نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۱۰۶۳-۱۰۵۱

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p. 1051-1063

واکنش سه گونه جنس نعناع به تنش کم آبی تحت شرایط کنترل شده

سمیه نظامی[1*]- سیدحسین نعمتی[2]- حسین آرویی[3]- عبدالرضا باقری[4]

تاریخ دریافت:۹۱/۱/۲۶
تاریخ پذیرش:۹۱/۴/۴

چکیده

هر چند گیاهان جنس نعناع به تنش کم آبی بسیار حساس هستند، ولی واکنش گونه‌های مختلف آن به کاهش آب خاک طی فصل رشد ممکن است متفاوت باشد. به منظور بررسی پاسخ سه گونه نعناع به تنش کم آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل (۴×۳) در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار در شرایط کنترل شده انجام شد و گونه‌های *Mentha longifolia* (پونه)، *Mentha spicata* (سوسن) و *Mentha x piperita* (نعناع فلفلی) در معرض چهار سطح رطوبتی خاک (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفتند. در زمان رسیدن گیاهان به مرحله ۷۰ درصد گلدهی، برداشت گیاهان انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل درصد بقاء، تعداد کل شاخه ها و استولون، تعداد برگ، طول کل شاخه ها ، سطح سبز و وزن خشک کل گیاهان بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای رطوبتی خاک تاثیر معنی داری بر درصد بقا سه گونه نعناع داشتند، به طوری که در تیمار رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی درصد بقا سوسن ۱۰۰ درصد بود، در صورتی که درصد بقا پونه و نعنا فلفلی به ۷۰ درصد کاهش یافت. نعناع فلفلی از نظر صفاتی نظیر تعداد کل شاخه و تعداد استولون برتری معنی داری نسبت به دو گونه دیگر داشت، در صورتی که صفاتی مانند تعداد برگ کل، سطح سبز و وزن خشک در گونه سوسن بیش تر از دو گونه ی دیگر بود، ضمن اینکه طول کل شاخه ها نیز در گونه پونه بیشتر از دو گونه دیگر بود. بالاترین وزن خشک را گونه سوسن در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد داشت و کاهش رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی باعث ۳۵ درصد کاهش در وزن خشک آن شد، در صورتی که این کاهش در گونه‌های پونه و نعنا فلفلی به ترتیب ۶۲ و ۵۶ درصد بود. با وجود این که در شرایط کنترل شده گونه سوسن تحمل نسبتا مناسب تری نسبت به دو گونه دیگر به تنش کمبود آب نشان داده است، اما انجام مطالعات تکمیلی جهت درک بهتر واکنش‌های گونه‌های مورد بررسی به تنش کمبود آب مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: پونه، درصد بقاء، سطح سبز، سوسن، وزن خشک

مقدمه

آب مهم ترین بخش بافت‌های گیاهی، عنصر موثر در فتوسنتز و تنفس، حلال و عامل انتقال مواد آسیمیلاتی و عناصر غذایی در گیاهان است و از این نظر که برای رشد، نمو و افزایش اندازه سلول‌ها ضروری است، از اهمیت ویژه ای در سیستم‌های گیاهی برخوردار می‌باشد (۴). مطالعات نشان داده که کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش آماس، تقسیم و بزرگ شدن سلول ها شده که در نتیجه آن، اعمال سایر اندام‌های گیاه از جمله رشد و نمو نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲). همچنین تنش کم آبی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده‌ی اسیدهای نوکلئیک، پروتئین ها و هیدرات‌های کربن رشد گیاه را تحت الشعاع قرار می‌دهد و سبب آسیب به بافتهای مختلف می‌شود (۴) و چنانچه کاهش دسترسی به آب ادامه یابد، در نتیجه اختلال در فرایندهای حیاتی گیاه (از جمله فتوسنتز) حتی ممکن است گیاهان از بین روند (۶). از این جهت محققان دستیابی به رشد و عملکرد مطلوب گیاهان را وابسته به مقدار آب قابل دسترس دانسته و بیان داشته اند که در صورت بروز تنش کم آبی رسیدن به عملکرد مناسب میسر نمی باشد (۳۰). یکی از مهم ترین مشکلات در تولید گیاهان دارویی و معطر نیز در سراسر جهان کمبود آب است که همواره منجر به کاهش عملکرد و کیفیت این دسته از گیاهان می‌گردد (۱۶). عدم دسترسی به آب کافی در این گیاهان نیز سبب کاهش رشد و زیست توده قسمت‌های هوایی (۱۰) و زیرزمینی (۹) می‌شود. عزیز و همکاران (۸) در مطالعه بر روی تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد گیاه دارویی و معطر آویشن (*Thymus vulgaris*) بیان کردند که کاهش مقدار آب در

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: nez.sami@gmail.com)
۴- استاد گروه بیوتکنولوژی و به نژادی زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

رژیم رطوبتی ۱۰ روز منجر به کاهش تمام پارامترهای رشدی و زیست توده گیاهان آویشن در مقایسه با رژیم رطوبتی ۳ روز (شاهد) گردید. این محققان علت کم بودن فاکتورهای رشدی در تیمار ۱۰ روز نسبت به تیمار شاهد را کاهش تورژسانس، پتانسیل آب، تقسیم، بزرگ شدن سلول ها و بسته شدن روزنه ها دانسته که در نهایت منجر به کاهش رشد شده است. در بررسی دیگری که اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی بادرشبی (*Deracocephalum moldavica* L.) مورد ارزیابی قرار گرفت، مشخص گردید که تنش خشکی تاثیر منفی بر صفات رشدی و عملکرد گیاه مذکور داشته و سبب کاهش این صفات از طریق کاهش در فتوسنتز، جذب دی اکسید کربن و بسته شدن روزنه ها گردیده است (۳).

گیاهان جنس *Mentha* به تنش کم آبی بسیار حساس هستند (۱۶). این گیاهان دارای ریشه‌های افشانی می‌باشند که قادر به نفوذ به اعماق خاک نبوده و لذا به هنگام کم آبی رشد آن ها دچار محدودیت می‌گردد (۱۷). به همین دلیل آبیاری مطلوب جهت افزایش رشد، عملکرد و اسانس این گونه ها در طول فصل رشد ضروری است (۲۷). در این گیاهان همچنین ریزوم ها و ریشه ها در ناحیه ی سطح تا عمق ۱۰ سانتی متری خاک می‌باشد و لذا وجود مقدار آب کافی طی ظهور پنجه ها در فصل بهار ضروری است (۲۲). تنش کم آبی در این گیاهان باعث کم شدن ارتفاع و سطح برگ (۵)، کاهش در تعداد پنجه و برگ آنها (۲۰) و کم شدن زیست توده می‌شود (۱۹). از این رو و با توجه به حساسیت گونه‌های نعناع به کاهش آب خاک طی فصل رشد محققان بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری را جهت ارزیابی واکنش این گیاهان به تنش کم آبی توصیه کرده اند (۲۳)، زیرا تنش کم آبی در نواحی خشک و نیمه خشک عملکرد گیاه را به علت کاهش رشد رویشی تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲۷). در این مناطق همچنین افزایش دمای هوا به ویژه در تابستان سبب افزایش حرارت خاک شده، و در چنین وضعیتی گونه‌های نعناع نیاز به آبیاری مکرر خواهند داشت (۲۵).

