مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJMAPR.2022.358101.3147
جلد ۳۸، شماره ۳، صفحه ۴۷۵-۴۶۴ (۱۴۰۱) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350905.1401.38.3.7.9

اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی، جذب عناصر و درصد اسانس ریحان رقم کشکنی لولو (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeny luvelou) تحت تنش شوری

هاجر محمدی[۱]، محمدرضا پیرمرادی[۲*]، محمد مقدم[۳]، محمدحسین شمشیری[۴] و محمد امین میرزاابوالقاسمی[۵]

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

پست الکترونیک: pirmoradi13@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۴- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

۵- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۰ | تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۴۰۱ | تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۱

چکیده

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه استفاده می‌شود. اسید سالیسیلیک یکی از مهمترین مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که رشد و نمو فیزیولوژیکی و فرایندهای متابولیکی گیاه را تنظیم می‌کند و کاربرد آن در شرایط تنش شوری موجب کاهش اثرهای ناشی از سمیّت شوری و ایجاد مقاومت در گیاهان می‌گردد. به‌منظور بررسی پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان (*O. basilicum* cv. Keshkeny luvelou) به تنش شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار) و پنج سطح اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که تنش شوری منجر به کاهش میزان کلروفیل فلورسانس، کلروفیل‌های *a* و *b*، کلروفیل کل، کاروتنوئید، محتوای نسبی آب برگ و درصد اسانس گردید. تیمار با اسید سالیسیلیک باعث کاهش اثرهای منفی ناشی از تنش شوری روی گیاه و بهبود درصد اسانس شد. همچنین تنش شوری باعث افزایش تولید پرولین، محتوای قند محلول، فنل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، نشت یونی، سدیم موجود در برگ و ریشه و میزان کلر گردید، اما تیمار با اسید سالیسیلیک در برخی از سطوح تنش شوری باعث کاهش و یا افزایش این صفات شد. به طور کلی، اسید سالیسیلیک از طریق افزایش تولید اسمولیت‌ها سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه ریحان تحت تنش شوری شد و منجر به افزایش جذب عناصر غذایی و میزان اسانس گیاه گردید.

واژه‌های کلیدی: *Ocimum basilicum* cv. Keshkeny luvelou، کلروفیل، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، املاح معدنی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که به‌عنوان گیاهی دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌عنوان سبزی تازه استفاده می‌شود. تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده به‌شمار می‌رود که کمّیت و کیفیت محصولات کشاورزی را به‌شدت کاهش می‌دهد (Abedi & Pakniat, 2010). پاسخ گیاهان به تنش شوری به‌علت اینکه این تنش موجب ایجاد سایر مسائل ازجمله ایجاد تنش اسمزی، سمّیت یونی و القاء تنش اکسیداتیو می‌شود، پیچیده است (Chawla *et al*., 2013). راهکارهای عمده بیولوژیکی که گیاهان در درجات مختلف تنش شوری استفاده می‌کنند شامل تنظیم اسمزی (تحمل)، جداسازی یون‌های نامطلوب و انباشت آنها در واکوئل‌ها و بخش‌های مختلف سلول و جلوگیری از ورود املاح به داخل گیاه است (Naghavi *et al*., 2015). بررسی مطالعات قبلی نشان داد که تنش شوری موجب افزایش کربوهیدرات محلول، فنل کل، پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان آویشن دنائی (*Thymus daenensis* Celak.) (Harati *et al*., 2015)، مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanika*) (Amiri & Moazeni, 2016) و ریحان (Moghaddam & Talebi, 2016) شد. اسید سالیسیلیک یکی از مهمترین مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که رشد و نمو فیزیولوژیکی و فعالیت‌های متابولیکی گیاه را تنظیم می‌کند و کاربرد آن در شرایط تنش موجب کاهش اثرهای ناشی از سمیّت شوری و ایجاد مقاومت در گیاهان می‌گردد (Gallego-Giraldo *et al*., 2011). در یک پژوهش محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک در آویشن دنائی تحت تنش شوری از طریق کاهش غلظت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در گیاه موجب بهبود صفات فیزیولوژیکی گیاه گردید و سبب افزایش مقاومت آن در شرایط تنش شد (Harati *et al*., 2015). در نتیجه شور شدن تدریجی خاک و اثر آن در عملکرد گیاهان، بررسی پاسخ گونه‌های مختلف گیاهی به تنش شوری ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت گیاه دارویی ریحان و همچنین اثرهای تنش شوری بر گیاهان، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر روابط آبی گیاه، ویژگی‌های فیزیولوژیکی، انباشت اسمولیت‌ها (پرولین و قندهای محلول)، میزان کلروفیل برگ، بررسی تجمع عناصر به‌ویژه عناصر سمّی در برگ‌ها و ریشه‌ها و همچنین بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، جذب برخی عناصر و درصد اسانس گیاه ریحان رقم کشکنی لولو (*Ocimum basilicum* cv. Keskeny Luvelou) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد، تیمارها شامل فاکتور شوری در چهار سطح (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار) و فاکتور اسید سالیسیلیک در پنج سطح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. در داخل هر گلدان چهار بوته نشایی کشت شد. در مرحله چهار تا شش برگی تیمارهای شوری به‌صورت آبیاری با آب حاوی غلظت‌های مورد نظر کلرور سدیم تهیه شده از شرکت مرک شروع شدند. اسید سالیسیلیک نیز یک ماه پس از کشت بذر و همزمان با اعمال تنش شوری آغاز شد. محلول‌پاشی قبل از طلوع آفتاب به‌صورت افشانه برگی، به‌طوری که سطح برگ توسط اسید سالیسیلیک کاملاً خیس شده بود، اعمال شد. اعمال تیمار شوری و اسید سالیسیلیک تا زمان برداشت گیاهان در مرحله گلدهی ادامه داشت. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه کلروفیل فلوریمتر استفاده گردید. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل، ۰/۲۵ گرم از نمونه برگ با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ عصاره‌گیری و میزان جذب در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت

شد (Arnon, 1949). محتوای نسبی آب برگ به روش Weatherley (۱۹۵۰)، شاخص نشت الکترولیت به روش Bastam و همکاران (۲۰۱۲)، غلظت پرولین و قندهای محلول به‌ترتیب به روش‌های Paquin و Lechasseur (۱۹۷۹) و Irigoyen همکاران (۱۹۹۲)، میزان فنل به روش Isfendiyaroglu و Zeker (۲۰۰۱) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش حذف رادیکال‌های آزاد DPPH (Burits & Bucar, 2000) اندازه‌گیری شدند. میزان سدیم و پتاسیم ریشه و شاخساره با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر به روش Olsen و همکاران (۱۹۵۴) و کلر با استفاده از روش Chapman و Pratt (۱۹۶۱) اندازه‌گیری گردیدند. استخراج و اندازه‌گیری اسانس از نمونه‌های خشک شده برداشت شده در مرحله گلدهی به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه اسانس‌گیر (Clevenger) انجام شد و درصد اسانس در هر نمونه محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل آماری پس از نرمال کردن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها و جدول‌ها و نمایش اطلاعات نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گردید. مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

پارامترهای فتوسنتزی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس برهم‌کنش شوری و اسید سالیسیلیک، میزان کلروفیل فلورسانس، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید موجود در برگ را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). بیشترین میزان کلروفیل فلورسانس و کاروتنوئید مربوط به گیاهان شاهد (بدون اعمال تنش شوری و عدم کاربرد سالیسلیک اسید) بود (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۲/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار شوری ۳۰ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار و بیشترین میزان کلروفیل b (۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار شوری ۳۰ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب با غلظت‌های ۱/۵ میلی‌مولار بود (جدول ۲).

تنظیم‌کننده‌های اسمزی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، برهم‌کنش شوری و اسید سالیسیلیک میزان پرولین و قند محلول را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). بیشترین میزان پرولین (۶۲ میکرومولار پرولین بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار شوری ۶۰ و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار و بیشترین میزان قند محلول (۱۹۸/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار شوری ۹۰ و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار بود (جدول ۲).

میزان فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس برهم‌کنش شوری و اسید سالیسیلیک بر فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان فنل کل (۱۰۱/۰۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار شوری ۹۰ و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان مربوط به تیمار تنش شوری با غلظت ۹۰ میلی‌مولار و بدون اعمال اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲).

پارامترهای مربوط به روابط آبی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، برهم‌کنش شوری و اسید سالیسیلیک محتوای نسبی آب برگ و میزان نشت یونی را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۹۶/۲۷٪)، مربوط به تیمار شوری ۳۰ و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بود. بیشترین میزان نشت یونی (۹۴/۳٪) مربوط به تیمار شوری ۹۰ بدون اعمال اسید سالیسیلیک بود، اما تیمار با اسید سالیسیلیک در برخی از سطوح تنش شوری باعث کاهش میزان نشت یونی شد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و درصد اسانس

ریحان (***Ocimum basilicum* cv. Keshkeny luvelou**)

Table 1. ANOVA of salinity stress and salicylic acid effects on some biochemical and physiological traits and essential oil percentage of *Ocimum basilicum* cv. Keshkeny luvelou

