اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شوری

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۳، شماره ۳، صفحات ۵۰-۴۱
(پاییز ۱۳۹۶)

محسن پورسلطان هوجقان[۱]، حسین آروئی[۱*]، سید جلالدین طباطبائی[۲] و سیدحسین نعمتی[۱]

۱ گروه باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ مشهد، ایران
۲ گروه فیزیولوژی و تغذیه گیاهی دانشگاه شاهد، تهران، ایران
* ✉ aroiee@um.ac.ir (مسؤول مکاتبات)

چکیده شوری آب و خاک یکی از مشکلات عمده کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که منجر به محدودیت کشت و کار و کاهش میزان تولید محصول می‌شود. یکی از راه‌های کاهش خسارت تنش شوری، استفاده از کودهای زیستی و سازگار با محیط‌زیست در فرآیند تولید محصول می‌باشد. در این راستا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شوری در سه سطح ۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار و فاکتور دوم اسیدآمینه شامل آرژنین، تریپتوفان، پرولین و بدون اسیدآمینه بود. اثرات متقابل شوری و اسیدآمینه بر تعداد خوشه، مقدار پرولین، درصد نشت الکترولیت و کلروفیل کل و اثرات ساده آنها بر طول ساقه، تعداد برگ و گره معنی‌دار بود. با افزایش سطح شوری، طول ساقه، تعداد برگ و تعداد گره کاهش یافت و مصرف اسیدآمینه موجب افزایش تعداد برگ شد ولی پرولین در تعداد گره و طول ساقه، اثر مثبت بیشتری نشان داد. نقش منفی تنش شوری و نقش مثبت پرولین در تعداد خوشه و مقدار کلروفیل کل و هم‌چنین اثر مثبت شوری در افزایش مقدار پرولین و درصد نشت الکترولیت برگ بارز بود. بنابراین، در شرایط تنش شوری در مزارع و نیز افزایش املاح خاک و آب آبیاری در گلخانه، می‌توان با استفاده از کودهای زیستی شرایط رشد گوجه‌فرنگی را بهبود بخشید.

شناسه مقاله
نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ پژوهش: ۱۳۹۳
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۹

واژه‌های کلیدی
- آرژنین
- پرولین
- تریپتوفان
- ضد تنش
- کود زیستی

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2017.537585

مقدمه شوری خاک از عوامل محیطی محدودکننده رشد و تکامل گیاهان بوده و در این میان کلرید سدیم، نمک غالب خاک‌های شور می‌باشد.[۸] بخش عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی به علت آب‌شویی یا آب‌یاری شور می‌شوند که این امر باعث افزایش نمک‌ها در نواحی ریشه می‌شود. محدودیت آب شیرین در بسیاری از مناطق ایران سبب شده است تا کشاورزان از آب‌هایی کم‌کیفیت و شور استفاده کنند. بنابراین یافتن راه‌کارهایی جهت مقابله با شوری ضروری به نظر می‌رسد.[۱۴]

گوجه‌فرنگی[1] از مهم‌ترین گیاهان گلخانه‌ای مناطق نیمه‌خشک با آب‌های شور بوده و تولید بهینه آن نیازمند پژوهش در زمینه اثرات شوری بر رشد و مدیریت تغذیه آن می‌باشد. زیرا شوری علاوه بر کاهش وزن میوه، بر سایر ویژگی‌های بازارپسندی آن نیز اثر منفی دارد.[۲۳]

از محلول‌پاشی برگی برای عناصر غذایی، کربوهیدرات‌ها و مواد آلی استفاده می‌شود.[۶] از مزایای محلول‌پاشی برگی، جذب‌شدن کمتر عناصر در خاک، کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی، میوه‌دهی و غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌باشد.[۱۸] در سال‌های اخیر، محلول‌پاشی با مواد تخفیف‌دهندهٔ تنش از جمله اسیدآمینه‌هایی مثل پرولین[2]، آرژنین[3] و تریپتوفان[4] برای کاهش اثر تنش‌های محیطی توصیه شده است.[۵۴] پرولین عامل تنظیم‌کنندهٔ فشار اسمزی درون سلول، پایدارکنندهٔ ساختار پروتئین و غشای سلول، از بین‌برندهٔ گونه‌های اکسیژن رادیکال و تنظیم‌کنندهٔ اسیدیته سلولی بوده و در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند.[۵۱]