با وجود این آبیاری زیاد از حد نیز ممکن است علاوه بر کاهش دسترسی ریشه به عناصر غذایی و کم کردن اکسیژن خاک، بیماری ها را نیز در محیط ریشه افزایش داده و ریزش برگ ها را به دنبال داشته باشد (۱۷). در مطالعه ای که با هدف بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر گونه ای نعناع (*Mentha citrata*) انجام شد، مشخص گردید که افزایش مقدار رطوبت خاک در تیمار ۱/۵ (IW:CPE)[1] منجر به کاهش تعداد برگ به میزان ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (IW:CPE ۰/۶) شد (۲۶). در همین راستا بررسی دیگری تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر گیاه نعناع (*Mentha arvensis*) مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد که اگرچه در ابتدای فصل رشد آبیاری فراوان سبب افزایش رشد محصول شد، اما سایه اندازی برگ‌های قسمت بالای کانوپی بر روی برگ‌های پایین تر منجر به پیری زودهنگام این برگ ها شده و به دنبال آن نسبت برگ به ساقه کاهش یافت (۲۷). در مطالعه ی خلیل و همکاران (۱۴) نیز مشخص گردید که بیش تر بودن مقدار آب خاک در رژیم رطوبتی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش معنی دار تعداد برگ گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) نسبت به رژیم رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی شد. این مطالعه با هدف بررسی اثر تنش کمبود آب بر صفات مهم رویشی و عملکرد سه گونه نعناع (نعناع فلفلی، پونه و سوسن) در شرایط کنترل شده اجرا شد.

مواد و روش ها

در این تحقیق اثر تنش کمبود آب بر خصوصیات رشدی سه گونه نعناع به صورت آزمایش فاکتوریل (۴×۳) در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل ۴ سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و سه گونه نعناع (نعناع فلفلی "*Mentha piperita*"، سوسن "*Mentha spicata*" و پونه "*Mentha longifolia*") بودند. آزمایش در سال ۱۳۸۸ در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با دمای ۲۶/۱۸±۲ درجه سانتیگراد دمای روز و شب و نور طبیعی انجام شد. به این منظور ابتدا قلمه‌های حاصل از استولون‌های زیرخاکی تهیه شده از گونه‌های مورد بررسی در گلدان هایی به قطر ۱۰ سانتی متر کشت شدند و آبیاری آن ها در زمان نیاز انجام شد. پس از رسیدن نشاها به ارتفاع ۱۰ سانتیمتری گیاهان به گلدان‌های اصلی با قطر ۱۸ سانتی متر انتقال یافتند. برای تعیین آب خاک در حالت ظرفیت زراعی ابتدا ۱۰ گلدان کاملا مشابه با گلدان‌های آزمایشی تا حد اشباع آبیاری و پس از گذشت ۴۸ ساعت گلدان ها هر ۲ ساعت یکبار توزین شدند. در زمان ثابت شدن وزن گلدان ها از هر گلدان یک نمونه خاک تهیه، توزین و سپس جهت تعیین وزن خشک به آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتیگراد منتقل شدند و به مدت ۴۸ ساعت در آن قرار گرفتند. درصد آب خاک در حالت ظرفیت زراعی از طریق معادله ذیل تعیین شد:

۱۰۰ × (وزن خشک خاک / وزن خشک خاک – وزن تر خاک) = درصد آب خاک

آبیاری گیاهان تا دو هفته پس از انتقال نشاء ها هر سه روز یک بار انجام و اعمال تیمارهای آبیاری پس از آن صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای رطوبتی خاک، هر گلدان در حالت ظرفیت زراعی توزین شد و سپس جهت تیمار آبیاری بسته به میزان آب مورد نظر، وزن گلدان تعیین گردید. سپس گلدان ها به صورت روزانه توزین و در

1- IW:CPE ratio = irrigation water:cumulative pan evaporation

صورت کاهش وزن در هر تیمار، مقدار آب لازم تامین شد. خصوصیات رشدی گیاه مانند تعداد شاخه و استولون، طول و تعداد برگ هر کدام از اجزاء ذکر شده هر ۱۰ روز یک بار اندازه گیری و ثبت شد. درصد بقاء گیاهان نیز قبل از برداشت از طریق فرمول [۱۰۰× (تعداد گیاهان قبل از تنش کم آبی/تعداد گیاهان زنده در زمان برداشت)] محاسبه گردید. برداشت بر مبنای رسیدن گیاهان هر گونه به مرحله ۷۰ درصد گلدهی انجام شد. با توجه به اینکه گونه‌های مورد مطالعه از نظر زمان گلدهی متفاوت بودند، لذا برداشت گونه ی پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب ۶۱، ۷۴ و ۹۶ روز پس از انتقال نشاء به گلدان ها صورت گرفت. گیاهان در مرحله ی مذکور از ارتفاع ۱۰ سانتی متری سطح هر گلدان برداشت شدند و سپس ضمن اندازه گیری و ثبت صفات رویشی فوق الذکر، سطح سبز گیاهان و وزن خشک هر کدام از اجزاء برگ، گل آذین و ساقه به تفکیک اندازه گیری و ثبت شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار Mini Tab و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد بقاء: گونه‌های نعناع از نظر درصد بقاء اختلاف معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) داشتند (جدول ۱) و درصد بقاء گونه سوسن ۱۰ درصد بیش تر از دو گونه ی دیگر بود (جدول ۲). بررسی درصد بقاء گیاهان نعناع نشان داد که این صفت با مقدار آب خاک مرتبط است، به طوری که در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تمام گیاهان زنده ماندند، درحالیکه در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی درصد بقاء گیاهان نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) ۲۰ درصد کاهش داشت. در سطح رطوبتی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی نیز به علت کاهش قابل توجه در مقدار آب خاک، دو هفته پس از شروع تنش کلیه گیاهان از بین رفتند (جدول ۲). برهمکنش گونه×رطوبت خاک بر درصد بقاء گیاهان نیز معنی دار ($P\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). کاهش مقدار آب خاک در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در گونه‌های پونه و نعناع فلفلی منجر به کاهش درصد بقاء گیاهان به میزان۳۰ درصد شد، در صورتیکه در تیمار مذکور تمام گیاهان گونه سوسن زنده ماندند (شکل ۱-الف). وولیر (۳۱) نیز در بررسی خود بر روی تاثیر تنش خشکی بر گیاه *Dactylis glomerata* بیان کرد که بین گونه‌های مختلف گیاهی از نظر درصد بقاء در شرایط کم آبی تفاوت قابل توجهی وجود دارد و با افزایش تعداد روز پس از اعمال تنش کم آبی درصد بقاء کم تر شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات درصد بقاء، تعدادکل شاخه ها، تعداد برگ و طول کل شاخه ها، سطح سبز و وزن خشک کل گونه های نعناع تحت تنش آبی در شرایط کنترل شده.

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد بقاء	تعداد شاخه در بوته			تعداد استولون در بوته	تعداد برگ در بوته		
			کل	جانبی	پنجه		کل	جانبی	پنجه
گونه	۲	۳۷۵/۰**	۲/۳^{ns}	۱۶/۲**	۱۱/۸**	۹۲/۸**	۱۲۱۱/۷**	۷۴۳/۵**	۱۸۳/۰**
رطوبت خاک	۳	۳۴۰۰۰/۰**	۷۵۷/۵**	۳۷۶/۸**	۵۳/۳**	۸۵/۰**	۱۲۳۷۷/۸**	۶۲۴۱/۸**	۷۲۱/۹**
گونه× رطوبت خاک	۶	۳۷۵/۰**	۶۳/۷**	۴۰/۱**	۱۴/۵**	۳۱/۰**	۵۰۱/۳**	۴۳۵/۰**	۱۶۳/۹**
خطا	۴۸	۱۲۵/۰	۳/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۲	۴۹/۹	۱۵/۹	۱۳/۹

ادامه جدول ۱

منبع تغییر	درجه آزادی	طول در بوته			سطح سبز در بوته	وزن خشک در بوته			
		کل	جانبی	پنجه		کل	برگ	ساقه	گل آذین
گونه	۲	۳۳۸۱/۵**	۷۰۸/۳**	۲۶۲۶/۹**	۲۵۵۸۶/۷**	۶۱۳۰۴۵۲/۰**	۴۱۹۳۴۳۳/۳**	۱۱۰۶۲۹/۷**	۱۹۱۶۸۹/۰**
رطوبت خاک	۳	۹۴۹۶۵/۴**	۵۰۱۷۱/۹**	۶۷۵۹/۵**	۱۷۶۳۸۵/۵**	۲۲۸۵۹۶۰۷/۰**	۱۰۲۹۱۷۲۴/۹**	۱۲۸۵۶۸۷/۵**	۲۰۱۷۰۱/۰**
گونه× رطوبت خاک	۶	۴۶۳۷/۷**	۲۰۶۴/۱**	۱۷۲۷/۷**	۵۵۱۱/۵**	۱۲۵۶۱۶۵/۰**	۹۳۸۹۵۶/۳**	۲۸۳۷۲/۷**	۵۲۷۰۲/۰**
خطا	۴۸	۱۹۵/۶	۱۴۱/۷	۴۷/۵	۳۵۳/۰	۲۵۲۰۸/۰	۱۰۷۷۲/۷	۲۷۸۳/۹	۱۱۰۰۳/۰

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۰/۰۱

محققان معتقدند که تنش کم آبی به علت کاهش پتانسیل آب و آسیب به غشاهای سلولی منجر به اختلال در فرایندهای حیاتی در گیاه، نظیر فتوسنتز می‌شود. در نتیجه رشد گیاهان تحت تنش کاهش یافته و با افزایش شدت تنش بقاء گیاهان کم تر شده و در سطوح کم آبی بسیار شدید نیز گیاهان بطور کامل از بین می‌روند (۶).

