

## تأثیر بررسی اثرات تنش کم آبی بر خصوصیات رویشی سه گونه نعناع

سمیه نظامی<sup>۱</sup>، سید حسین نعمتی<sup>۲\*</sup>، حسین آروبی<sup>۲</sup>، عبدالرضا باقری<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۳

### چکیده

گونه‌های جنس نعناع از جمله مهم‌ترین سبزی‌ها هستند که در معرض آسیب‌های حاصل از تنش کم آبی قرار دارند. به منظور بررسی خصوصیات رشدی سه گونه نعناع در شرایط تنش کم آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در شرایط کنترل شده انجام شد و گونه‌های *Mentha longifolia* (پونه)، *Mentha spicata* (سوسن) و هیبرید *Mentha x piperita* (نعناع فلفلی) در معرض چهار سطح رطوبتی خاک (۱۰۰ (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفتند و در طول فصل رشد روند خصوصیات نظیر درصد بقاء، تعداد شاخه و استولون، تعداد برگ، طول شاخه‌ها و میزان نسبی کلروفیل اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تیمارهای رطوبتی خاک تأثیر معنی‌داری بر درصد بقاء هر سه گونه نعناع داشتند. در تیمارهای شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد و طول شاخه‌ها و تعداد برگ گونه‌ی پونه نسبت به دو گونه‌ی دیگر بیشتر بود، در حالی‌که از نظر تعداد و طول استولون گونه‌ی نعناع فلفلی برتری معنی‌داری نسبت به دو گونه دیگر در تمام سطوح رطوبتی داشت. با وجود اینکه کاهش رطوبت خاک در شرایط ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش شدید تعداد و طول شاخه، تعداد برگ، تعداد و طول استولون در هر سه گونه نعناع شد، اما در این تیمار رطوبتی گونه‌ی سوسن رشد بهتری نسبت به دو گونه‌ی دیگر داشت. در هر سه گونه مورد بررسی تنش کم آبی سبب کاهش خصوصیات رشدی گیاه شد، ولی گونه‌ی سوسن در شرایط کاهش ۲۰ و ۴۰ درصد رطوبت آب خاک (نسبت به ظرفیت کامل زراعی) رشد بهتری نسبت به دو گونه‌ی دیگر داشت.

واژه‌های کلیدی: اسپد، استولون، درصد بقاء، ظرفیت زراعی، سوسن، نعناع.

### مقدمه

تولید محصولات کشاورزی در کشور ما همواره با کمبود آب مواجه است (Hassani et al., 2009). گونه‌های نعناع دارای سیستم ریشه‌ای افشان در لایه‌های سطحی خاک هستند و لذا عدم دسترسی به مقدار رطوبت کافی در این منطقه از خاک منجر به کاهش رشد و عملکرد آن‌ها می‌شود (Marcum and Hanson, 2006). نتایج برخی مطالعات نیز حاکی از آن است که حتی در مناطقی با بارش سالانه‌ی بین ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر، برای حصول عملکرد مناسب، هفته‌ای یک‌بار آبیاری گیاهان نعناع ضروری است (Mitchell and Farris, 1996). میزرا و سریواستاوا (Misra and Srivastava, 2000) نیز در بررسی اثر تنش کم آبی بر نعناع ژاپنی (*Mentha arvensis*)

آب مهم‌ترین عامل برای تولید محصولات کشاورزی است (Jones and Tardieu, 1998) و تولید حدود ۴۰ درصد از محصولات زراعی جهان در زمین‌های تحت آبیاری، سبب شده تا کشاورزی بزرگ‌ترین عامل مصرف آب (مصرف حدود ۷۰ درصد از آب مصرفی توسط بشر) در دنیا باشد (FAO, 2007). با وجود این وقوع تنش کم آبی به علت کمبود آب یا نوسانات در بارندگی در بسیاری از مناطق جهان اجتناب‌ناپذیر بوده و سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصولات زراعی و باغی می‌شود (Delfine et al., 2005). Smith and Griffiths, 1993). ایران نیز با متوسط بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر از جمله نواحی خشک محسوب می‌گردد (Baghalian et al., 2011). از این رو

