

DOI: 10.71829/BIOLOGY-2025-1194302

نوع مقاله: پژوهشی

القا مقاومت در برابر تنش شوری با کاربرد الیسیتور زیستی و زئولیت در گیاه توت فرنگی (*Fragaria×ananassa*)

ایلناز بالاگر^۱، وحید عبدوسی (نویسنده مسئول)^{۲*}، وحید زرین‌نیا^۳، علی محمدی‌ترکاشوند^۴ و حسین نستری نصرآبادی^۵

۱- دانشجوی دکتری، گروه باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، eilnaz.balagar@srbiau.ac.ir

۲- دانشیار، گروه باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، abdossi@srbiau.ac.ir

۳- استادیار، گروه گیاهپزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، zarrinnia@srbiau.ac.ir

۴- استاد، گروه باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، a-mohammadi@srbiau.ac.ir

۵- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران، nastari@tjamcaas.ac.ir

تاریخ دریافت: دی ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۳

Induction of Resistance to Salinity Stress Using Biological Elicitor and Zeolite in Strawberry Plant

Eilnaz Balagar¹, Vahid Abdossi (Corresponding author)^{2*}, Vahid Zarrinnia³, Ali Mohammadi Torkashvand⁴ and Hossein Nastari Nasrabadi⁵

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, eilnaz.balagar@srbiau.ac.ir

2- Associated Professor, Corresponding Author, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, abdossi@srbiau.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, zarrinnia@srbiau.ac.ir

4- Professor, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, a-mohammadi@srbiau.ac.ir

5- Assistant Professor, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Khorasan Razavi, Iran, nastari@tjamcaas.ac.ir

Received: January 2025 Accepted: March 2025

Abstract

Salinity is one of the most important factors limiting the production of agricultural products in the world. Biological elicitor and zeolite have a significant effect in reducing the effects of salinity stress. The purpose of this experiment is to induce resistance against salinity stress along with *Penicillium* sp, and zeolite in *Camarosa* strawberry. The experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design with three replications in a hydroponic greenhouse. Treatments include a mixture of cocopeat, perlite and zeolite as a growing medium with ratios of 50:50:0 as control and 50:25:25 and 50:15:35% and fungal elicitor with concentrations of zero, 4000, 8000 and salt treatment with Zero, 20 and 40 mM concentrations. The result showed that the increase in salinity, all the vegetative traits of the present study showed a significant decrease, and the trait of malondialdehyde, which is an indicator of lipid peroxidation during stress, increased. The highest number of fruits and root dry weight were obtained in the growing medium of 35% zeolite with 8000 ppm elicitor. The highest number of flowers and fresh weight of roots were observed in the growing medium of 25% zeolite and elicitor at a concentration of 8000 ppm. It seems elicitors through the synthesis of secondary metabolites and zeolite due to its high cation exchange capacity play an important role in reducing salinity stress. The best effects of treatments were cocopeat, perlite and zeolite 50:25:25 and 50:15:35% and elicitor concentration 8000 ppm, which in most cases significantly reduced the effects of salinity.

Keywords: Elicitor, Salinity, Strawberry, Zeolite

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
Winter 2024, Vol 19, No 4, Pp 34-48

چکیده

شوری از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در جهان است. الیسیتور زیستی و زئولیت تأثیر بسزایی در کاهش اثرات، تنش شوری دارند. هدف از انجام این آزمایش القا مقاومت در برابر تنش شوری به همراه قارچ *Penicillium* sp. و زئولیت در توت‌فرنگی رقم کاماروسا می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه هیدروپونیک انجام شد. تیمارهای شامل مخلوط بستر کشت کوکوپیت، پرلیت و زئولیت با نسبت‌های ۵۰:۵۰:۰ به عنوان شاهد) و ۲۵:۲۵:۵۰ و ۳۵:۱۵:۵۰ درصد، الیسیتور قارچی با غلظت‌های صفر، ۴۰۰۰، ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شوری با غلظت‌های صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار، اعمال شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری تمام صفات رویشی، کاهش معنی‌داری داشتند. میزان مالون دی آلدئید که شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدی در طی تنش می‌باشد، افزایش یافت. بیشترین تعداد میوه و وزن خشک ریشه در محیط کشت ۳۵٪ زئولیت به همراه الیسیتور ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. بیشترین تعداد گل و وزن تر ریشه در بستر ۲۵٪ زئولیت و الیسیتور در غلظت ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. به نظر می‌رسد الیسیتورها از طریق سنتز متابولیت‌های ثانویه و زئولیت به علت ظرفیت تبادل کاتیونی بالا نقش مهمی در کاهش تنش شوری ایفا می‌کنند. بهترین تیمارها به ترتیب بستر کشت کوکوپیت، پرلیت و زئولیت ۲۵:۲۵:۵۰ و ۳۵:۱۵:۵۰ درصد و غلظت الیسیتور ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که در اکثر موارد اثرات شوری را به صورت معنی‌داری کاهش دادند.

کلمات کلیدی: الیسیتور، توت فرنگی، زئولیت، شوری

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

زمستان ۱۴۰۳، دوره ۱۹، شماره ۴، صص ۳۴-۴۸

مقدمه و کلیات

توت فرنگی گیاهی (*Fragaria×ananassa*) حساس به شوری است. کاهش روز افزون منابع آب شیرین موجب اهمیت بیشتر شوری زدایی آب های شور شده است. مصرف انرژی و هزینه، مشکل بزرگ شوری-زدایی آب است. از این رو شوری زدایی با هزینه کم از اهمیت زیادی برخوردار است (عابدی کوپایی، ۱۴۰۲). در اثر آسیب به برگ در شرایط تنش شوری، تولید مواد قندی در برگ توسط گیاه محدود می گردد، بنابراین کیفیت میوه در توت فرنگی کاهش می یابد (Jamali et al., 2014). در بسیاری از گیاهان استفاده از محرک های زیستی یکی از روش های کاهش اثرات مخرب تنش های غیرزیستی و افزایش عملکرد و کیفیت آنها می باشد. چندین ماده با خاصیت الیسیتوری شناسایی شده است که واکنش به تنش و مکانیسم های دفاعی را تحریک می کند (Bautista-Baño et al., 2006). الیسیتورها ترکیباتی با منشأ زیستی و یا غیرزیستی هستند که از طریق القای پاسخ های دفاعی سبب بیوستز و انباشت متابولیت های ثانوی می شوند (Zhao et al., 2005). ژئولیت یکی از مواد معدنی می باشد.