امروزه محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه در اکثر باغ‌ها، معمول شده و اثرات مطلوب آن بر خصوصیات رویشی، عملکرد و کیفیت میوه مشهود است.[۱۸] در دوره رشد و نمو سریع میوه، که به سبب وجود رقابت بین اندام‌های زایشی و ریشه‌ها برای جذب مواد غذایی، جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد، عمل محلول‌پاشی می‌تواند این رقابت را کاهش دهد.[۵] همچنین گزارش‌های مختلفی در مورد نقش اسید-آمینه‌ها در کاهش اثرات ناشی از تنش شوری وجود دارد. معمولاً میزان پرولین آزاد در گیاهانی که در حد مطلوب آب‌یاری می‌شوند بسیار کم و در حدود ۰/۶–۰/۲ میلی‌گرم در هر گرم ماده خشک می‌باشد. اما این ماده پس از کاهش آب بافت‌ها تا ۵۰–۴۰ میلی‌گرم در هر گرم ماده خشک افزایش می‌یابد.[۲۱] کاربرد تریپتوفان از طریق خاک سبب افزایش محصول می-شود. به دلیل این که تریپتوفان توسط میکروب‌های خاک به اکسین تبدیل می‌شود.[۷] استفاده خاکی از تریپتوفان سبب افزایش عملکرد بسیاری از سبزیجات نظیر تربچه[۱۷] خربزه، قارچ خوراکی[۱۶] و ذرت[۴۵] شده است.

اسمولیت‌ها[5] باعث تنظیم اسمزی سیتوسول[6]، محافظت از غشاها و حفظ پروتئین و سم‌زدایی گونه‌های واکنشگر اکسیژن می‌گردند.[۲۷] برخی از گیاهان به واسطه حفظ نمک در دمبرگ یا ساقه، یا توسط هدایت نمک به برگ‌های پیر آن را تحمل می‌کنند.[۳۳] *مختاری و همکاران (۲۰۱۰)* بیان کردند که یکی از راهبردهای مناسب برای غلبه بر تنش شوری گیاه گوجه‌فرنگی و بالا بردن سطح مقاومت به شوری در این گیاه، بهره‌گیری از محافظت کننده‌های اسمزی اصلی از جمله پرولین و قندهای محلول است. چرا که این ترکیبات در تعادل با یکدیگر نقش مهمی در سازگاری گیاه با تنش شوری دارند.[۳۱] هدف این پژوهش یافتن راهکاری برای کاهش خسارت تنش شوری با استفاده از

[1] *Lycopersicon esculentum* Mill
[2] prolin
[3] arginine
[4] tryptophan
[5] osmolytes
[6] cytosol

محلول‌پاشی به وسیله اسیدهای آمینه در شرایط تنش شوری در محصول گوجه‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها آزمایش گلخانه‌ای در گلخانه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق تبریز و مطالعات آزمایشگاهی در آزمایشگاه تغذیه مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی انجام گرفت.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل غلظت شوری در سه سطح ۰، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار و اسیدآمینه در چهار سطح پرولین، آرژنین، تریپتوفان و بدون اسیدآمینه بود.

بذور گوجه فرنگی رقم نیوتن محصول هلند پس از خیساندن در آب و ظهور ریشه‌چه در آزمایشگاه به سینی‌های کشت با بستر کوکوپیت[1] انتقال داده شده و حدود یک ماه با محلول نیم‌غلظت هوگلند[2] تغذیه شدند و بعد از یک ماه نشاها به بستر اصلی کشت منتقل شدند. بستر اصلی مورد استفاده در این آزمایش مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت[3] با نسبت‌های حجمی ۲:۱ بود که پس از شستشو و ضدعفونی در هوای آزاد خشک گردید. در مرحله بعد این مواد در درون اسلب‌های[4] ۱۰ لیتری قرار گرفتند. فاصله بین ردیف بوته‌ها ۱ متر و روی ردیف ۳۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.[۱۵] پس از انتقال گیاهان به داخل اسلب‌ها گیاهان با محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. اعمال تیمار شوری کلریدسدیم، دو هفته پس از نشاکاری انجام شد[۴] و از محلول بدون اسیدآمینه، پرولین ۱۵ میلی‌مولار، آرژنین و تریپتوفان ۵۰ میلی‌مولار به صورت محلول‌پاشی کامل شاخه و برگ بوته‌ها استفاده شد. محلول‌پاشی با فواصل ۱۵-۱۰ روزه و در موقع غروب اجرا شد. به‌منظور جلوگیری از تنش شوری (شوک اسمزی) بر دانهال‌های گوجه‌فرنگی، تیمارهای شوری در روزهای اول رقیق‌تر بود و به‌تدریج تا رسیدن به غلظت مورد نظر تغلیظ شد.[۴۲] همزمان با اعمال شوری، محلول‌پاشی اسیدآمینه‌ها نیز شروع گردید. به منظور جلوگیری از رشد جلبک‌ها، درب تانک‌ها با استفاده از کیسه‌های پلاستیکی مشکی کاملاً پوشانده می‌شد تا از نفوذ نور به درون محلول‌های غذایی و رشد جلبک‌ها جلوگیری گردد. از زمان تهیه‌ی محلول غذایی، هفته‌ای یک‌بار، اسیدیته محلول‌ها کنترل و استفاده از اسید نیتریک رقیق شده در سطح ۶/۵ برای هر تیمار تعیین گردید. گلخانه دارای پوشش پلی‌اتیلنی تک لایه و مجهز به سیستم سرمایش به منظور تنظیم دما در ماه‌های گرم سال و هیتر برای افزایش دما در ماه‌های سرد سال بود. دمای روز ۵± ۲۵ و دمای شب ۳ ± ۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت ۵ ± ۶۵٪ تنظیم گردید. سیستم محلول‌دهی به‌صورت باز بود. به منظور هدایت بوته‌ها، سیم‌های فلزی در ارتفاع ۲ متری سقف گلخانه از دو طرف کشیده شد و بعد از رشد بوته‌ها و رسیدن به ارتفاع یک متری، روی سیم‌ها هدایت گردیدند. ۲ تا ۳ بار در هفته نیز عملیات حذف جوانه‌های جانبی با دست انجام گرفت. اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ، گره و خوشه‌های تولیدی بوته، هم در طی فصل رشد و هم در انتهایآن اندازه‌گیری شد. پس از برداشت میوه‌ها، فاکتورهای کیفی آن‌ها سنجش شد.[۴۹]اندازه‌گیری پرولین به روش *بیتس و همکاران (۱۹۷۳)*، نشت الکترولیت به روش *لوتوس و همکاران (۱۹۹۶)*، و کلروفیل کل به روش *ساینی و همکاران (۲۰۰۱)* انجام گرفت.[۱۰،۲۹،۴۳]