بوجوداین، میزان آب فراوان ممکن است بر رشد گیاهان نفع تأثیر منفی داشته باشد، زیرا آبیاری بیش‌ازحد از طریق کاهش میزان اکسیژن در محیط ریشه، شستن مواد غذایی خاک (از جمله نیتروژن) به منطقه پایین‌تر از دسترس ریشه و گسترش برخی بیماری‌ها نظیر ریزوکتونیا (*Rhizoctonia sp.*) منجر به کاهش تولید در گیاهان نفع‌ان می‌شود (Mitchell, 1997). رام و همکاران (Ram et al., 2006) در بررسی تأثیر آبیاری بر گیاه نفع (*Mentha arvensis*) اظهار داشتند که اگرچه در ابتدای فصل رشد آبیاری فراوان سبب افزایش رشد محصول شد، اما رشد زیاد و به دنبال آن سایه اندازی برگ‌های قسمت بالای پوشش گیاهی بر روی برگ‌های پایین‌تر منجر به پیری زود هنگام این برگ‌ها شد و به دنبال آن نسبت برگ به ساقه کاهش یافت. در همین راستا در برخی موارد کم‌آبیاری کنترل شده برای پرورش برخی سبزی‌ها مورد استفاده قرار گرفته و باعث بهبود راندمان مصرف آب شده است، زیرا در این حالت هرچند رشد گیاه کمتر می‌شود ولی کاهش بیشتر مقدار آب مصرفی سبب بهبود راندمان مصرف آب خواهد شد (Jensen et al., 2010; Kirda et al., 2004).

با توجه به مطالب ذکر شده مطالعه حاضر باهدف بررسی روند برخی خصوصیات رشدی سه گونه نفع {شامل نفع فلفلی (*Mentha piperita*) هیبرید، سوسن (*Mentha spicata*)، و پونه (*Mentha longifolia*)} در شرایط تنش کمبود آب در محیط کنترل شده اجرا شد.

#### مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۹۰-۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در پردیس دانشگاه) با عرض جغرافیایی "۴۵' ۱۷" ۳۶° و طول جغرافیایی "۴۳' ۳۶" ۵۹° اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار اجرا شد و تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح آبیاری (۱۰۰ (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و سه گونه نفع {شامل نفع فلفلی (*Mentha piperita*) هیبرید، سوسن (*Mentha spicata*)، و پونه (*Mentha longifolia*)} بودند.

به منظور تعیین آب خاک (خاک مورد استفاده در گلدان‌ها دارای نسبت ۵۰٪ خاک مزرعه، ۲۵٪ خاک برگ و ۲۵٪ ماسه بود). در حالت ظرفیت زراعی ابتدا ۱۰ گلدان تا

(L. بیان کردند که دسترسی به آب کافی جهت عملکرد مطلوب گیاه ضروری است و کاهش مقدار آب خاک سبب کاهش رشد و نمو و زیست‌توده گیاهان نفع می‌شود. مطالعه‌ی دیگری بر روی تأثیر تنش کمبود آب بر گونه سوسن (*Mentha spicata* L.) نیز نشان داد که این‌گونه بسیار به کاهش آب خاک حساس است و تیمارهای شدید تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری در رشد و عملکرد این‌گونه را به دنبال داشته است (Okwany et al., 2011). در حقیقت کاهش رطوبت در ناحیه ریشه‌ی گیاهان از طریق تأثیر بر کاهش فتوسنتز و سایر فرآیندهای حیاتی گیاه منجر به کاهش شدید عملکرد می‌شود (Chen et al., 2011).

