Archive of SID

مدیریت آب و آبیاری
دوره ۱۰ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۱۴-۱

اثر شدت‌های مختلف کم‌آبی و شوری بر رشد برگ، ساقه و ریشه گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

مهسا بصیری[۱]، هوشنگ قمرنیا[۲*]، مختار قبادی[۳]
۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۶

چکیده
به‌منظور بررسی تأثیر تنش‌های کم‌آبی و شوری آب آبیاری براندام‌های هوایی و زیرزمینی نعناع فلفلی، دو آزمایش به صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی انجام گرفت. در آزمایش کم‌آبیاری، تیمارهای مورد بررسی شامل سه سطح شاهد (آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، ۲۰ درصد کم‌آبیاری (۸۰ درصد نیاز آبی) و ۴۰ درصد کم‌آبیاری (۶۰ درصد نیاز آبی) بودند. تیمارهای مورد بررسی در آزمایش شوری آب آبیاری شامل چهار سطح شاهد (۰/۹)، دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر بودند. نتایج نشان داد که اثر کم‌آبی بر صفات هوایی شامل وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ و ارتفاع ساقه و هم‌چنین صفات زیرزمینی نظیر وزن خشک ریشه، طول ریشه، سطح، حجم و چگالی ریشه معنی‌دار بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن خشک برگ برای تیمارهای ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب معادل ۲/۴۷ و ۱/۵۴ گرم در بوته به‌دست آمد. با اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد کم‌آبیاری سطح برگ نسبت به تیمار شاهد ۲۲ و ۳۱ درصد کاهش یافت. اعمال شوری آب آبیاری نیز برای تیمارهای دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۱۵، ۲۰ و ۴۷ درصدی سطح برگ شد. با توجه به نتایج بالاترین حد قابل‌تحمل گیاه به شوری آب آبیاری سه دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: اندام زیرزمینی، تنش، سطح برگ، صفات هوایی، لایسیمتر، نیاز آبی.

Effect of Different Deficit Irrigation and Salinity Management on Leaf, Shoot and Root Growth of (*Mentha piperita* L.)

Mahsa Basiri[1], Houshang Ghamarnia[2*], Mokhtar Ghobadi[3]
1. Ph.D. Candidate in Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Professor, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran.
Received: May 11, 2019 Accepted: June 16, 2019

Abstract
In order to study the effects of deficit and salinity water stresses on aerial and underground organs of *Mentha piperita* L. two separate experiments were conducted. A randomized complete block design factorial experiment with three replications was designed at 2017-2018 year in a research farm of department of water engineering, campus agriculture and natural resources of Razi University. Water deficit experiment included three levels (100 (Control), 80 and 60% irrigation requirement) and salinity experiment included four levels control (0.9, 2, 3 and 4) dS/m. The results showed that the effect of water deficit stress on aerial characteristics (shoot fresh and dry weight, leaf fresh and dry weight, leaf area and shoot height) and underground organs (root dry weight, root length, root area, volume and density) were significant. The maximum and minimum of leaf dry weight for 100 and 60% of irrigation requirement observed 2.47 and 1.54 grams per plant. With application of 20 and 40% irrigation deficit leaf area in comparison with control 22 and 31% decreased. With application of water irrigation salinity for 2, 3 and 4 dS/m leaf area 15, 20 and 47% decreased. The highest tolerance salinity of *Mentha piperita* L. was obtained as 3dS/m.

Keywords: Aerial characteristics, Irrigation requirement, Leaf area, Lysimeter, Tension, Underground organ.

* نویسنده مسئول
Email: hghamarnia@razi.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ایران سرزمینی بسیار خشک با نزولات جوی بسیار کم است. درحالی‌که بارندگی سالیانه در سطح کره زمین حدود ۸۶۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود، متوسط بارندگی سالانه در ایران حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. بنابراین ملاحظه می‌شود که متوسط بارندگی در ایران حتی کم‌تر از یک‌سوم متوسط بارندگی جهانی است. هم‌چنین توزیع زمانی و مکانی بارندگی در ایران با نیاز بخش کشاورزی که مصرف‌کننده اصلی آب است، مطابقت ندارد (۱۶). تنش خشکی عامل محدودکننده‌ای است که موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شود، به‌ویژه در اواخر فصل رشد محصولات زمستانه که بارندگی کافی در طول فصل بهار وجود ندارد (۴۰). ازآنجایی‌که کمبود آب بر بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مؤثر است، لذا آب به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور محدودکننده تولید محصولات زراعی می‌باشد (۳۹). بنابراین فراهم‌نمودن آب موجب بهبود عملکرد محصولات می‌شود (۳۸). کمبود منابع آبی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران، سبب شده است تا استفاده از آب‌های شور در کشاورزی و مصارف دیگر، به‌عنوان یکی از اهداف اصلی در نظر گرفته شود. با توجه به این‌که بخش وسیعی از زمین‌های کشور به‌دلیل شرایط خاص آب‌وهوایی، طبیعت مواد مادری و کیفیت نامناسب آب آبیاری شور بوده یا روند آن‌ها به سمت شورشدن هرچه بیش‌تر می‌باشد، طبیعی است که کشت گیاهان در این شرایط با مشکل مواجه بوده و لازم است تا حد امکان تدابیر لازم جهت جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان به‌عمل آید (۴، ۵ و ۶).

در ایران، شوری یک مسأله فراگیر و محدودکننده تولید پایدار کشاورزی است، به‌طوری‌که قسمت‌های زیادی از مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان، مبتلا به سطوح مختلف شوری هستند. برخلاف بزرگی و گستردگی مسأله شوری، تاکنون برنامه جامعی برای مهار آن صورت نگرفته است. در نیم قرن گذشته، پژوهش‌های زیادی در زمینه شوری خاک اراضی کشاورزی کشور انجام شده است. نخستین بررسی‌ها از اواخر دهۀ ۱۳۳۰ خورشیدی توسط مؤسسه خاک‌شناسی ایران با همکاری سازمان خواروبار جهانی در قالب یک پروژۀ حاصلخیزی خاک انجام شد.