تعداد شاخه: بین گونه‌های نعناع از نظر تعداد کل شاخه ها اختلاف معنی داری وجود نداشت، ولی از نظر تعداد شاخه جانبی برآمده از ساقه اصلی و پنجه اختلاف معنی داری (P≤۰/۰۱) میان گونه ها مشاهده شد (جدول ۱). تعداد شاخه جانبی در گونه نعناع فلفلی حدود ۴۲ درصد بیش تر از گونه سوسن بود، در حالیکه از نظر تعداد پنجه وضعیت متفاوتی وجود داشت و گونه ی سوسن تقریبا دو برابر نعناع فلفلی پنجه داشت. از نظر تعداد پنجه نیز بین پونه و سوسن تفاوت معنی داری مشاهده نشد ولی تعداد شاخه‌های جانبی پونه ۱۴ درصد بیش تر از سوسن بود. در گونه‌های پونه و سوسن تعداد شاخه جانبی بیش از ۶۰ درصد کل شاخه ها را شامل می‌شد، در حالی که در گونه ی نعناع فلفلی تعداد شاخه جانبی حدود ۸۵ درصد کل شاخه ها بود (جدول ۲).

بین رژیم‌های رطوبتی خاک از نظر تعداد کل شاخه ها اختلاف معنی داری (P≤۰/۰۱) مشاهده شد (جدول ۱). کاهش مقدار آب از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به کم تر از آن منجر به کاهش تعداد کل شاخه ها گردید، به طوری که تعداد آن (و همچنین تعداد شاخه جانبی) در تیمارهای۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۲۵ و ۶۵ درصد کم تر از تیمار شاهد بود. در حالیکه از نظر تعداد پنجه وضعیت متفاوتی وجود داشت و گونه ی سوسن ۸۶ درصد تعداد پنجه بیش تر از گونه ی نعناع فلفلی داشت. از نظر تعداد پنجه بین پونه و سوسن تفاوت معنی داری مشاهده نشد، ولی تعداد شاخه ی جانبی پونه ۱۸ درصد بیش تر از سوسن بود. سهم تعداد شاخه جانبی و پنجه از کل شاخه ها نیز در تمام سطوح رطوبتی مورد مطالعه (شاهد، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب حدود ۷۰ و ۳۰ درصد بود (جدول ۲). بررسی تاثیر سطوح رطوبتی خاک بر گیاه بادرنجبویه (*Mellisa officinalis* L.) نشان داد که کاهش میزان آب در دسترس گیاه، منجر به کاهش تعداد شاخه می‌شود، به صورتی که تعداد شاخه در شدیدترین تیمار کم آبی (۵۰ درصد کاهش آب دردسترس ریشه) ۲۵ درصد کم تر از تیمار مطلوب آبیاری (۱۲/۵ درصد کاهش آب در دسترس ریشه) بود (۲۴).

بر همکنش گونه×رطوبت خاک بر تعداد کل شاخه ها معنی دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۱)، به نحوی که در گونه ی پونه و نعناع فلفلی کاهش رژیم رطوبتی به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش حدود ۸۳ درصدی تعداد شاخه ها شد، در صورتی که در گونه ی سوسن این کاهش تنها حدود ۸ درصد بود (شکل ۱-ب). تعداد شاخه‌ی جانبی در نعناع فلفلی در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد حدود ۵۲ درصد کاهش داشت، در صورتی که تفاوت چندانی از این نظر در گونه‌های سوسن و پونه مشاهده نشد (شکل ۱-پ). همچنین تعداد پنجه در گونه‌های فلفلی و سوسن در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بیش از تیمار شاهد بود (به ترتیب ۳۵ و ۸ درصد)، حال آنکه در گونه ی پونه تعداد پنجه در تیمار مذکور ۵۶ درصد کاهش یافت (شکل ۱-ت). در گونه ی سوسن سهم تعداد شاخه جانبی از کل شاخه ها در سطوح رطوبتی مورد استفاده کم‌تر از ۶۵ درصد بود، در صورتی که در نعناع فلفلی در رژیم رطوبتی ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی این سهم به ترتیب حدود ۷۱ و ۹۰ درصد و در گونه ی پونه به ترتیب ۸۴ و ۵۷ درصد بود (شکل ۱-ب، پ و ت).

تعداد استولون: از نظر تعداد استولون بین گونه‌های نعناع اختلاف معنی داری (P≤۰/۰۱) مشاهده شد (جدول ۱). تعداد استولون در گونه ی نعناع فلفلی به ترتیب حدود ۳ و ۱۱/۵ برابر بیش تر از گونه‌های سوسن و پونه بود (جدول ۲). سطوح رطوبتی خاک نیز تاثیر معنی داری (P≤۰/۰۱) بر تعداد استولون داشتند (جدول ۱). هر چند کاهش مقدار آب خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تاثیر چندانی بر تعداد استولون نداشت، اما در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد استولون ها حدود ۹۰ درصد کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲).

برهمکنش گونه×رطوبت خاک بر تعداد استولون معنی داری (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۱). افزایش شدت تنش کم آبی در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش تعداد استولون در پونه و نعناع فلفلی به میزان ۱۰۰ و ۹۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) گردید، در حالیکه این کاهش در گونه سوسن تنها حدود ۳۰ درصد بود (شکل ۱-ث). محققان استولون ها را جهت رشد مجدد گیاهان در شرایط تنش کم آبی مفید دانسته و تاکید کرده اند که با افزایش تعداد استولون در گیاهان، بقاء گیاهان نیز کمتر تحت تاثیر خشکی قرار می‌گیرد (۳۰).