نتایج برخی از مطالعات بر روی اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی گونه‌های جنس نفع حاکی از آن است که عدم تأمین آب مورد نیاز این گیاهان طی فصل رشد منجر به کاهش رشد سیستم ریشه‌ای، شاخه‌ها و استولون‌ها می‌گردد (Mitchell, 1997; Lawrence, 2006). مطالعه اثر رژیم‌های رطوبتی خاک (۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) بر صفات مرفولوژیکی گیاه دارویی و معطر بادربشی (*Deracocephalum moldavica* L.) نیز نشان داد که کاهش رطوبت خاک به کم‌تر از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد) منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه و تعداد شاخه گردید (Safikhani et al., 2007). همچنین در بررسی علی‌آبادی فراهانی و همکاران (Aliabadi Farahani et al., 2009) بر روی تأثیر تیمارهای تنش کم‌آبی (۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) بر خصوصیات رشدی گیاه بادرنجبویه (*Mellisa officinalis* L.) مشخص شد که بیش‌ترین تعداد شاخه، برگ و طول گیاهان در تیمار شاهد (با میانگین ۶۵/۳ سانتی‌متر) و کم‌ترین آن‌ها در تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی (با میانگین ۴۵/۹ سانتی‌متر) به دست آمد. مطالعه حسن‌پور و همکاران (Hassanpour et al., 2012) نیز نشان داد که تیمارهای تنش کم‌آبی (۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به کاهش طول شاخه، وزن‌تر شاخه و سطح برگ گیاهان نفع (*Mentha pulegium*) در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) شده است. بررسی اثر تنش کم‌آبیاری {۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق} بر گونه *Mentha spicata* L. نشان داد که بیش‌ترین زیست‌توده تر و خشک و بیش‌ترین وزن‌تر برگ در تیمار شاهد مشاهده شده است (Meskelu et al., 2014).

زمان مورد نیاز انجام شد و پس از رشد گیاهان و رسیدن به ارتفاع تقریباً ۱۰ سانتیمتری به گلدان‌هایی با قطر ۱۸ سانتی‌متر منتقل شدند. به منظور استقرار مناسب گیاهچه‌ها، آبیاری گیاهان تا دو هفته پس از انتقال نشاءها هر سه روز یکبار انجام شد و اعمال تیمارهای آبیاری پس از آن صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای رطوبتی، هر گلدان در حالت ظرفیت زراعی توزین شد و سپس بر اساس درصد آب خاک میزان آب مورد نیاز در تیمار مورد نظر تعیین و سپس در دوره آزمایش گلدان‌ها به صورت روزانه توزین و کاهش آب هر گلدان تأمین شد (Khazaie et al., 2008).

حد اشباع آبیاری و پس از گذشت ۲۴ ساعت گلدان‌ها هر دو ساعت یکبار توزین شدند. در زمان ثابت شدن وزن گلدان‌ها از هر گلدان نمونه خاک تهیه، توزین و سپس 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 با استفاده از معادله یک تعیین شد ( Khazaie et al., 2008).

$$[۱] \quad \text{وزن خشک خاک} - \text{وزن تر خاک} \times ۱۰۰ = \frac{\text{وزن خشک خاک}}{\text{وزن خشک خاک}} \text{ درصد آب خاک}$$

ابتدا قلمه‌های حاصل از ریزوم سه گونه‌ی نعناع در گلدان‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر کشت و آبیاری آن‌ها در

#### جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Physical and biochemical characteristics of soil.

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (mS.m <sup>-1</sup> )	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن Nitrogen (ppm)
Loamy sand	7.5	13.5	351.0	103.0	903.0

با استفاده از داده‌های هواشناسی گلخانه‌ی تحقیقاتی (دمای  $18 \pm 2$  تا  $26 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و نور طبیعی و رطوبت نسبی ۷۵ درصد) در طول آزمایش و دمای پایه ( $T_b$ ) پنج درجه سانتی‌گراد و معادله‌ی سه، درجه روزهای مورد نظر محاسبه و پس از رسیدن به مجموع درجه روزهای رشد معادل با آن، گیاهان در مرحله دوم برداشت شدند.

$$[۳] \quad GDD = \sum \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \right]$$

در این معادله  $T_{min}$  و  $T_{max}$ ، به ترتیب حداقل و حداکثر دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد) در طول دوره آزمایش می‌باشند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mini Tab و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