S.O.V.	df	Mean squares												
		Chlorophyll *a* (mg/g FW)	**Chlorophyll *b* (mg/g FW)**	**Total Chlorophyll (mg/g FW)**	**Proline (mg/g FW)**	**Soluble solids (mg/g FW)**	**Relative water content (%)**	**Electrolyte leakage (%)**	**Arial parts Cl (ppm)**	**Shoot Na^+ (%)**	**Root Na^+ (%)**	**Shoot K^+ (%)**	**Root K^+ (%)**	**Essential oil (%)**
Salt stress (A)	3	0.87**	0.24**	2.34**	2379.15**	21.98 **	2433.07**	2953.31**	45.88**	15.17**	10.39**	255.88**	83.18 **	1.68**
Salicylic acid (B)	4	0.39**	0.16**	1.07**	1510.36**	66.76 **	153.88**	96.00**	76.09 ns	7.13**	0.95**	47.83**	19.24 ns	0.26**
(A×B)	12	0.36**	0.19**	1.06**	304.74**	49.99 **	129.96**	211.39**	10.87 *	12.37**	1.06**	43.48**	22.63**	0.015**
Experimental error	40	0.002	0.002	0.002	8.41	27.04	39.69	65.61	52.006	0.29	0.049	1.45	10.11	0.001
C.V.	-	6.93	7.93	3.52	14	5.22	9.21	11.3	9.27	10.6	10.3	12.6	10.4	4.25

ns., **, and *: not significant, and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ریحان (***Ocimum basilicum* cv. Keshkeny luvelou**)

Table 2. **Means comparison of salinity × salicylic acid interaction effects on some biochemical and physiological traits of *Ocimum basilicum* cv. Keshkeny luvelou**

Salt Stress (mM)	Salicylic acid (mM)	Chlorophyll *a* (mg/g FW)	Chlorophyll *b* (mg/g FW)	Total Chlorophyll (mg/g FW)	Proline (mg/g FW)	Soluble solids (mg/g FW)	Relative water content (%)	Electrolyte leakage (%)	Shoot Na^+ (%)	Root Na^+ (%)	Shoot K^+ (%)	Root K^+ (%)	Arial parts Cl (ppm)	Essential Oil (%)
0 mM	0 mM	1.13 c	0.92 b	2.16 d	0.66 r	30 q	81.38 c	36.8 q	2.85 j	1.39 hi	34.30 c	10.42 ef	168.2 j	1.14 d
	0.5 mM	0.25 h	0.24 h	0.52 n	3.18 q	39.58 o	79.18 e	42.4 p	3.27 ij	1.26 ij	40.36 b	18.16 b	269.1 ij	1.32 c
	1 mM	0.26 h	0.54 de	1.22 h	7.28 l	37.08 p	84.21 b	55.2 o	2.72 j	1.65 gh	46.75 a	9.08 gh	316.7 fg	1.47 a
	1.5 mM	0.85 d	0.84 b	1.75 f	6.62 m	99.58 i	74.09 h	60.8 n	1.71 k	1.26 ij	49.78 a	22.53 a	362.6 ij	1.41 ab
	2 mM	0.36 g	0.51 e	0.85 kl	6.32 n	45.83 n	73.07 i	66.4 m	4.14 gh	1.16 j	40.36 b	16.14 c	302.7 ij	1.34 bc
30 mM	0 mM	0.41 g	0.40 ef	0.89 k	7.74 k	72.08 m	75.27 f	67.2 l	3.98 hi	1.91 fg	34.30 c	12.10 de	470.9 i	0.38 f
	0.5 mM	1.15 c	1.02 a	2.25 c	4.61 p	159.58 d	96.27 a	72 k	3.69 hi	2.46 d	36.66 bc	11.77 de	605.4 fg	0.95 e
	1 mM	1.37 b	0.91 b	2.46 b	5.49 o	97.08 j	67.27 l	72 k	5.11 ef	1.45 hi	40.36 b	7.73 hi	740 fg	1.09 d
	1.5 mM	1.62 a	1.03 a	2.87 a	44.06 c	97.08 j	79.88 d	77.6 g	4.40 gh	2.10 ef	34.64 c	9.08 gh	639.1 fg	1.30 c
	2 mM	0.81 d	0.64 c	1.54 g	21.12 g	117.08 f	74.24 g	76.8 h	5.76 ef	1.52 hi	25.9 d	13.79 d	672.7 fg	1.34 bc
60 mM	0 mM	0.78 d	0.61 cd	1.47 g	32.54 d	95.83 k	72.68 j	76 i	6.34 cd	2.49 d	24.55 d	9.75 fg	807.3 g	0.5 ij
	0.5 mM	0.56 ef	0.48 ef	1.09 i	15.24 j	100.83 h	61.59 m	76.8 h	3.98 hi	1.61 h	27.24 d	8.07 hi	1076.4 ef	0.71 gh
	1 mM	0.41 g	0.38 g	0.82 klm	24.53 f	108.33 g	68.13 k	73.6 j	5.57 de	1.45 hi	27.24 d	5.38 j	1210.9 cd	0.75 g
	1.5 mM	1.13 c	0.84 b	1.81 ef	62 a	137.08 e	61.1 n	76 i	5.50 de	2.36 de	12.78 g	1.68 l	1009.1 ef	0.84 f
	2 mM	0.56 ef	0.41 fg	1.04 ij	17.19 h	37.08 p	58.2 o	78.4 f	6.18 cd	1.58 h	28.25 d	5.04 j	1076.4 cd	0.94 e