نعناع فلفلی[1] با نام علمی *Mentha piperita* L.[2] گیاهی پایا است که توسط ساقه‌های خزنده هوایی و زیرزمینی تکثیر می‌شود (۱۱). اسانس نعناع فلفلی مصارف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی فراوانی دارد. این گیاه یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی است. نعناع فلفلی گیاهی است علفی و چندساله، دارای برگ‌های متقابل و بیضی شکلی می‌باشد که در کناره‌ها دندانه‌دار و به رنگ سبز تیره مشاهده می‌شوند. گل‌های آن قرمز روشن و کم و بیش ارغوانی می‌باشند. این گیاه دارای ساقه زیرزمینی است و بذر آن فاقد قوه رویشی است. به‌واسطه وجود اسانس[3] در اندام‌های رویشی، گیاهان از بویی مطبوع و مزه‌ای خنک و کمی تند برخوردار هستند (۲۷، ۲۹ و ۳۰). نعناع فلفلی دارای ماده‌ای بنام منتول[4] می‌باشد که ایجاد احساس خنکی در دهان می‌کند. از این‌رو از اسانس نعناع فلفلی به‌عنوان طعم‌دهنده و معطرکننده در داروها، خمیر دندان‌ها، شکلات‌های نعناعی و آدامس‌ها استفاده می‌شود (۸).

بررسی مطالعات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که تنش‌های خشکی و شوری از عوامل محدودکننده گیاهان معطر و دارویی از خانواده نعناعیان می‌باشد. گرگینی شبانکاره و همکاران (۲۲) به بررسی تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر خصوصیات گیاه نعناع فلفلی در دانشگاه زابل پرداختند. تیمارهای آبیاری ۸۵، ۷۵، ۶۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تنش (شاهد یا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری در نظر

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته شد. نتایج نشان داد که تأثیر تنش کم‌آبی بر ارتفاع بوته، فاصله میانگره، وزن تر و خشک گیاه، محتوای نسبی آب[5] برگ و درصد اسانس معنی‌دار بود. هم‌چنین بیش‌ترین اسانس مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد.

صفری محمدیه و همکاران (۱۲) در مطالعه مزرعه‌ای به بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و اثر سمیت یونی کلرید سدیم بر خصوصیات گیاهی نعناع سبز پرداختند. تیمارهای آزمایش شامل ۵ سطح شوری (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) کلرید سدیم و سه زمان نمونه‌برداری (۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰ روز پس از کاشت) در نظر گرفته شد. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل غلظت کلروفیل[6]، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت[7]، پرولین[8]، شاخص سبزینگی[9]، هدایت روزنه‌ای[10] و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی[11] بودند. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری، صفت‌های محتوی نسبی آب برگ، شاخص سبزینگی و هدایت روزنه‌ای و افزایش نشت الکترولیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی نعناع سبز می‌گردد. هم‌چنین نتایج نشان داد که گیاه نعناع سبز گیاهی حساس به شوری می‌باشد و شوری بیش از ۳۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم را نمی‌تواند تحمل کند.

رودباری و همکاران (۳۷) به بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات گیاهی گیاه نعناع فلفلی در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. تیمارهای در نظر گرفته‌شده شامل سطوح شوری ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بودند. خصوصیات اندازه‌گیری شامل طول ساقه، ریشه، میانگره‌ها و وزن تر و خشک ریشه، شاخه و درصد اسانس بودند. اعمال شوری تأثیر معنی‌داری روی طول ساقه، ریشه، وزن خشک ساقه و درصد اسانس داشته است. نتایج نشان داد که گیاه در تیمار با شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم از بین می‌رود. با اعمال شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، طول میانگره‌ها و طول ساقه در این تیمار نسبت به تیمار شاهد(صفر میلی‌مولار کلرید سدیم) ۳۴ و ۵۱ درصد کاهش یافته است.

عزیز و همکاران (۲۶) به بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری روی گیاهان نعناع و پونه در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. سطوح شوری در نظر گرفته‌شده در تحقیق شامل صفر، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ گرم بر لیتر کلرید سدیم در نظر گرفته شد. پارامترهای اندازه‌گیری‌شده شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه بودند. نتایج نشان داد که برای گیاه پونه، مقادیر خصوصیات مختلف گیاه نظیر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه در تیمار ۴/۵ گرم بر لیتر کلرید سدیم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصد کاهش داشته است. هم‌چنین نتایج نشان داد که برای گیاه پونه، مقادیر خصوصیات مختلف گیاه نظیر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه در تیمار ۴/۵ گرم بر لیتر کلرید سدیم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۵۲، ۵۲/۷ و ۵۲/۸ درصد کاهش داشته است.

قمرنیا و همکاران (۱۹) به بررسی تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد گیاه گشنیز در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰پرداختند. تیمارها شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) و تیمار شاهد (آبیاری شیاری) بودند. نتایج نشان داد که اثر سطوح تنش کم‌آبی در میزان عملکرد دانه، روغن، اسانس و کارایی مصرف آب برای هر دو سال در سطح معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد روغن و اسانس در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به‌ترتیب برای تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد.

قمرنیا و همکاران (۲۱) به بررسی سطوح مختلف کم‌آبیاری برعملکرد گیاه سیاه‌دانه در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ پرداختند. تیمارهای تحقیق شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی (به روش آبیاری قطره‌ای) و آبیاری شیاری هم به‌عنوان تیمار شاد در نظر گرفته شد. نتایج ایشان نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد روغن مربوط به

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بوده است. درصد روغن در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ٦/۳ و ۲/۲۹ به‌دست آمد.

غلامیان و همکاران (١٤) به بررسی سطوح مختلف شوری بر عملکرد گیاه کاملینا پرداختند. آزمایش‌های گلخانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل ٤ لاین (۸۰، ۱۱۵، ۱۳۰ و ۱۳۱) کاملینا و ۵ سطح شوری (۰/٦، ۳، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و یک نمونه شاهد دیم بود. نتایج ایشان نشان داد که افزایش شوری بر عملکرد معنی‌دار بوده است. تفاوتی بین لاین‌های مختلف بر اساس عملکرد مشاهده نشد.

باتوجه به این‌که گیاه نعناع فلفلی یکی از گیاهان دارویی ارزشمندی است که در سال‌های اخیر موردتوجه کشاورزان در منطقه غرب کشور قرار گرفته است، هم‌چنین وقوع خشک‌سالی‌ها در سنوات گذشته و محدودیت دسترسی به آب شیرین از دیگر محدودیت‌های منطقه می‌باشد، لذا، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری روی گیاه نعناع فلفلی در شرایط مزرعه و به‌صورت کشت لایسیمتری در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ و در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در شهر کرمانشاه انجام گرفت. محل موردنظر دارای طول جغرافیایی ٤٧ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٤ درجه و ٢١ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متری از سطح دریا می‌باشد. این پژوهش در دو آزمایش جداگانه یکی برای مطالعه اثر کم‌آبیاری و دیگری برای بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی و به‌صورت لایسیمتری[12] انجام شد. در آزمایش کم‌آبیاری، تیمارهای موردبررسی شامل سه سطح شاهد (آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، ۲۰ درصد کم‌آبیاری (۸۰ درصد نیاز آبی) و ٤٠ درصد کم‌آبیاری (٦٠ درصد نیاز آبی) بودند. تیمارهای موردبررسی در آزمایش شوری آب آبیاری شامل چهار سطح شاهد (با شوری ۰/۹ دسی‌زیمنس بر متر که با استفاده از آب چاه تأمین شد)، دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر بودند. برای ایجاد سطوح مختلف شوری از نمک NaCl خالص استفاده گردید. هر آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

لایسیمترهای در نظر گرفته‌شده در این پژوهش از جنس پلی‌اتلین، با قطر ٤٥ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر بودند.