[1] cocopeat
[2] Hogland
[3] perlite
[4] slabs

نتایج و بحث

طول ساقه

اثر شوری و اسید آمینه بر طول ساقه معنی‌دار ولی اثرات متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش سطح شوری کلرید سدیم باعث کاهش معنی‌دار طول ساقه گردید. اسیدآمینه پرولین از بالاترین موقعیت در میان تیمارهای متفاوت محلول‌پاشی با اسیدآمینه برخوردار بود ولی با آرژنین اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). مهم‌ترین علت کاهش رشد گیاه در شرایط شوری اثر نمک اضافی بر تعادل یونی، تغذیه مواد معدنی و متابولیسم کربن می‌باشد.[۳]. در مرحله نخست، تغییرات رشد گیاه در معرض تنش شوری، در نتیجه اثرات اسمزی می‌باشد. ولی در مراحل بعدی، رشد گیاه به علت اثر سمی نمک اضافی، کاهش می‌یابد.[۳۲] هم‌چنین کاهش میزان رشد در شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل اختلال در فرآیندهای دخیل در تولید انرژی مثل فتوسنتز، تنفس و مهار گسترش یا تقسیم سلولی باشد.[۳۹] بر اساس نتایج پژوهش‌های گذشته روی گوجه‌فرنگی، افزایش سطح شوری به کاهش ارتفاع بوته منتهی گردیده است.[۱۹] در پژوهشی کاربرد آرژنین روی گندم باعث افزایش رشد، افزایش وزن تر و خشک شد.[۴۴] اثر آمینواسیدهای به کار رفته در مطالعه حاضر بر افزایش رشد را می‌توان به افزایش توان آنتی‌اکسیداتیو گیاه یا القای فعالیت سایر

جدول ۱) تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی اسیدآمینه بر صفات مورفو- فیزیولوژیک گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری

Table 1) Variance analysis of the effect of amino acid foliage spraying on morpho-physiological traits of tomato under salinity stress

Sources of variations	df	cluster no.	node no.	leaf no.	stem length	total chlorophyll	electrolyte leakage	proline
Salinity (S)	2	12.25**	90.25**	112.69**	21.97.02**	1.12**	5.95**	775.77**
Amino acid (A)	3	3.44**	24.76**	32.32**	1366.25**	0.48**	3.93**	91.35**
S * A	6	1.25**	4.21 ns	9.32 ns	163.17 ns	0.11**	0.64**	48.74**
Error	24	0.27	4.94	4.8	392.5	0.02	0.63	8.33
C.V. (%)		4.33	5.2	8.49	7.12	7.78	2.71	6.83

*,** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

* , ** significant at 5 and 1% probability level, respectively

جدول ۲) اثر سطوح شوری و محلول‌پاشی با اسیدآمینه بر چند صفت مورفولوژیک در گوجه فرنگی

Table 2) The effect of salinity and amino acid spraying on some morphological traits of tomato

Treatments		Stem length	Leaf number	Node number
Salinity concentrations (mM)	**0**	333.41 a	29.66 a	53.8 a
	30	287.58 b	32.2 b	47.2 a
	60	246.58 c	23.9 b	50.4 b
Amino acids	**Arginine**	278.22 ab	26.88 a	42.55b
	Tryptophan	268 b	25.88 a	42.44 b
	Proline	295.22 a	27.33 a	45 a
	No sprating	270.33 b	23.11 b	41 b

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد.