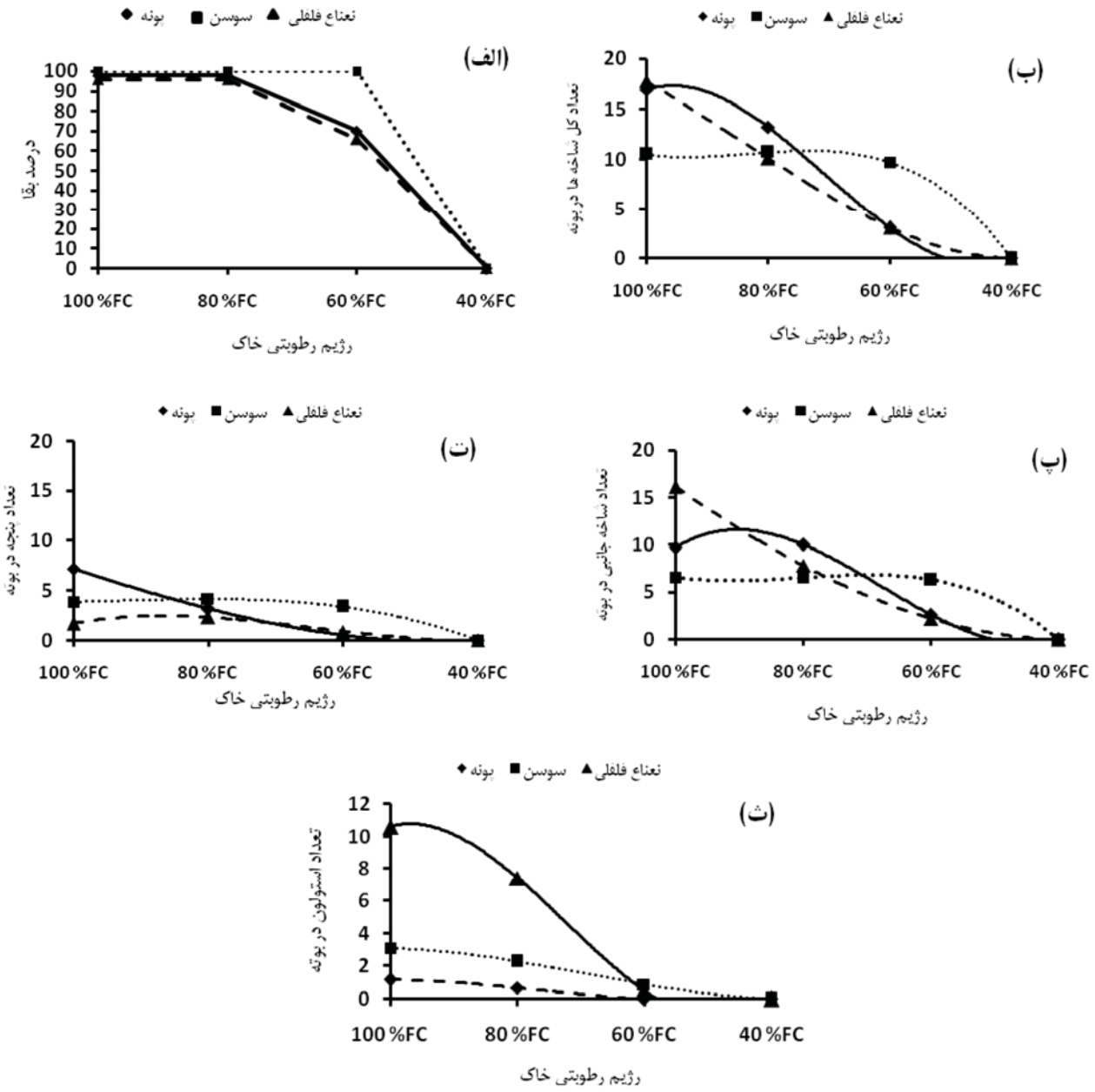
تعداد برگ در گیاه: گونه‌های نعناع اختلاف معنی داری (P≤۰/۰۱) از نظر تعداد برگ در گیاه (مجموع تعداد برگ شاخه جانبی و پنجه) داشتند (جدول ۱)، به طوری که تعداد برگ در گونه ی سوسن به ترتیب بیش از ۴۵ و ۵۹ درصد آن نسبت به گونه‌های نعناع فلفلی و پونه بود. همچنین تعداد برگ شاخه‌های جانبی در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه به طور معنی داری (به ترتیب ۲۵ و ۴۷ درصد) کمتر از گونه ی سوسن بود. اختلاف میان گونه‌های سوسن و پونه از نظر تعداد برگ پنجه معنی دار نبود، اما گونه ی سوسن دو برابر تعداد برگ پنجه بیش تری نسبت به گونه نعناع فلفلی داشت. سهم تعداد برگ شاخه جانبی از برگ کل گیاه در گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب ۷۵ و ۸۲ درصد بود، حال آنکه در گونه ی پونه این سهم کم تر از ۶۵ درصد بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرگونه‌های نعناع و رژیم‌های رطوبتی خاک بر درصد بقاء، تعداد کل شاخه ها و استولون و تعداد برگ کل شاخه ها تحت تنش آبی در شرایط کنترل شده

گونه	درصد بقاء (٪)	تعداد شاخه در بوته			تعداد استولون در بوته	تعداد برگ در بوته		
		کل	جانبی	پنجه		کل	جانبی	پنجه
پونه	۶۷/۵	۸/۳	۵/۷	۲/۶	۰/۴	۲۴/۶	۱۵/۳	۹/۳
سوسن	۷۵/۰	۷/۹	۵/۰	۲/۹	۱/۶	۳۹/۰	۲۹/۱	۹/۹
نعناع فلفلی	۶۷/۵	۸/۵	۷/۱	۱/۴	۴/۶	۲۶/۸	۲۲/۰	۴/۸
$LSD_{(0.05)}$	۷/۱		۰/۶	۰/۶	۰/۳	۴/۵	۲/۵	۲/۴
رژیم رطوبتی خاک (ظرفیت زراعی)								
٪۱۰۰	۱۰۰/۰	۱۵/۰	۱۰/۸	۴/۲	۴/۹	۶۳/۷	۴۵/۸	۱۷/۹
٪۸۰	۱۰۰/۰	۱۱/۲	۸/۱	۳/۱	۳/۵	۴۳/۵	۳۲/۶	۱۰/۹
٪۶۰	۸۰/۰	۵/۳	۳/۷	۱/۶	۰/۵	۱۳/۲	۱۰/۱	۳/۱
٪۴۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
$LSD_{(0.05)}$	۸/۲	۱/۴	۰/۶	۰/۷	۰/۳	۵/۲	۲/۹	۲/۷

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر گونه‌های نعناع و رژیم‌های رطوبتی خاک بر طول کل شاخه ها، سطح سبز و وزن خشک کل تحت تنش آبی در شرایط کنترل شده

گونه	طول در بوته (سانتی متر)			سطح سبز در بوته (سانتی مترمربع)	وزن خشک در بوته (میلی گرم)			
	کل	جانبی	پنجه		کل	برگ	ساقه	گل آذین
پونه	۹۵/۷	۶۵/۰	۳۰/۸	۶۱/۵	۶۱۰/۴	۲۸۸/۹	۱۷۴/۶	۱۴۶/۹
سوسن	۷۷/۲	۵۵/۲	۲۱/۹	۱۳۰/۵	۱۷۰۲/۱	۱۱۹۹/۳	۳۱۴/۵	۱۸۸/۳
نعناع فلفلی	۶۰/۴	۵۲/۳	۸/۲	۷۹/۴	۹۷۸/۱	۷۳۵/۲	۲۱۹/۴	۲۳/۵
$LSD_{(0.05)}$	۸/۸	۷/۶	۴/۴	۱۲/۰	۱۰۰/۹	۶۶/۰	۳۳/۵	۶۶/۷
رژیم رطوبتی خاک (ظرفیت زراعی)								
٪۱۰۰	۱۷۱/۸	۱۲۳/۳	۴۸/۵	۲۳۶/۲	۲۶۶۷/۱	۱۷۹۵/۷	۶۳۸/۶	۲۳۲/۸
٪۸۰	۱۰۸/۸	۸۲/۵	۲۶/۳	۱۰۹/۴	۱۴۰۹/۶	۹۵۰/۴	۲۶۹/۷	۱۸۹/۴
٪۶۰	۳۰/۴	۲۴/۲	۶/۳	۱۶/۳	۲۸۱/۷	۲۱۸/۴	۳۶/۲	۲۷/۱
٪۴۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
$LSD_{(0.05)}$	۱۰/۳	۸/۷	۵/۱	۱۳/۸	۱۶۶/۶	۷۶/۲	۳۸/۷	۷۷/۰



شکل ۱- برهمکنش گونه×رژیم رطوبتی خاک بر درصد بقا (الف)، تعداد کل شاخه ها (ب)، تعداد شاخه جانبی (پ)، تعداد پنجه (ت) و تعداد استولون (ث) گونه‌های نعناع تحت تنش کم آبی در شرایط کنترل شده

