آرسنیک Arsenic	3	0.90**	7.70**	0.06**	21.12**	0.22**
اسید آسکوربیک Ascorbic acid	2	0.22**	8.07 **	0.007*	5.08**	0.28**
اثر متقابل Interaction	6	0.03**	0.77 *	0.003 ns	0.29**	0.02**
خطای Error	22	0.007	0.29	0.001	0.07	0.001
ضریب تغییرات Cv%	-	11.74	4.10	5.84	4.92	1.84

ns، * و ** و به‌ترتیب عدم‌معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد

ns, * and ** represent not significant and significant difference over control at p<*0.05* and p<*0.01*, respectively

جدول ۳: مقایسه میانگین درصد اسانس، شاخص کلروفیل، کلروفیل فلورسانس، کارتنوئید و کربوهیدرات ریحان تحت تأثیر تنش آرسنیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

Table 3: Percent oil, chlorophyll Index, chlorophyll Fluorescence, Carotenoid and Carbohydrates influenced by arsenic toxicity and affected by ascorbic acid spraying

تیمار Treatments	درصد اسانس Percent oil	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	کلروفیل فلورسانس Chlorophyll Fluorescence	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg g^{-1} of fresh weight)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکزبر گرم وزن تر) Carbohydrates (µgr of glu / gr wet weight)
آرسنیک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Arsenic (mg/kg of soil)					
0	1.16a	14.36a	0.77a	7.71a	2.02d
40	0.82b	13.28b	0.64b	5.80b	2.22c
80	0.63c	12.14c	0.60bc	4.79c	2.30b
120	0.41d	12.87b	0.58c	4.26d	2.40a
اسید آسکوربیک (میلی‌مولار) ASA (mmol)					
0	0.63c	13.26b	0.62b	4.99c	2.41a
10	0.73b	12.30c	0.66a	5.66b	2.17b
20	0.90a	13.93a	0.66a	6.29a	2.12c

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن، معنی‌دار نمی‌باشد

Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at *p* =1% according to DMRT

موطن اصلی این گیاه نواحی استوایی قاره آفریقا است و امروزه بیشتر در کشورهای حوزه دریای مدیترانه در باغ‌ها و مزارع کشت می‌شود. فواید این گیاه در پایین‌آورنده قند خون، ضداسپاسم، مسکن، پایین‌آورنده فشار خون، کاهش‌دهنده تب، سازگارکننده‌ی بدن به عوامل تنش‌زا و تقویت فعالیت طبیعی بدن و ضد التهاب به اثبات رسیده است (امیدبیگی، ۱۳۸۳). با توجه به‌اینکه ریحان در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین نظیر کادمیوم، سرب، مس و آرسنیک رشد می‌کند (*بیسواس* و همکاران، 2010) و همچنین نقش اسید آسکوربیک در کاهش اثرات اکسیداتیو عناصر سنگینی همچون مس و نیکل (چاپارزاده و قدرتی، ۱۳۹۰؛ سعیدی‌سار و همکاران، ۱۳۸۴) ضرورت مطالعه حاضر نمایان می‌گردد. لذا این مطالعه به‌منظور تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر واکنش برخی از آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنلی این گیاه دارویی تحت تنش فلز سنگین آرسنیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۱ و در گلخانه دانشگاه زابل اجرا شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها قبل از اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