فرآیند پژوهش

در این پژوهش، از توت فرنگی رقم کاماروسا و در هر گلدان دو نشاء استفاده شد. نشاهای مورد استفاده در مرحله سه برگی و از شرکت باغداران و زراعت مشهد

اصلاح کننده خاک است که می توان از آن به منظور بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک استفاده نمود (Polite et al., 2004). Krishnamoorthy و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند الیسیتورهای زیستی بر پایه باکتری ها از طریق سنتز متابولیت های ثانویه مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و غیره و همچنین پروتئین هایی مانند آکواپورین ها و آنزیم های آنتی اکسیدان و ترکیباتی مانند پروتئین ها سبب کاهش تنش شوری می شوند. Attia و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی اثر محرک کیتوزان بر گیاه گوجه فرنگی گزارش نمودند که صفات رشدی گیاه با مصرف محرک کیتوزان افزایش یافت. مصرف ژئولیت از طریق ایجاد شرایط مناسب برای ریشه گیاه، سبب جذب آب توسط ریشه، افزایش تقسیم و طول شدن سلول های رأسی، رشد اندام هوایی و زیرزمینی گیاه می شود (Ntanos et al., 2021). با توجه به بالا زفتن سطوح شوری در منابع آبی، کاهش اثرات تنش شوری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف از انجام این آزمایش القا مقاومت در برابر تنش شوری به همراه الیسیتور زیستی و ژئولیت در توت فرنگی

زیر نظر جهاد کشاورزی تهیه شد. پس از آماده سازی بستر کشت، اجزاء بستر شامل کوکوپیت، پرلیت و ژئولیت با نسبت های مشخص شده مخلوط گردید (جدول ۱).

جدول ۱- فاکتورها و تیمارهای اعمال شده در تحقیق

Table 1- applied Factors and treatments in the research

فاکتورها	تیمارها
شوری	S0: شوری صفر میلی مولار، S20: شوری ۲۰ میلی مولار، S40: شوری ۴۰ میلی مولار
محیط کشت	C1: ۵۰ درصد حجمی کوکوپیت به همراه ۵۰ درصد حجمی پرلیت (شاهد) C2: ۵۰ درصد حجمی کوکوپیت به همراه ۲۵ درصد حجمی پرلیت و ۲۵ درصد حجمی زئولیت C3: ۵۰ درصد حجمی کوکوپیت به همراه ۱۵ درصد حجمی پرلیت و ۳۵ درصد حجمی زئولیت
الیسیتور (<i>Penicillium</i> sp.)	E0: الیسیتور با غلظت صفر ppm، E4: الیسیتور با غلظت ۴۰۰۰ ppm، E8: الیسیتور با غلظت ۸۰۰۰ ppm
محاسبه مقدار عناصر مصرفی برای ساخت محلول غذایی تخصصی برای تغذیه توت فرنگی در ۲۰۰ لیتر	آب ۱۲۰ گرم ماده A و ۱۱۸ گرم ماده B توزین شد که در جدول (۲) ذکر شده است.

جدول ۲- مقدار عناصر موجود در محلول تخصصی هوگلند

Table 2- amounts of elements in Hoagland specialized solution

ردیف	عنصر	بسته A (درصد)	بسته B (درصد)	ردیف	عنصر	بسته A (درصد)	بسته B (درصد)
۱	نیتروژن	۸/۰۷	۱۲/۷۸	۸	مس	۰/۰۰۲	-
۲	فسفر	۲/۶۲	-	۹	مولیبدن	۰/۰۰۱	-
۳	پتاسیم	۱۹/۳۲	-	۱۰	آهن	۰/۲۴	-
۴	منیزیم	۴/۱۳	-	۱۱	گوگرد	۵/۵۴	-
۵	بور	۰/۰۴۵	-	۱۲	فولویک اسید	-	۰/۴
۶	منگنز	۰/۰۵۲	-	۱۳	کلسیم	-	۱۹
۷	روی	۰/۰۰۴	-				

شوری به مدت چهار هفته بود. هدایت الکتریکی (EC) محلول‌های مورد استفاده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، به ترتیب صفر، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر بود.

وزن تر و خشک ریشه: ریشه‌ها از قسمت طوقه به وسیله قیچی از هم جدا شدند. بلافاصله پس از برداشت وزن ریشه به‌طور جداگانه با استفاده از ترازوی دیجیتال ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌ها به‌طور مجزا داخل پاکت به مدت ۴۸ ساعت

در ابتدا الیسیتور قارچی از قارچ *Penicillium* sp. مطابق با روش (Farakya et al., 2005) استخراج شد. پس از دو ماه، تیمارها، اعمال شدند. الیسیتور قارچی به‌صورت محلول‌پاشی بر برگ‌های توت فرنگی به مدت چهار هفته انجام گردید. ۷۲ ساعت پس از محلول‌پاشی الیسیتورهای قارچی، شوری اعمال شد. غلظت‌های کلرید سدیم، هر سه روز یک‌بار آبیاری به مقدار ۳۰۰ میلی‌لیتر و هفته‌ای یک‌بار، شستشوی کامل ریشه با آب مقطر انجام شد. مدت زمان اعمال تیمار

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

سنجش مالون دی آلدئید (MDA): بدین منظور ۰/۲ گرم بافت گیاهی (برگ)، به قطعات کوچک تقسیم و با هموژنایزر در ۲ میلی لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۵ درصد در مجاورت یخ هموژن شد. سپس در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ و محلول رویی برداشته شد. ۰/۵ میلی لیتر از محلول با ۰/۵ میلی لیتر از محلول تیوباربیتوریک اسید و تری کلرواستیک ۲۰ درصد مخلوط و در ۹۶ درجه سانتی گراد به مدت ۲۵ دقیقه انکوبه شد. سپس در شرایط سرد در ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. جذب محلول روئی در ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد. از محلول تیوباربیتوریک اسید و تری کلرواستیک ۲۰ درصد به عنوان شاهد استفاده شد. مقدار MDA با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید (Ohkawa et al., 1979).

واریانس و مقایسه میانگین، از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) پس از بررسی نرمال بودن داده ها استفاده شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح آماری ۰/۰۵ صورت گرفت.

متقابل دوگانه و سه گانه تیمارها در سطح احتمال پنج درصد بر صفت تعداد میوه معنی دار شده است (جدول ۳).

در آون ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و پس از خشک شدن، وزن آنها با ترازوی دیجیتال ۰/۱ میلی گرم (مدل HR، کشور ژاپن) اندازه گیری شدند (نعمتی میرک، ۱۳۹۴).