کاهش میزان آب خاک به کم تر از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تاثیر معنی داری ($P\leq$۰/۰۱) بر تعداد برگ گیاه داشت (جدول ۱)، به طوری که در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد برگ گیاه و همچنین برگ پنجه بیش از ۸۰ درصد نسبت به سطح شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) کاهش نشان دادند، در صورتی که این کاهش در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۳۰ درصد بود (جدول ۲). خلیل و همکاران (۱۴) در بررسی اثر تنش کم آبی بر گیاه ریحان بیان کردند که کاهش مقدار رطوبت خاک تاثیر معنی داری بر تعداد برگ گیاه داشت، بطوریکه در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد برگ ۱۵ درصد کم تر از تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود. اعتقاد بر این است که کاهش مقدار آب در دسترس گیاه با تاثیر بر فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی باعث کاهش رشد و گسترش سلول‌های برگ شده، از این رو تعداد برگ در این شرایط کاهش می‌یابد (۷). در شرایط تنش کم آبی همچنین کاهش تعداد برگ در سطوح شدید تنش خشکی به عنوان اولین مکانیزم تحمل به تنش مذکور بیان شده، زیرا در این حالت گیاه تعرق کم تری خواهد داشت و بنابراین آب کم تری

نیز از دست می‌دهد (۱۸). البته در زمانی که گیاه برگ‌های خود را در نتیجه کم بودن مقدار آب خاک از دست می‌دهد، نور کم تری نیز دریافت کرده و ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و ادامه این شرایط علاوه بر کاهش رشد و نمو گیاه در نهایت مرگ گیاهان را به دنبال خواهد داشت (۱۲).

تعداد برگ گیاه به صورت معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تاثیر برهمکنش گونه×رطوبت خاک قرار گرفت (جدول ۱)، به نحوی که در گونه‌های نعناع فلفلی، پونه و سوسن تعداد برگ در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب۱۴، ۱۱ و۲ برابر آن نسبت به تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۲–الف). در گونه ی سوسن در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد برگ کل و شاخه جانبی نسبت به رژیم رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بیش تر بود (به ترتیب ۱۱ و ۲۲ درصد)، در صورتی که در دو گونه ی پونه و نعناع فلفلی تعداد برگ کل و شاخه جانبی در تیمار مذکور ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۲– الف و ب). نتایج مطالعه رام و همکاران (۲۷) نیز بر روی اثر تنش آب در گیاه *Mentha arvensis* نشان داد تعداد برگ گیاهان نعناع در تیمار IW:CPE ۰/۹ به ترتیب ۶ و ۸ درصد بیش تر از تیمارهای ۱/۲ و ۱/۵ IW:CPE بود. ایشان بیان کردند که بیش تر بودن مقدار آب خاک در تیمار شاهد (۱/۵) نسبت به تیمارهای تنش آب سبب افزایش رشد گیاهان شده که به دنبال آن سایه اندازی قسمت‌های بالای گیاه بر روی شاخه‌های پایینی منجر به پیری زودرس و ریزش برگ ها شده است. افزایش شدت تنش آب در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۸۵ و ۱۰۰ درصدی در تعداد برگ پنجه به ترتیب در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه گردید، در حالیکه در گونه سوسن این کاهش حدود ۵۶ درصد بود (شکل ۲– پ). در گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی سهم تعداد برگ شاخه جانبی در تمام رژیم‌های رطوبتی مورد استفاده بیش از ۷۰ درصد بود، حال آنکه در گونه پونه در رژیم‌های ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی این سهم حدود ۶۰ درصد و در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بیش از ۹۰ درصد بوده است (شکل ۲– الف، ب و پ).

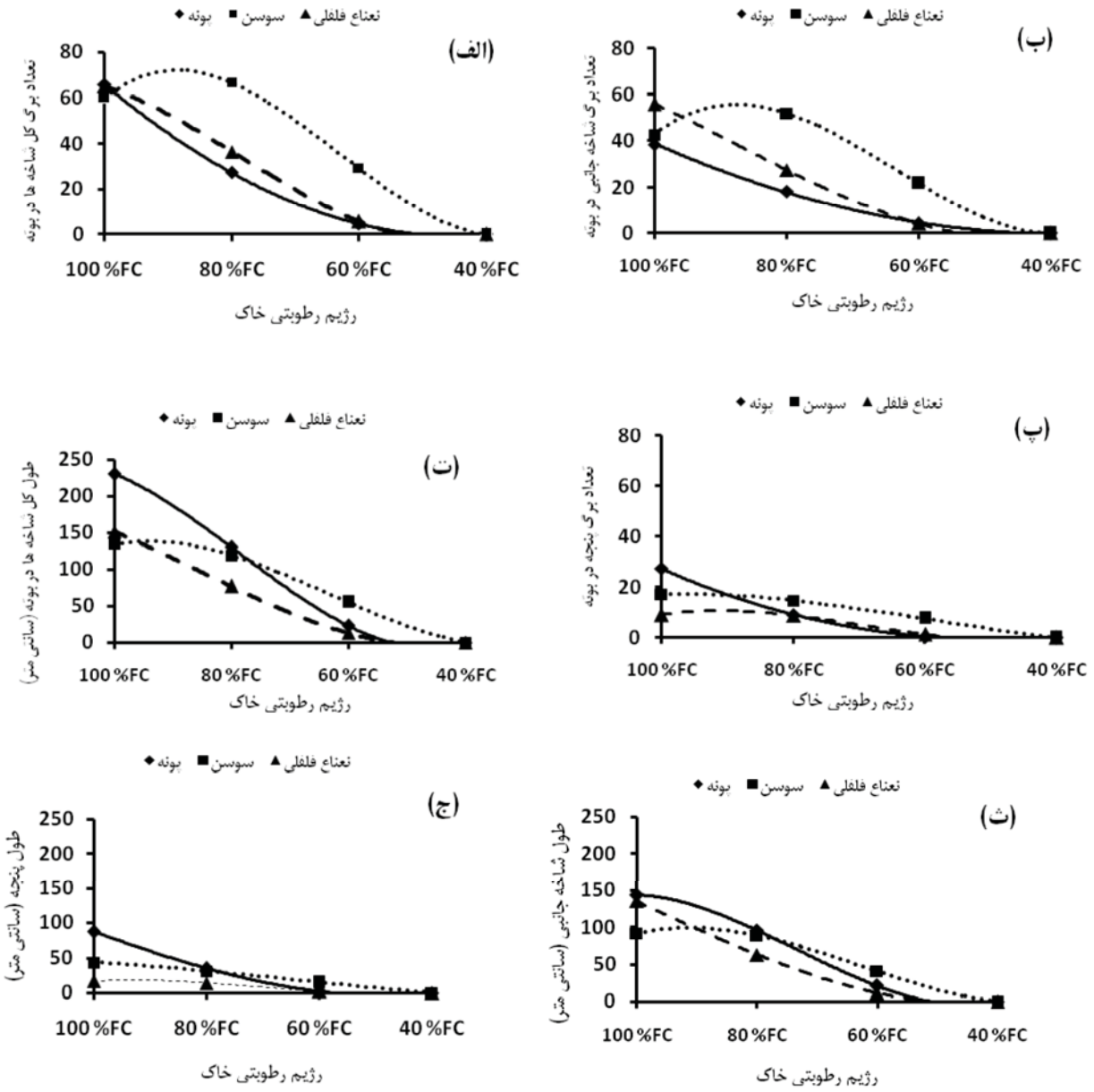
طول شاخه ها: از نظر طول کل شاخه ها (مجموع طول شاخه جانبی و پنجه) بین گونه‌های نعناع اختلاف معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) مشاهده شد (جدول ۱) و در گونه ی پونه طول کل شاخه بیشتر از گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی بود. طول شاخه جانبی در گونه‌های پونه و سوسن بیش از ۶۷ درصد از طول کل شاخه ها بود، در صورتی که در گونه ی نعناع فلفلی ۸۷ درصد از این سهم به شاخه‌های جانبی اختصاص داشت (جدول ۳). بین رژیم‌های رطوبتی خاک نیز اختلاف معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) از لحاظ طول کل شاخه ها وجود داشت (جدول ۱)، به طوری که طول کل شاخه ها و همچنین طول شاخه جانبی در سطوح ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۳۰ و ۸۰ درصد کم تر از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. طول پنجه در تیمارهای رطوبتی ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۴۶ و ۸۸ درصد کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). مطالعه بر روی تاثیر تنش کم آبی در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) نیز نشان داد، اثر سطوح رطوبتی خاک بر طول شاخه ها معنی دار بود و کاهش مقدار آب خاک در دور آبیاری ۱۰روز نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری سه روز) منجر به کاهش این صفت به میزان ۲۵/۷ درصد شد (۸). کوساکا و همکاران (۱۵) بیان داشتند که از جمله دلایل کاهش طول گیاهان در تنش خشکی کم شدن تقسیم سلولی به علت کاهش آب در سلول ها بوده که منجر به پژمردگی گیاه و بسته شدن روزنه ها می‌شود و در نهایت نیز رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