در طی مدت انجام پژوهش، داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی تمام اتوماتیک که به فاصله ۵۰ متری از مزرعه تحقیقاتی موردنظر قرار داشت، به‌صورت روزانه اخذ گردید. هم‌چنین به‌منظور محاسبه نیاز آبی، ضرایب گیاهی منفرد نعناع فلفلی از نتایج قمرنیا و موسی بیگی (۲۰) استفاده گردید. ضرایب گیاهی نعناع فلفلی برای مراحل رشد ابتدایی، توسعه و میانی به‌ترتیب معادل ۰/٦۹، ۱/۰۳ و ۱/۲۷ گزارش شدند. جدول (۱) پارامترهای هواشناسی در طول آزمایش را نشان می‌دهد.

Table 1. Meteorological parameters for 2017-2018 growth season

Month	Average air temperature (°C)	Relative humidity (%)	Average wind speed (m/s)	Monthly precipitation (mm)	Radiation (W/m²)
May	24.31	30	1.25	0	316.82
June	29.61	18.61	1.02	0	325.69
July	29.76	21.04	1.1	0	282.68
August	27.29	19.82	0.99	0	268.15

www.SID.ir

Archive of SID

به‌کمک معادله پنمن- مانتیث (۱)، تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) و با استفاده از رابطه (۲)، نیاز آبی گیاه (ETc) به‌دست آمدند.

رابطه ۱)
$$ET_o = \frac{0.408(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

که در آن ET_O: تبخیر- تعرق گیاه مرجع (mmd^{-1})، Rn: تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)، e°_z-e_z: کمبود فشار بخار در ارتفاع Z متری (KPa)، Δ: شیب منحنی فشار بخار ($KPa\ °C^{-1}$)، γ: ضریب رطوبتی ($KPa\ °C^{-1}$)، G: شار گرما به داخل خاک ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، U_2: سرعت باد در ارتفاع دو متری (متربرثانیه).

رابطه ۲)
$$ETc = ETo(Kc)$$

که در آن ETc تبخیر و تعرق واقعی گیاه و Kc ضریب گیاهی می‌باشند (۲٤).

جدول‌های (۲) و (۳) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند. در تاریخ ۱۰ خردادماه۱۳۹۷ ریزوم گیاه نعناع فلفلی در هر لایسیمتر کشت گردید. با توجه به فاصله کشت در حدود ۱۰ سانتی‌متری در هر لایسیمتر (با قطر ٤٥ سانتی‌متر) ۱۰ عدد ریزوم کشت گردید. خاک لایسیمترها از نوع خاک مزرعه بود.

پارامترهای اندازه‌گیری شامل دو بخش خصوصیات اندام‌های هوایی و زیرزمینی بود. خصوصیات اندازه‌گیری‌شده اندام هوایی شامل: وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ و ارتفاع گیاه و خصوصیات اندازه‌گیری‌شده اندام زیرزمینی شامل: وزن خشک ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و طول کل ریشه بود. سطح برگ به‌کمک اسکنر و نرم‌افزار دیجی‌مایزر[۱۳]، طول و سطح ریشه به‌ترتیب از روش‌های تنانت[۱٤] و آتکینسون[۱۵] تعیین گردید (۱۵). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اعمال تیمارهای کم‌آبیاری بر خصوصیات هوایی نعناع فلفلی

وزن تر و خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کم‌آبیاری روی صفت‌های وزن تر و خشک برگ، هم‌چنین وزن تر ساقه در سطح یک درصد و روی وزن خشک ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول٤). در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که با افزایش تنش کم‌آبی، مقادیر وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک برگ به‌شدت کاهش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن تر و خشک برگ و وزن تر و خشک ساقه برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن خشک برگ برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب معادل ۲/٤۷ و ۱/٥٤ گرم در بوته و کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار وزن خشک ساقه برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب برابر ۱/۸٦ و ۱/۳٤ گرم در بوته گزارش شد (شکل۱).

Table 2. Physical characteristics of research site soil

Depth (cm)	Bulk density (g/cm^3)	Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
0-25	1.2	Silty clay	8.7	46.9	44.4

Table 3. Chemical characteristics of research site soil

pH	EC (µmohs/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Organic carbon (%)	Mn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)
7.3	1.2	26	440	1.38	7.8	11.9	1.36	1.64

www.SID.ir

Archive of SID

دلایل متعددی برای کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه در اثر تنش خشکی گزارش شده است. یکی از علل اصلی کاهش در وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه در اثر تنش، به تولید گونه‌های فعال اکسیژن مربوط می‌باشد (۳۱). از دلایل دیگر کاهش وزن تر و خشک گیاه می‌تواند کاهش سطح برگ گیاه باشد. به‌عبارت دیگر گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش می‌دهد و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی، وزن خشک برگ و در نهایت وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (۳). این نتایج با پژوهش‌های انجام‌گرفته توسط آرشی و همکاران (۲۵) در مورد گیاه کاسنی، اردکانی و همکاران (۱) و اکبری نودهی و همکاران (۲) در مورد گیاه بادرنجبویه، فروزنده و همکاران (۱۷)، گرگینی و همکاران (۲۲)، خیری و همکاران (۷) و پولانسکی و همکاران (۳۵) در مورد گیاه نعناع فلفلی هم‌خوانی دارد. نتایج آزمون مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش مقدار آب آبیاری در تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی نسبت به شاهد، مقدار وزن خشک ساقه و برگ به‌ترتیب (۲۳ و ۲۸ درصد) و (۸ و ۳۷ درصد) کاهش یافتند (شکل ۱).