محتوای نسبی آب برگ (RWC): از هر برگ ۶ دیسک برگی به قطر ۱ سانتی متر جدا نموده (Chartzoulakis et al., 2002). پس از اندازه گیری وزن تر (FW) دیسک ها به کمک ترازوی دیجیتالی دقیق (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) آنها را در داخل آب مقطر قرار داده و به مدت ۴ ساعت در داخل یخچال گذاشته تا آماس نمایند. بعد خشک نموده و سپس وزن آماس آنها اندازه گیری شد. (TW) سپس نمونه ها را به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در داخل آون حرارت داده تا خشک شوند و وزن خشک (DW) آنها اندازه گیری شد و میزان نسبی آب برگ با رابطه زیر محاسبه گردید (Gonzalez and Gonzalez-Vilar, 2003).

روش ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده ها: آزمایش بر اساس فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. برای انجام تجزیه

نتایج و بحث

تعداد میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده محیط کشت و شوری در سطح احتمال یک درصد و اثرات ساده الیسیتورها و همچنین اثرات

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table 3- Variance analysis of traits

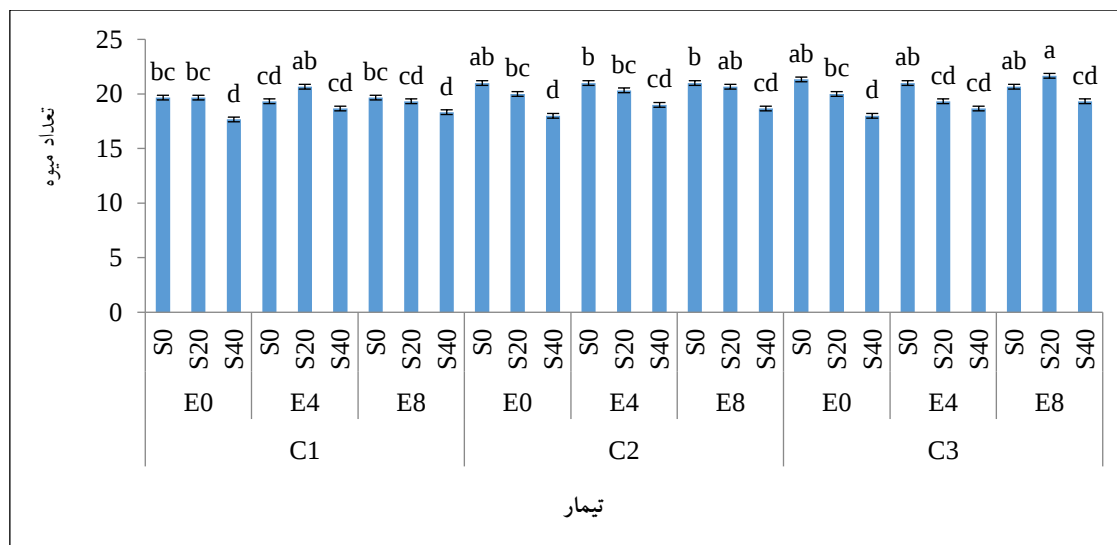
میانگین مربعات							منبع تغییرات
وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	مالون آلدئید	محتوی رطوبت نسبی	تعداد گل در بوته	تعداد میوه	درجه آزادی	
۱۰/۱۳**	۱۸۲/۵۶**	۵۱۰/۴۸**	۹۴/۱۹ ^{ns}	۵/۹۴**	۵/۲۰**	۲	محیط کشت
۶/۱۱**	۸۵/۵۴**	۷۵/۹۴**	۲۳/۳۱ ^{ns}	۲/۰۹**	۱/۳۸*	۲	الیستور
۱۹/۲۷**	۳۴۲/۱۴**	۱۷۹/۷۳**	۴۸۴۸/۰۷**	۹۳/۸۶**	۳۲/۲۳**	۲	شوری
۰/۰۵ ^{ns}	۲/۳۷ ^{ns}	۳/۷۲**	۱۹/۰۵ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۱/۰۵*	۴	محیط کشت×الیستور
۱/۰۹**	۸/۱۱ ^{ns}	۳۴/۲۳**	۲۰/۸۲ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۱/۰۷*	۴	محیط کشت×شوری
۰/۰۴ ^{ns}	۱۶/۵۶**	۰/۶۹**	۱۶/۹۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۱/۰۹*	۴	الیستور×شوری
۰/۰۸ ^{ns}	۰/۹۸ ^{ns}	۰/۶۶**	۵/۳۷ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۹۵*	۸	محیط کشت×الیستور×شوری
۰/۱۵	۳/۳۰	۰/۱۷	۵۳/۵۱	۰/۵۱	۰/۳۳	۵۴	خطای آزمایشی
۷/۱۷	۷/۷۹	۴/۳۵	۵/۸۱	۷/۵۵	۲/۹۳		ضریب تغییرات (%)

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند

* and ** respectively indicate significant differences at 5 and 1% levels. ns: no differences

اجزای رشدی می‌شود (Shahin and Valiollah, 2009). الیستورها ترکیبات بدون خطری هستند که قادر به القای واکنش‌های دفاعی در گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی و زیستی مختلف هستند (Chakraborty et al., 2019). مطالعات نشان دادند الیستورها از طریق بیان ژن‌های مؤثر و متابولیت‌های ثانویه را در اندام‌های خود در فعل و انفعالات پیچیده بین موجودات زنده دخالت می‌کنند و همچنین اثرات محرکی بر رشد گیاهان و خصوصیات میوه دارند (Garcia Enciso et al., 2018). Bozorgi و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی با مصرف سطوح مختلف زئولیت بر روی رشد و عملکرد گیاه خیار بیان کردند که صفات عملکرد و تعداد میوه در بوته، تحت تأثیر مصرف زئولیت افزایش معنی‌داری را نشان داد.

باتوجه به نتایج نمودار اثرات متقابل سه گانه محیط کشت، الیستور و شوری نشان داد که بیشترین تعداد میوه (۲۲ عدد) در تیمار با شوری ۲۰ میلی‌مولار به همراه الیستور ۸۰۰۰ ppm و محیط کشت C₃ به دست آمد. همچنین کمترین تعداد میوه (۱۸ عدد) در تمام سطوح محیط کشت مورد مطالعه به همراه شوری ۴۰ میلی‌مولار و الیستور صفر ppm مشاهده شد. در مطالعه حاضر زئولیت ۳۵٪ و الیستور ۸۰۰۰ ppm در اثر تنش شوری متوسط تعداد میوه بیشتری را نشان دادند (شکل ۱). یکی از اثرات تنش شوری جلوگیری و عدم توسعه گل و میوه است به دلیل اینکه شوری رشد رویشی را به تعویق می‌اندازد، انتظار می‌رود که رشد زایشی را هم به تأخیر بیندازد (Sajyan et al., 2019). تعداد میوه سبب افزایش عملکرد و در نتیجه بهبود