Similar letters in the same column indicate non- significant difference according to Duncan test at the 5% probability level.

جدول ۳) اثر محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گوجه‌فرنگی تحت تنش سطوح مختلف شوری

Table 3) The effect of amino acids spraying on some morpho-physiological traits of tomato under salinity stress

Salinity stress (NaCl mM)	amino acid	cluster number	Proline (µM/g fw)	electrolyte leakage (%)	total chlorophyll (mg/10 ml)
	Arginine	13 ab	33.71 d	26.33 f	2.19 b
0	**Tryptophan**	12.66 bc	35.68 d	28.33 de	2.14 bc
	Proline	13.66 a	35.55 d	27 ef	2.85 a
	No spraying	13 ab	33.12 d	26.66 f	2.13 bc
	Arginine	12.66 bc	38.68 d	28.66 d	2.07 bc
30	**Tryptophan**	11.33 de	38.44 cd	28.66 d	1.88 c
	Proline	13.33 ab	42.97 bc	28.33 de	2.15 bc
	No spraying	12 cd	46.4 b	27.33 def	1.95 bc
	Arginine	11 e	47.78 b	30 c	1.52 d
60	**Tryptophan**	11.6d de	45.54 b	32 b	1.88 c
	Proline	12 cd	48.25 b	32 b	2.06 bc
	No spraying	9.66 f	60.67 a	35.33 a	1.41 d

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد.

Similar letter in the column indicates non- significant difference according to Duncan test at the 5% probability level.

آنتی‌اکسیدان‌ها به گیاه تحت تیمار با این آمینواسیدها نسبت داد. افزایش معنی‌دار و متوالی رشد در مرحله نمو گل پروانش با استفاده از پوترسین[1] توسط *طلعت و همکاران (۲۰۰۵)* گزارش شده است.[۵۰] نتایج همسانی نیز توسط *السعید (۲۰۰۹)* روی گل داوودی گزارش شده است.[۱۳]

تعداد برگ

اثر شوری و اسید آمینه بر تعداد برگ معنی‌دار ولی اثرات متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). استفاده از شوری کلرید سدیم باعث کاهش تعداد برگ و محلول‌پاشی با اسیدآمینه باعث افزایش تعداد برگ شد (جدول ۲). گسترش برگ‌ها پس از قرار گرفتن گیاه در معرض شوری شروع به کاهش کرده و تا مدتی این کاهش ادامه می‌یابد. وقتی سرعت زوال برگ‌ها بیش از سرعت گسترش آن‌ها باشد، مقدار مواد ذخیره‌ای کربوهیدرات‌ها در سطح برگ کاهش پیدا می‌کند اما مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد گیاه به احتمال زیاد افزایش می‌یابد. خصوصاً اینکه با ادامه رشد، نسبت ریشه به ساقه افزایش می‌یابد و در نهایت گیاه قادر نخواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد خود را فراهم آورد. بنابراین گسترش سطح برگ متوقف شده و نهایتاً موجب تضعیف بنیه گیاه به مرور زمان می‌شود.[۲۶] این مسأله ابتدا با نکروزه شدن برگ‌ها نمود پیدا می‌کند که عموماً این نکروزه شدن با حالت زرد شدن برگ‌ها همراه است.

کاهش تعداد برگ‌ها از جمله دلایلی است که برای کاهش شاخص سطح برگ در گیاهان تحت تنش شوری عنوان شده است.[۳۰] بنابراین، واکنش برگ‌ها به تنش شوری شامل کاهش سریع در سرعت گسترش سطح برگ است که قبل از پدیدار شدن خسارت به برگ‌های قدیمی‌تر به وقوع می‌پیوندد و طی آن میزان فتوسنتز به زیر سطح بحرانی کاهش می‌یابد و این مسأله موجب کاهش کربوهیدرات قابل دسترسی برای گیاه می‌شود. خسارت بافت‌های فتوسنتزی و کاهش تبادلات گازی برگ‌ها به علت همبستگی میان غلظت یون‌ها در بافت برگ و سرعت تبادل دی‌اکسیدکربن نیز به عنوان یکی از علل کاهش سطح برگ بر روند تولید مدنظر قرار گرفته است.[۴۲] کاهش فشار تورژسانس جهت توسعه سلولی که در نتیجه کاهش پتانسیل آب می‌باشد، به

