**محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای**

# برهمکنش شوری و کادمیوم بر رشد و ترکیبات شیمیایی گوجه فرنگی

زهرا نصیبی[۱]، یعقوب حسینی[۲] *

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد سبزیکاری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت

[۲] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

## چکیده

تنش عناصر سنگین یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد و کادمیوم(Cd) در زمره فلزات سنگین مضر برای گیاه و حیوان شناخته می‌شود. روند رو به رشد صنعتی شدن و شوری منابع خاک و آب پرسشهایی پیرامون اثرات متقابل آنها ایجاد می‌کند. در همین راستا، اثر ۵ سطح کلرید سدیم شامل صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌مول در خاک و ۴ سطح کلرید کادمیوم شامل صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک بر گوجه فرنگی رقم سانسید مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای گیاهی اندازه‌گیری شده شامل خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل و غلظت کادمیوم در گیاه بود. نتایج نشان داد افزایش سطوح شوری و سطوح کادمیوم، موجب کاهش معنی‌دار در وزن اندام هوایی، میزان کلروفیل گردید. اثرات متقابل شوری و کادمیوم نیز معنی‌دار شد و باعث کاهش در وزن اندام هوایی، وزن ریشه و میزان کلروفیل گردید، در حالی که غلظت کادمیوم در گیاه افزایش داشت.

**کلمات کلیدی**: تنش، عناصر سنگین، کلروفیل، کلرید سدیم، گوجه فرنگی

## مقدمه

استان هرمزگان یکی از استان‌های در حال توسعه است و به منظور رونق منطقه، واحدهای اقتصادی زیادی در حال احداث و توسعه می‌باشند. پساب این واحدها ممکن است آلوده به عناصر سنگین باشد و نفوذ آن به منابع خاک و هم‌چنین آب‌های زیرزمینی مسأله جدی است. از طرف دیگر با توجه به محدودیت منابع آبی استان و توسعه مراکز صنعتی، بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی رو به گسترش می‌باشد که این امر سبب کاهش کیفیت و کمیت منابع آب‌های زیرزمینی شده است که شوری منابع آب و خاک از پیامدهای آن می‌باشد. سطح زیر کشت گوجه فرنگی در فضای باز در استان هرمزگان حدود ۱۴ هزار هکتار می‌باشد. گوجه‌فرنگی نسبتاً حساس به شوری است. در آزمایشی نشان داده شد که شوری بر صفات طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه گیاهان گوجه فرنگی، اثر معنی‌دار منفی داشته است(مرتضایی نژاد و رضایی، ۱۳۸۸). با افزایش شوری، میزان کلروفیل a ، b و کلروفیل خام کاهش یافته، بنابراین رشد گیاه با افزایش شوری کاهش می‌یابد(طالب زاده و همکاران، ۱۳۸۸). کادمیوم(Cd) در زمره فلزات سنگین غیر ضروری برای گیاه و حیوان (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۵) بوده که به دلیل سمّیت بالای آن و حلالیت زیاد در آب به عنوان آلوده کننده‌ترین عنصر شناخته می‌شود (Das et al., 1997). در آزمایشی (Jing et al., 2005) نشان داده شد که کاربرد کادمیوم در غلظت‌های بالا طول و حجم ریشه، ارتفاع گیاه و هم‌چنین فتوسنتز خالص را کاهش داد. اثرات کادمیوم بر روی گیاه گوجه‌فرنگی در محیط هیدروپونیک توسط Lopez-Millan et al., 2009 بررسی شد. کادمیوم بر ریشه و ساقه گوجه‌فرنگی تأثیر گذاشته، به طوری که کاربرد ۱۰ میکرومول کادمیوم موجب بروز علایم کلروز و ۱۰۰ میکرومول موجب نکروز برگ‌ها گردیده و قهوه‌ای شدن ریشه در هر دو غلظت مشاهده شد. رشد گوجه‌فرنگی در هر دو غلظت کادمیوم، کاهش یافت. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف شوری و غلظت کادمیوم بر رشد و ترکیبات شیمیایی گوجه‌فرنگی انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

فاکتورهای آزمایش شامل شوری و کادمیوم و دارای سه تکرار بود. شوری در ۵ سطح شامل صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌مول در خاک و کادمیوم در ۴ سطح شامل صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مول در خاک به کار برده شد. رقم مورد استفاده رقم سانسید که از ارقام رایج در استان هرمزگان می‌باشند استفاده