برهمکنش گونه×رطوبت خاک بر طول کل شاخه ها معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). در گونه ی نعناع فلفلی و پونه کاهش میزان رطوبت خاک به تیمار۶۰درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش حدود ۹۰ درصدی طول کل شاخه ها (همچنین طول شاخه جانبی و پنجه) شد، در صورتی که در گونه ی سوسن این کاهش حدود ۶۰ درصد بود. طول شاخه جانبی در گونه ی پونه و نعناع فلفلی در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب حدود ۳۳ و ۵۳ درصد کاهش داشت، حال آنکه در گونه ی سوسن تنها ۳ درصد کاهش در طول شاخه جانبی در تیمار مذکور مشاهده شد. همچنین طول پنجه در گونه سوسن و پونه در رژیم رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب بیش از ۴۰ و ۵۰ درصد آن نسبت به رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود، در حالیکه تفاوت چندانی از این نظر در گونه ی نعناع فلفلی وجود نداشت. در گونه ی سوسن سهم طول شاخه جانبی از طول کل شاخه‌ها در تمام سطوح رطوبتی حدود۷۰ درصد بود، در صورتی که در نعناع فلفلی در سطوح رطوبتی مورد استفاده سهم شاخه جانبی بیش از ۸۰ درصد طول کل شاخه بود. در گونه پونه نیز در رژیم‌های رطوبتی ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۶۰ و۷۰ درصد از طول کل شاخه ها به طول شاخه جانبی اختصاص داشت ولی در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی سهم این شاخه ها از طول کل بیش از ۹۰ درصد بود (شکل ۲– ت، ث و ج).

سطح سبز: گونه‌های نعناع از لحاظ سطح سبز اختلاف معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) را نشان دادند (جدول ۱)، به صورتی که سطح سبز در گونه ی سوسن بیش از دو برابر آن نسبت به گونه پونه بود (جدول ۳). محققان بیان کردند که بین جمعیت‌های مختلف گیاه باردشبی از نظر سطح برگ اختلاف معنی داری مشاهده گردید، بطوریکه سطح برگ در ژنوتیپ شیراز به ترتیب ۹ و ۱۸ درصد بیش تر از ژنوتیپ‌های اصفهان و تهران بود (۳). کاهش مقدار آب خاک به کم تر از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) سطح سبز گردید (جدول ۱)، بطوریکه صفت مذکور در تیمار شاهد به ترتیب ۲ و

۱۵ برابر بیش تر از سطوح ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۳). امیدبیگی و محمودی سورستانی (۱) نیز در بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه معطر گل مکزیکی (*Agastache foeniculum*[Pursh] Kuntze) بیان داشتند که کاهش میزان آب در دسترس گیاه به کم تر از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش سطح برگ شد، به صورتی که در سطوح ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی سطح برگ به ترتیب ۲۰، ۴۶ و ۷۱ درصد کمتر از تیمار شاهد بود.

سطح سبز گیاهان بطور معنی داری ($P\leq$۰/۰۱) تحت تاثیر برهمکنش گونه×رطوبت خاک قرار گرفت (جدول ۱). در گونه‌های پونه و نعناع فلفلی سطح سبز گیاهان به ترتیب ۲۴ و ۳۴ برابر بیش تر از تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود، در حالیکه سطح سبز گیاهان در گونه ی سوسن در شرایط مذکور حدود ۹ برابر بیش تر از رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بوده است.



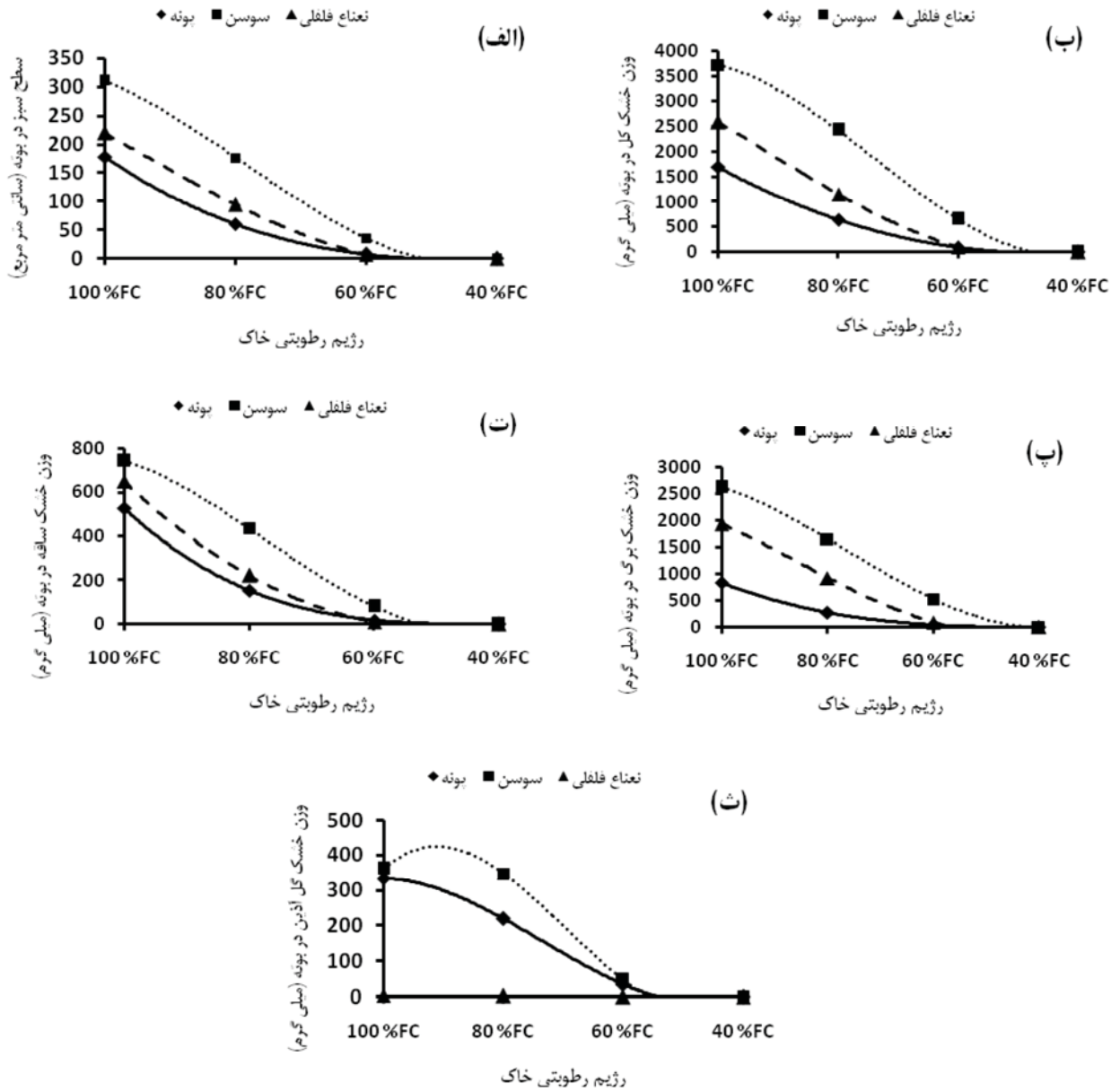
شکل ۲- برهمکنش گونه×رژیم رطوبتی خاک بر تعداد برگ کل شاخه ها (الف)، تعداد برگ شاخه جانبی (ب)، تعداد برگ پنجه (پ)، طول کل شاخه ها (ت)، طول شاخه جانبی (ث) و طول پنجه گونه‌های نعناع تحت تنش کم آبی در شرایط کنترل شده

همچنین در گونه ی پونه کاهش میزان آب خاک در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۶۶ درصدی سطح سبز شد، در حالیکه این کاهش در گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب حدود ۴۳ و ۵۷ درصد بود (شکل ۳-الف). نتایج سایر مطالعات نیز حاکی از آن است که در شرایط تنش کم آبی سطح برگ در گونه‌های مختلف گیاهی کاهش می‌یابد (۱۳). علاوه بر این کاهش سطح برگ گیاهان در زمان وقوع تنش خشکی از طریق کاهش رشد و نمو اندام‌های مختلف، عملکرد گیاه را نیز کاهش می‌دهد (۲۸).