[1] putrescine

عنوان یک عامل مورد توجه قرار گرفته است.[۲۰] در یک نتیجه‌گیری کلی کاهش برگ‌های گیاه در اثر شوری را بسیاری از پژوهشگران تأیید می‌کنند.[۴۰] در همین رابطه *مانز و همکاران (۱۹۹۵)* معتقدند که جهت درک کاهش رشد گیاهان در محیط‌های شور بایستی به فرآیندهایی که توسعه برگ‌ها را محدود می‌سازد توجه داشت. چرا که در اثر شوری مساحت برگ به عنوان یک سازوکار اولیه کاهش[۳۴] و میزان تولید مواد فتوسنتزی کمتر می‌شود.[۳۵] *آیاس و گولسر (۲۰۰۵)* اظهار داشتند کاربرد سولفور و هیومیک‌اسید اثری بر تعداد برگ‌های اسفناج ندارد.[۹] *عبدل موگاد و همکاران (۲۰۰۷)* واکنش گوجه‌فرنگی به هیومیک‌اسید و نیتروژن، پتاسیم، فسفر را افزایش تعداد برگ‌ها دانستند.[۲]

تعداد گره

اثر شوری و اسید آمینه بر تعداد گره معنی‌دار ولی اثرات متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت شوری تعداد گره کم شد. تنها محلول‌پاشی پرولین باعث افزایش تعداد گره شد (جدول ۲). *سعید و احمد (۲۰۰۹)* در به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری تعداد گره کاهش می‌یابد.[۴۱] *لولایی (۲۰۱۲)* در گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسید که بیشترین کاهش رشد در تعداد گره، در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار می‌باشد.[۲۸] همچنین در گوجه‌فرنگی با افزایش سطح شوری، اجزای رشدی گیاه اغلب با شیب ملایمی کاهش می‌یابد.[۱۴،۳۷] به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با از طریق افزایش تقسیم سلولی باعث افزایش تعداد ساقه شده است. *عبدالعزیز و همکاران (۲۰۰۹)* اظهار داشتند که محلول‌پاشی با پوترسین، تقسیم سلولی را افزایش داد.[۱] *اسمیت (۱۹۸۲)* گزارش نمود که مصرف خارجی پلی‌آمین‌ها باعث تحریک رشد گیاهان گردید.[۴۸] این پژوهشگران دلیل این امر را وجود نیتروژن در مواد تنظیم‌کننده رشد دانستند.

تعداد خوشه

اثر شوری و اسیدآمینه و اثر متقابل آنها بر تعداد خوشه معنی‌دار بود (جدول ۱). محلول‌پاشی با اسیدآمینه در سطح صفر شوری بیشترین تعداد خوشه را نشان داد و به‌تدریج با افزایش شوری از تعداد خوشه‌ها کاسته شد. از طرفی، نقش مثبت پرولین در غلظت‌های مختلف شوری بیشتر از سایر اسیدآمینه‌ها بود (جدول ۳). کاهش تعداد خوشه را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش شوری و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارایه به بخش‌های در حال رشد گیاه نسبت داد که در نهایت سبب عدم دست‌یابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد خوشه‌می‌شود.[۱۲] *حسین و همکاران (۲۰۱۱)* نشان دادند که با افزایش شوری همه شاخص‌های رشدی به طور معنی‌داری کاهش یافت.[۲۲] به‌طورکلی فراهم بودن اسیدهای آمینه و نیتروژن در مراحل آغازین رشد، طویل شدن بخش‌های هوایی گیاه را موجب می‌گردد. نتایج مشابهی نشان داد که اثر محلول‌پاشی گیاهان با اسیدآمینه باعث افزایش چشمگیر ارتفاع و تعداد خوشه کرفس وحشی شد.[۴۶].

میزان پرولین

اثر شوری و اسیدآمینه و اثر متقابل آنها بر مقدار پرولین برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثرات متقابل شوری و اسیدآمینه، هم‌زمان با افزایش شوری مقدار پرولین برگ افزایش یافت و اثر مثبت شوری بر مقدار پرولین بارز بود (جدول ۳). *کایا و همکاران (۲۰۰۷)* گزارش کردند که با کاربرد پرولین در خربزه، میزان پرولین در برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت.[۲۴] در کشت سلول سویا تحت تنش شوری کاربرد پرولین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌

های مرتبط با تحمل به شوری شد.[۲۰] *وو و همکاران (۲۰۱۱)* گزارش کردند که کاربرد نیتریک‌اکسید به همراه شوری باعث افزایش میزان پرولین در گوجه‌فرنگی می‌شود.[۵۲]