#### نتایج و بحث

**درصد بقاء** در تیمار شاهد گیاهان هر سه گونه تا پایان فصل رشد بقاء خود را به طور کامل حفظ کردند (شکل ۱- الف). در صورتی که در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی گونه‌ی نعناع فلفلی تنها تا ۲۲ روز پس از آغاز تنش بقاء کامل خود

جهت تعیین درصد بقاء گیاهان از معادله‌ی دو استفاده شد (Cardona et al., 1997).

$$[۲] \quad \text{تعداد گیاهان زنده در زمان یادداشت برداری} \times ۱۰۰ = \frac{\text{تعداد گیاهان قبل از اعمال تنش کم آبی}}{\text{تعداد گیاهان زنده در زمان یادداشت برداری}} \text{ درصد بقاء}$$

خصوصیات رشدی گیاه شامل تعداد شاخه، استولون و ساقه‌های رشد یافته از استولون‌ها، طول، تعداد گره و تعداد برگ هر کدام از اجزاء ذکر شده بسته به گونه بین هشت تا یازده مرحله اندازه‌گیری و ثبت شد. میزان نسبی کلروفیل (عدد SPAD) نیز بر روی جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته‌ی هر گیاه تعیین شد. برداشت مرحله اول گیاهان در زمان ۷۰ درصد گلدهی انجام گرفت. به این منظور پس از رسیدن گیاهان به مرحله مورد نظر، از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح هر گلدان گیاهان برداشت و جهت تعیین صفات مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شدند.

با توجه به رشد مجدد گیاهان نعناع پس از برداشت اول، برداشت مرحله دوم گیاهان بر مبنای مجموع درجه روزهای رشد ( $GDD^1$ ) کسب شده‌ی هر گونه نعناع در طول دوره کاشت تا برداشت مرحله اول صورت گرفت. برای این منظور

<sup>1</sup>. Growing degree days

درصد بقاء گونه‌ی سوسن نداشت و تمام گیاهان این‌گونه تا پایان فصل رشد زنده ماندند (شکل ۱-پ). در رژیم رطوبتی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی نیز گونه‌ی پونه تا دو هفته و دو گونه‌ی سوسن و نعنای فلفلی تا سه هفته پس از شروع تنش کم‌آبی زنده ماندند و بعد از آن از بین رفتند (شکل ۱-ت).

را حفظ کرد و پس‌از آن به دلیل مرگ تعدادی از گیاهان درصد بقا گونه‌ی مذکور به‌طور معنی‌داری (جدول ۲) کاهش یافت (شکل ۱-ب). در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی درصد بقاء گونه‌های پونه و نعنای فلفلی در طول دوره رشد روندی کاهشی داشت و در زمان برداشت دوم به ترتیب ۵۰ و ۴۰ درصد کاهش یافت، درحالی‌که تیمار مذکور تأثیر چندانی بر

جدول ۲. منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات روند درصد بقاء گونه‌های نعنای تحت تنش کم‌آبی در شرایط کنترل‌شده.

Table 2. Source of variation, degree of freedom and mean square of survival percentage trend of mint species under water deficit stress in controlled conditions.