* ایمیل نویسنده مسئول: yaaghoob.hosseini@yahoo.com

گردید. فاکتورهای گیاهی اندازه‌گیری شده شامل خشک قسمت هوایی، وزن خشک ریشه، میزان کلروفیل و غلظت کادمیوم در گیاه بود. برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش آرنون(۱۹۴۹) استفاده گردید.

$$Chl\ a\ _{(mg/g)} = \frac{(12.7 \times A663) - (2.69 \times A645) \times V}{W \times 1000}$$

$$Chl\ b\ _{(mg/g)} = \frac{(22.9 \times A645) - (4.68 \times A663) \times V}{W \times 1000}$$

$$Chl\ total\ _{(mg/g)} = \frac{(20.21 \times A645) + (8.02 \times A663) \times V}{W \times 1000}$$

که در آن :

V : حجم بر حسب سی سی، W : وزن نمونه بر حسب گرم، $A_{645}$ : حداکثر جذب کلروفیل در طول موج، ۶۴۵ ، $A_{663}$ : حداکثر جذب کلروفیل در طول موج ۶۶۳

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. برای انجام محاسبات از نرم افزار SAS استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردیدند.

**نتایج و بحث**

اثر سطوح شوری نشان داد با افزایش شوری، وزن تر و خشک اندام هوایی کاهش معنی‌دار داشت. اثر سطوح کادمیوم بر وزن اندام هوایی معنی‌دار نشد. اثرات شوری و کادمیوم بر وزن اندام هوایی معنی‌دار شد(جدول ۱).

جدول ۱- اثر متقابل کلرید سدیم و کادمیوم اضافه شده به خاک بر روی وزن اندام هوایی(گرم در بوته)

| کادمیوم (میلی گرم برکیلوگرم) | کلرید سدیم (میلی مول) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | صفر | ۱۵ | ۳۰ | ۴۵ | ۶۰ |
| | وزن خشک اندام هوایی (گرم) | | | | |
| صفر | ۳/۹۸ ab* | ۲/۱۴ bcd | ۱/۶۵ cde | ۱/۰۷ efg | ۰/۷۵ efg |
| ۱۰ | ۲/۶۹ ab | ۳/۳۳ ab | ۱/۱۳ def | ۱/۲۴ def | ۰/۲۵ g |
| ۲۰ | ۵/۴۵ a | ۲/۶۷ bc | ۰/۹۶ efg | ۰/۶ fg | ۰/۲۷ g |
| ۴۰ | ۳/۰۸ ab | ۲/۳۸ bc | ۱/۴۷ cdef | ۰/۹۳ efg | ۰/۶۲ efg |

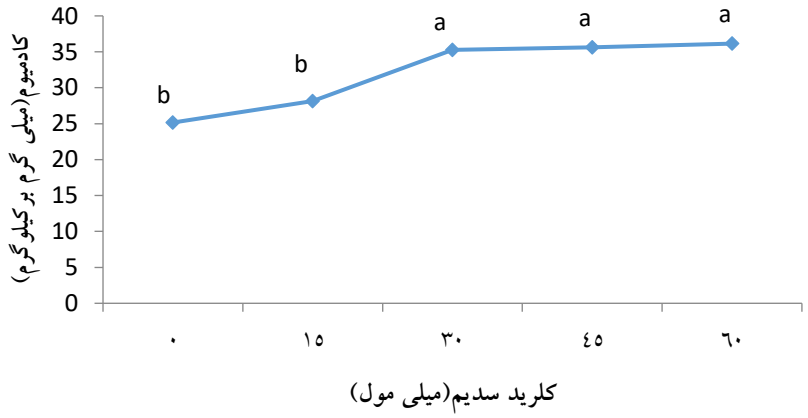
* میانگین هایی که در جدول فوق دارای حداقل یک حرف مشترک باشند در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی دار نیستند.

اثر سطوح شوری بر میزان کلروفیل نشان داد با افزایش شوری تا ۴۵ میلی‌مول کلریدسدیم کلروفیل a، b و کل کاهش یافته که نسبت به شاهد معنی‌دار بود. همچنین، افزایش سطوح کادمیوم تا در ۴۰ میلی‌گرم برکیلوگرم موجب کاهش معنی‌دار در میزان کلروفیل a، b و کل گردید.