نشت الکترولیت

اثر شوری و اسیدآمینه و اثر متقابل آنها بر نشت الکترولیت برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). اثرات متقابل شوری و اسیدآمینه نشان داد که همزمان با افزایش شوری نشت الکترولیت برگ افزایش یافت و اثر مثبت شوری بر نشت الکترولیت بارز بود (جدول ۳). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نمک، نشت یونی از سلول‌های برگی افزایش می‌یابد.[۲۵] تیمار پرولین در شرایط تنش شوری نشت الکترولیت برگ را کاهش داد. این کاهش، در آغاز به دلیل کاهش جذب نمک و پس از آن به دلیل افزایش پایداری غشای سیتوپلاسمی است؛ زیرا پرولین با افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالازها و سوپراکسید دسموتازها باعث از بین رفتن رادیکال‌های آزاد شده و در نهایت موجب کاهش نفوذپذیری غشای یاخته برگ و افزایش پایداری آن می‌شود.[۲۵] افزایش نشت الکترولیتی غشا در اثر شوری در همیشه‌بهار به اثبات رسیده است[۱۱] که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هم‌سویی دارد. *نجفیان و همکاران (۲۰۰۹)* اعلام کردند غلظت‌های بالای سالیسیلیک‌اسید در شرایط شوری باعث افزایش نشت الکترولیت در آویشن می‌شود.[۳۶]

محتوای کلروفیل

اثر سطوح مختلف شوری و اسیدآمینه و اثر متقابل آنها بر کلروفیل برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین مقدار کلروفیل کل در اثر متقابل پرولین و شاهد شوری مشاهده شد (جدول ۳). یافته‌های پژوهشگران مؤید این مطلب است که کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با اکسیژن، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل و اختلالات هورمونی باشد.[۳۸] پیش‌تیمار با پرولین و آرژنین محتوای کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی برگ‌های گیاهچه‌های برنج تحت شوری را افزایش داده و اثرات مخرب شوری بر محتوای کلروفیل را خنثی نموده است.[۵۳] اثر اسیدآمینه پرولین و آرژینین بر رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند مربوط به محصولات متابولیسمی آن نیز باشد.[۴۷]

نتیجه‌گیری کلی محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش شوری در اغلب حالات بر صفات رویشی گوجه‌فرنگی نظیر طول ساقه، تعداد برگ، تعداد گره و تعداد خوشه و هم‌چنین بر صفات فیزیولوژیکی نظیر پرولین، نشت الکترولیت و کلروفیل کل اثر مثبت نشان داد. بنابراین در شرایط تنش شوری برای کاهش اثرات سوء شوری در گیاه گوجه‌فرنگی می‌توان از اسیدهای آمینه به‌خصوص پرولین به عنوان ماده ضد تنش شوری استفاده کرد.

References

1. Nahed AA, Lona T, Soad, MMI (2009) Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. Ozean Journal of Applied Sciences 2 (2): 169-179.
2. Abdel-Mawgoud AMR, El-Greadly NHM, Helmy YI, Singer SM (2007) Responses of tomato plants to different rates of humic- based fertilizer and fertilization. Journal of Applied Sciences Research 3: 169- 174.