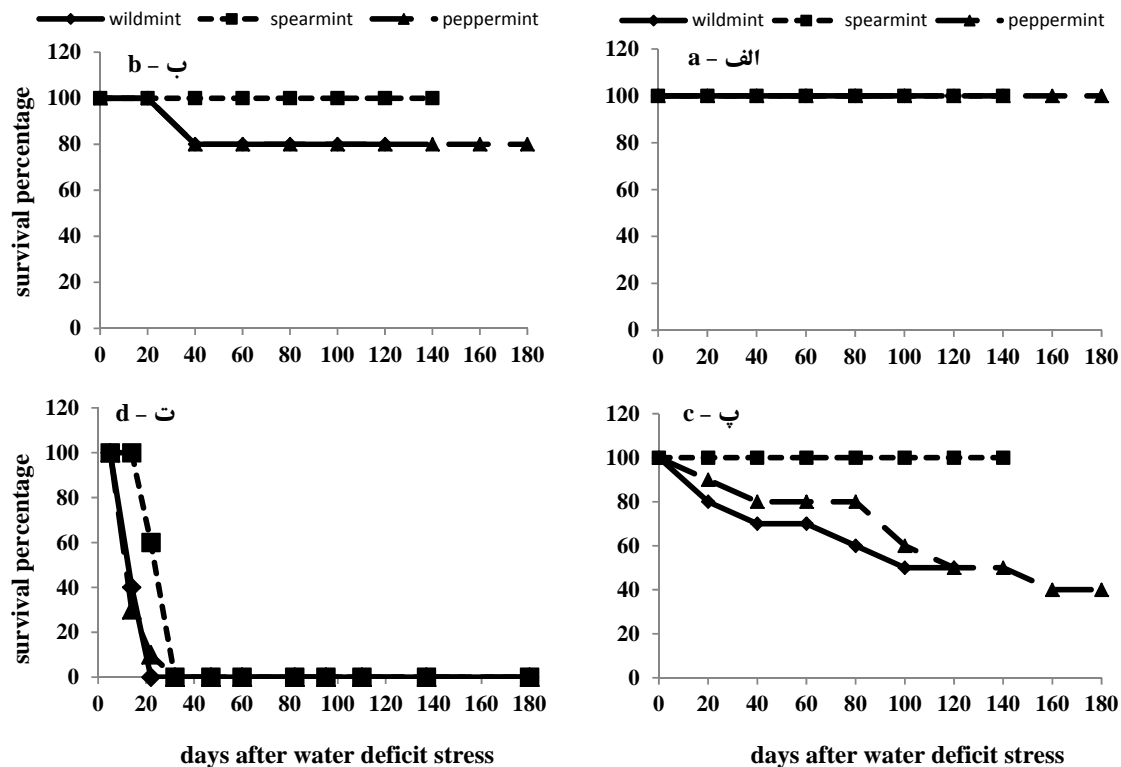
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد بقاء در روزهای پس از تنش کم‌آبی Survival percentage in days after water deficit stress										
		5	14	22	32	47	60	82	95	110	137	180
گونه Species	2	0.2	2267.7**	2791.7**	541.7 <sup>ns</sup>	666.7*	875.0 <sup>ns</sup>	1291.7 <sup>ns</sup>	1627.0 <sup>ns</sup>	1625.0 <sup>ns</sup>	30136.7**	2066.7**
رطوبت خاک Soil moisture	3	0.2	6333.3**	19888.9**	32597.2**	32166.7**	31819.4**	31375.0**	31277.8**	31277.8**	13556.7**	3277.8**
گونه × رطوبت خاک Species × soil moisture	6	0.2	1666.7**	1180.6*	430.6*	666.7*	986.1*	958.3*	1069.0*	1069.4*	4389.7**	3277.8**
خطا Error	48	0.2	520.8	520.8	500.0	479.2	541.7	520.8	479.2	479.2	313.0	312.5

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

ns, \* and \*\* non significant, means significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

مطالعه نسبت کلروفیل a به b در کوشیا نشان داد که به‌طور متوسط میزان کلروفیل a حدود ۱/۸ برابر از کلروفیل b بیشتر است؛ ضمن اینکه نسبت کلروفیل a به b در توده بروجرد حدود ۸/۲ درصد بیشتر از توده سبزواری بود (جدول ۲). علی‌رغم کاهش نسبت کلروفیل a به b با افزایش غلظت کاربرد پاکلوبوترازول، این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). برهمکنش توده و غلظت پاکلوبوترازول حاکی از این بود که در توده سبزواری با افزایش غلظت کاربرد پاکلوبوترازول نسبت کلروفیل a به b افزایش پیدا کرد، اما این خصوصیت در توده بروجرد روند مشخصی نداشت و در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. با این‌وجود، اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود (شکل ۱).