جدول ۶- اثر متقابل کلرید سدیم و کادمیوم اضافه شده به خاک بر کلروفیل(میلی گرم برگرم)

| کادمیوم | کلرید سدیم (میلی مول) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (میلی گرم برکیلوگرم) | صفر | ۱۵ | ۳۰ | ۴۵ | ۶۰ |
| | کلروفیل a (میلی گرم بر گرم) | | | | |
| صفر | ۰/۷۱ a* | ۰/۶۴ a | ۰/۵۳ bcde | ۰/۵۱ bcde | ۰/۶۸ a |
| ۱۰ | ۰/۶۲ ab | ۰/۶۱ abc | ۰/۶۳ ab | ۰/۴۲ efgh | ۰/۳۸ fgh |
| ۲۰ | ۰/۵۸ abcd | ۰/۵۳ bcde | ۰/۵ cdef | ۰/۵۸ abcd | ۰/۵۸ abcd |
| ۴۰ | ۰/۵۱ bcde | ۰/۵۱ bcde | ۰/۴۷ defg | ۰/۳۲ h | ۰/۳۴ gh |
| | کلروفیل b (میلی گرم بر گرم) | | | | |
| صفر | ۰/۳ a* | ۰/۲۵ abc | ۰/۲۱ bcdef | ۰/۲۲ bcde | ۰/۲۹ a |
| ۱۰ | ۰/۲۶ ab | ۰/۲۵ abc | ۰/۲۷ ab | ۰/۱۹ defg | ۰/۱۷ fgh |
| ۲۰ | ۰/۲۳ bcde | ۰/۲۱ bcdef | ۰/۲۱ defg | ۰/۲۴ bcd | ۰/۲۴ bcd |
| ۴۰ | ۰/۲۹ bcde | ۰/۲۱ bcdef | ۰/۱۹ efgh | ۰/۱۴ h | ۰/۱۴ gh |
| | کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم) | | | | |
| صفر | ۱/۰۱ a* | ۰/۸۹ abc | ۰/۷۶ cdefg | ۰/۷۳ defg | ۰/۹۷ ab |
| ۱۰ | ۰/۸۸ abcde | ۰/۸۸ abcd | ۰/۸۸ abcd | ۰/۶۱ ghi | ۰/۵۵ hij |
| ۲۰ | ۰/۸ bcdef | ۰/۷۴ cdefg | ۰/۷۱ efgh | ۰/۸۱ bcdef | ۰/۸۱bcdef |
| ۴۰ | ۰/۷۳ cdefg | ۰/۷۲ defg | ۰/۶۵ fghi | ۰/۴۶ j | ۰/۴۸ ij |

* میانگین هایی که در جدول فوق دارای حداقل یک حرف مشترک باشند در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی دار نیستند.




نمودار ۵- اثر سطوح کلریدسدیم اضافه شده به خاک بر کادمیوم در اندام هوایی

اثر متقابل سطوح شوری و کادمیوم بر غلظت کادمیوم در گیاه نشان داد میزان کادمیوم در ۶۰ میلی‌مول کلریدسدیم و ۴۰ میلی‌گرم برکیلوگرم کادمیوم، نسبت به تیمار شاهد شوری و کادمیوم افزایش داشته که معنی‌دار بود(جدول ۷). با توجه به این که قابلیت دسترسی کادمیوم تحت تأثیر pH ، مخصوصاً در حضور کلات کننده‌ها و یون $Cl^-$ قرار می‌گیرد (Das et al., 1997)، می‌توان نتیجه گرفت افزایش شوری منجر به افزایش غلظت کلر شده که باعث تسهیل در جذب کادمیوم می‌گردد.