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کم‌آبیاری بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار سطح برگ به‌ترتیب برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمدند. مقادیر سطح برگ برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب معادل ٤۹۵/۷۹ و ۳۳۸/۰۵ سانتی‌متر مربع به‌ازای هر بوته اخذ گردید. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج اکبری نودهی و همکاران (۲) در مورد گیاه بادرنجبویه مطابقت داشت. بررسی دقیق‌تر نتایج نشان داد که با اعمال کم‌آبیاری برای تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد، سطح برگ به‌ترتیب ۲۲ و ۳۱ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

ارتفاع گیاه

تأثیر تیمار تنش کم‌آبی روی ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). ارتفاع گیاهان ناشی از خصوصیات ژنتیکی و شرایط محیطی است و ازآنجاکه تقسیم و افزایش اندازه سلول به تنش خشکی حساس است، لذا علت کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی، کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ‌شدن سلولی نسبت به شرایط بدون تنش می‌باشد. به‌علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. به‌دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کم شده و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد. بدیهی است که با محدودشدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌یابد (۳۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ارتفاع گیاه به‌ترتیب برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب معادل ۳۵/٦٤ و ۲۳/٦ سانتی‌متر به‌ازای هر بوته به‌دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با گزارش‌های آلکیرا (۲۳) فروزنده و همکاران (۱۷)، گرگینی و همکاران (۲۲)، خیری و همکاران (۷) و پولانسکی و همکاران (۳۵) در مورد گیاه نعناع فلفلی و اردکانی و همکاران (۱) و اکبری نودهی و همکاران (۲) در مورد گیاه بادرنجبویه مشابه بود. با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری ۸۰ و٦۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد، ارتفاع گیاه به‌ترتیب ۲۹ و ۳۷ درصد کاهش داشت (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

Table 4. Analysis of variance of deficit irrigation on aerial characteristics of peppermint (Mean square)

Source of variation	Degree of freedom	Leaf wet weight	Leaf dry weight	Shoot wet weight	Shoot dry weight	Leaf area	Plant height
Replication	2	0.05098 ns	0.0136 ns	0.4061 ns	0.0398 ns	62.8377 ns	0.1733 ns
Deficit treatment	2	16.1042 **	0.712 **	16.0163 **	0.2337 *	19770.11 **	148.34 **
Error	4	0.3713	0.0169	0.2975	0.018	110.19	0.6023
CV (%)		7.45	6.23	7.11	8.69	2.58	2.81

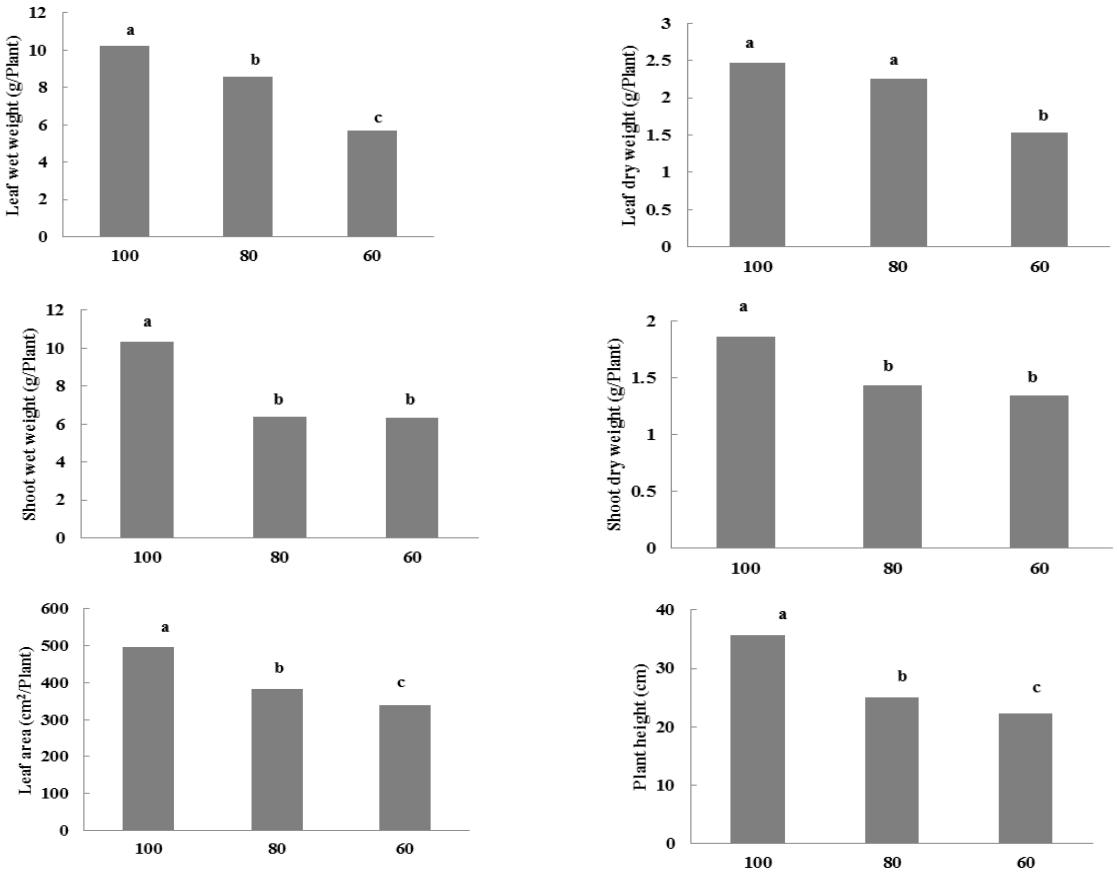


Figure 1. Average comparison of deficit irrigation on aerial characteristics of peppermint

نتایج مربوط به اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری بر خصوصیات هوایی نعناع فلفلی

وزن تر و خشک بوته

در تجزیه واریانس، اثر تیمار شوری روی صفات وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال شوری آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد، مقادیر وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک برگ کاهش قابل‌توجهی داشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن خشک برگ به‌ترتیب برای تیمارهای شاهد (۲/٤۷ گرم در بوته) و چهار دسی‌زیمنس بر متر (۱/٦۷ گرم در بوته) به‌دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با مطالعات انجام‌گرفته توسط رستمی و همکاران (۹)، قربانی و همکاران (۱۸)، عزیز و همکاران (۲٦) در مورد گیاه نعناع، خراسانی‌نژاد و همکاران (۳٤) و رودباری و همکاران (۳۷) در مورد گیاه نعناع فلفلی تطابق داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی نتایج نشان داد که با اعمال تیمار شوری آب آبیاری دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد، مقادیر وزن خشک ساقه و برگ به‌ترتیب ۱۸، ۲۵، ٤٥ و ۸، ۹، ۳۲ درصد کاهش داشته است (شکل ۲).