3. Aktas H, Abak K, Cakmak I (2006) Genotypic variation in the responses of pepper to salinity. Scientia Horticulturae 110: 260–266.
4. Albino M, Giampaolo R, Armando M, Stefania D (2007) Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. Environmental and Experimental Botany 59: 276–282
5. Andrade SAL, Gratão PL, Schiavinato MA, Silveira APD (2009) Zn uptake, physiological response and stress attenuation in mycorrhizal jack bean growing in soil with increasing Zn concentrations. Chemosphere 75: 1363–1370.
6. Arena E, Campisi S, Fallico B, Maccarone E (2007) Distribution of fatty acids and phyto-sterols as a criterion to discriminate geographic origin of pistachio seeds. Food Chemistry 104: 403 - 408.
7. Arshad M, Frankenberger WT (1991) Microbial production of plant hormones. Plant and soil 133(1): 1-8.
8. Arturi MJ, Aulicino, MB Molina, MC (2009) Evaluation of salinity tolerance at seedling stage in maize (*Zea mays*). Maize Genetics Cooperation Newsletter 83: 1-4.
9. Ayas H, Gulser F (2005) The effect of sulfur and humic acid on yield components and macro nutrient contents of spinach (*Spinacia olerace* var. *spinoza*). Journal of Biological Sciences 5(6): 801 - 804.
10. Bates LS, Waldran RP, Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water studies. Plant and Soil 39: 205-207.
11. Chaparzadeh N, D'Amico ML, Khavari-Nejad RA, Izzo R, Navari-Izzo F (2004) Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. Plant Physiology and Biochemistry 42: 695-701.
12. Ebrahim MKH (2005) Amelioration of sucrose metabolism and yield changes, in storage roots of NaCl-stressed sugar beet by ascorbic acid. Agrochimica 49(3-4): 93–103.
13. El-Sayed, IM (2009). Physiological and biological studies on chrysanthemum plant. Master thesis of, ornamental horticulture, Faculty of Agricultural, Cairo University, Egypt.
14. Fernandez-Garcia, N, Martinez V, Carvajal M (2004) Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 167: 616-622.
15. Giuffrida F, Martorana M, Leonardi Ch (2009) How sodium chloride concentration in the nutrient solution influences the mineral composition of tomato leaves and fruits. HortScience 44(3):707-711.
16. Frankenberger JWT, Arshad M (1991) Yield response of watermelon and muskmelon to L- tryptophan applied to soil. Hortscience 26(1): 35-37.
17. Frankenberger JWT, Chang AC, Arshad M (1990) Response of *Raphanus sativus* to the auxin precursor L-tryptophan applied to soil. Plant and Soil 129: 235-241.
18. Goli AH, Barzegar M, Sahari MA (2005) Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. Food Chemistry 92: 521–525.
19. Hajer AS, Malibari AA, Al-Zahrani HS, Almaghrabi OA (2006) Responses of three tomato cultivars to sea water salinity 1. Effect of salinity on the seedling growth. Africa Journal of Biotechnology 5: 855-861.
20. Yan H, Gang LZ, Zhao CY, Guo WY (2000) Effects of exogenous proline on the physiology of soybean plantlets regenerated from embryos in vitro and on the ultrastructure of their mitochondria under NaCl stress. Soybean Science 19: 314-319.
21. Heuer B (1994) Osmoregulatory role of proline in water-and salt -stressed plants. Handbook of Plant and Crop Stress 363- 481.
22. Hussein MM, Abd El-Rheem KM, Khaled SM, Youssef RA (2011) Growth and nutrients status of wheat as affected by ascorbic acid and water salinity. Nature and Science 9: 64-69.
23. Jones, JB (2007) Tomato plant culture (2^{nd} ed.). CRC Press: London.
24. Kaya C, Tuna AL, Ashraf M, Altunlu H (2007) Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. Environmental and Experimental Botany 60(3): 397-403.
25. Kaya MD, Okçu G, Atak M, Çikili Y, Kolsarici Ö (2006) Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy 24(4): 291-295.
26. Kingsbury RW, Epstein E (1984) Selection of salt-resistant spring wheat. Crop Science 24: 310-314.
27. Nanjo T, Kobayashi M, Yoshiba Y, Kakuhari Y, Yamaquchi-Shinozaki K, Shinozaki K (1999) Antisense suppression of proline degradation improves tolerance to freezing and salinity in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiology 461: 205-210.
28. Lolaei A (2012) Effect of calcium chloride on growth and yield of tomato under sodium chloride stress. Journal of Ornamental and Horticultural Plants 2(3): 155-160.
29. Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany 78: 389 - 398.