جدول ۷- اثر متقابل کلریدسدیم و کادمیوم اضافه شده به خاک بر غلظت کادمیوم در اندام هوایی(میلی گرم برکیلوگرم)

| کادمیوم | کلریدسدیم (میلی مول) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (میلی گرم برکیلوگرم) | صفر | ۱۵ | ۳۰ | ۴۵ | ۶۰ |
| صفر | ۴/۸۶ h* | ۳/۹ h | ۵/۳۵ h | ۵/۸۸ h | ۷/۱۱ h |
| ۱۰ | ۲۶/۵۳ fg | ۲۱/۰۶ g | ۳۱/۲۷ def | ۲۷/۵۸ ef | ۳۲/۷۵cdef |
| ۲۰ | ۲۹/۲۷ ef | ۳۵/۶۵ cde | ۳۹/۵۲ c | ۳۷/۳۷ cd | ۳۷/۶ cd |
| ۴۰ | ۳۹/۹۷ c | ۵۲/۰۴ b | ۶۳/۳۹ a | ۷۳/۷۲ a | ۶۶/۵ a |

* میانگین هایی که در جدول فوق دارای حداقل یک حرف مشترک باشند در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی دار نیستند.

کاربرد کلرید سدیم و کلرید کادمیوم موجب کاهش رشد برته‌های گوجه فرنگی گردید. افزایش وزن گیاه در شوری‌های پایین به دلیل افزایش جذب یون، افزایش محتوای آب و در نتیجه افزایش تورژسانس و القای رشد می‌باشد و پس از آن در غلظت‌های شوری بالاتر اگرچه جذب یون وجود داشته است ولی این افزایش یون به اثرات یونی خاص از جمله کاهش غلظت $K^+$ منجر شده که احتمالاً باعث محدود نمودن رشد در شوری‌های بالاتر می شود(پوراسماعیل و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش بهبودیان و همکاران (۱۳۸۴)، مختاری و همکاران(۱۳۸۹)، فعالیان و همکاران(۱۳۹۱)، تافو و همکاران(۲۰۱۰) که نشان دادند با افزایش شوری، وزن خشک و ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه کاهش یافت، مطابقت دارد. در اثر شوری میزان کلروفیل کاهش می‌یابد که به دلیل فعالیت بیشتر کلروفیلاز در شرایط تنش شوری می‌باشد. زیادی کادمیوم بر فتوسنتز، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل و تعادل عناصر غذایی اثر مخرب دارد(Lopez-Millan et al., 2009). کاهش ذخیره کلروفیل در برگ‌ها به علت مهار مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل است. مهار بیوسنتز کلروفیل احتمالاً به واسطه مهار سنتز آلفاآمینولوولنیک اسید و مهار تشکیل پروتوکلروفیل ردوکتاز می‌باشد. هم‌چنین در برگ‌های تحت تنش کادمیوم، تشکیل LHCII مختل می‌شود که علت آن مهار سنتز پروتئین LHCII در مرحله نسخه‌برداری است که باعث فتواکسید شدن کلروفیل تازه تشکیل شده می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۵). در آزمایشی توسط چاندرا و همکاران(۲۰۱۱) نشان داده شد که با افزایش کادمیوم، میزان کلروفیل a ، b و کل کاهش معنی‌دار داشت. حیات و همکاران(۲۰۱۳) و رحمان و همکاران(۲۰۱۱) نشان دادند که افزایش سطوح کادمیوم موجب کاهش وزن اندام هوایی و ریشه گردید.

**نتیجه‌گیری**

تنش عناصر سنگین از مهم‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد و کادمیوم در زمره فلزات سنگین مضر برای گیاه و حیوان شناخته می‌شود. روند رو به رشد صنعتی شدن و شوری منابع و آب پرسشهایی پیرامون اثرات متقابل آنها ایجاد می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش سطوح شوری خاک، غلظت کادمیوم در اندام هوایی گوجه‌فرنگی افزایش یافت. همچنین تأثیر این دو پارامتر در شرایطی که هر دو تنش شوری و آلودگی به کادمیوم وجود

داشته باشد شدیدتر است و شرایط را برای رشد دشوارتر می‌سازد. به‌هنگام کشت در این شرایط باید احتیاط بیشتری کرد و تمهیدات لازم را در نظر گرفت.

**منابع:**

بهبودیان، ب.، لاهوتی، م. و نظامی، ا. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه زنی ارقام نخود. مجله علمی کشاورزی. ۲۸(۲): ۱۳۷-۱۲۷.

پوراسماعیل، م.، قربانلی، م.، و خاوری نژاد، ر.ع. ۱۳۸۴. اثر شوری روی جوانه زنی،وزن تر و خشک، محتوای یونی، پرولین، قند محلول و نشاسته گیاه *Suaeda fruticosa*. بیابان، ۱۰، ۲۶۵-۲۵۷.