بذور ریحان (رقم محلی رایج در شهرستان زابل) از مرکز تحقیقات کشاورزی زابل تهیه و آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به‌صورت گلدانی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح آرسنیک به‌مقدار: صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و سه سطح محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) بودند. قبل از کشت ریحان و براساس نتایج تجزیه خاک ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵۵ تا ۷۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاس به‌عنوان مقادیر پایه، به خاک اضافه شد. در این آزمایش مقادیر مختلف آرسنیک براساس مقدار خاک هر گلدان و براساس تیمارهای مورد آزمایش محاسبه گردید. آرسنیک قبل از کاشت با خاک مخلوط شده و به‌منظور آغشته شدن خاک با آرسنیک دو هفته در نایلون‌های مخصوص نگهداری شد. سپس با حفظ میزان رطوبت مناسب جهت جذب این عنصر با خاک، گلدان‌ها با این خاک پر و سپس کاشت در اول فروردین انجام گرفت. هر سطح آرسنیک شامل سه گلدان و هر کدام از سطوح محلول‌پاشی نیز شامل چهار گلدان در هر تکرار بودند. در کل ۳۶ گلدان در سه تکرار بر اساس نقشه طرح مهیا و مرتب گردید. بذرها در عمق ۲ سانتی‌متری سطح خاک قرار داده شده و درون هر گلدان ۶ عدد بوته نگهداری شد. محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک بعد از مرحله ۷ تا ۱۰ برگی (حدود ۳۵ روز بعد از جوانه‌زنی) ریحان بر روی برگ‌های این گیاه اعمال گردید. در طول فصل گیاهان کاشته شده در درون گلدان‌ها هر چهار روز آبیاری می‌شدند. حدود ۶۰ روز پس از کاشت و در آستانه ورود به مرحله گلدهی گیاهان از سطح خاک برداشت شدند.

اندازه‌گیری کربوهیدرات با استفاده از روش *کرپسی*[1] و همکاران (1996) صورت گرفت. میزان کربوهیدرات استخراجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر براساس میکروگرم در گرم وزن تر از جدول استاندارد به‌دست آمد. جهت اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز (CAT) از روش *برس و سایزر*[2] (1952) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۲۴۰ نانومتر استفاده شد. اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز از روش *مک آدم*[3] و همکاران (1992) انجام شد. برای به‌دست آوردن گایاکول و آسکوربات از روش *ناکانو و آسادا*[4] (1981) استفاده شد و میزان آنزیم‌های استخراجی بر اساس میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین بدست آمد.

کارتنوئید بر اساس روش *آرنون*[5] (1967) و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

Carotenoides= 100 (A470) - 3.27 (mg chl. a) - 104 (mg chl. b)/227

که در آن V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W: وزن تر نمونه‌ها بر حسب گرم بود.

برای اندازه‌گیری کلروفیل فلورسانس در نمونه‌های برگ جوان و کاملاً توسعه یافته از دستگاه قابل حمل کلروفیل‌متر[6] (Hansatech-V.D.C12) مقادیر F_0، F_m، F_v، F_v/F_m و Tf_m استفاده گردید (*سلطانی*[7]، 2004). محاسبه مقدار کلروفیل برگ، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج[8] (Hansatech-Model-cl-01) صورت گرفت. اسانس‌گیری به‌صورت تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر به‌مدت ۵ ساعت انجام شد (رحیمی، ۱۳۹۰). در پایان، تجزیه داده‌های به‌دست آمده با استفاده نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده

1. Kerepsi
2. Beers and Sizer
3. Mac Adam
4. Nakano and Asada
5. Arnon
6. Handy Chlorophyll Florometer (PEA)
7. Soltani
8. SPAD Model Minolta-502

از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد اسانس

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تغییرات درصد اسانس تحت تأثیر اثرات ساده تنش آرسنیک و اسید آسکوربیک و همچنین برهمکنش آنها بسیار معنی‌دار (p <۰/۰۱) بود (جدول ۲). افزایش غلظت آرسنیک منجر به کاهش میزان اسانس و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک افزایش آن را در پی داشت (جدول ۳). در برهمکنش آرسنیک و اسید آسکوربیک، تیمار ترکیبی عدم کاربرد آرسنیک و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بیشترین و تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آرسنیک و عدم کاربرد اسید آسکوربیک با ۷۷/۳ درصد کاهش کمترین درصد اسانس را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