وزن خشک گیاه: از نظر وزن خشک گیاه (مجموع وزن خشک برگ، ساقه و گل اذین) اختلاف معنی داری ($P\leq$۰/۰۱) بین گونه‌های نعناع مشاهده شد (جدول ۱)، به نحوی که وزن خشک کل در گونه‌ی سوسن بیش از ۷۴ درصد آن نسبت به گونه ی نعناع فلفلی بود. همچنین وزن خشک ساقه و برگ سوسن به ترتیب بیش از ۱/۵ و ۴ برابر آن نسبت به گونه پونه بوده است. وضعیت متفاوتی از نظر وزن خشک گل آذین وجود داشت، به طوری که اختلاف بین گونه‌های سوسن و پونه از این نظر تنها حدود ۲۸ درصد بود، حال آنکه صفت مذکور در گونه نعناع فلفلی ۸۸ درصد کاهش نسبت به گونه ی سوسن داشته است. سهم وزن خشک برگ از وزن خشک کل در گونه ی پونه کم تر از ۵۰ درصد بود، در صورتی که در گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی این سهم بیش از ۷۰ درصد بود (جدول ۳). نتایج مطالعه بر روی اثر تنش کم آبی در سوسنبر و رزماری نیز نشان داد بین این دو گونه از نظر وزن خشک کل و برگ اختلاف معنی داری وجود داشته و صفات مذکور درگونه رزماری به ترتیب حدود ۲۰ و۳۰ درصد بیشتر از گونه سوسن بود (۱۱).

سطوح رطوبتی خاک بر وزن خشک گیاه تاثیر معنی داری ($P\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۱)، بطوریکه وزن خشک کل در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۸۵ درصد کم تر از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بود، در صورتی که در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی وزن خشک حدود ۴۷ درصد کاهش نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی داشت. در سطوح ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۶۷ درصد از وزن خشک کل مربوط به وزن خشک برگ بود، در حالیکه در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی این سهم بیش از ۷۸ درصد بوده است (جدول ۳). مطالعه صفی خانی و همکاران (۳) بر روی تاثیر تنش خشکی بر گیاه بادرشبی نیز نشان داد بین سطوح تنش خشکی از نظر عملکرد بیولوژیک و عملکرد برگ اختلاف معنی داری وجود دارد، بطوریکه عملکرد بیولوژیک در سطوح ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۱۵ و ۴۰ درصد و عملکرد برگ به ترتیب ۱۸ و ۳۵ درصد کم تر از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بوده است.

برهمکنش گونه×رطوبت خاک تاثیر معنی داری ($P\leq$۰/۰۱) بر وزن خشک کل داشت (جدول ۱)، به طوری که در گونه ی پونه و نعناع فلفلی کاهش مقدار رطوبت خاک در رژیم آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش حدود ۹۵ درصدی وزن خشک کل (همچنین وزن خشک برگ) شد، حال آنکه در گونه ی سوسن این کاهش حدود ۸۰ درصد بود (شکل ۳- ب و پ). وزن خشک ساقه در گونه ی سوسن در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۴۰ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش داشت، در صورتی که در گونه‌های پونه و نعناع فلفلی این کاهش حدود ۷۰ درصد بود (شکل ۳-ت). همچنین وزن خشک گل آذین در گونه ی پونه در رژیم رطوبتی۶۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش ۱۰۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) نشان داد، در حالیکه در گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی این کاهش تقریبا ۹۰ درصد بود (شکل ۳- ث). در گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی سهم وزن خشک برگ از وزن خشک کل در سطوح ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب حدود ۷۰ و ۸۰ درصد و در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی این سهم در گونه‌های ذکر شده به ترتیب ۸۰ و ۹۰ درصد بود، حال آنکه در گونه پونه سهم وزن خشک برگ از وزن خشک کل کم تر از ۵۰ درصد بود (شکل ۳- ب و پ). دلفاین و همکاران (۱۱) در مطالعه ی اثر تنش خشکی بر گونه‌های سوسن و رزماری نیز بیان کردند، در تیمار شدید تنش خشکی (daily restoring) وزن خشک کل و برگ در گونه سوسن نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب ۶۷ و ۷۱ درصد کاهش داشت، در حالیکه صفات مذکور در گونه رزماری در تیمار شدید خشکی به ترتیب ۵۴ و ۶۱ درصد کم تر از شاهد بود. ایشان اظهار داشتند که کاهش وزن خشک گیاهان بخصوص وزن خشک برگ در شرایط تنش خشکی به علت کم شدن آسیمیلاسیون کربن در برگ ها است و میزان کاهش این صفت بسته به گونه گیاهی متفاوت بوده است. در مطالعه صفی خانی و همکاران (۳) نیز بر روی سه جمعیت گیاه بادرشبی هر چند افزایش شدت تنش خشکی در تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش وزن خشک برگ نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) شده است، اما این کاهش در جمعیت‌های تهران و اصفهان به ترتیب ۲۷ و ۳۹ درصد بوده در صورتی که در جمعیت شیراز کاهش مذکور تنها ۶ درصد بوده است. تنش کم آبی با تاثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان دارویی و معطر (مانند تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول و....) منجر به آسیب زدن به اندامک‌های گیاهی در سیتوپلاسم شده و تقسیم و بزرگ شدن سلول ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از سوی دیگر فتوسنتز و سایر متابولیسم‌های گیاهی نیز تحت تاثیر خشکی قرار گرفته و ادامه این روند نیز سبب کاهش رشد شاخه ها و برگ ها خواهد شد (۱۴).



شکل ۳- برهمکنش گونه×رژیم رطوبتی خاک بر سطح سبز (الف)، وزن خشک کل (ب)، وزن خشک برگ (پ)، وزن خشک ساقه (ت) و وزن خشک گل آذین (ث) گونه‌های نعناع تحت تنش کم آبی در شرایط کنترل شده

نتیجه گیری

گونه‌های جنس نعناع از نظر واکنش به تنش کم آبی با هم اختلاف معنی داری داشته و رشد و نمو هر سه گونه در شرایط مطلوب آب خاک بهتر از رژیم‌های کم آبی بود. گونه ی پونه به علت رشد در نواحی با بارش فراوان یا رشد در کنار برکه و رودخانه تحمل بسیار کم تری نسبت به کاهش آب خاک از خود نشان داد و گونه نعناع فلفلی نیز تحمل کم تری نسبت به گونه سوسن داشت. علی رغم اینکه در این مطالعه بوته‌های گونه سوسن در رژیم رطوبتی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مدت زمان بیش تری نسبت به دو گونه ی دیگر بقاء خود را حفظ کردند (سه هفته بعد از اعمال تنش)، اما در نهایت گیاهان هر سه گونه در رژیم رطوبتی مذکور بطور کامل از بین رفتند. گونه ی سوسن در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد برگ و شاخه جانبی بیش تر ی نسبت به تیمار شاهد داشت (به ترتیب ۱۱ و ۲۲ درصد)، حال آنکه در گونه‌های پونه و نعناع فلفلی در تیمار مذکور

صفات مورد اشاره کم تر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد افزایش رشد قسمت‌های بالای کانوپی گونه ی سوسن در تیمار شاهد سبب سایه اندازی بر روی برگ‌های پایین گیاه و ریزش آن ها شده و از این جهت تعداد برگ در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد کم تر از تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که هر چند گونه سوسن تحمل بیش تری به تنش کم آبی نسبت به گونه‌های پونه و نعناع فلفلی داشته است، ولی برای ارزیابی واکنش دقیق این گونه ها به تنش کم آبی (در شرایط گلخانه و مزرعه) انجام مطالعات جامع تر سودمند خواهد بود.