سطح برگ

اثر شوری آب آبیاری روی سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار سطح برگ برای تیمارهای شاهد و چهار دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب معادل ٤۹۵/۷۹ و ۲٦۱/٤۸ سانتی‌متر مربع به‌ازای هر بوته بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که تیمارهای شوری دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد، سطح برگ را به‌ترتیب به میزان ۱۵، ۲۰ و ٤۷ درصد کاهش داده است. نتایج این قسمت مشابه نتایج شهریاری و همکاران (۱۰) و قربانی و همکاران (۱۸) در مورد گیاه نعناع فلفلی بود (شکل ۲).

ارتفاع گیاه

در گیاهان تحت تنش شوری، عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها و تخصیص بیش‌تر مواد سنتزشده جهت مقابله با تنش، کوتاه‌شدن دوره رشد گیاه و نیز مکانیسم‌های فرار از تنش، همگی می‌توانند مانع از توسعه عادی سلول‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه شوند (۳۰). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری آب آبیاری بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع گیاه برای تیمارهای شاهد (۳۵/٦٤ سانتی‌متر) و چهار دسی‌زیمنس بر متر (۲۹/۲۳ سانتی‌متر) به‌ازای هر بوته به‌دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با پژوهش‌های رستمی و همکاران (۹)، عزیز و همکاران (۲٦) در مورد گیاه نعناع، خراسانی‌نژاد و همکاران (۳٤) و رودباری و همکاران (۳۷) در مورد گیاه نعناع فلفلی مطابقت داشت. هم‌چنین بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد، ارتفاع گیاه به‌ترتیب ۱٤، ۱۵ و ۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۲).

نتایج مربوط به اعمال تیمارهای کم‌آبیاری بر خصوصیات اندام زیرزمینی نعناع فلفلی

وزن خشک ریشه

تأثیر تنش کم‌آبی روی وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). گزارش شده که اثر انواع برنامه‌های آبیاری بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بوده و در اثر افزایش شدت تنش آبی، میزان وزن خشک ریشه‌ها تقلیل می‌یابد (۲۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مشابه صفات هوایی، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن خشک ریشه برای تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب معادل ۳/۲۱ و ۱/٤۵ به ازای هر بوته به‌دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با نتایج اکبری نودهی و همکاران (۲) در مورد گیاه بادرنجبویه هم‌خوانی داشت. با اعمال تنش خشکی برای تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد، وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۳۰ و ٥٤ درصد کاهش یافت (جدول ۷).

Table 5. Analysis of variance of salinity on aerial characteristics of peppermint (Mean square)

Source of variation	Degree of freedom	Leaf wet weight	Leaf dry weight	Shoot wet weight	Shoot dry weight	Leaf area	Plant height
Replication	2	0.0967 ns	0.1208 *	0.2793 ns	0.0315 ns	1135.51 ns	1.8854 ns
Salinity treatment	3	6.7372 **	0.3483 **	17.1926 **	0.3776 **	28442.21 **	24.82 **
Error	6	0.4797	0.0184	0.3899	0.0353	131.99	0.8829
CV (%)		7.81	6.29	8.45	13	2.93	2.99

www.SID.ir

Archive of SID

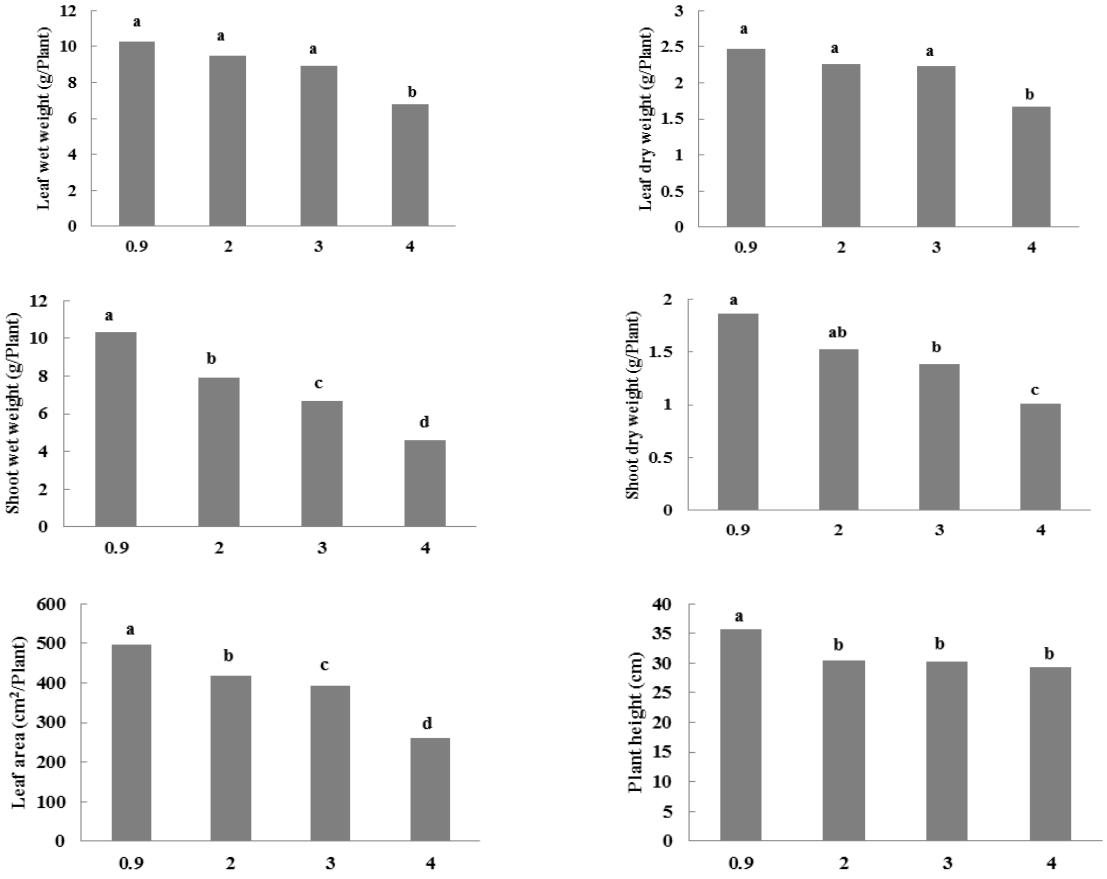


Figure 2. Average comparison of salinity on aerial characteristics of peppermint

طول ریشه

بررسی ارتباط بین شرایط مختلف اعمال کم‌آبیاری با طول ریشه گیاه، می‌تواند در جهت مدل‌سازی فرایند جذب آب و توسعه ریشه مؤثر باشد (۳۶). اثر تنش خشکی بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ٦). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان دادکه با اعمال کم‌آبیاری میزان طول ریشه برای تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد، به‌ترتیب ٤۹ و ٦۰ درصد کاهش داشته است (جدول ۷).