نکته‌ای که باید در اینجا به آن اشاره کرد این است که همیشه همراه با بالا رفتن میزان تنش، درصد اسانس نمی‌تواند افزایش یابد چرا که در تنش‌های بالا، گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم اسمزی ازجمله پرولین، گلسین-بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می‌کند تا بتواند شرایط لازم برای ادامه حیات خود را در این شرایط فراهم کند. این ترکیبات برای گیاه هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را گاهاً با کاهش عملکرد دانه جبران می‌کند (*مونس*[1]، 1993). از سوی دیگر اسید آسکوربیک به‌طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید یا اکسیژن منفرد اثر گذاشته و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در تولید آلفاتوکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست نقش ایفا می‌کند (*ناکتور و فایر*[2]، 1998).

شاخص کلروفیل، کارتنوئید و فلورسانس

اثرات ساده تنش آرسنیک و اسید آسکوربیک بر میزان شاخص کلروفیل و کارتنوئید در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین برهمکنش تیمارهای آزمایش بر محتوای کارتنوئید (p <۰/۰۱) و شاخص کلروفیل (p <۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول ۶). افزایش غلظت آرسنیک کاهش شاخص کلروفیل و کارتنوئید را در گیاه ریحان در پی داشت، همچنین محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نقش تعدیل‌کننده و کاهنده اثر منفی تنش را در مطالعه حاضر نشان داد (جدول ۳). بیشترین شاخص کلروفیل با میانگین ۱۵/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر در ترکیب عدم تنش همراه با بیشترین سطح محلول‌پاشی (۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک) و کمترین آن با میانگین ۱۱/۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در ترکیب ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آرسنیک همراه با ۱۰ میلی مولار محلول‌پاشی بود (جدول ۶). برهمکنش تیمارهای مورد مطالعه در کارتنوئید نیز روندی مشابه با شاخص کلروفیل را نشان داد. همان‌طورکه در جدول مشخص است ترکیب تیمارهای عدم تنش و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بیشترین کارتنوئید و کاربرد بیشترین سطح عنصر سنگین (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خاک) و عدم محلول‌پاشی با ۵۶/۲۸ درصد کاهش کمترین میزان آن را نشان دادند (جدول ۶).

قرار گرفتن در معرض آرسنیک باعث ایجاد تنش قابل توجهی در گیاهان شامل جلوگیری از رشد، ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی و در نهایت مرگ آن‌ها می‌شود (*گونز* و همکاران، 2009). از سوی دیگر اسید آسکوربیک با نقش کوفاکتوری در فتوسنتز گیاه و در سنتز اتیلن، جیبرلین و آنتوسیانین به‌عنوان عاملی برای کاهش اثر منفی تنش‌های عناصر سنگین شناخته شده است (*چن و گالیه*[3]، 2004؛ *اسمیرنف و میلر*[4]، 2000). بر اساس گزارش‌های موجود، نوعی سیستم آنتی‌اکسیدان که سبب تولید مجدد اسید آسکوربیک می‌شود در حفاظت گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین نقش دارد (*فچت کریستوفر* و همکاران، 2003). در همین راستا سعیدی‌سار و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر کاربرد اسید آسکوربیک بر تحمل به نیکل در سویا گزارش کردند به‌طور قطع کاربرد این اسید آلی تا حد زیادی موجب حفاظت گیاه در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از عنصر سنگین می‌شود. علاوه بر این یدالهی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی محلول‌پاشی این اسید بر تحمل به تنش آرسنیک در ریحان نتیجه گرفتند که همزمان با افزایش عامل تنش، رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ کاهش یافت ولی با کاربرد اسید آسکوربیک این کاهش به‌سرعت جبران گردید که با نتایج ما در این مطالعه مطابقت دارند.