30. Maas EV, Grieve CM (1990) Salt tolerance of plants at different growth stages. Proceedings of an International Conference on Current Development of Salinity and drought tolerance of plants. Tando Jam, Pakistan.
31. Mokhtary I, Abrishamchi P, Ganjali A (2010) Ameliorative effects of $CaCl_2$ and $CaSO_4$ on growth, content of soluble proteins, soluble sugars, proline and some mineral nutrients (Na^+, K^+) in leaves of *Lycopersicon esculentum* var. Mobile under salt stress. Iranian Journal of Biology 23: 62-72. [In Persian with English abstract]
32. Munns R (1993) Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant, Cell & Environment 16: 15–24.
33. Munns R (2005) Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist 167: 645-663.
34. Munns RD, Schachtman P, Condon AG (1995) The significance of a two phase growth response to salinity in wheat and barley. Australian Journal of Plant Physiology 22: 561-569.
35. Muthy AS, Venkataramu, MN, Yadav JSP (1979) Effect of saline water irrigation on sodium and potassium uptake in up to 301 wheat (*Triticum aestivum* L.) Annuals of Arid Zone 18: 62 - 67.
36. Najafian Sh, Khoshkhui M, Tavallali V, Saharkhiz MJ (2009) Effect of salicylic acid and salinity in thyme (Thymus vulgaris L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane Stabilization and biomass accumulation. Australian Journal of Basic & Applied Sciences 3(3): 2620-2626.
37. Navarro JM, Martinez V, Carvajal M (2000) Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plants grown under saline conditions. Plant Science 157: 89-96.
38. Neocleous D, Nasilakakis M (2007) Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). Scientia Horticulturae 112: 282-289.
39. Parida AK, Das AB (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology Environmental Safety 60: 324-349.
40. Rowson HM, Hindmash JH, Fischer RA, Stockman YM (1983) Changes in leaf photosynthesis with plant ontogeny and relationships with yield per ear in wheat cultivars and 120 progeny. Australian Journal of Plant Physiology 1: 503-514.
41. Saeed R, Ahmad R (2009) Vegetative growth of tomato as affected by the application of organic mulch and gypsum under saline rhizosphere. Pakistan Journal of Botany 41: 3093-3105.
42. Shirazi SS, Ronaghi A, Gholami A, Zahedifar M (2010) The Influence of salinity and nitrogen on tomato fruit quality and micronutrients concentration in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 1: 11-22.
43. Saini RS, Sharme, KD, Dhankhar OP, Kaushik RA (2001) Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture. Agrobois: New Delhi.
44. Sairam RK, Srivastava GC (2002) Changes in antioxidant activity in subcellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long-term salt stress. Plant Science 162: 897–904.
45. Arshad M, Frankenberger WT (1991) Microbial production of plant hormones. Plant and soil. 133(1): 1-8.
46. Shehata SM, Abdel-Azem HS, Abou El-Yazied A, El-Gizawy AM (2011) Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes yield and its quality of celeriac plant. European Journal Scientific Research 58(2): 257-65.
47. Sheokand S, Kumari A, Sawhney V (2008) Effect of nitric oxide and putrescine on antioxidative responses under NaCl stress in chick pea plants. Physiology and Molecular Biology of Plants 14(4): 355-362.
48. Smith TA (1982) Function and metabolism of polyamines in higher plants. Proceedings of the 11th International Conference on Plant Growth Substances. Aberystwyth, UK.Tabatabaei SJ (2013) Principles of mineral of plant nutrition. Forouzesh Publications: Tehran. [in Persian]
49. Talaat I, Bekheta M, Mahgoub MH (2005) Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. International Journal of Agriculture and Biology 7: 210-213.
50. Verbruggen N, Hermons C (2008) Proline accumulation in plants: a review. Amino Acids 35(4): 753 – 759.
51. Wu X, Zhu W, Zhang H, Ding H, Zhang HJ (2011) Exogenous nitric oxide protects against salt-induced oxidative stress in the leaves from two genotypes of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Acta Physiologiae Plantarum 33: 1199-1209.
52. Yagi MI, Al-Abdulkareem SS (2006) Effect of exogenous arginine and uric acid on *Eruca sativa* grown under saline conditions. Journal of Science Technology 7: 1-10.
53. Yuan S, Lin HH (2008) Role of salicylic acid in plant abiotic stress. Zeitschrift für Naturforschung B 63: 313-320.

Effect of amino acids foliar spraying on growth and physiological indices of tomato under salt stress conditions

Agroecology Journal
Vol. 13 No. 3 (41-50)
(autumn, 2017)

Mohsen Poursoltan Hojagan[1], Hossein Arouiee[1*], Seyyed Jalal Tabatabaei[2], Seyyed Hossein Neamati[1]

1 Horticultural Science Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2 Department of Physiology and Plant Nutrition, Shahed University, Tehran, Iran
* ✉ aroiee@um.ac.ir **(corresponding author)**

Received: 07 June 2017 **Accepted:** 20 November 2017

Abstract Water and soil salinity are considered as one of the major problems for agriculture in arid and semi-arid regions of the world which restrict cultivation and as a result, crops yield decrease. There are some solutions for reducing its damages. Among them, using bio-fertilizers and environmentally friendly in the production process can be mentioned. In this regard, a factorial experiment was conducted based on completely randomized design with three replications in 2014. The first factor was salinity in 0, 30 and 60 mM rates, and the second factor was amino acid including arginine, tryptophan and proline. The interactive effects of salinity and amino acids on the number of pancakes, proline content, electrolyte leakage percentage, total chlorophyll content, and their simple effects on stem length, the number of leaves and nodes were significant. With an increase in salinity level, stem length, the number of leaves and nodes decreased. Amino acid consumption increased the number of leaves, but proline showed a more positive effect in the number of nodes and stem length. The negative role of proline salinity and positive role of proline in the number of pancakes and total chlorophyll content and the positive role of salinity in increasing the amount of proline and the percentage of leaf electrolyte leakage were significant. Therefore, under the conditions of salt stress in the fields as well as increased soil salts and irrigation water in the greenhouse, the growth conditions in tomato can be improved by using biofertilizers.

Keywords
- arginine
- proline
- tryptophan
- anti-stress
- bio-fertilizer

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2017.537585