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه محیط کشت، الیسیاتور و شوری تعداد میوه (در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 1- Mean comparison of the triple interaction effect of growing medium, elicitor and salinity, in terms of fruit number trait (In each column, mean values that have a common letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$))

شوری، کاهش معنی‌داری در تعداد گل مشاهده شد. بنابراین، بیشترین تعداد گل (۱۱/۴۸) در شوری صفر میلی‌مولار و همچنین کمترین تعداد گل (۷/۸۵) نیز در سطح ۴۰ میلی‌مولار به دست آمد که با افزایش میزان تنش تعداد گل کاهش یافت (جدول ۴). نتایج مطالعه حاضر نشان داد شوری سبب کاهش تعداد گل در مقایسه با شوری در سطح صفر میلی‌مولار گردید. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Farooq و همکاران (۲۰۲۱) روی گوجه‌فرنگی همسویی داشت. این محققین دریافتند با افزایش غلظت کلرید سدیم تعداد گل و تعداد میوه کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده نمودند که کلرید سدیم تعداد گل در گیاه را کاهش می‌دهد و تشکیل گل در این گیاه را به تأخیر می‌اندازد. ژئولیت از طریق کاهش جذب سدیم و حفظ ظرفیت نگهداری خاک موجب تعادل مواد غذایی موجود در

تعداد گل در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثرات ساده محیط کشت، الیسیاتور و شوری بر روی صفت تعداد گل در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار محیط کشت نشان داد که بیشترین تعداد گل (۹/۷۸) در محیط کشت C₂ به دست آمد اگرچه این محیط کشت با محیط کشت C₃ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. همچنین کمترین تعداد گل (۸/۸۹) نیز در محیط کشت C₁ به ثبت رسید به طوریکه در بستر ۲۵٪ ژئولیت تعداد گل بیشتری مشاهده شد. باتوجه به نمودار مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح الیسیاتور، بیشترین و کمترین تعداد گل (۹/۷۰ و ۹/۱۵) به ترتیب در الیسیاتور ۸۰۰۰ ppm و صفر ppm به دست آمد و با افزایش الیسیاتور، افزایش تعداد گل در بوته مشاهده شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات ساده شوری نیز نشان داد که با افزایش

خاک و افزایش تعداد گل‌های بارور می‌شود (García Enciso et al., 2018). Golkar و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند استفاده از دو الیستور بر کالوس گلرنگ تحت تنش شوری از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تولید متابولیت‌های ثانویه می‌تواند اثرات تنش شوری را کاهش دهد. نتایج مطالعه Saini و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که محلول پاشی نانو روی سبب بهبود صفات رشد رویشی و زودرسی گل‌دهی در بوته‌های توت‌فرنگی شد. این تیمار برتر همچنین افزایش قابل توجهی در تشکیل میوه، عملکرد و محتوای متابولیک میوه‌های توت‌فرنگی در مقایسه با سایر آنالوگ‌های مغذی روی به ثبت رسید.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری، الیستور و محیط کشت بر صفات تعداد گل و محتوای رطوبت نسبی

Table 4- Mean comparison of the simple effects of salinity, elicitor and growing medium on the traits of flower number and relative humidity

تیمار	تعداد گل	محتوای رطوبت نسبی (درصد)
کلرید سدیم		
صفر میلی‌مولار	۱۱/۴۸ a	۹۴/۱۱ a
۲۰ میلی‌مولار	۸/۹۳ b	۸۷/۹۷ b
۴۰ میلی‌مولار	۷/۸۵ c	۶۸/۴۵ c
محلول پاشی الیستور		
صفر	۹/۱۵ b	۸۲/۷۸ a
۴۰۰۰ ppm	۹/۴۱ ab	۸۳/۱۸ a
۸۰۰۰ ppm	۹/۷ a	۸۴/۵۶ a
بستر کشت		
۵۰٪ کوکویت، ۵۰٪ پرلیت (شاهد)	۸/۸۹ b	۸۱/۶۰ a
۵۰٪ کوکویت، ۲۵٪ پرلیت و ۲۵٪ زئولیت	۹/۷۸ a	۸۵/۳۳ a
۵۰٪ کوکویت، ۱۵٪ پرلیت و ۳۵٪ زئولیت	۹/۵۹ a	۸۳/۵۹ a

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند

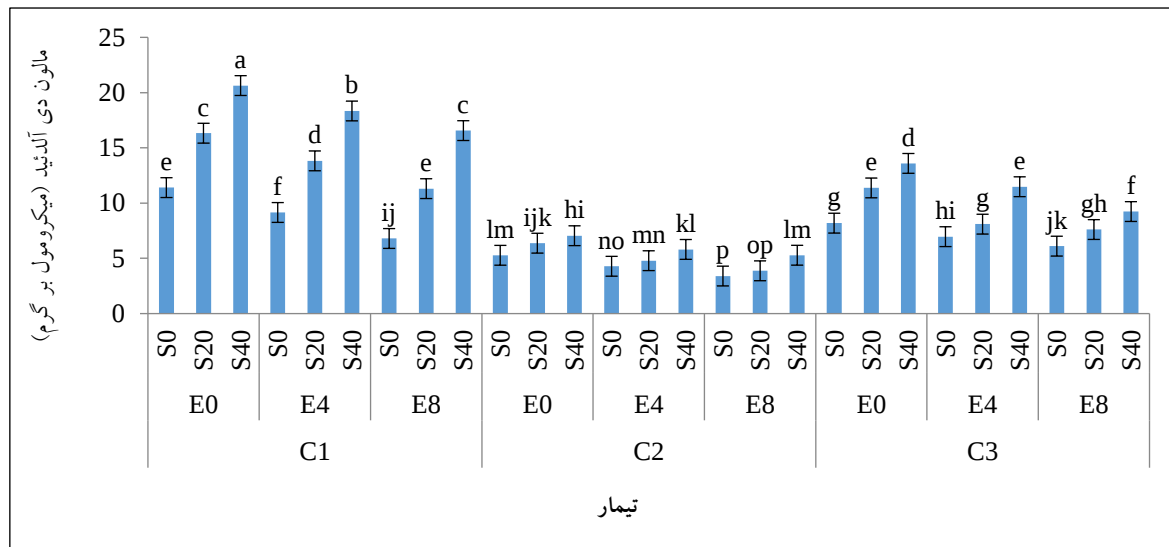
Different letters in each column indicate significant difference at $P \leq 0.05$