ادامه جدول ۲- ...

Continued Table 2. …

Salt Stress (mM)	Salicylic acid (mM)	Chlorophyll *a* (mg/g FW)	Chlorophyll *b* (mg/g FW)	Total Chlorophyll (mg/g FW)	Proline (mg/g FW)	Soluble solids (mg/g FW)	Relative water content (%)	Electrolyte leakage (%)	Shoot Na^+ (%)	Root Na^+ (%)	Shoot K^+ (%)	Root K^+ (%)	Arial parts Cl (ppm)	Essential Oil (%)
90 mM	0 mM	0.38 g	0.34 gh	0.75 m	44 c	72.08 m	51.17 r	94.3 a	7.38 b	3.07 c	28.25 d	10.42 ef	1816.3 ab	0.33 k
	0.5 mM	0.39 g	0.36 g	0.78 lm	16 i	75.42 l	56.03 p	84 b	4.63 fg	4.43 a	15.47 gh	6.05 ij	2018.2 a	0.44 j
	1 mM	0.84 d	0.38 g	1.87 e	26 e	180.83 b	52.23 q	81.6 d	9.78 a	3.95 b	18.16 ef	2.35 kl	1480 c	0.55 i
	1.5 mM	0.51 f	0.42 fg	0.98 j	45 b	198.33 a	51.2 r	83.2 c	8.94 a	3.14 c	28.25 d	8.07 hi	1210.9 cd	0.66 h
	2 mM	0.64 e	0.56 cde	1.25 h	26 e	188.33 c	49.72 s	79.2 e	6.80 b	2.49 d	19.84 e	4.03 jk	1614.5 b	0.66 h

In each column, the numbers with at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level (Duncan test).

عناصر غذایی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، برهم‌کنش شوری و اسید سالیسیلیک میزان سدیم، پتاسیم و کلر موجود در اندام هوایی و ریشه را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). بیشترین میزان سدیم اندام هوایی به‌ترتیب در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار و سالیسیلیک اسید ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان سدیم ریشه در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار و سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار بود. بیشترین میزان پتاسیم موجود در اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و بدون اعمال تنش شوری بود. نتایج نشان داد با ایجاد تنش شوری میزان کلر افزایش یافت. بیشترین میزان کلر در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار و بدون اعمال اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲).

درصد اسانس

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس درصد اسانس در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک قرار گرفت (جدول ۱). یافته‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا سطح ۱/۵ میلی‌مولار بدون اعمال شوری درصد اسانس افزایش یافت. بیشترین (۱/۴۷٪) و کمترین میزان اسانس (۰/۳۸٪) به‌ترتیب در تیمارهای اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار، بدون اعمال تنش شوری و تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار و بدون کاربرد اسید سالیسیلیک حاصل شد (جدول ۲).

بحث

محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی از آب موجود در گیاه می‌باشد و میزان بالای آن نشان‌دهنده وضعیت مناسب گیاه است که آماس سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد؛ اما با افزایش تنش شوری و کاهش آماس سلولی محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. به‌عبارتی‌دیگر، با افزایش تنش شوری، قابلیت آب در اطراف ریشه منفی‌تر شده و جذب آب توسط ریشه کاهش می‌یابد، در نتیجه آب قابل جذب برای گیاه از دسترس آن خارج شده و از محتوای نسبی آب برگ کاسته می‌شود (Haghnia, 1993). تنش شوری سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) (Narimani *et al.*, 2020) و بابونه آلمانی (*Matricaria chamomila*) (Lotfollahi *et al.*, 2015) گردید که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک روی محتوای نسبی آب برگ تحت تنش‌های مختلف در مطالعات قبلی روی ذرت (El-Khallal *et al.*, 2009) و خیار (Lei *et al.*, 2010) گزارش شده‌است، به‌نحوی که تمام این آزمایش‌ها تأییدی است بر این آزمایش که تنش شوری باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید، اما اسید سالیسیلیک اثر ناشی از تنش را کاهش داد. علاوه‌براین، قابلیت اسمزی گیاهان تحت تنش شوری کاهش می‌یابد و تیمار اسید سالیسیلیک این اثر را تعدیل می‌کند، در نتیجه به‌دلیل تجمع اسمولیت‌های آلی و غیر آلی جذب آب افزایش یافته و محتوای نسبی آب برگ نیز افزایش می‌یابد (Deef, 2007). افزایش محتوای نسبی آب توسط اسید سالیسیلیک و مشتقات آن را می‌توان به نقش اسید سالیسیلیک در افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیداتیو و افزایش همبستگی و پایداری غشاء و تعدیل و تنظیم اسمزی از طریق افزایش مقدار پتاسیم به‌عنوان یون بسیار مهم در حفظ فشار تورژسانس سلولی نسبت داد (Korkmaz *et al.*, 2007). همچنین، نشت الکترولیتی از شاخص‌های پایداری غشاء محسوب می‌شود و در هنگام تنش شوری افزایش می‌یابد، به‌دلیل اینکه در هنگام تنش گونه‌های فعال اکسیژن افزایش پیدا می‌کنند و سبب پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش پایداری غشاء می‌شوند، در نتیجه مواد سیتوپلاسمی از آن به بیرون نشت کرده و افزایش هدایت الکتریکی را به‌دنبال دارد (Manchanda & Garg, 2008). البته تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر کاهش میزان نشت یونی گیاهان تحت تنش شوری گزارش شده‌است (Lei *et al.*, 2010). تأثیر اسید سالیسیلیک بر جذب و انتقال یون در گیاهان منجر به

پاسخی خاص برای هر گونه می‌گردد. گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و تغییر در نفوذپذیری غشاء (نشت یونی) و خسارت به سلول می‌شوند (Eraslan *et al*., 2007).

از سوی دیگر، شاخص کلروفیل فلورسانس نشان‌دهنده کارآیی فتوسنتز و بیانگر حداکثر بازدهی کوآنتومی فتوسیستم ۲ و کاهش کلروفیل فلورسانس، بیانگر آشفتگی در کلروفیل و تخریب کلروپلاست است. اسید سالیسیلیک با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل حضور پیوند دوگانه در ساختمان آن، رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش شوری را جذب کرده و از اثرهای مخرب شوری می‌کاهد (Jiang *et al*., 2006). براساس نتایج این آزمایش تنش شوری سبب کاهش نسبت کلروفیل فلورسانس گردید اما تیمار با اسید سالیسیلیک این میزان را افزایش داد. مطالعات قبلی نشان دادند که تنش شوری موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در ریحان (Moghaddam & Talebi, 2016) شد. همچنین یافته‌های حاصل از آزمایش‌های قبلی نشان دادند که تنش شوری سبب کاهش مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و افزایش کاروتنوئید در زوفا (*Hyssopus officinalis*) (Jahan Tigh *et al*., 2016) و مرزه (*Satureja hortensis*) (Emarat Pardaz *et al*., 2014) گردید که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. کاهش در میزان کلروفیل می‌تواند به علت تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول، فعالیت آنزیم‌هایی مانند کلروفیلاز و پراکسیداز باشد که منجر به پراکسیداسیون لیپیدی، تجزیه رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه کاهش کلروفیل می‌شود (Ahmadi & Siose Marde, 2004). همچنین علت کاهش کاروتنوئیدها تحت تنش شوری تخریب بتاکاروتن و تشکیل زآگزانتین است (Karimi *et al*., 2005). کاربرد اسید سالیسیلیک باعث القای سازش در گیاه تحت تنش شوری شده و منجر به شروع واکنش محافظتی رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود و پایداری غشای پلاسمایی را حفظ می‌کند که منجر به بهبود رشد گیاهان در این شرایط می‌شود (EL-Tayeb, 2006).

گیاهان هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی شروع به ایجاد سازوکارهای دفاعی برای زنده ماندن و مقابله با تنش می‌کنند که افزایش پرولین و قندها از این موارد است (Harati *et al*., 2015). مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق، بررسی‌ها نشان داد که تنش شوری سبب افزایش میزان پرولین در مرزه تابستانه (Emarat Pardaz *et al*., 2014) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) (Hosseini *et al*., 2016)، کربوهیدرات محلول در شوید (Noorani Azad & Hajibagheri, 2008)، پرولین و کربوهیدرات محلول در آویشن دنائی (Harati *et al*., 2015) شد. در این آزمایش مشاهده شد که با افزایش شوری میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ ریحان برای مقابله با شرایط تنش افزایش یافت. کربوهیدرات محلول یکی از عوامل مهم تنظیم‌کننده اسمزی، مؤثر در تسهیل جذب آب و حفظ غشای سلولی در برگ گیاهان تحت تنش شوری است که می‌تواند در مقادیر بالا بدون صدمه به فعالیت‌های بیوشیمیایی تجمع یابد و از این طریق موجب حفاظت اسمزی و افزایش مقاومت به شوری می‌شود (Jahan Tigh *et al*., 2016). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسید سالیسیلیک به‌دلیل القای تولید ABA، گیاه را نسبت به تنش سازگار می‌کند. یکی از دلایل افزایش پرولین نیز احتمالاً افزایش ABA درون‌زا می‌باشد که باعث القای تولید پرولین می‌شود، در نتیجه واکنش محافظت را ایجاد کرده و آسیب شوری را در گیاه کاهش می‌دهد. در هنگام تنش شوری آنتی‌اکسیدان‌ها و همچنین ترکیب‌های فنلی که دسته‌ای از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشند، افزایش می‌یابند. علت این افزایش، گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه است که برای گیاه سمّی بوده و سبب تخریب لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و گیاه برای تحمل این شرایط ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانتی خود را افزایش می‌دهد تا بتواند این ترکیب‌ها را حذف کند (Demiral *et al*., 2005) و همین موضوع می‌تواند دلیلی بر افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در این تحقیق باشد. مطابق با نتایج این تحقیق ترکیب‌های فنلی در نعناع فلفلی تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت (Vatankhah *et al*., 2017). علاوه‌بر این، اسید سالیسیلیک

به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی عمل کرده و در حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن ازجمله پراکسید هیدروژن نقش دارد و میزان آسیب وارده به اسیدهای چرب را کاهش می‌دهد.

تنش شوری موجب اختلال در میزان عناصر غذایی می‌شود. نتایج حاصل از مطالعه‌ای در گیاه ریحان نشان داد که تنش کلرید سدیم سبب کاهش میزان عناصر غذایی شد (Scagel *et al*., 2019). مطابق با این نتایج گزارش شده است که اسید سالیسیلیک غلظت K^+ در ذرت را تحت شرایط شوری افزایش می‌دهد. همچنین گزارش شده است که اسید سالیسیلیک، تجمع Na^+ و Cl^- را در ذرت به‌خوبی مهار می‌کند (Hussein *et al*., 2007). علت اختلال در میزان عناصر غذایی تحت تنش شوری را می‌توان چنین بیان کرد که غلظت یون سدیم در خاک در شرایط تنش کلرید سدیم به‌شدت افزایش یافته و آب در دسترس گیاه به‌علت افزایش غلظت نمک کاهش یافته و علائم تنش خشکی ایجاد می‌شود. به‌دلیل شباهت در شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، پروتئین‌های ناقل قادر به تمایز این دو یون از هم نیستند، بنابراین جذب سدیم توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد و سمّیت سدیم در گیاه اتفاق می‌افتد. این سمّیت باعث ایجاد اختلال در متابولیک گیاه می‌شود و جذب عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بدین صورت سبب کاهش جذب عناصر ضروری گیاه می‌شود (Scagel *et al*., 2019 ؛Tavallaie *et al*., 2010).

یکی از عواملی که می‌تواند مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه را تحت تأثیر قرار دهد شوری خاک است (Tabatabaie & Nazari, 2007). نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده، حکایت از کاهش مقدار و عملکرد اسانس گیاهان تحت تأثیر شوری دارند. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق، شوری باعث کاهش عملکرد اسانس در ریحان (Hasani & Omidbeigi, 2003) و نعناع (Barrert-Lennard, 2003) گردید. در این پژوهش نیز با افزایش شوری درصد اسانس کاهش یافت اما تیمار با اسید سالیسیلیک اثر منفی ناشی از تنش را کاهش داد. مطابق با نتایج این مطالعه، در یک آزمایش روی ریحان و مرزنجوش گزارش شد که محلول‌پاشی گیاه با اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان اسانس حاصل گردید (Gharib, 2007). ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که شوری عملکرد اسانس را در خانواده نعناعیان کاهش می‌دهد و این مسئله احتمالاً به‌دلیل محدود شدن عرضه سیتوکنین از ریشه‌ها به شاخه‌ها و در نتیجه تغییر نسبت بین سیتوکنین و آبسیزیک اسید برگ باشد (Barrert-Lennard, 2003).

به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از سالسیلیک اسید در شرایط تنش شوری موجب بروز تغییراتی در برخی ویژگی‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه ریحان می‌گردد. به‌طوری که افزایش شوری صفاتی مانند میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را کاهش داد؛ ولی موجب افزایش تنظیم‌کننده‌های اسمزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردید. کاربرد سالیسیلک اسید توانست در سطوح مختلف شوری تا حدی اثرهای مخرب آن را در گیاه ریحان بهبود ببخشد، به‌طوری که این گیاهان نسبت به گیاهانی که تحت تنش شوری بودند ولی اسید سالیسیلیک در آنها استفاده نشده بود، مقاومت به شوری بیشتری داشتند. همچنین شوری موجب کاهش درصد اسانس گردید اما کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش درصد اسانس شد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق کاربرد اسید سالیسیلیک از طریق افزایش تولید حفاظت‌کننده‌های اسمزی مانند کربوهیدرات‌های محلول و آمینواسیدهایی مانند پرولین و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی تحمل گیاهان را در برابر تنش شوری افزایش داد.

References

- Abedi, T. and Pakniyat, H., 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivar of oilseed rap (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46(4): 27-34.
- Ahmadi, A. and Siose Marde, A., 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrates, chlorophyll and proline in four wheat cultivars adapted to different climatic conditions of Iran. Iranian Journal of Agriculture Sciences, 35(3): 753-763.

growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticalturae, 113(2): 120-128.
- Gallego-Giraldo, L., Escamilla-Trevino, L., Jackson, L.A. and Dixon, R.A., 2011. Salicylic acid mediates the reduced growth of lignin down-regulated plants. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(51): 20814-20819.
- Gharib, F.A., 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International Journal of Agriculture and Biological, 2: 294-301.
- Haghnia, Gh.H., 1993. Guide to Plant Tolerance to Salinity. Jihad Daneshgahi (Ferdowsi University of Mashhad), 630p.
- Harati, E., Kashefi, B. and Matinizadeh. M., 2015. Investigation of reducing detrimental effects of salt stress on morphological and physiological traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through salicylic acid application. Journal of Plant Production Technology, 16(2): 111-125.
- Hasani, A. and Omidbeigi, R., 2003. Effects of water stress on some morphological, physiological, and metabolical characteristics in basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science, 12(3): 47-59.
- Hosseini, H., Mousavi Fard, S., Fatehi, F. and Qaderi, A., 2016. Phytochemical changes and morpho-physiological traits of *Thymus vulgaris* L. cv. Varico 3 under salinity stress. Medicinal Plants, 16(10): 22-33.
- Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S., 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plant. Journal of Agriculture and Biological Science, 34: 321-328.
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanches-Disz, M., 1992. Alfalfa leaf senescence induced by drought stress, photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and ethylene evolution, Physiologia Plantarum, 84(1): 67-72.
- Isfendiyaroglu, M. and Ozeker, E., 2001. The relations between phenolic compounds and seed dormancy in *Pistacia* spp. Cahiers Options Mediterraneennes, 56: 227-232.
- Jahan Tigh, A., Najafi, F., Naqdi Badi, H.A., Khavarinejad, R.A. and Sanjarian, F., 2016. Study of some physiological indicators of *Hyssopus officinalis* in the vegetative stage under the influence of salinity stress. Plant Biology, 8(27): 81-94.
- Jiang, Q., Roche, D., Monaco, T.A. and Durham, S., 2006. Gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters and carbon isotope discrimination of 14
- Amiri, H. and Moazeni, L., 2016. Interaction of salinity and ascorbic acid with some biochemical features in *Satureja khuzistanica*. Nova Biologica Reperta, 3(1): 69-79.
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
- Barrert-Lennard, E.G., 2003. The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications. Plant and Soil, 253(1): 35-54.
- Bastam, N., Baninasab, B. and Gobadi, C., 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. Plant Growth Regulation, 18: 206-211.
- Burits, M. and Bucar, F., 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. Phytotherapy Research, 14: 323-328.
- Chapman, H.D. and Pratt, P.F., 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. University of California, Los Angeles, 309p.
- Chawla, S., Jain, S. and Jain, V., 2013. Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology, 22(1): 27-34.
- Deef, H.E., 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Advances in Biological Research, 1(12): 40-48.
- Demiral, M.A., Aydin, M. and Yorulmaz, A., 2005. Effect of salinity on growth chemical composition and antioxidative enzyme activity of two malting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. Turkish Journal of Biology, 29(2): 117-123.
- El-Khallal, S.M., Hathout, T.A., Ashour, A.A. and Kerrit, A.A., 2009. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 5(4): 380-390.
- El-Tayeb, M.A., 2006. Differential response of two *Vicia faba* cultivars to drought: growth, pigments, lipid peroxidation, organic solutes, catalase and peroxidase activity. Acta Agronomia Hungarica, 54(1): 25-37.
- Emarat Pardaz, J., Hami, A. and Gohari, Gh., 2014. Evaluation of growth characteristics and yield of savory essential oil (*Satureja hortensis* L.) under salinity and zinc foliar treatment. Agricultural science and sustainable production, 26(3): 131-141.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M., 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the

Dracocephalum moldavica L. essential oil under different salinity stresses and application of humic and ascorbic acid. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 7(4): 34-48.
- Noorani Azad, H. and Hajibagheri, M.R., 2008. Effect of salinity stress on some physiologic characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). Agroecology Journal, 4(12): 93-100.
- Paquin, R. and Lechasseur, P., 1979. Observations on a method for determining free proline in plant extracts. Canadian Journal of Botany, 57(18): 1851-1854.
- Scagel, C.F., Lee, J. and Mitchella, J.N., 2019. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. Industrial Crops and Products, 127: 119-128.
- Tabatabaie, J. and Nazari, J., 2007. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31(4): 245-253.
- Tavallaie, V., Rahemi, M., Eshghi, S., Kholdbarin, B. and Ramezanian, A., 2010. Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. Badami) seedlings. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34(4): 349-359.
- Vatankhah, E., Kalantari, B. and Andalibi, B., 2017. Effects of methyl jasmonate and salt stress on physiological and phytochemical characteristics of peppermint (*Mentha Piperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 33(3): 449-465.
- Weatherley, P.E., 1950. Studies in water relation of cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist, 49: 81-87.

barley genetic lines in response to salinity. Field Crops Research, 96(2-3): 269-278.
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavarinejad, R.A. and Assareh, M.H., 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. Biologia Plantarum, 49(2): 301-304.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, A.R., 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 29(6): 503-508.
- Lei, T., Feng, H., Sun, X., Dai, Q., Zhang, F., Liang, H. and Lin, H., 2010. The alternative path win cucumber seedlings under low temperature stress was enhanced by salicylic acid. Plant Growth Regulation, 60(1): 35-42.
- Lotfollahi, L., Torabi, H. and Omidi, H., 2015. Salinity effect on proline, photosynthetic pigments and leaf relative water content of chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.) in hydroponic condition. Journal of Plant Production, 22(1): 89-104.
- Manchanda, G. and Garg, N., 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum, 30(5): 595-618.
- Moghaddam, M. and Talebi, M., 2016. The effects of salinity and methyl jasmonate on morphological and biochemical characteristics and photosynthetic pigments content in two basil cultivars. Seed and Plant Production Journal, 32(1): 81-98.
- Naghavi, M.R., Maroof, Kh. and Aboughadereh, A.R., 2015. Effect of water deficit stress on yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR), 7(2): 8-13.
- Narimani, R., Moghaddam, M. and Ghasemi Pirbalouti, P., 2020. Phytochemical changes of

Effects of salicylic acid on physiological, biochemical, nutrient uptake, and essential oil percentage of *Ocimum basilicum* cv. Keshkeni luvelou under salinity stress

H. Mohammadi[1], M.R. Pirmoradi[2*], M. Moghaddam[3], M.H. Shamshiri[4] and M.A. Mirzaabolghasmi[5]

1- M.Sc., Department of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
2*- Corresponding author, Department of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
E-mail: pirmoradi13@yahoo.com
3- Department of Horticulture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
4- Department of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
5- Ph.D. student, Department of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

Received: March 2022 Revised: June 2022 Accepted: June 2022

Abstract

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the important plants from Lamiaceae family which is used as a medicinal spicy plant and also as a fresh vegetable. Salicylic acid (SA) is one of the most important plant growth regulators that regulates growth and physiological development and metabolic processes of the plant. Its application under salinity stress conditions decreases the effects of salinity toxicity and makes resistance in the plants. To investigate the basil (*O. basilicum* cv. Keshkeny luvelou) physiological and biochemical responses to salinity stress and SA, a factorial pot experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications in the research greenhouse of Vali-e-Asr University of Rafsanjan. Experimental treatments included salinity at four levels (0, 30 ,60, and 90 mM) and SA at five levels (0, 0.5, 1, 1.5, and 2 mM). The results showed that salinity stress reduced the amount of chlorophyll florescence, chlorophylls *a* and *b*, total chlorophyll, carotenoid, relative water content, and essential oil percentage. The SA treatment decreased the negative effects of salinity stress on the plant and improved essential oil percentage. Also, salinity stress increased the amount of proline, soluble carbohydrate, phenol, antioxidant activity, electrolyte leakage, leaf and root sodium, and chlorine, but the SA treatment at some salinity stress levels caused to decrease and/or increase these traits. Overall, SA improved the physiological and biochemical characteristics of basil under salinity stress through increasing osmolytes production and resulted in increasing nutrient uptake and essential oil percentage of the plant.

Keywords: *Ocimum basilicum* L. cv. Keshkeny luvelou, chlorophyll, osmotic regulators, mineral salts, antioxidant activity.