حجم، سطح و چگالی ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی روی صفات زیرزمینی گیاه شامل حجم، سطح و چگالی ریشه معنی‌داری بوده است (جدول ٦). برای هر سه صفت، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال تنش کم‌آبی، حجم ریشه تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۷ و ٦۰ درصد کاهش و سطح ریشه را به میزان ۳۵ و ٦۰ درصد و چگالی ریشه را به میزان ۱۵ و ۲۸ درصد کاهش داشته است (جدول ۷).

نتایج مربوط به اعمال تیمارهای شوری بر خصوصیات زیرزمینی نعناع فلفلی

وزن خشک ریشه

نتایج نشان داد که اعمال تنش شوری روی وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۸). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

وزن خشک ریشه به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای شاهد و دو دسی و تیمارهای دو و سه دسی‌زیمنس اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. ولی بین تیمارهای شاهد و هم‌چنین بین تیمارهای سه دسی‌زیمنس و شاهد و چهار دسی‌زیمنس اختلاف‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود. اعمال تنش شوری، وزن خشک ریشه برای تیمارهای دو، سه و چهار دسی‌زیمنس را نسبت به شاهد به‌ترتیب به میزان ۳، ۱۱ و ۳۸ درصد کاهش داشته است (جدول ۹). نتایج این قسمت مشابه با نتایج قربانی و همکاران (۱۸) و خراسانی نژاد و همکاران (۳٤) در مورد گیاه نعناع فلفلی بود.

طول ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری آب آبیاری بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای شاهد، دو و سه دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ولی اختلاف بین تیمارهای شاهد و چهار دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که با اعمال شوری آب آبیاری، طول ریشه برای تیمارهای دو، سه و چهار دسی‌زیمنس نسبت به تیمار شاهد، به‌ترتیب ۲۳، ۳۲ و ۵۳ درصد کاهش یافت (جدول ۹). نتایج به‌دست آمده با نتایج طبائی عقدائی و همکاران (۱۳)، خراسانی نژاد و همکاران (۳٤) و رودباری و همکاران (۳۷) در مورد گیاه نعناع فلفلی مشابه بود.

Table 6. Analysis of variance of deficit irrigation on underground characteristics of peppermint (Mean square)

Source of variation	Degree of freedom	Root dry weight	Root volume	Root length	Root area	Root density
Replication	2	0.0172 ns	2.6405 ns	24566.83 ns	3777.047 ns	0.8711 ns
Deficit treatment	2	2.3325 **	186.1093 **	25889707.54 **	807465.99 **	0.0099 **
Error	4	0.0921	1.3722	236772.52	4252.64	0.00007
CV (%)		13.16	6.26	8.46	5.65	6.9

Table 7. Average comparison of deficit irrigation on underground characteristics of peppermint

Deficit treatment (%)	Root dry weight (g/Plant)	Root volume (cc/Plant)	Root length (cm/Plant)	Root area (cm^2/Plant)	Root density (g/cc/Plant)
100	3.2167 a	25.3333 a	9081 a	1699.35 a	0.15 a
80	2.24 b	20.7933 b	4610.1 b	1096.92 b	0.1267 b
60	1.4567 c	10 c	3544.3 b	666.51 c	0.1067 c

Table 8. Analysis of variance of salinity on underground characteristics of peppermint (Mean square)

Source of variation	Degree of freedom	Root dry weight	Root volume	Root length	Root area	Root density
Replication	2	0.0015 ns	3.1393 ns	100468.13 ns	7138.7386 ns	0.00005 ns
Salinity treatment	3	0.9524 **	51.6199 **	1217670.91 **	322215.2551 **	0.00007 ns
Error	6	0.0351	1.5417	567242.04	8158.91	0.00009
CV (%)		6.72	5.76	11.43	6.78	7.41

Table 9. Average comparison of salinity on underground characteristics of peppermint

Salinity treatment (dS/m)	Root dry weight (g/Plant)	Root volume (cc/Plant)	Root length (cm/Plant)	Root area (cm^2/Plant)	Root density (g/cc/Plant)
0.9 (Control)	3.21 a	25.33 a	9081 a	1699.35 a	0.1367 a
2	3.11 ab	22.95 ab	6953.4 b	1414.82 b	0.1267 a
3	2.836 b	22.22 b	6091.5 b	1304.24 b	0.1267 a
4	1.97 c	15.64 c	4226.5 c	908.16 c	0.1267 a

www.SID.ir

Archive of SID

حجم، سطح و چگالی ریشه

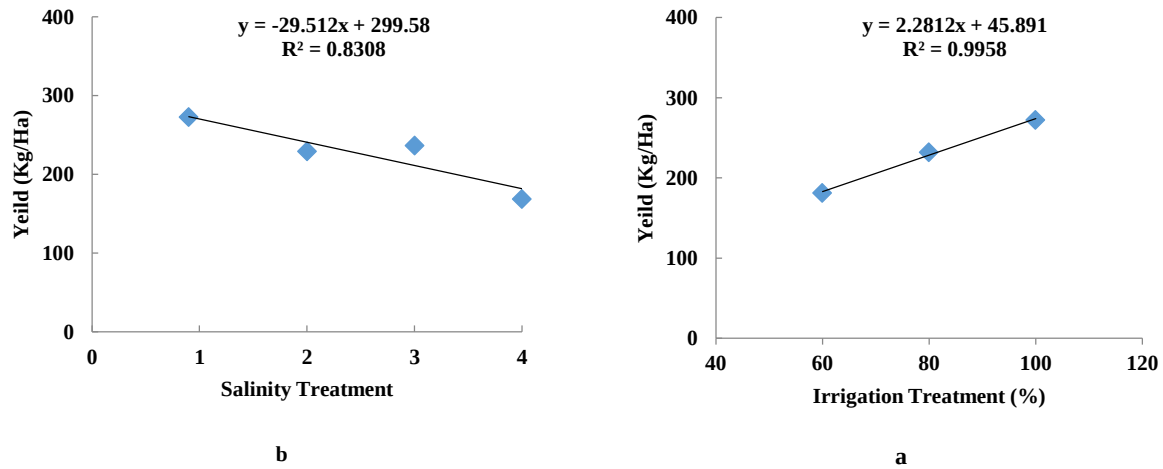
اثر تنش شوری بر حجم و سطح ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار اما بر چگالی ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حجم ریشه بین تیمارهای شاهد و دو و بین تیمارهای دو و سه دسی‌زیمنس اختلاف معنی‌داری نبود. سطح ریشه بین تیمارهای شاهد با دو و سه دسی‌زیمنس فاقد اختلاف معنی‌داری بود. چگالی ریشه نیز برای تمامی تیمارهای شوری فاقد اختلاف معنی‌داری بود. نتایج نشان داد که با اعمال تنش شوری، حجم و سطح ریشه برای تیمارهای دو، سه و چهار دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۹، ۱۲، ۳۸ و ۱۶،۲۳، ٤٦ درصد کاهش یافت (جدول ۹).