محتوای رطوبت نسبی: نتایج نشان داد که فقط اثر ساده شوری بر صفت محتوای رطوبت نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر شوری محتوای رطوبت نسبی نشان داد که بیشترین میزان محتوای رطوبت نسبی (۹۴/۱۱٪) در شوری صفر میلی‌مولار حاصل شد و همچنین کمترین محتوای رطوبت نسبی (۶۸/۴۵٪) نیز در شوری سطح ۴۰ میلی‌مولار به ثبت رسید. با وجود عدم معنی‌داری اما بین ترکیبات محیط کشت و الیستور اختلاف مشاهده شد. در بستر کشت حاوی ۲۵٪ زئولیت ۹/۷۸٪ و همچنین الیستور ۸۰۰۰ ppm ۹/۷٪ افزایش از خود نشان داد (جدول ۴). Semida و همکاران (۲۰۲۰) علت کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش آن است که در زمان تنش، میزان تعرق بیش از جذب آب توسط گیاه بوده و در نتیجه با به هم خوردن تعادل آبی گیاه باقالا (*Vicia faba* L.)،

محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد. در مطالعه حاضر استفاده از الیسیاتورها و ژئولیت در محیط کشت سبب حفظ محتوای نسبی گیاه توت‌فرنگی در تنش شوری نسبت به شاهد شد که با مطالعاتی همچون Vafadar و Ehsanzadeh (۲۰۲۳) بر روی *Dracocephalum kotschy* Boiss و همکاران (۲۰۱۹) هم‌خوانی داشت. Balusamy و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی پیش تیمار بذر با کیتوزان بر رشد و نمو گیاه زنیان در تنش شوری، گزارش کردند که کیتوزان از طریق افزایش محتوای نسبی آب برگ، منجر به حفظ تورژسانس و حجم برگ می‌شود و غشای سلولی را محافظت می‌کند و در نهایت منجر به رشد گیاه و محصول گیاهان می‌شود. Wang و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که کلم‌های بروکلی تحت تیمار با الیسیاتور حاوی پپتید در شرایط تنش شوری نسبت به تیمار شاهد از محتوای نسبی آب بیشتری برخوردار بود. مصرف ژئولیت منجر به بهبود شرایط رویشی و خصوصیات فیزیولوژیک از طریق افزایش جذب آب می‌شود با استفاده از ژئولیت به علت افزایش دسترسی به رطوبت بیشتر در شرایط شوری، اثرات زیانبار تنش در گیاه خار مریم کاهش یافت (صفی‌خانی، ۱۳۹۸).

مالون دی‌آلدئید: نتایج نشان داد که اثرات ساده محیط کشت، الیسیاتور و شوری و اثر متقابل دوگانه محیط کشت، الیسیاتور و محیط کشت، شوری و اثر متقابل سه گانه تیمارها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده بود (جدول ۳). باتوجه به نتایج اثر متقابل سه گانه، بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید (۲۰/۶۴

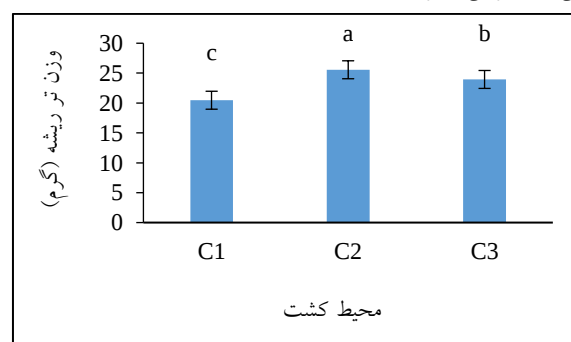
میکرومول بر گرم) در محیط کشت C₁ بدون الیسیاتور و سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار مشاهده شد. همچنین کمترین میزان مالون دی‌آلدئید (۳/۴۰) میکرومول بر گرم) نیز در محیط کشت C₂ به همراه الیسیاتور ۸۰۰۰ ppm و بدون شوری مشاهده شد به طوریکه در محیط کشت حاوی ۲۵٪ ژئولیت و الیسیاتور ۸۰۰۰ ppm میزان مالون دی‌آلدئید کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۲). اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئیدهای تولید شده در طی پر اکسیداسیون لیپیدها شاخص خوبی برای اندازه‌گیری میزان اکسیداتیو وارد شده به غشا می‌باشد (Hnilickova et al., 2021). در مطالعه حاضر زمان تنش شوری، محتوای مالون دی‌آلدئید که شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدی در طی تنش می‌باشد در ارقام حساس افزایش می‌یابد، تنظیم اسمزی و حفظ ترکیب لیپیدی غشاء یاخته‌ای در محیط‌های شور، عامل مهمی برای مقاومت به شوری محسوب می‌شود (Mansoury, 2000). Rahimi و همکاران (۲۰۲۱) بیان نمودند که در گیاه چمن (*Lolium perenne* L.) تحت تنش شوری ژئولیت مانع تخریب غشاهای سلولی تحت تأثیر تنش شوری و تولید مالون دی‌آلدئید برگ که ناشی از تخریب و تجزیه چربی‌های غشا سلولی است می‌شود را کاهش داد. کاهش مالون دی-آلدئید توسط الیسیاتور کیتوزان احتمالاً به این دلیل است که کیتوزان با کلاته کردن یون‌های فلزی یا ترکیب شدن با لیپیدها، اکسیداسیون لیپیدها را کاهش دهد (Shams Peykani and Farzami Sepehr, 2018).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه محیط کشت، الیسیتور و شوری مالون آلدهید (در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 2- Mean comparison of the triple interaction effect of growing medium, elicitor and salinity in terms of malondialdehyde trait (In each column, mean values that have a common letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$))

وزن تر ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده محیط کشت، الیسیتور و شوری و همچنین اثر متقابل الیسیتور و شوری بر صفت وزن تر ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).
باتوجه به نمودار مقایسه میانگین بیشترین میزان وزن تر ریشه (۲۵/۵۶ گرم) در محیط کشت C2 و همچنین کمترین وزن تر ریشه (۲۰/۴۷ گرم) نیز در محیط کشت C1 به ثبت رسید که محیط کشت ۲۵٪ زئولیت وزن تر ریشه افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۳).

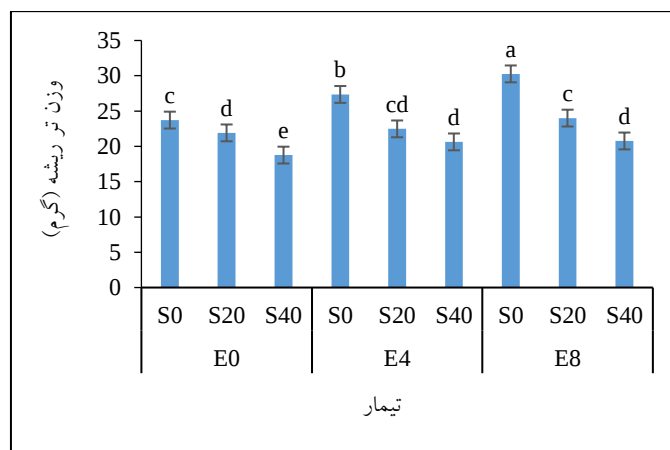


شکل ۳- مقایسه میانگین محیط کشت از نظر صفت وزن تر ریشه (در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 3- Mean comparison of the growing medium in terms of root fresh weight trait (In each column, mean values that have a common letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$))

رشد گیاه در خلل تنش شوری کاهش می‌یابد، ریشه در مقایسه با رشد اندام‌های هوایی در این شرایط از وضعیت بهتری برخوردار است (Turhan and Eris, 2005). در مطالعه حاضر استفاده از ژئولیت سبب حفظ وزن تر ریشه گیاه توت‌فرنگی شد که با نتایج Rahimi Mahmoud and Swaety (2020) و همکاران (2021) روی گیاه چچم چند ساله (*Lolium perenne* L.)، مطابقت داشت. این محققین علت افزایش وزن تر ریشه را به خاصیت جذب آب ژئولیت و پس دادن آب در هنگام نیاز به آب دانستند.

نتایج اثر متقابل الیسیتور و شوری نشان داد که با افزایش شوری میزان وزن تر ریشه کاهش معنی‌داری را نشان داد و الیسیتورها باعث افزایش وزن تر ریشه شد به گونه‌ای که بیشترین (۳۰/۲۷ گرم) در الیسیتور ppm ۸۰۰۰ و بدون شوری و کمترین (۱۸/۷۶ گرم) در شوری ۴۰ میلی‌مولار و بدون الیسیتور به‌دست آمد (شکل ۴). کاهش وزن تر ریشه در اثر تنش شوری با افزایش غلظت نمک در محلول غذایی، پتانسیل اسمزی محلول کاهش، جذب آب کم و به دنبال آن فشار آماس سلول‌ها نیز کم می‌شود و در نتیجه وزن تر ریشه‌ها در گیاه توت‌فرنگی کاهش می‌یابد. خروج آب از سلول‌ها مانع از رشد آنها می‌شود. اگرچه کل

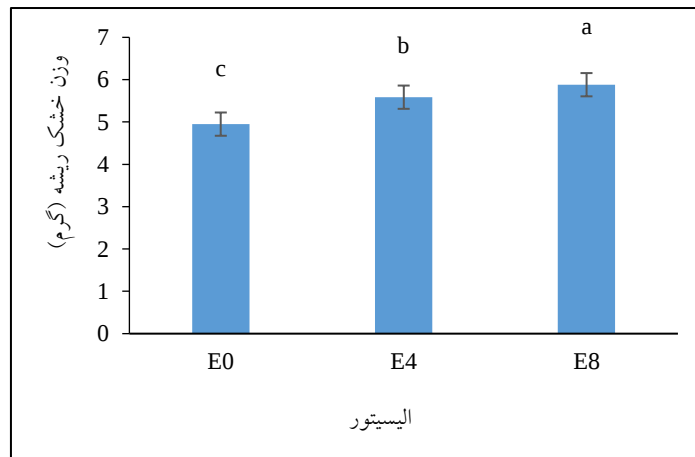


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل الیسیتور و شوری از نظر صفت وزن تر ریشه (در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 4- Mean comparison of the interaction effect of elicitor and salinity in terms of root fresh weight trait (In each column, mean values that have a common letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$))

(جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده الیسیتور بیانگر این است که بیشترین و کمترین میزان وزن خشک ریشه (۵/۸۸ و ۴/۹۵ گرم) به ترتیب در الیسیتور ۸۰۰۰ ppm و بدون الیسیتور به‌دست آمد (شکل ۵).

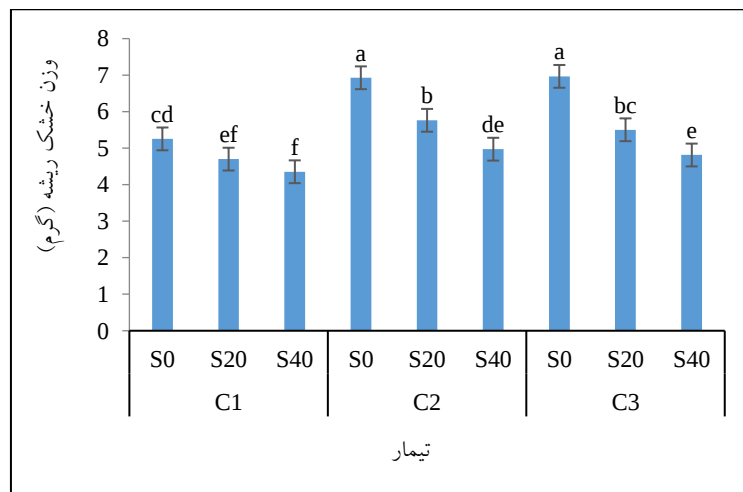
وزن خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده محیط کشت، الیسیتور و شوری و همچنین اثر متقابل محیط کشت و شوری روی صفت وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد



شکل ۵- مقایسه میانگین الیستور از نظر صفت وزن خشک ریشه (در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 5- Mean comparison of the elicitor in terms of root dry weight trait (In each column, mean values that have a common letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$))

با توجه به نتایج اثرات متقابل محیط کشت و شوری، بیشترین وزن خشک ریشه (۶/۹۷ گرم) در محیط کشت C₃ و بدون شوری به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با محیط کشت C₂ و سطح شوری صفر میلی‌مولار نشان نداد. کمترین میزان وزن خشک ریشه (۴/۳۵ گرم) نیز در محیط کشت C₁ و سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار حاصل گردید که محیط کشت ۳۵٪ زئولیت و بدون شوری، نسبت به محیط کشت بدون زئولیت و شوری ۴۰ میلی‌مولار، افزایش مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل محیط کشت و شوری از نظر صفت وزن خشک ریشه (در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 6- Mean comparison of the interaction effect of growing medium and salinity in terms of root dry weight trait (In each column, mean values that have a common letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$))

Bistgani و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه واکنش گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) به تنش شوری، عوامل مختلفی چون تخریب غشاهای سلولی، کاهش آب قابل دسترس گیاه و تجمع سدیم در برگ را از عوامل اصلی کاهش وزن خشک گیاه بیان نمودند. استفاده از الیسیتور قارچی اثر معنی داری در حفظ وزن تر و خشک گیاه توت فرنگی داشت که با نتایج Golkar و همکاران (۲۰۱۹) تحت تیمار الیسیتور کیتوزان و اسید سالیسیلیک بر گلرنگ، گوهری و بهرامی (۱۳۹۹) تحت تیمار الیسیتور چیتوان بر روی مومیایی (*Dracocephalum moldavica* L)، همخوانی داشت. سلمانی زاده کرانی و همکاران (۱۳۸۹) در نتایج حاصل از تحقیقات خود روی اثر کاربرد ژئولیت در ریشه زایی قلمه های گل کاغذی (*Bougainvillea*) بیان نمودند که ژئولیت با ماسه به عنوان بستر ریشه-زایی قلمه های این گیاه دارد

نتیجه گیری کلی

استفاده از الیسیتور زیستی، تأثیر بسزایی در کاهش اثرات، تنش شوری داشت. ژئولیت نیز در بستر کشت اثرات شوری را کاهش داد. براساس این نتایج شوری در ۴۰ میلی مولار باعث کاهش صفات رویشی شد. بهترین تأثیرگذاری تیمارها در محیط کشت شامل ۲۵ و ۳۵ درصد ژئولیت و غلظت الیسیتور ۸۰۰۰ ppm به دست آمد که در اکثر موارد اثرات شوری را به صورت معنی داری کاهش داد. به نظر می رسد که ژئولیت به طور کلی دارای خصوصیت ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، قابلیت نگهداری مقدار قابل توجه آب آزاد در کانال های ساختمانی و قابلیت بالای جذب سطحی می توان از آن به منظور بهبود شرایط فیزیکی و

شیمیایی خاک و افزایش ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک استفاده نمود. همچنین ممکن است الیسیتورها از طریق سنتز متابولیت های ثانویه، سبب افزایش پاسخ های دفاعی در گیاه بر علیه تنش ها شود. در نتیجه می توان به عنوان تیماری در زمان استفاده از آب نسبتاً شور استفاده نمود.

منابع

- (۱) سلمانی زاده کرانی، ج.، م. هنرور. و ر، بیادایی سامانی. ۱۳۸۹. مطالعه اثر ژئولیت و نوع قلمه در ریشه زایی قلمه گل کاغذی. پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی اصفهان.
- (۲) عابدی کوپایی، ج.، چهره راضی، ع. و ف، دادوند. ۱۴۰۲. کاربرد جاذب های گرافنی و ژئولیتی در شور ی زدایی آب. نشریه علوم آب و خاک، ۲۷(۴): ۴۹-۳۷.
- (۳) صفی خانی، س.، خوشبخت، ک.، چایی چی، م.، امینی، ع. و ب، متشرع زاده. ۱۳۹۸. تأثیر کاربرد ژئولیت بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک گیاه خارمریم (*Silybum marianum*) در شرایط تنش شوری. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۰(۳): ۶۳-۷۷.
- (۴) گوهری، غ. و م ک، بهرامی. ۱۳۹۹. اثر کاربرد محرک زیستی کیتوزان بر صفات رشدی و عملکرد اسانس بادرشی (*Dracocephalum moldavica* L). در شرایط آبیاری با آب شور. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۰(۱): ۱۵۵-۱۶۹.
- (۵) نعمتی میرک، ی. ۱۳۹۴. استفاده از نانو ذرات اسید سالیسیلیک کایتوسان در کاهش اثرات تنش شوری روی میوه توت فرنگی رقم کاماروزا. پایان نامه ی کارشناسی ارشد. دانشگاه شاهد تهران.

- 13) Chartzoulakis K., Patakas A., Kofidis G., Bosabalidis A. and A. Nastou. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relation and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae*. 95: 39-50.
- 14) Farkya, S., Julka, A., Mehra, R., Datta, V., Srivastava, A.K. and V.S. Bisaria. 2005. Enhanced production of secondary metabolites by biotic elicitors in plant cell suspension cultures. In *5th Asia Pacific Biochemical Engineering Conference*. Jeju Island, Korea.
- 15) Farooq, H., Bashir, M.A., Khalofah, A., Khan, K.A., Ramzan, M., Hussain, A., Wu, L., Simunek, L., Aziz, I., Samdani, M.S., Alghanem, S.M., Alhaithloul, H.A., McGiffen, M. and Z. Ahmad. 2021. Interactive effects of saline water irrigation and nitrogen fertilization on tomato growth and yield. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30: 3557-3564.
- 16) García Enciso, E.L., Robledo Olivo, A., Benavides Mendoza, A., Solís Gaona, S. and S. González Morales. 2018. Effect of elicitors of natural origin on tomato plants subjected to biotic stress. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9: 4212-4221.
- 17) Golkar, P., Taghizadeh, M. and Z. Yousefian. 2019. The effects of chitosan and salicylic acid on elicitation of secondary metabolites and antioxidant activity of safflower under in vitro salinity stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 137(3): 575-585.
- 18) Gonzalez, L. and M. Gonzalez-Vilar. 2003. Determination of relative water content. In: J. Manuel and R. Goger (eds.). *Handbook of plant ecophysiology techniques*. Kluwer Academic Publishers, London. 207-212
- 19) Hnilickova, H., Kraus, K., Vachova, P. and F. Hnilicka. 2021. Salinity stress affects photosynthesis, malondialdehyde formation, and proline content in *Portulaca oleracea* L. *Plants*, 10(5): 845.
- 20) Jamali, B., Eshghi, S. and B. Kholdebarin. 2014. Response of strawberry 'Selva' plants on foliar application of sodium nitroprusside (nitric oxide donor) under
- 6) Aboul-Magd, M., Elzopy, K.A. and Z.R.M. Zangana. 2020. Effect of zeolite and urea fertilizer on maize grown under saline conditions. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 10(1): 18-25.
- 7) Attia, M.S., Osman, M.S., Mohamed, A.S., Mahgoub, H.A., Garada, M.O., Abdelmouty, E.S. and A.A.H.A. Latef. 2021. Impact of foliar application of chitosan dissolved in different organic acids on isozymes, protein patterns and physio-biochemical characteristics of tomato grown under salinity stress. *Plants*, 10(2): 388.
- 8) Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N. and M.G. Velázquez-del Valle. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25: 108-118.
- 9) Bistgani, Z.E., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F. and M.R. Morshedloo. 2019. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 135: 311-320.
- 10) Bozorgi, H.R., Bidargh, S., Azarpour, E., Khosravi Danesh, R. and M. Moraditochae. 2012. Effects of naturalzeolite application under foliar spraying with humic acid on yield and yield components of cucumber (*Cucumissativus* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 20(4): 1485-1488.
- 11) Balusamy, S. R., Rahimi, S., Sukweenadhi, J., Sunderraj, S., Shanmugam, R., Thangavelu, L. and H. Perumalsamy. 2022. Chitosan, chitosan nanoparticles and modified chitosan biomaterials, a potential tool to combat salinity stress in plants. *Carbohydrate Polymers*, 284: 119189.
- 12) Chakraborty, N., Sarkar, A. and K. Acharya. 2019. Elicitor-mediated amelioration of abiotic stress in plants. *Molecular plant abiotic stress: biology and biotechnology*, 105-122.

- (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 282(2): 110016.
- 29) Sajyan, T.K., Allaw, W., Shaban, N. and Y.N, Sassine. 2019. Effect of exogenous application of glycine betaine on tomato plants subjected to salt stress. *Acta Hort.* 1253: 41-48.
 - 30) Semida, W.M., Abdelkhalik, A., Rady, M.O.A., Marey, R.A. and T.A, Abd El-Mageed. 2020. Exogenously applied proline enhances growth and productivity of drought stressed onion by improving photosynthetic efficiency, water use efficiency and up-regulating osmoprotectants. *Sci. Hort.* 272:109580.
 - 31) Shahin, Y. and R, Valiollah. 2009. Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *J. Cent. Eur. Agron.* 10(1): 115-122.
 - 32) Shams Peykani, L. and M, Farzami Sepehr. 2018. Effect of chitosan on antioxidant enzyme activity, proline, and malondialdehyde content in *Triticum aestivum* L. and *Zea maize* L. under salt stress condition. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 9(1): 2661-2670.
 - 33) Turhan, E. and A, Eris. 2005. Changes of micronutrients, dry weight, and chlorophyll contents in strawberry plants under salt stress conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(7-8): 1021-1028.
 - 34) Vafadar, F. and P, Ehsanzadeh. 2023. Synergistic effects of calcium and melatonin on physiological and phytochemical attributes of *Dracocephalum kotschy* genotypes under salinity stress. *Physiologia Plantarum*, 175(3): e13912.
 - 35) Wang, A., Guo, J., Wang, S., Zhang, Y., Lu, F., Duan, J., Liu, Z. and W, Ji. 2022. BoPEP4, a C-Terminally Encoded Plant Elicitor Peptide from Broccoli, Plays a Role in Salinity Stress Tolerance. *International Journal of Molecular Science*, 23: 3090.
 - 36) Zhao, J., Davis, L.C. and R, Verpoorte. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary saline conditions. *Journal of Horticultural Research*, 22(2): 139-150.
 - 21) Krishnamoorthy, N., Prasad, L.N., Kumar, C.P., Subedi, B., Abraha, H.B. and V.E, Sathishkumar. 2021. Rice leaf diseases prediction using deep neural networks with transfer learning. *Environmental Research*, 198: 111275.
 - 22) Mahmoud, A.W.M. and H.M, Swaety. 2020. Comparison between commercial and nano NPK in presence of nano zeolite on sage plant yield and its components under water stress. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*, 66(1): 24-39.
 - 23) Mansoury, M.M.F. 2000. Nitrogen containing compounds and adaption of plants to salinity stress. *Biologia Plantarum*, 43(4): 491-500.
 - 24) Ntanos, E, Kekelis, P., Assimakopoulou, A., Gasparatos, D., Denaxa, N.K., Tsafouros, A. and P.A, Roussos. 2021. Amelioration Effects against Salinity Stress in Strawberry by Bentonite-Zeolite Mixture, Glycine Betaine, and *Bacillus amyloliquefaciens* in Terms of Plant Growth, Nutrient Content, Soil Properties, Yield, and Fruit Quality Characteristics. *Applied Sciences*, 11(19): 87-96.
 - 25) Ohkawa, H., Ohishi, N. and K, Yagi. 1979. Assay of lipid peroxides in tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2): 351-358.
 - 26) Polite, E., Karuca, M., Demire, H. and A, Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *J. F. Orna. Plant Res.* 12: 183-189.
 - 27) Rahimi, E., Nazari, F., Javadi, T., Samadi, S. and J.A.T, da Silva. 2021. Potassium-enriched clinoptilolite zeolite mitigates the adverse impacts of salinity stress in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by increasing silicon absorption and improving the K/Na ratio. *Journal of environmental management*. 285:112-142.
 - 28) Saini, S., Kumar, P., Sharma, N., Sharma, N. and Balachandar, D. 2021. Nano-enabled Zn fertilization against conventional Zn analogues in strawberry

metabolites. *Biotechnology Advances*,
23(4): 283–333.

Induction of Resistance to Salinity Stress Using Biological Elicitor and Zeolite in Strawberry Plant

Eilnaz Balagar¹, Vahid Abdossi (Corresponding author)^{2*}, Vahid Zarrinnia³, Ali Mohammadi Torkashvand⁴ and Hossein Nastari Nasrabadi⁵

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, eilnaz.balagar@srbiau.ac.ir

2- Associated Professor, Corresponding Author, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, abdossi@srbiau.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, zarrinnia@srbiau.ac.ir

4- Professor, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, a-mohammadi@srbiau.ac.ir

5- Assistant Professor, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Khorasan Razavi, Iran, nastari@tjamcaas.ac.ir

Received: January 2025 Accepted: March 2025

Abstract

Introduction: Strawberry (*Fragaria × ananassa*) is a salt-sensitive plant. The decreasing availability of freshwater resources has increased the importance of desalinating saline water. However, energy consumption and cost are major challenges in water desalination. Therefore, low-cost desalination is of great importance. Salinity is one of the most important factors limiting the production of agricultural products in the world. Biological elicitor and zeolite have a significant effect in reducing the effects of salinity stress. The purpose of this experiment is to induce resistance against salinity stress along with *Penicillium* sp, and zeolite in Camarosa strawberry.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design with three replications in a hydroponic greenhouse. Treatments include a mixture of cocopeat, perlite and zeolite as a growing medium with ratios of 50:50:0 as control and 50:25:25 and 50:15:35% and fungal elicitor with concentrations of zero, 4000, 8000 and salt treatment with Zero, 20 and 40 mM concentrations.

Results and Discussion: The result showed that the increase in salinity, all the vegetative traits of the present study showed a significant decrease, and the trait of malondialdehyde, which is an indicator of lipid peroxidation during stress, increased. The highest number of fruits and root dry weight were obtained in the growing medium of 35% zeolite with 8000 ppm elicitor. The highest number of flowers and fresh weight of roots were observed in the growing medium of 25% zeolite and elicitor at a concentration of 8000 ppm.

Conclusion: It seems elicitors through the synthesis of secondary metabolites and zeolite due to its high cation exchange capacity play an important role in reducing salinity stress. The best effects of treatments were cocopeat, perlite and zeolite 50:25:25 and 50:15:35% and elicitor concentration 8000 ppm, which in most cases significantly reduced the effects of salinity.

Keywords: Elicitor, Salinity, Strawberry, Zeolite