کلروفیل فلورسانس نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آرسنیک (p <۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲)، و افزایش این فلز سنگین باعث کاهش صفت مذکور گردید (جدول ۲). به‌طوری‌که شاهد بیشترین و بالاترین سطح تنش (۱۲۰ میلی‌گرم

1. Munns
2. Noctor and Foyer
3. Chen and Gallie
4. Smirnoff and Wheeler

آرسنیک در کیلوگرم وزن خاک) با ۲۴ درصد کاهش کمترین کلروفیل فلورسانس را دارا بود (جدول ۳).

کلروفیل فلورسانس به‌عنوان یک معیار سنجش برای بررسی تأثیر تنش‌های محیطی، ازجمله تنش عنصر سنگین بر گونه‌های زراعی و تعیین میزان مقاومت به آن می‌باشد و یک علامت مفید برای ارزیابی وضعیت فتوشیمی گیاه به کار می‌رود. ممنوعی و سید شریفی (۱۳۸۹) نشان دادند تنش کلروفیل فلورسانس یا کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II را به‌دلیل افزایش فلورسانس مبدأ و کاهش فلورسانس ماکزیمم در جو کاهش داد.

کربوهیدرات

اثرات ساده تنش و اسید آسکوربیک و برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری را در سطح یک درصد بر کربوهیدرات گیاه ریحان داشتند (جدول ۲). تنش آرسنیک، برخلاف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک سبب افزایش پارامتر مذکور گردید (جدول ۳).

در برهمکنش تیمارها، تیمار ترکیبی عدم تنش همراه با محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۲ میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر کمترین و ترکیب بالاترین سطح تنش (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خاک آرسنیک) و عدم کاربرد محلول‌پاشی با ۲۱/۸۷ درصد افزایش بیشترین کربوهیدرات را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

تحقیقات متعددی نتایج به‌دست آمده ما را تائید می‌کنند، به‌طور مثال نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در گیاه گلسنگ[1] اجزای تشکیل‌دهنده غشاهای سلولی به‌شدت به‌وسیله تیمار آرسنیک تحت تأثیر قرار می‌گیرند (*پیسانی*[2] و همکاران، 2010). همچنین محققین در بررسی اثر فلز آرسنیک بر روی کربوهیدرات در گیاه گلرنگ به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطوح مختلف آرسنیک، میزان کربوهیدرات در گیاه گلرنگ افزایش یافت (*لیو*[3] و همکاران، 2012). از سوی دیگر اسید آسکوربیک به‌عنوان یک کوآنزیم برای واکنش کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و پروتئین‌ها عمل می‌کند و منجر به افزایش مقدار اسید نوکلئیک به‌ویژه RNA می‌شود (*امین*[4] و همکاران، 2008). در همین راستا سعیدی‌سار و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند استفاده از اسید آسکوربیک، به‌طور قطع تا حد زیادی موجب حفاظت گیاه سویا در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از نیکل می‌شود.

1. *Lichen xanthoria* Parietina
2. Pisani
3. Liu
4. Amin

آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز، پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز

در مطالعه حاضر تنش آرسنیک، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و برهمکنش آن‌ها بر محتوای کاتالاز و پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در اثر متقابل تیمارها بیشترین کاتالاز و پراکسیداز، در تیمار ترکیبی ۱۲۰ میلی‌گرم آرسنیک در کیلوگرم وزن خاک و عدم کاربرد اسید آسکوربیک به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین به‌دست آمد (جدول ۶).

آسکوربات نیز تحت تأثیر آرسنیک (p <۰/۰۱) و اسید آسکوربیک (p <۰/۰۵) قرار گرفت (جدول ۴). تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم آرسنیک در کیلوگرم با میانگین ۰/۰۰۷ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین منجر به افزایش ۷۱/۴۲ درصدی در میزان آنتی‌اکسیدان آسکوربات نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). همانند تنش آرسنیک، کاربرد اسید آسکوربیک نیز افزایش این آنتی‌اکسیدان را در پی داشت (جدول ۵). تیمار شاهد و ۱۰ میکرومول اسید آسکوربیک با میانگین ۰/۰۰۴ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در یک گروه قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار را نشان ندادند، اما کاربرد ۲۰ میکرومول از این اسید با میانگین ۰/۰۰۵ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین سبب افزایش ۲۰ درصدی در صفت مذکور شد (جدول ۵). مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدان، شامل گلوتاتیون، توکوفرول، فلاوونوئید و آسکوربات می‌باشند که در پاک‌سازی گونه‌های اکسیژن فعال به‌طور مستقیم نقش دارند. هم‌چنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند (آگراوال و پاندی[5]، 2004).