منابع

۱- امید بیگی ر. و محمودی سورستانی م. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر برخی صفات مرفولوژی، میزان و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی *Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze. مجله علوم باغبانی ایران ۴۱(۲): ۱۵۳-۱۶۱.

۲- سرمدنیا غ. و کوچکی ع. ۱۳۶۸. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد.

۳- صفی خانی ف.، حیدری شریف آبادی ح.، سیادت ع.، شریفی عاشورآبادی ا.، سید نژاد م. و عباس زاده ب. ۱۳۸۶. تأثیر خشکی بر عملکرد و صفات مرفولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۳ (۲): ۱۹۴-۱۸۳.

۴- کوچکی ع. ۱۳۷۶. به زراعی و به نژادی در زراعت دیم. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد.

5-Abbaszadeh B., Sharifi Ashoorabadi E., Ardakani M.R., and Aliabadi F.H. 2008. Effect of drought stress on quantitative and qualitative of mint. Abstracts Book of 5th International crop science congress &exhibition, Korea p.23.

6-Aliabadi Farahani H., Valadabadi S.A., Daneshian J., Shiranirad A.H., and Khalvati M.A. 2009. Medicinal and aromatic plants farming under drought conditions. Journal of horticulture and forestry, 1(6):86-92.

7-Alishah H.M., Heidari R., Hassani A., and Dizaji A. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple Basil (*Ocimum basilicum*). Journal of biological sciences, 6(4):763-767.

8-Aziz E.E., Hendawi S.T., Azza E.E.D., and Omer E.A. 2008. Effect of soil type and irrigation interval on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant. American-eurasian journal of agriculture & environment science, 4(4):443-450.

9-Baghalian K., Abdoshah Sh., Khalighi-Sigaroodi F., and Paknejad F. 2011. Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). Plant physiology and biochemistry, 49:201-207.

10-Bettaieb I., Zakhama N., Aidi Wannes W., Kchouk M.E., and Marzouk B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia horticulturae, 120: 271–275.

11-Delfine S., Loreto F., Pinelli P., Tognetti R., and Alvino A. 2005. Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. Agriculture, ecosystems and environment, 106:243-252.

12-Fatima S., Farooqi A.H.A., Ansari S.R., and Sharma S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon marlini* (palmarosa) cultivars. Journal of essential oil research, 11:491-496.

13-Hong-Bo Sh., Li-Ye Ch., Cheruth A.J., and Chang-Xing Z. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants, Current research in biologies, 331, 215–225.

14-Khalil S.E., Abd El-Aziz N.G., and Abou Leila B.H. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. Journal of american science, 6(12):33-44.

15-Kusaka M., Lalusin A.G., and Fujimura T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant science, 168:1-14.

16-Laribi B., Kouki K., Sahli A., Mougou A., and Marzouk B. 2011. Essential oil and fatty acid composition of a tunisian caraway (*Carum Carvi* L.) seed ecotype cultivated under water deficit. Advances in environmental biology, 5(2):257-264.

17-Lawrence B.M. 2006. Mint, the genus *Mentha.* CRC Press.

18-Levitt J. 1980. Responses of plants Environmental stress. Academic press. New York, vol. 2.

19-Marcum B.D., and Hanson R.B. 2006. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. Agriculture water management, 82:118-128.

20-Misra A., and Srivastava N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of herbs, spices & medicinal plants, 7(1):51-58.

21-Mitchell A.R. 1997. Irrigating peppermint, EM 8662. Oregon state university extension service, Corvallis.

22-Mitchell A.R., and Yang C.L. 1998. Alternating furrow irrigation of peppermint (*Mentha piperita*). Horticultural science, 33(2): 266-269.

23-Okwany R.O., Peters T.R., Ringer K.L., Walsh D.B., and Rubio M. 2011. Impact of sustained deficit irrigation on

spearmint (*Mentha spicata* L.) biomass production, oil yield, and oil quality. Irrigation science.
24-Ozturk A., Unlukara A., Ipek A., and Gurbuz B. 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Mellisa officinalis* L.). Pakistan journal of botany, 36(4):787-792.
25-Patra D.D., Ram M., and Singh D.V. 1993. Influence of straw mulching on fertilizer nitrogen use efficiency, moisture conservation and herb and essential oil yield in Japanese mint *(Mentha arvensis* L.). Fertilizer research, 34: 135-139.
26-Ram M., Ram D., and Singh R. 1995. Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot mint on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. Agricultural water management, 27: 45-54.
27-Ram D., Ram M., and Singh R. 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate. Bioresource technology, 97:886-893.
28-Reddy A.R., Chiatanya K.V., and Vivekanandan M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants, Journal of plant physiology, 161, 1189–1202.
29-Restrepo-Díaz H., Melgar J.C., and Lombardini L. 2010. Ecophysiology of horticultural crops: an overview. Agronomía colombiana, 28(1): 71-79.
30-Tzialla C.E., Veresoglou D.S., Papakosta D., and Mamolos A.P. 2006. Changes in soil characteristics and plant species composition along a moisture gradient in a Mediterranean pasture. Journal of environmental management, 80:90–98.
31-Volaire F. 2002. Drought survival, summer dormancy and dehydrin accumulation in contrasting cultivars of *Dactylis glomerata*. Physiologia plantarum, 116:42–51.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p. 1051-1063

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۱۰۶۳-۱۰۵۱

Response of *Mentha* Species to Water Deficit Stress Under Controlled Conditions

S. Nezami[1*]- S.H. Nemati[2]- H. Aroiee[3]- A. Bagheri[4]

Received: 14-4-2012
Accepted: 24-6-2012

Abstract

Although mint species are very sensitive to water deficit stress, but their reaction may be different to reduction of water in soil during growing season. In order to evaluate response of three *Mentha* species to water deficit stress, an experiment was carried out in a factorial-randomized design with five replication in controlled conditions and *Mentha longifolia* (wildmint), *Mentha spicata* (spearmint) and *Mentha piperita* (peppermint) species were subject to four soil moisture regimes (100, 80, 60, 40 of field capacity (FC)). Plants were on 70% of flowering at the harvest time. Characteristics were included percent of survival, number of total branches and stolon, number of leaf, length of total branches, green area and total dry matter. The results showed that soil moisture treatments had significant effect on survival of three mint species, because spearmint's survival was 100 in 60 FC, while in wildmint and peppermint were decreased to 70 percent. In peppermint number of total branches and stolon were significantly excel as compare as two other species, however in spearmint number of total leaf, green area and total dry matter were more than two other species, whereas length of total branches in wildmint were higher than spearmint and peppermint. Spearmint had the greatest dry matter in 100 percent of FC and reduction of soil moisture to 80 percent of FC caused 35 percent reduction in previously mentioned parameter, while in wildmint and peppermint 62 and 56 percent reduction were observed, respectively. However spearmint was more tolerant than two other species to water deficit stress, but more study must be achieved for better understanding of mint responses to water deficit stress.

Keywords: Dry matter, Green area, *Mentha spicata*, *Mentha longifolia*, Survival

1,2,3- MSc Student and Assistant Professors of Horticulture Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*-Corresponding Author Email:nez.sami@gmail.com)
4- Proffesor, Department of Plant Biotechnology and Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad