تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۴۱۳-۴۲۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.953.1188

تأثیر تنش شوری بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و کمیت و کیفیت اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

مهیا قربانی[۱]، زهرا موحدی[۲]، عزیزالله خیری[۳]، مجید رستمی[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ملایر.
۲. عضو هیئت‌علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ملایر
۳. عضو هیئت‌علمی گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۳۰

چکیده

تنش شوری سبب کاهش عملکرد و رشد در بسیاری از محصولات کشاورزی می‌شود. شوری در گیاهان دارویی نیز بر متابولیت‌های ثانویه آن‌ها تأثیر می‌گذارد. به‌منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک و اسانس نعناع فلفلی، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۵ تکرار اجرا شد. در این آزمایش از ۴ سطح شوری (۶، ۴، ۲ و صفر (شاهد) دسی زیمنس بر متر) محلول کلرید سدیم جهت آبیاری نعناع فلفلی استفاده گردید و صفات گیاهی نظیر درصد محتوای نسبی آب و سطح برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، وزن خشک ریشه، ساقه و برگ، زیست‌توده، درصد اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس اندازه‌گیری شدند. سطوح مختلف شوری بر میزان این شاخص‌ها تأثیر معنی‌داری داشت و با افزایش شدت تنش شوری وزن خشک اندام‌های مختلف و درصد اسانس کاهش یافت به صورتی که در شوری ۶ دسی زیمنس بر متر صفات فوق به پایین‌ترین سطح رسیدند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری بر مقدار همه ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس به‌غیراز ترانس سابینن هیدرات، تأثیر معنی‌داری داشت. بسیاری از ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس ازجمله، منتول، آلفا و بتاپینن، سابین، سینوئل ۱ و ۸، منتوفوران، پولگون، لیمونن با افزایش شدت تنش شوری کاهش یافتند درحالی‌که ولی میزان منتون با افزایش تنش افزایش یافت و بیشترین میزان منتون (۱۸/۱ درصد) در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: **تنش‌های غیر زیستی، کلروفیل، گیاهان دارویی، منتول، وزن خشک**

مقدمه

نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با نام انگلیسی Peppermint گیاهی است علفی، چندساله، ریزوم‌دار و هیبرید (۲n=۴۸) متعلق به راسته Lamiales و خانواده نعناعیان Lamiaceae است و از تلاقی بین گونه‌های *M. aquatic* و *M. spicata* به وجود آمده است (Doymaz, 2006).

اسانس نعناع فلفلی و اجزای آن در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی، شیرینی سازی، نوشابه‌سازی و صنایع ادویه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد و در اکثر فارماکوپه‌ها خواص دارویی اسانس نعناع فلفلی تائید شده است نعناع فلفلی و اسانس آن برای درمان کاهش اشتها، سرماخوردگی، سرفه، تب، تهوع، سردرد (Galeottia et al., 2002)، درمان گرفتگی عضلات، نفخ و سوءهاضمه استفاده می‌شود (Sydney et al., 2010). خواص ضد باکتری (Singh et al., 2011)، ضدویروسی (Mimica-Dukic et al., 2008)، ضد تومور و ضد حساسیتی این گیاه نیز گزارش شده است (Kumar et al., 2004). تولید اسانس در گیاهان دارویی و معطر علاوه بر کنترل ژنتیکی، تحت

* نگارنده پاسخگو: مجید رستمی. پست الکترونیک: majidrostami7@yahoo.com

تأثیر عوامل محیطی قرار دارد (Farzaneh et al., 2011) همواره رشد و عملکرد گیاهان در سراسر جهان توسط تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده متعدد محدود می‌گردد. در بین تنش‌های غیرزنده، تنش شوری در سطح جهان خسارات فراوانی به گیاهان وارد نموده است. مهم‌ترین واکنش گیاه به تنش شوری، کاهش رشد است. تنش شوری مانند بسیاری از تنش‌های دیگر رشد گیاهان را محدود می‌کند. کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (Zhu, 2001). تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه شامل ایجاد تنش اسمزی، سمیت یون‌ها و کمبود مواد مغذی در گیاه است (Hasegawa et al., 2000; Roy et al., 2005). تنش شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Kaya et al., 2001).

نتایج بررسی انجام‌شده روی گیاه بادرنجبویه نشان داد که افزایش میزان شوری تا حد ۴ دسی زیمنس بر متر عملکرد ماده خشک در بادرنجبویه را کاهش داده است ولی ازآنجاکه این گیاه مقاومت اندکی به شوری دارد افزایش میزان شوری تا ۶ دسی زیمنس بر متر منجر به مرگ گیاه شده است (Ozturk et al., 2004).

آقایی و همکاران (Aghai et al., 2014) با بررسی اثر قرار گرفتن دو گونه مریم‌گلی در تنش شوری نشان دادند که با افزایش سطح شوری وزن خشک قسمت‌های هوایی و وزن خشک ریشه در هر دو گونه کاهش یافته است. همچنین اجزای اسانس تغییرات فراوانی ازنظر نوع و میزان اجزای اسانس داشتند. ارچنگی و خدامباشی (Archangi and Khodambashi, 2014) به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، در گیاه دارویی ریحان نشان دادند که ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه با افزایش سطح شوری کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که میزان اسانس با افزایش سطح تنش افزایش پیدا کرد ولی در سطوح بالاتر شوری کاهش پیدا می‌کند. نتایج تأثیر تنش شوری بر شاخص‌های رشدی و اسانس بادرنجبویه نشان داد که با افزایش شوری پارامترهای رشد کاهش پیدا کرد (Gorgini et al., 2015). بررسی تأثیر تنش شوری در نعناع فلفلی نشان داد که با افزایش سطوح شوری، درصد اسانس کاهش یافت (Roodbari et al., 2013). همچنین گزارش شده است که در پاسخ به تنش شوری میزان تولید ترکیبات فنلی در برخی موارد افزایش می‌یابد (Nemat Alla and Younis, 1995).

نعناع فلفلی یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی است که مقدار تولید سالانه‌ی اسانس آن در جهان به حدود ۴۰۰۰ تن می‌رسد که از این مقدار حدود ۸۰ درصد در کشور آمریکا تولید می‌شود (Rita and Animesh, 2011). ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس نعناع فلفلی به بیش از بیست نوع می‌رسد که عامل رایحه، عطر و طعم اسانس آن هستند (Omidbeigi, 1997). منتول، منتول، منتوفوران و ۱، ۸ سینئول از مهم‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس این گیاه هستند که مقدار آن‌ها و سایر اجزای اسانس تحت تأثیر عوامل محیطی و تغذیه‌ای تغییر می‌کند (Scavroni et al., 2005).

کشور ایران ازلحاظ آب‌وهوا، موقعیت جغرافیایی برای کشت و کار گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌گردد اما سطح وسیعی از کشور تحت تنش شوری قرار دارد. باوجود گزارش‌های متعددی که در زمینه اثرات تنش شوری بر گیاهان دارویی خانواده نعناع وجود دارد (Askary et al., 2013; Li et al., 2015) ولی با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در هیچ‌یک از گزارش‌های موجود تغییرات اجزای شیمیایی اسانس موردتوجه قرار نگرفته است، لذا این مطالعه با هدف مشاهده تغییرات صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه نعناع فلفلی در سطوح مختلف تنش شوری و همچنین بررسی اثرات تنش شوری بر درصد اسانس و همچنین نسبت اجزای تشکیل‌دهنده اسانس این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت گلدانی در گلخانه‌ی آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. برای این منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح شوری (صفر یا شاهد، ۲، ۴، ۶ دسی زیمنس بر متر) و پنج تکرار (هر تکرار شامل یک گلدان با سه عدد نشاء چهار برگی بود) اجرا شد. جهت تهیه بستر کشت نشاء، ابتدا خاک گلدان‌ها از مخلوط خاک باغچه، ماسه، کود دامی و ورمی کمپوست به ترتیب، به نسبت ۲: ۱: ۱ آماده و سه عدد نشا چهار برگی در هر گلدان کاشته شدند. به‌منظور رعایت یکنواختی مواد آزمایشی در تیمارها و تکرارهای مختلف

سعی شد گیاهچه‌های انتخاب‌شده برای کاشت در هر گلدان ازنظر اندازه ریزوم نیز تا حد امکان وضعیت مشابهی داشته باشند. یک هفته بعد از استقرار کامل گیاهچه‌ها و به‌محض ظهور برگ‌های جدید، تیمارهای شوری (۶ و ۴، ۲، ۰ دسی زیمنس بر متر) با استفاده از محلول کلرید سدیم اعمال گردید. سه هفته پس از شروع اعمال تنش شوری صفات فیزیولوژیک همچون محتوای نسبی آب برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (Lichtenthaler, 1987) و در پایان آزمایش نیز میزان وزن خشک اندام‌های مختلف و همچنین ویژگی‌های اسانس ازلحاظ کمیت با استفاده از دستگاه کلونجر و اندازه‌گیری کیفیت با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی اندازه‌گیری گردید. برای این منظور نمونه‌های تازه نعناع فلفلی را در شرایط نیم‌سایه به مدت ۱۰۸ ساعت خشک کرده و در زمان اسانس‌گیری مقدار ۱۰ گرم از هر نمونه خشک را جدا و بلافاصله عمل استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر[1] به مدت ۳ ساعت و در شرایط کاملاً یکسان انجام گردید. در سیستم تقطیر با آب[2] اندام گیاه دارویی موردنظر پس از قرار گرفتن در آب تحت تأثیر حرارت تا حد موردنیاز دم‌کرده و توسط بخارآب اسانس به دست می‌آید (Omid Beigi, R., 1997).

شناسایی اجزای اسانس توسط شرکت دانش‌پژوهان پایش امین و با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل شده به طیف‌سنج جرمی[3] (GC/MS) انجام شد. دستگاه گاز کروماتوگرافی مورداستفاده، مدل 7890A ساخت شرکت Agilent آمریکا و ستون مویینه مورداستفاده HP-5MS به طول ۳۰ متر به قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای اولیه ۶۰ درجه سلسیوس با زمان نگهداری ۴ دقیقه، سپس ۳ درجه سلسیوس بر ۱ دقیقه تا ۱۰۰ درجه سلسیوس برای ۲ دقیقه، سپس ۶ درجه سانتی‌گراد بر ۱ دقیقه تا ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد برای ۵ دقیقه گاز حامل هلیوم ۹۹ /۹ درصد با میزان جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه است (Adams, 2001).

تجزیه واریانس داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آمار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

بررسی اثر تنش شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک نعناع فلفلی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین سطوح مختلف شوری از نظر محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل و کارتنوئید اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطح شوری از میزان هر دو نوع کلروفیل، کلروفیل کل و کارتنوئید کاسته شد (جدول ۲). در گیاه دارویی مرزنجوش نیز کاهش میزان کلروفیل با افزایش سطح شوری دیده شده است (Selahvarzi et al., 2011). اثر شوری بر میزان کلروفیل با متوقف کردن آنزیم خاصی که مسئول سنتز رنگ‌دانه‌های سبز در گیاهان است، در ارتباط است (Ashraf et al, 2004). با افزایش غلظت نمک و کاهش پتانسیل آبی، جذب آب در گیاه نعناع فلفلی کاهش یافت، به‌طوری‌که گیاه نتوانست محتوی آب برگ‌های خود را حفظ کند و با گذشت زمان و اعمال شوری محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش پیدا کرد (جدول ۲). یکی از آثار تنش شوری ممانعت از جذب آب و تنش خشکی است و می‌توان علت کاهش محتوای نسبی آب را کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک دانست (Colom and Vazzana, 2003).

با افزایش غلظت نمک در آب آبیاری، سطح برگ کاهش یافت و بیشترین سطح برگ مربوط به شاهد بود که اختلاف معنی‌داری با سطوح مختلف شوری داشت و کمترین سطح برگ در تیمار ۶ دسی زیمنس مشاهده گردید (جدول ۲). کاهش سطح برگ، اولین واکنش گیاهان حساس به نمک[4] در برابر شوری است (Khorsandi et al., 2010). تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل‌استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد. کاهش سطح برگ در گیاه تاج‌خروس زینتی (Kamali et al., 2012)، ریحان (Hasani and Omidbeigi, 2002) و گل‌مکزیکی (Khorsandi et al., 2011) مشاهده شده است.

---

[1]. Clevenger
[2]. Water distillation
[3]. Spectrometry Gas Chromatography–Mass/ GC-MS
[4]. glycophytes

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین سطوح مختلف شوری ازلحاظ وزن خشک برگ، ساقه، ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری از وزن خشک برگ، ساقه و ریشه کاسته شد (جدول ۴).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی نعناع فلفلی

Table 1. Analysis of variance for the effect of salinity (dS/m) on the physiological traits of Peppermint

		میانگین مربعات (Mean of Square)					
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	کارتنوئید Carotenoid	محتوای نسبی آب برگ RWC	سطح برگ Leaf area
تیمار Treatment	3	262.5**	42.56**	93.8**	8.41 **	59.77**	248556 **
خطا Error	16	2.30	0.397	0.96	0.180	0.94	4810.7
ضریب تغییرات C.V (%)	-	4.15	4.80	4.08	4.69	1.53	5.09

** = Significant at 1% probability level

** = معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی نعناع فلفلی

Table 2. Mean comparison for the effect of salinity (dS/m) on the physiological traits of Peppermint

شوری (دسی زیمنس بر متر) salinity(dS/m)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW)	کارتنوئید Carotenoid (mg/g FW)	سطح برگ (میلی‌متر) Leaf area (mm)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) Relative Water Content (%)
0	4.467 a	1.625 a	2.842 a	1.044 a	1609.2 a	77.6 a
2	4.034 b	1.444 b	2.590 b	0.963 b	1423.3 b	64.1 b
4	3.569 c	1.241 c	2.328 c	0.874 c	1313 b	61.6 c
6	2.773 d	0.944 d	1.829 d	0.741 d	1076.3 c	59.1 d

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۱ درصد با هم ندارند.

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 1% level of probability.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و درصد اسانس نعناع فلفلی

Table 3. Analysis of variance for the effect of salinity on the morphological traits and essential oil of Peppermint

			میانگین مربعات (Mean of Square)			
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	درصد اسانس Essential oil content	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
Treatment	تیمار	3	0.010**	23.4 **	63.2 **	66.2 **
Error	خطا	16	0.0001	0.54	0.62	0.84
C.V (%)	ضریب تغییرات	-	7.47	7.17	5.88	6.61

** = Significant at 1% probability level

** = معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک درصد اسانس نعناع فلفلی

Table 4. Mean comparison for the effect of salinity on the morphological traits and essential oil of Peppermint

شوری (دسی زیمنس بر متر) salinity(dS/m)	مقدار اسانس (درصد) Essential oil (%)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) Root dry weight (g/pot)	وزن خشک ساقه (گرم در گلدان) Shoot dry weight (g/pot)	وزن خشک برگ (گرم در گلدان) Leaf dry weigh (g/pot)
0	0.23 a	12.40 a	17.11 a	17.44 a
2	0.19 b	12.22 ab	14.84 b	15.91 a
4	0.15 c	10.06 b	13.03 c	12.95 b
6	0.13 c	7.345 c	8.721 d	9.180 c

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۱ درصد با هم ندارند.

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (Zhu, 2001). آزمایش انجام‌شده در رابطه با تأثیر تنش شوری روی سه گونه مختلف نعناع نشان داد که تنش شوری موجب کاهش طول ساقه این سه گونه شد (Aziza et al., 2008). در مطالعات پیشین کاهش وزن ساقه بابونه شیرازی (Archangi et al., 2012)، وزن برگ و ساقه گل‌مکزیکی (Khorsandi et al., 2010)، کاهش رشد سرخارگل (Montanari et al., 2008)، ریحان (Bernstein et al., 2009) در شرایط تنش شوری گزارش شده است.

ازآنجایی‌که ارزیابی تحمل به شوری گیاهان دارویی به‌منظور کشت در مناطق شور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بررسی میزان اسانس حاصل از گیاهان دارویی کشت‌شده در شرایط تنش شوری نیز مهم است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گزارش کرد که شوری میزان اسانس را در گیاه نعناع فلفلی کاهش داده است و بین سطوح مختلف شوری اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت و همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بیشترین میزان اسانس در شاهد (۰/۲۳ درصد) و کمترین میزان اسانس (۰/۱۳ درصد) در شرایط اعمال تنش شوری ۶ دسی زیمنس بر متر تولید شد. با بررسی اثر شوری آب آبیاری بر گیاهانی مانند مرزنگوش (Olfa Baatour et al., 2009)، نعناع فلفلی (Aziza et al., 2008؛ Munns, 2003) و رازیانه (Ashraf et al., 2004) نیز مشاهده شد که تنش شوری باعث کاهش عملکرد اسانس در این گیاهان می‌شود. به عقیده برخی از پژوهشگران افزایش میزان سدیم در محیط ریشه عامل اصلی کاهش عملکرد اسانس است (Mir Azadi et al., 2012). در آزمایش حاضر افزایش شدت تنش شوری به‌صورت هم‌زمان باعث کاهش عملکرد ماده خشک و همچنین میزان اسانس موجود در گیاه شد که این امر نهایتاً به کاهش عملکرد اسانس منجر خواهد شد. تأثیر منفی تنش شوری بر وزن خشک برگ و ساقه بیشتر از میزان تأثیر بر درصد اسانس گیاه بود به‌صورتی که در شرایط تنش شدید (شوری ۶ دسی زیمنس بر متر) وزن خشک برگ و ساقه و میزان اسانس در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۴۷، ۴۹ و ۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۴).

بر اساس نتایج جدول ۵، با افزایش سطح شوری از تعداد اجزای اسانس کاسته شد. با افزایش سطح شوری از میزان ترکیبات مهم اسانس ازجمله، منتول، آلفا و بتاپینن، سابین، سینوئل ۱ و ۸، منتفوران، پولگون، لیمونن و... کاسته شد؛ اما میزان منتون و ترانس - سابنین هیدرات با افزایش سطح شوری، افزایش یافتند. به نظر می‌رسد که تأثیر تنش بر اجزای اسانس گیاهان مختلف به نوع تنش و گونه گیاهی بستگی دارد. گزارش شده است که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان تیمول و کافئیک اسید در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در مقایسه با تیمار شاهد شد درحالی‌که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان تیمول در این گیاه نداشت. علاوه بر این تأثیر تنش شوری بر همه اجزای اسانس یکسان نیست و گزارش شده است که تنش شوری در گیاه آویشن باغی باعث کاهش وانیلیک اسید و افزایش فرولیک اسید در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌شود (Sayyadi et al., 2015).

جدول ۵. مقایسه میانگین مربوط به میزان اجزاء اسانس نعناع فلفلی (درصد) در سطوح مختلف شوری

Table 3. Mean comparison for essential oil components (%) in different levels of salinity stress

نام ترکیب Compounds	RT† (min)	KI‡	سطوح شوری (Salinity level)			
			0 dS/m	2 dS/m	4 dS/m	6 dS/m
α-Pinene	6.54	934	0.34 a	0.23 b	≤0.00 c	≤0.00 c
Sabinene	7.95	974	0.50 a	0.31 b	0.09 c	≤0.00 d
β-Pinene	8.06	981	1.30 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
Myrcene	9.11	990	0.17 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
D-limonene	10.14	1028	0.25 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
1,8-Cineol	10.31	1034	0.35 a	0.20 b	0.20 b	0.20 b
trans-Sabinene hydrate	11.25	1071	0.16 a	0.21 a	0.25 a	0.21 a
Linalool	12.37	1079	2.15 a	0.99 b	0.48 c	≤0.00 d
α-Terpinolene	12.73	1096	3.69 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
Menthone	13.57	1153	7.25 c	9.37 b	12.3 b	18.1 a
Isomenthone	14.62	1154	45.5 a	29.02 b	0.31 c	≤0.00 c
Neo-menthol	16.83	1166	0.03 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
Menthol	17.03	1172	11.8 a	7.39 b	4.75 c	1.85 d
-(-)Menthol	17.27	1176	≤0.00 d	13.7 b	25.9 a	0.81 c
Pulegone	19.85	1208	3.35 a	3.31 a	≤0.00 b	≤0.00 b
Piperitone oxide	20.02	1230	0.51 a	0.38 b	0.30 b	0.29 b
Neomenthyl acetate	20.25	1274	1.03 b	0.92 b	2.87 a	≤0.00 c
Menthyl acetate	22.85	1295	0.64 a	0.34 b	0.25 b	≤0.00 c
Isomenthyl acetate	26.39	1305	7.34 a	5.56 b	3.10 c	0.52 d
trans-β- farnesene	29.16	1454	0.01 b	0.89 a	≤0.00 c	≤0.00 c
Germacrene D	29.94	1485	0.03 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
Menthofuran	30.35	1492	11.6 a	6.37 b	6.04 b	5.78 b
Caryophyllene oxide	32.83	1542	0.54 b	0.29 c	1.87 a	0.15 c
Viridiflorol	33.52	1593	0.49 a	≤0.00 b	≤0.00 b	≤0.00 b
Isopulegone	33.61	1728	0.05 b	0.25 a	≤0.00 b	≤0.00 b

در هر ردیف، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۱ درصد با هم ندارند.

In each row means followed by the same letter(s) are not significantly different at%1 level of probability

† Retention time; ‡ Kovats index

نتیجه‌گیری کلی

افزایش سطح شوری از طریق تأثیر منفی بر صفاتی از قبیل محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید) باعث کاهش ماده خشک (برگ، ساقه و ریشه) تولیدی شد و از طرف دیگر به‌صورت هم‌زمان موجب کاهش درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی شد. مجموع عوامل یادشده باعث کاهش میزان عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی در واحد سطح خواهد شد. اگرچه تنش شوری روی بیشتر اجزای تشکیل‌دهنده اسانس تأثیر منفی داشت، بااین‌حال تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر همه اجزای اسانس یکسان نبود. از بین ۲۵ ترکیب مؤثره شناسایی‌شده در اسانس نعناع فلفلی فقط مقدار منتون با افزایش تنش شوری به‌صورت خطی افزایش یافت. با توجه به نتایج آزمایش تولید نعناع فلفلی در شرایطی که میزان شوری آب بیشتر از ۲ دسی-زیمنس بر متر باشد توجیه‌پذیر نبوده و باعث کاهش معنی-دار عملکرد بیولوژیک و همچنین درصد اسانس خواهد شد. بر این اساس توصیه می‌شود برای تعیین آستانه خسارت شوری در گیاهانی مانند نعناع فلفلی، به‌جای عملکرد بیولوژیک، عملکرد اسانس و یا عملکرد اجزائی از اسانس که اهمیت بیشتری دارند مدنظر قرار گیرد.

منابع

Adams, R.P., 2001. Identification of Essential oil Components by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectroscopy. Carol Stream IL: Allured Publishing Crop, 465 p.

Aghai, K., Talai, N., Kanani, M., Yazdani, M., 2014. Effect of salt stress on some physiological and biochemical parameters of two *Salvia* species**.** Journal of Plant Process and Function. 3(9), 85-96. [In Persian with English Abstract].

Archangi, A., Khodambashi, M., 2014. Effects of salinity stress on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plant under hydroponic conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 17, 125-138. [In Persian with English Abstract].

Archangi, A., Khodambashi, M., Mohamadkhani, A., 2012. The effect of salt stress on morphological characteristics and Na+, K+ and Ca+ ion contents in medicinal plant fenugreek (*Trigonella foenum gracum*) under hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 10, 33-40. [In Persian with English Abstract].

Ashraf, M., Mukhtar, N., Rehman, S., Rha, E.S., 2004. Salt-induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop's weed (*Ammi majus* L.). Photosynthetica. 42(4), 543-550.

Askary, M., Talebi, S.M., Amini, F. and Bangan, A.D.B., 2017. Effects of iron nanoparticles on *Mentha piperita* L. under salinity stress. Biologija. 63(1), 65-75.

Aziza, E.A., Al-Amier, H., Craker, L.E., 2008. Influence of Salt Stress on Growth and Essential Oil Production in Peppermint, Pennyroyal and Apple Mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 4, 77-87. [In Persian with English Abstract].

Bernstein, N., Kravchik, M., Dudai, N., 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Osimum basilicum)* in relation to alteration of morphological development. Annals of Applied Biology.156 (2), 167-177.

Colom, M. R., Vazzana, C., 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and drought sansitive weeping lovegrass plants**.** Environmental and Experimental Botany. 49, 135-144.

Doymaz, I., 2006. Thin-layer drying behavior of mint leaves. Journal of Food Engineering.74, 370-375.

Farzaneh, A., Ghani, A., Azizi, M., 2010. The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Production. 17 (1), 103-111. [In Persian with English Abstract].

Galeottia, N., Di Cesare Mannellia, L., Mazzantib, G., Bartolinia, A., Ghelardini, C., 2002. Menthol: a natural analgesic compound. Neuroscience Letters. 322, 8-145.

Gorgini Shabankareh, H., Fakheri, B.A., Mohammadpuor Vashvaii, R., 2015. Effects of different levels of salinity and drought stress on growth parameters and essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Filed Crop Science. 46(4), 461-473. [In Persian with English Abstract].

Hasani, A., Omidbeigi. R., 2002. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolic traits of basil. Journal of Agricultural Knowledge. 12(3), 47-59. [In Persian with English Abstract].

Hasegawa, P,. M;Bressan, R. A., Zhu, J. K., Bohnert, H. J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual review of plant biology. 51, 463- 485.

Kamali, M., Shour, M., Selahvarzi, Y., Goldani, M., Tehranifar, A., 2012. Effects CO2 enrichment on morphological characteristics in amaranths (*Amaranthus tricolor* L.)**.** Iranian Journal of Horticultural Science**.** 26(2), 178-188. [In Persian with English Abstract].

Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal of Plant physiology. 27, 47-59.

Khorsandi, O., Hassani, A., Sefidkon, F., Shirzad, H., Khorsandi. A., 2010. Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* kuntz. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 26 (3), 438-451. [In Persian with English Abstract].

Kumar, A., Samarth, R M., Yasmeen, S., 2004. Anticancer and radioprotective potentials of *Mentha piperita* L. BioFactors. 22(1-4), 87-91.

Li, Z., Yang, H., Wu, X., Guo, K. and Li, J., 2015. Some aspects of salinity responses in peppermint (Mentha× piperita L.) to NaCl treatment. Protoplasma. 252(3), 885-899.

Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrane. Methods of Enzymology. 148, 350-382.

Mimica-Dukic, N., Bozin, B., 2008. Mentha L. species (Lamiaceae) as promising sources of bioactive secondary metabolites. Current Pharmaceutical Design. 14,50-3141.

Mir Azadi Z, Pileh Var B, Meshkat MH, Karamian R, Rezaei MA, Khansari A. 2012. The Effect of Main Ecological Factors on the Essential Oil Percent of Myrthuscommunis L. in Different Forest Habitats of Lorestan Province. Elmi-Pazhoheshi Journal of Lorestan Medical Science University. Yafteh. 14 (3), 101-109. [In Persian with English Abstract].

Montanari, M., Degl'Innocenti, E., Maggini, R., Pacifici, S., Pardossi, A., Guidi, L., 2008. Effect of nitrate fertilization and saline stress on the contents of active constituents of *Echinacea angustifolia* DC. Food Chemistry. 107(4), 1461-1466.

Munns, R., 2003. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant Cell and Environment. 25, 239-50.

Nemat Alla, M. M., Younis, M. E., El-Shihaby, O. A., El- Bastawisy, Z. M., 2002. Secondary metabolism in waterlogging and. Kinetin regulation of growth salinity treated Vigna sinensis and *Zea mays*. Acta Physiologia Plantarum. 24, 19-27.

Omid Beigi, R., 1997. Findings about Production and Process of Medicinal Plants. Tarahane Nashr Publication, Iran, 424 pp. [In Persian].

Olfa Baatour, R., Kaddour, W., Aidi Wannes, M., Lachaal Marzouk, B., 2009. Salt Effects on the Growth, Mineral Nutrition, Essential oil Yield and Composition of Marjoram (*Origanum majorana*). Acta Physiologia Plantarum. 10, 0374-4.

Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A., Gürbüz, B., 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Pakistan Journal of Botany. 36(4), 787-792.

Rita, P., Animesh, D.K., 2011. An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). International Research Journal of Pharmacy. 2(8), 1-10.

Roodbari, N., Roodbari, S., Ganjali, A., Ansarifar, M., 2013. The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters and Essential oil percentage of Peppermint (*Mentha piperita* L.). International Journal of Basic and Applied Science. 2(1), 294-299.

Roy, P., Niyogi, K., Sengupta, D.N., Ghosh, B., 2005. Spermidine treatment to rice seedlings recovers salinity stress-induced damage of plasma membrane and PM-bound H+-ATPase in salt-tolerant and salt-sensitive rice cultivars. Plant Science. 168, 583–591.

Sayyadi, A., Ahmadi. J., Asgari. B., Hosseini. S. M. 2015. Effect of drought and salinity stresses on phenolic compounds of Thymus vulgaris L. Eco-Phytochemical Journal of Medical Plants. 4(8), 51-60. [In Persian with English Abstract].

Scavroni, J., Boaro, C.S.F., Marques, M.O.M., Ferreira, L.C., 2005. Yield and composition of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) grown with biosolid. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17(4), 345-352.

Selahvarzi, Y., Goldani, M., Nabati, J., Alirezaei, M., 2011. The effects of ascorbic acid on some changes physio-chemical *Origanum majorana* L. under salinity stress. Iranian Journal of Horticultural Science. 42(2), 159-167. [In Persian with English Abstract].

Singh, R., Shushni, A.M., Belkheir, A., 2011. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. Arabian Journal of Chemistry. 8(3), 322-328.

Sydney de Sousa, A., Soares, P.M.G., Saldanha de Almeida, A.N., Rufino Maia, A., Prata de Souza, E., Sampaio Assreuy, AN., 2010. Antispasmodic effect of *Mentha piperita* essential oil on tracheal smooth muscle of rats. Journal of ethnopharmacology. 130, 433-436.

Zhu, J. K., 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6, 66-71.