تابع تولید به‌ازای میزان کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری

شکل (۳) توابع تولید گیاه نعناع فلفلی براساس میزان آب آبیاری و شوری آب آبیاری را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود با افزایش آب آبیاری از ٦۰ به ۱۰۰ درصد میزان محصول افزایش یافته است. این افزایش از ۱۸۱/۰۵ کیلوگرم در هکتار (تیمار ٦۰ درصد) به ۲۷۲/۳ کیلوگرم در هکتار (تیمار ۱۰۰ درصد) بوده‌است. ضریب همبستگی تابع تولیدی براساس میزان آب آبیاری برابر ۰/۹۹۵۸ به‌دست آمد (شکل ۳- الف).

هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری میزان محصول کاهش می‌یابد. کاهش نسبی محصول برای تیمارهای دو و سه دسی‌زیمنس بر متر تقریباً یکسان و معادل ١٤/٥ درصد به‌دست آمد. به این ترتیب حد آستانه شوری گیاه سه دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. کاهش عملکرد محصول به‌ازای اعمال شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد برابر ۱۰۳/۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. لازم به ذکر است در شکل (۳) عملکرد گیاه براساس وزن خشک اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) به‌دست آمده است.

هم‌چنین بررسی هم‌زمان عملکرد گیاه در حالات مختلف کم‌آبیاری و شوری نشان داد که تأثیر شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر بر کاهش عملکرد گیاه نعناع فلفلی از اعمال ٤۰ درصد کم‌آبیاری (٦۰ درصد نیاز آبی گیاه) بیش‌تر بوده است. نتایج نشان داد که میزان عملکرد گیاه برای تیمارهای چهار دسی‌زیمنس بر متر و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب برابر ۱٦۸/۵ و ۱۸۱/۰۵ کیلوگرم در هکتار بوده است.



b a

Figure 3. Production function of peppermint. a) Deficit management; b) Salinity management.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی اثر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری روی صفات هوایی و زیرزمینی گیاه نعناع فلفلی پرداخته شد. نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش صفات هوایی شامل وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ و ارتفاع ساقه و هم‌چنین صفات زیرزمینی نظیر وزن خشک ریشه، طول ریشه، سطح و حجم ریشه شده است. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای تمامی صفات هوایی و زیرزمینی مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی بود. اثر تیمار کم‌آبیاری روی کلیه صفات هوایی و زیرزمینی معنی‌دار بود. اثر تنش شوری آب آبیاری روی تمامی خصوصیات هوایی و زیرزمینی گیاه به‌غیر از چگالی ریشه معنی‌دار بوده است. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر شوری نشان داد که برای تمامی صفات زیرزمینی بین تیمارهای دو و سه دسی‌زیمنس بر متر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار صفات هوایی و زیرزمینی گیاه برای تیمارهای شاهد و چهار دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. بررسی نتایج مربوط به شوری آب آبیاری نشان داد که گیاه قادر به تحمل شوری تا حدود سه دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

پی‌نوشت‌ها

1. Peppermint
2. *Mentha piperita* L.
3. Essential oil
4. Menthol
5. Relative water content
6. Chlorophyll
7. Electrolyte leakage
8. Proline
9. SPAD
10. Stomatal conductance
11. Antioxidant
12. Lysimeteric
13. Digimizer
14. Tennant
15. Atkinson

منابع

۱. اردکانی، م.، عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م.ح. و پاک‌نژاد، ف. (۱۳۸٦). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳(۲): ۲۵۱-۲٦۱.

۲. اکبری نودهی، د.، خادمی شورمستی، ح.، چراتی آرائی، ع.، شیردل شهمیری، ف.، رضایی سوخت آبندانی، ر. و فهیمی بورخیلی، ن. (۱۳۹۳). تأثیر کم‌آبیاری و سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه بادرنجبویه. به‌زراعی کشاورزی. ۱٦(۱): ۱۱-۲۱.

۳. بابایی، ک.، امینی دهقی، م.، مدرس ثانوی، ع.م. و جباری، ر. (۱۳۸۹). اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲٦(۲): ۲۳۹-۲۵۱.

٤. جلالی، و.ر.، همایی، م. و میرنیا، س.خ. (۱۳۸٦a). مدل سازی واکنش کلزا به شوری طی دوره رشد رویشی. تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۸(٤):۹۵-۱۱۲.

۵. جلالی، و.ر.، همایی، م. و میرنیا، س.خ. (۱۳۸٦b). تأثیر سطوح مختلف شوری محیط رشد بر جوانه زنی و رشد گیاهچه کلزا (*Brassica napus* L.). پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب). ۲۱(۲): ۲۰۹-۲۱۷.

٦. جلالی، و.ر. همایی، م. و میرنیا، س.خ. (۱۳۸۷). مدل سازی واکنش کلزا به شوری طی دوره‌های رشد زایشی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(٤٤): ۱۱۱-۱۲۱.

۷. خیری، ع.، توری، ه. و مرتضوی، ن. (۱۳۹٦). تأثیر تنش خشکی و جاسمونیک اسید روی صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۳(۲): ۲٦۸-۲۸۰.

www.SID.ir

Archive of SID

۸. درویشی، ش. (۱۳۷٤). استخراج اسانس نعناع تبریز و مقایسه آن با ترکیبات شیمیایی اسپیرمینت و پیرمینت. دانشگاه علوم پزشکی تبریز. تبریز. پایان نامه دکترای.

۹. رستمی، ق.، مقدم، م.، پیربلوطی، ع. و تهرانی‌فر، ع. (۱۳۹۷). اثر محلولپاشی آهن و روی به فرمهای سولفاته و نانو ذرات بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۱(۳): ۷۰۷-۷۲۰.