در آزمایشی که توسط چاپارزاده و قدرتی (۱۳۹۰) به‌منظور بررسی کاهش اثرات تنش مس به‌وسیله اسید آسکوربیک در پیاز انجام پذیرفت، گزارش شد که کاربرد اسید آسکوربیک به‌طور معنی‌داری محتوای هیدروژن پراکسید و محصولات پراکسیداسیون لیپیدها را هم در گیاهان شاهد و هم گیاهان تحت تنش مس کاهش داد. همچنین *شالاتا و نیومن*[6] (2001) گزارش کردند که کاربرد اسید آسکوربیک خارجی سبب می‌شود تا مکانیزم‌های آنتی‌اکسیدانی فعال شده و گیاه تحت تنش، مقاومت لازم را در مقابل تنش احراز کند، که با نتایج ما در پژوهش حاضر مطابقت دارد. در همین راستا دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که تنش شوری سبب افزایش

5. Agarwal and Pandey
6. Shalata and Neumann

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در برگ کلزا و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در ریشه شده است. این درحالی است که کاربرد اسید آسکوربیک موجب کاهش فعالیت سه آنزیم فوق در برگ-ها گردید. البته قابل ذکر است که برخی محققین نشان داده‌اند که اسید آسکوربیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز می‌شود و از تولید مالون دی آلدهید جلوگیری می‌کند (دیکسیت و همکاران، 2001).

آنتی‌اکسیدان گایاکول برخلاف سایر آنزیم‌ها در این آزمایش تحت تأثیر هیچکدام از تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که استفاده از ماده اسید آسکوربیک که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است، برای حفظ عملکرد اقتصادی گیاهان تحت تنش ضروری و قابل توجیه است. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش عنصر سنگین آرسنیک با تحریک ساخت آنتی‌اکسیدان‌ها، منجر به کاهش و تعدیل اثرات تنش می‌شود. همچنین نتایج حاصل از این آزمایش اثبات می‌کند که در شرایط تنش ملایم و شدید استفاده از این ماده باعث افزایش معنی‌دار تولید آسکوربات و کاهش کاتالاز و پراکسیداز و کربوهیدرات نسبت به تیمار شاهد گردید.

جدول ۴: خلاصه نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های کاتالاز، پراکسیداز، گایاکول و آسکوربات ریحان در شرایط تنش آرسنیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

Table 4: Analysis of variance for Catalase, Peroxidase, GPX and APX in basil influenced by arsenic toxicity and ascorbic acid spraying

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	گایاکول پراکسیداز GPX	آسکوربات پراکسیداز APX
تکرار Replication	2	0.00001	0.00002 ns	5.83E-9	0.000001
آرسنیک Arsenic	3	0.00001**	0.00007**	1.28E-8ns	0.00003**
اسید آسکوربیک Ascorbic acid	2	0.00002**	0.00004**	1.08E-8ns	0.000001*
اثر متقابل Interaction	6	0.000002**	0.000002**	6.75E-9ns	0.00000006ns
خطای Error	22	0.0000004	0.0000005	7.04E-9	0.0000003
ضریب تغییرات CV%	-	22.22	13.11	6.33	11.46

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد

ns, * and ** represent not significant and significant difference over control at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

جدول ۵: مقایسه میانگین ویژگی‌های کاتالاز، پراکسیداز، گایاکول و آسکوربات ریحان در شرایط تنش آرسنیک و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک

Table 5: Catalase, Peroxidase, GPX and APX in basil influenced by arsenic toxicity and ascorbic acid spraying

تیمار Treatments	کاتالاز (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) Catalase (µmol mg^{-1} of protein)	پراکسیداز (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) Peroxidase (µmol mg^{-1} of protein)	گایاکول پراکسیداز (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) GPX (µmol mg^{-1} of protein)	آسکوربات پراکسیداز (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) APX (µmol mg^{-1} of protein)
آرسنیک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Arsenic (mg/kg of soil)				
0	0.001c	0.002d	0.0012a	0.002d
40	0.002b	0.004c	0.0013a	0.004c
80	0.003b	0.006b	0.0013a	0.005b
120	0.004a	0.009a	0.0013a	0.007a
اسید آسکوربیک (میلی‌مولار) ASA (mmol)				
0	0.004a	0.007a	0.0013a	0.004b
10	0.002b	0.005b	0.0013a	0.004b
20	0.001c	0.003c	0.0012a	0.005a

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن، معنی‌دار نمی‌باشد

Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at p =1% according to DMRT

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل آرسنیک و اسید آسکوربیک بر روی برخی از صفات گیاه ریحان

Table 6: Interaction of arsenic and ascorbic acid on some traits in basil

آرسنیک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Arsenic (mg/kg of soil)	اسید آسکوربیک (میلی‌مولار) ASA (mmol)	درصد اسانس Percent oil	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg g^{-1} of fresh weight)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکزبر گرم وزن تر) Carbohydrates (µgr of glu/ gr wet weight)	کاتالاز (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) Catalase (µmol mg^{-1} of protein)	پراکسیداز (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) Peroxidase (µmol mg^{-1} of protein)
0	0	0.91c	15.02a	7.48a	2.06hi	0.002b	0.004bcd
0	10	1.08b	13.02cd	7.78a	2.01ij	0.001b	0.002cd
0	20	1.50a	15.05a	7.96a	2.00j	0.001b	0.001d
40	0	0.70de	12.67cde	5.07cd	2.41b	0.003b	0.005bcd
40	10	0.81cd	12.98cd	5.79bc	2.15fg	0.002b	0.003cd
40	20	0.94bc	14.18ab	6.53b	2.10gh	0.001b	0.002cd
80	0	0.58ef	12.11def	3.94ef	2.53a	0.004b	0.008b
80	10	0.63ef	11.28f	4.64de	2.21de	0.002b	0.005bcd
80	20	0.68de	13.04cd	5.81bc	2.16ef	0.001b	0.004bcd
120	0	0.34h	13.21c	3.48f	2.56a	0.008a	0.013a
120	10	0.41gh	11.92ef	4.43ef	2.32c	0.003b	0.008b
120	20	0.49fg	13.49bc	4.88cde	2.22d	0.002b	0.006bc

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد ر اساس آزمون دانکن، معنی‌دار نمی‌باشد

Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at p =5% according to DMRT

منابع

امیدبیگی، ر. ۱۳۸۳. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم. چاپ سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۹۷ صفحه.

بابایی، ک.، امینی دهقی، م.، مدرس ثانوی، ع. و جباری، ر. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۲):۲۵۱-۲۳۹.

چاپارزاده، ن. و قدرتی، م. ۱۳۹۰. کاهش اثرات اکسیداتیو تنش مس به‌وسیله آسکوربیک اسید در پیاز. اولین همایش ملی گیاه پالایی. کرمان. ۲۷ بهمن. صفحه ۱۰۶-۱۱۰.

دولت آبادیان، ا.، مدرس ثانوی، س. ع. م. و شریفی، م. ۱۳۸۸. اثر تغذیه برگ با آسکوربیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۴۷): ۶۲۰-۶۱۱.

سعیدی سار، س.، خاوری‌نژاد، ر.، فهیمی، ح.، قربانلی، م. و مجد، ا. ۱۳۸۴. اثر ژیبرلین و آسکوربیک اسید بر کاهش سمیت نیکل در گیاه سویا. دانشگاه علوم و تحقیقات. رستنی‌ها، ۶: ۷۵-۶۷.

طباطبایی، س. ج. ۱۳۸۸. اصول تغذیه معدنی گیاهان. انتشارات مولف، ۳۸۸ صفحه.

معراجی، ع.، عابدی، ط.، عابدین‌زاده، ن. ۱۳۸۸. گیاه‌پالایی در حذف آلودگی‌های محیط زیست. سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۲۹-۲۵ مهر، دانشگاه تهران. ۱-۶.

ممنوعی، ا. و سیدشریفی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر کمبود آب بر شاخص‌های کلروفیل فلورسانس و میزان پرولین در شش ژنوتیپ جو و رابطه آن با دمای آسمانه (Canopy) و عملکرد. مجله زیست شناسی گیاهی، ۲ (۵): ۶۲-۵۹.

همراهی، س.، حبیبی، د.، مدنی، ح. و مشهدی اکبر بوجار، م. ۱۳۸۷. اثر سایکوسل و عناصر ریز مغذی بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به-عنوان شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی در کلزا. یافته‌های نوین کشاورزی، ۲ (۳): ۳۹-۳۲.

یدالهی ده چشمه، پ.، اصغری‌پور، م. ر. و شیخ‌پور، س. ۱۳۹۳. اثر اسید آسکوربیک بر رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان تحت تنش آرسنیک. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۴ (۳۲): ۵۶۶-۵۵۳.

یدالهی ده چشمه، پ.، اصغری‌پور، م. ر.، باقری، ا.، جباری، ب. و شیخ‌پور، س. ۱۳۹۲. اثر سطوح مختلف سدیم نیتروپروساید و آرسنیک بر خصوصیات کمی گیاه دارویی کارلا. مجله پژوهش‌های به‌زراعی، ۵ (۳): ۲۲۶-۲۱۵.

Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Plant Biology, 48: 555-560.

Agrawal, J., Sherameti, I. and Varma, A. 2011 Detoxification of Heavy Metals: State of Art. In: Detoxification of Heavy Metals. (Ed. Sherameti Irena and Varma Ajit) Springer-Verlag, Germany, pp 1- 34.

Amin, A. A., Rashad, E. M. and Gharib, A. E. 2008. Changes in morphological, phiysiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with Salicylic acid and Ascorbic acid. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2 (2): 252-261.

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Beers, G. R. and Sizer, I. V. 1952. Aspectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Biological Chemistry, 195: 133-140.

Biswas, Sh., Koul, M. and Bhatnagar, A. K. 2010. Arsenic in soil affects yield and quality of essential oil in *Ocimum basilicum* L. An International Conference on Challenging and Emerging Dimensions in Medicinal/Herbal Plants and their Products.

Cao, H., Jiang, Y., Jianjiang, C., Zhang, H., Huang, W., Li, L. and Zhang, W. 2009. Arsenic accumulation in *Scutellaria baicalensis* Georgi and its effects on plant growth and pharmaceutical components. Journal of Hazardous Materials, 171: 508-513.

Chen, Z. and Gallie, D. R. 2004. The Ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomatal movement. The Plant and Cell, 16: 1143-1162.

Chhotu, D., Jadia, M. and Fulekar, H. 2008. Phytoremediation: The application of vermicompost to remove Zinc, Cadmium, Copper, Nickel and Lead by Sunflower plant. Environment Engineering and Management Journal, 7 (5): 547-558.

Dixit, V., Pandey, V. and Shyam, R. 2001. Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea. Journal of Experimental Botany, 52: 71-81.

Fecht Christoffers, M. M., Maier, P. and Horst, W. J. 2003. Apoplastic peroxidase and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of *Vigna unguiculata*. Journal of Plant Physiology, 117: 237-244.

Gunes, A., Pilbeam, D. and Inal, A. 2009. Effect of Arsenic-phosphorus interaction on arsenic-induced stress in Chickpea plant. Plant and Soil, 31 (2): 211-220.

Kerepsi, I., Toth, M. and Boross, L. 1996. Water-soluble carbohydrates in dried plant. Journal Agriculture and Food Chemicals, 10: 3235-3239.

Liu, Q. J., Zheng, C. M., Hu, C. X., Tan, Q. L., Sun, X. C. and Su, J. J. 2012. Effects of high concentrations of soil arsenic on the growth of safflower and rape. Plant and Soil Environment, 58 (1): 22-27.

Mac-Adam, J. W., Nelson, C. J. and Sharp, R. E. 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Plant Physiology, 99: 872-878.

Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline oil: Some dogmass and hypotheses. Plant Cell and Environment, 16: 15- 24.

Nakano, Y. and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidases in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology, 22: 867-880.

Noctor, G. and Foyer, C. H. 1998. Ascorbate and glutathione, keeping active oxygen under control. Plant Molecular Biology, 49: 249-279.

Ozturk, F., Duman, F., Leblebici, Z. and Temizgul, R. 2010. Arsenic accumulation and biological responses of Watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) exposed to arsenite. Environmental Experimental Botany, 69: 167-174.

Pisani, T., Munzi, S., Paoli, A., Bockor, M. and Loppi, S. 2010. Physiological effects of arsenic in the (*Lichen xanthoria* Parietina L.). Chemosphere, 40: 440-454.

Schutz, H. and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution, 114: 187-194.

Shalata, A. and Neumann, P. M. 2001. Exogenous Ascorbic acid increase resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany, 52: 2207-2211.

Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M. and Miyagawa, Y. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. Journal of Experimental Botany, 53 (3): 1305-1319.

Smirnoff, N. and Wheeler, G. L. 2000. Ascorbic acid in plants: Biosynthesis and function. Critical Review in Plant Sciences, 19 (4): 267-290.

Soltani, A. 2004. Chlorophyll fluorescence and its application. Internal press. University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan Iran. 19p.

Vwioko, E. D., Osawaru, M. E. and Erugun, O. L. 2008. Evaluation of Okro (*Abelmoschus esculentus* L. Moech). Exposed to paint waste contaminated soil for growth, ascorbic acid and metal concentration. African Journal of Agricultural Science, 4 (1): 39-48.

The Effect of Ascorbic Acid on some Physiological and Biochemical Characteristics of Basil under Arsenic Toxicity

Yadollahi[1], P., Asgharipour[2*], M. R., Bagheri[3], A., Kheiri[4], N. and Amiri[5], A.

Abstract

In this study, the effect of spraying with different concentration of ascorbic acid (0, 10 and 20 mM) was examined in a factorial randomized complete block design with three replications on the essential oils percentage, antioxidant enzymes, phenolic compounds and their accumulation in plant tissues influenced by arsenic toxicity (0, 40, 80 and 120 mg arsenic kg^{-1} of soil) with purpose to test whether ascorbic acid application was effective in countering the arsenic toxicity. The experiment was conducted in 2012 at the Zabol University research greenhouse in Zabol, South Iran. Results showed that arsenic pollution decreased essential oil percentage, chlorophyll index, carotenoids, chlorophyll fluorescence; and increase catalase, carbohydrates, ascorbate peroxidase in plant tissues. Application of ascorbic acid especially at concentration of 20 mM, protect plants against arsenic toxicity. Our observations indicated that ascorbic acid spraying at lower concentration might be favorable to improve growth and defense ability against arsenic toxicity in basil though field testing would be required to verify this.

Keywords: Heavy metals stress, Medicinal plant, Pot study, Spraying

1. M.Sc. of Agronomy, Young Researchers and Elite Club, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

2, 3 and 5. Associate Professor and M.Sc. Graduate, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

4. PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Gorgan Branch, Gorgan, Iran

*: Corresponding author Email address: m_asgharipour@uoz.ac.ir