سلطانی، ف.، قربانلی، م.، و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۸۵. اثر کادمیوم بر مقدار رنگیزه های فتوسنتزی، قندها و مالون آلدئید در گیاه کلزا. مجله زیست شناسی ایران،۱۹، ۱۴۵-۱۳۶.

طالب زاده، ز.، مهدیزاده، ح، و ابریشمچی، پ. ۱۳۸۸. بررسی آستانه تحمل شوری دو رقم گوجه فرنگی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱، ۷۸-۶۴.

فعالیان، ا.، انصاری، ح.، و کافی، م. ۱۳۹۱. بررسی اثرات شوری های مختلف آب آبیاری بر صفات کمی و کیفی گوجه فرنگی زیتونی هیدروپونیک. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۶ (۲)،۴۵۹-۴۵۱.

مختاری، ا.، گنجعلی، ع.، و ابریشم چی، پ. ۱۳۸۹. تاثیر بهبود دهنده کلرید و سولفات کلسیم بر رشد، میزان پروتئینهای محلول، قندهای محلول، پرولین و برخی عناصر معدنی (سدیم، پتاسیم) در برگ گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* var Mobile) تحت تنش شوری. مجله زیست شناسی، ۲۳(۱)،۷۲-۶۲.

مرتضایی نژاد، ف. و رضایی، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به شوری(NaCl) در ۵ رقم گوجه فرنگی. پژوهش نامه کشاورزی، ۲(۱)،۱۰۲ -۹۳.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24, 1-15.

Chandra Shaker, C. H., Sammaiah, D., Shasthree T. and Jaganmohan Reddy, K. 2011. Effect of Mercury on Tomato Growth and Yield Attributes. International Journal of Pharma and BioSiences, 2(2), 358-364.

Das, P., Samantaray, S. and Rout, G. R.1997. Studies on cadmium toxicity in plant:a review. Environmental Pollution, 98, 29-36.

Hayat, S., Hasan, S., Alyemini, M. N. and Ahmad, A. 2013. Synergy of Photosynthesis and Antioxidant System Potentiate the Growth of Tomato Genotypes under Cadmium Stress. Life Science Journal, 10(4), 232-240.

Jing, D., Fei-bo, W. and Guo-ping, Z. 2005. Effect of cadmium on growth and photosynthesis of tomato seedlings. Journal of Zhejiang University Science, 6B, 974-980.

Lopez-Millan, A., Sagardoy, R., Solanas, M., Abodia, A. and Abodia, J. 2009. Cadmium toxicity in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants grown in hydroponics. Environmental and Experimental Botany, 65, 376-385.

Rehman, F., Khan, F. A., Varshney, D., Naushin, F. and Rastogi, J. 2011. Effect of Cadmium on the Growth of Tomato. Biology and Medicine, 3(2), 187-190.

Taffouo, V.D., Nouck, A. H., Dibong, S. D. and Amougou, A. 2010. Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) cultivars. African Journal of Biotechnology, 9(33), 5366-5372.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

**Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation**

# Interaction of salinity and cadmium on growth and chemical composition of tomatoes

Nasibi[1], Z., Hosseini[*2], Y.

[1] Graduate Student of Vegetable, Islamic Azad University, Jiroft Branch, Iran
[2] Associate Prof., Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

**Abstract**

Heavy metal stress is one of the most important and most dangerous environmental stresses and Cd is one of the most harmful heavy metals for plant and animal. The growing trend of industrialization and salinization of soil and water resources raise questions about their interactions. In this regard, the effects of 5 levels of sodium chloride containing 0, 15, 30, 45 and 60 mM in soil and 4 levels of cadmium chloride containing 0, 10, 20 and 40 mg / kg soil were investigated on tomato cultivar Sanside. The measured vegetative factors included dry shoot and root, chlorophyll and cadmium concentrations in the plant. The results showed that increasing salinity levels and cadmium levels caused a significant reduction in shoot weight, chlorophyll content. The interactions of salinity and cadmium were also significant and caused a decrease in shoot weight, root weight and chlorophyll content, while the concentration of cadmium in the plant increased**.**

**Keywords:** Heavy metals, Chlorophyll, Sodium Chloride, Stress, Tomatoes

[*] Corresponding author, Email: yaaghoo.hosseini@yahoo.com