۱۰. شهریاری، س.، عزیزی م.، آرویی، ح. و انصاری، ح. (۱۳۹۲). اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع خاکپوش بر خصوصیات رویشی و میزان اسانس نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۹(۳): ٥٦٨-٥٨٢.

۱۱. صداقت، م.ح. و توکلی صابری، م.ح. (۱۳۸٤). گیاهان دارویی. انتشارات روزبهان، تهران. ٢٦٤ صفحه.

۱۲. صفری محمدیه، ز.، مقدم، م.، عابدی، ب. و سمیعی، ل. (۱۳۹٤). اثر سمیت یونی کلرید سدیم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.). پژوهش های تولید گیاهی. ۲۲(٤): ۱۷-۳٤.

۱۳. طبائی عقدائی، س ر.، رضایی، م ب. و نجفی آشتیانی، ا. (۱۳۸۲). بررسی تنوع در ژنوتیپهای سه گونه نعناع (*Mentha piperita* L. *M. aquatica* L. و *M. spicata* L.) در واکنش به شوری. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱۹(٤): ۳٤۹-۳٦٦.

۱٤. غلامیان، س.م.، قمرنیا، ه. و کهریزی، د. (۱۳۹٦). بررسی عملکرد کاملینا تحت رژیم‌های مختلف شوری آب در شرایط گلخانه. مدیریت آب و آبیاری ۷(۲): ۳۳۳-۳٤۸.

۱٥. علیزاده، ا. (۱۳۸٤). رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.۲۲۲ صفحه.

۱٦. علیزاده ا. (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سی و دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۹۱۲ صفحه.

۱۷. فروزنده، م.، سیروس مهر، ع.ر.، قنبری، ا.، اصغری پور، م.ر.، خمری، ع. و زارع، ش. (۱۳۸۹) تأثیر تنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر برخی صفات مورفولوژیک نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه شهید بهشتی، ایران. ۲۹۸۸-۲۹۹۲.

۱۸. قربانی، م.، موحدی، ز.، خیری، ع. و رستمی، م. (۱۳۹۷). تأثیر تنش شوری بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و کمیت و کیفیت اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۱(۲): ٤۱۳-٤۲۰.

۱۹. قمرینا، ه.، بشی پور، م. و قبادی، م.ا. (۱۳۹۱). ارزیابی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب گیاه دارویی گشنیز در اقلیم نیمه‌خشک. مدیریت آب و آبیاری ۲(۱): ۱٥-۲٤.

۲۰. قمرینا، ه. و موسی بیگی، ف. (۱۳۹۳). برآورد نیاز آبی، ضرایب گیاهی یک جزیی و دوجزیی نعناع فلفلی (*Mentha pipertia* L.). آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۸(٤):٦۷۰-٦۷۸.

۲۱. قمرنیا، ه.، خسروی، ح.، جلیلی، ز. و بهرامی نژاد، ص. (۱۳۹٤). بررسی روش های مختلف آبیاری و مدیریت آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه. مدیریت آب و آبیاری ٥(۱): ٥٥-٦۷.

۲۲. گرگینی شبانکاره، ح.، ساعدی، ف.، صبوری، ف. و اصغری پور، م.ر. (۱۳۹٤). بررسی تأثیر کم‌آبی بر شاخص‌های رشدی، محتوای نسبی آب و درصد اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی. همایش ملی گیاهان دارویی و داروهای گیاهی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

23. Alkire, B.H., Simon, J.E., Palevitch, D. & Putievsky, E. (1993). Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soel. Indiana, USA. *Acta Horticulturae*, 344, 544-556.
24. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 56, 17-91.
25. Arshi, A., ZainulAbdin, M. & Iqbal, M. (2005). Effect of $CaCl_2$ on growth performance, photosynthetic efficiency and nitrogen assimilation of (*Cichorium intybus* L.) grown under NaCl stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 28(2), 137-147.
26. Aziz, E.E., Al-Amier, H. & Craker, L.E. (2013). Influence of Salt Stress on Growth and Essential Oil Production in Peppermint, Pennyroyal, and Apple Mint. *Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 14(1-2), 77-87.
27. Eccles, R. (1994) Menthol cooling compounds. *Pharmacy and Pharmacology*, 46, 618-30.
28. Fiscus, E.L. & Markhart, A.H. (1979). Relationships between root system water transport properties and plant size in Phaseolus. *Plant Physiology*, 64, 770-773.
29. Fleming, T. (1998). *PDR for herbal medicines*.1st Ed. Medical Economics Company, Montvale, 800 p.
30. Foster, S. (1996). Peppermint: (*Mentha piperita* L.). *American Botanical Council-Botantical Series*. 306, 3- 8.
31. Inze, D. & Montagu, M.V. (2001). *Oxidative Stress in Plants*. 1st Ed. CRC Press, Florida, 336p.
32. Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 519-570.
33. Jose, A.I. (2002). *Package of Practices Recommendations: Crops*. 12th Edition. Kerala Agricultural University, Trichur, Kerala, India, 360 p.
34. Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K. & Khalighi, A. (2010). The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters, Essential oil Yield and Constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *World Applied Sciences Journal*, 11 (11), 1403-1407.
35. Polanski, L., Khanifa, L. & Tadeusz, W. (2018). Effect of salinity and drought stresses on growth parameters, essential oil constituents and yield in peppermint. *African Agronomy*, 6(2), 356-361.
36. Mehrvarz, S., Chaichi, M.R., Hashemi, M. & Parsinejad, M. (2013) Yield and Growth Response of Maize (*Zea mays* L.S.C. 704) to Surfactant under Deficit Irrigation. *International Plant and Animal Sciences*, 1(3), 42-48.
37. Roodbari, N., Roodbari, S.H., Ganjali, A., Sabeghi nejad, F. & Ansarifar, M. (2013). The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters and Essential oil percentage of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(9), 1009-1015.
38. Sims, J.R., Solum, D.J., Wichman, D.M., Kushnak, G.D., Welty, L.E., Jackson, G.D., Stallknecht, G.F., Westcott, M.P. & Carlson, G.R. (1993). Canola variety yield trials. Montana agresearch (USA) of yield components for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy and Crop Science*, 158, 107-113.
39. Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G.H. & Zarei, G.H. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). A*merican-Eurasian Agricultural and Environmental Science*, 2(4), 417-422.
40. Soleymani, A. & Shahrajabian, M.H. (2012). Survey changes of seed yield, harvest index and oil yield of two autumn's canola cultivars affected by irrigation disruption. *International Agricultural: Research and Review*, 2(6), 867-871.

www.SID.ir