ولیر و للیور (Volair and Leliever, 2001) در بررسی اثر تنش خشکی بر درصد بقاء دو علف چمنی Tall fescue و Cocksfoot (*Dactylis glomerata*) بیان کردند که از نظر درصد بقاء اختلاف معنی‌داری بین این گیاهان مشاهده شد، به‌طوری‌که درصد بقاء گیاه Cocksfoot، ۵۳ درصد بیش‌تر از Tall fescue بوده است. نتایج نشان داده است که هرچند ممکن است در مراحل ابتدایی دوره‌ی تنش خشکی گیاه از طریق برخی مکانیسم‌ها نظیر بستن روزنه‌ها تا حدی بتواند تنش خشکی را تحمل کند، اما تداوم تنش خشکی منجر به مرگ گیاه خواهد شد (McDowell et al., 2008; Volaire and Leliever, 2001).

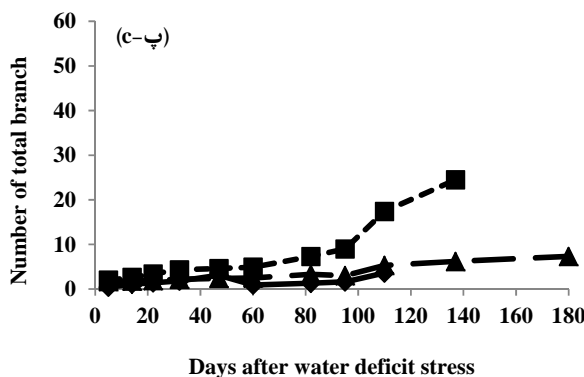
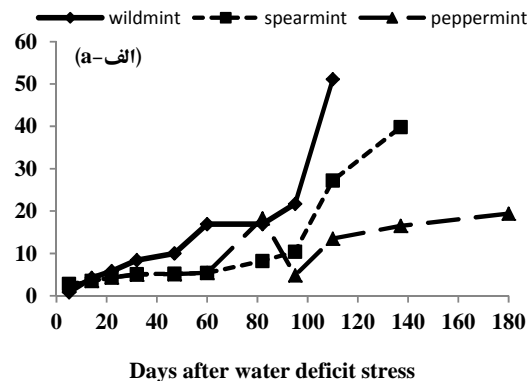
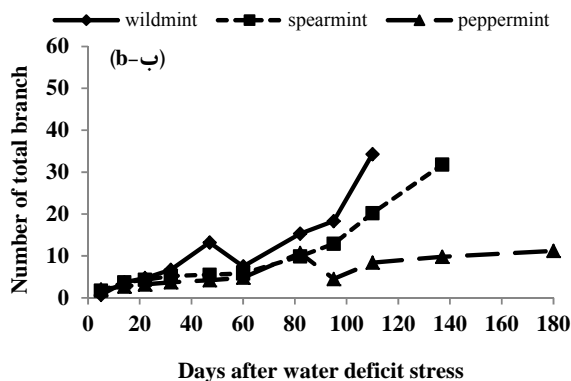


شکل ۱. روند تغییرات درصد بقاء گونه‌های نعناع در تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب)، ۶۰ (پ) و ۴۰ (ت) درصد ظرفیت زراعی در طول دوره‌ی رشد. (برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ و برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم آبی انجام شده است).

Fig. 1. Trend variations of survival percentage of mint species in 100 (a), 80 (b), 60 (c) and 40 (d) of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).

تعداد و طول شاخه روند تغییرات تعداد شاخه‌ها در گونه‌های نعناع طی فصل رشد نشان داد که گونه‌ی پونه در تیمارهای شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد شاخه بیش‌تری از دو گونه‌ی دیگر داشته است (شکل ۲- الف و ب)، در صورتی در تیمار ظرفیت زراعی ۶۰ درصد تعداد شاخه در گونه‌ی سوسن بیش‌تر از گونه‌های پونه و نعناع فلفلی بوده است (شکل ۲- پ). بین دو گونه‌ی سوسن و نعناع فلفلی در تیمارهای شاهد، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی از نظر تعداد شاخه تا حدود برداشت اول گونه‌ی سوسن (تا ۶۰ روز پس از شروع تنش کم آبی) تفاوت چندانی مشاهده نشد، درحالی‌که پس از برداشت اول تعداد شاخه در گونه‌ی سوسن بیش‌تر از گونه‌ی نعناع فلفلی بوده است (شکل ۲- الف، ب و پ). دو گونه‌ی پونه و سوسن در

سطوح ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در زمان برداشت نهایی نسبت به زمان برداشت اول تعداد شاخه بیش‌تری داشتند، به‌طوری‌که در تیمار شاهد این افزایش برای گونه‌ی پونه و سوسن به ترتیب حدود سه و هفت برابر بود، در صورتی‌که تفاوت چندانی از این نظر در گونه‌ی نعناع فلفلی مشاهده نشد (شکل ۲- الف). در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نیز با وجود روندی نسبتاً مشابه با تیمار شاهد، افزایش مذکور برای دو گونه پونه و سوسن حدود دو و شش برابر بوده است (شکل ۲- ب). در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گونه‌ی پونه و نعناع فلفلی حدود دو برابر تعداد شاخه بیش‌تری در برداشت نهایی نسبت به برداشت اول داشتند، در صورتی‌که این افزایش در گونه سوسن حدود پنج برابر بوده است (شکل ۲- پ).

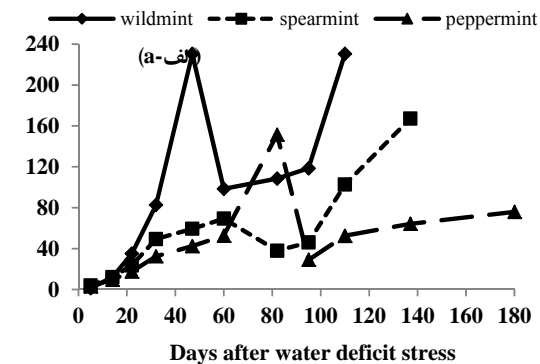
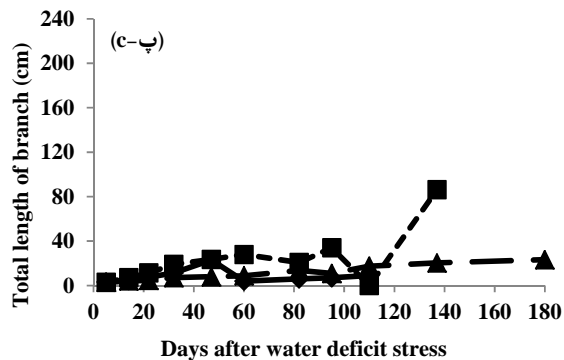
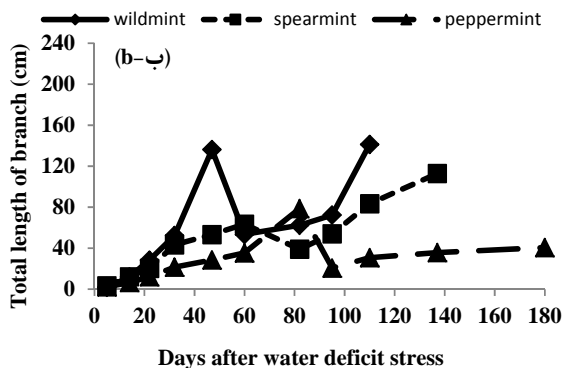


شکل ۲. روند تغییرات تعداد کل شاخه در گونه‌های نعناع تحت تأثیر تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب) و ۶۰ (پ) درصد ظرفیت زراعی در طول دوره‌ی رشد. برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم‌آبی انجام شده است.

Fig. 2. Trend variations of number of total branch of mint species in 100 (a), 80 (b) and 60 (c) percent of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).

قابل توجهی نسبت به گونه‌ی نعناع فلفلی افزایش یافته است (شکل ۳- الف، ب). در تیمار شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی طول کل شاخه‌ی گونه‌ی نعناع فلفلی در زمان برداشت دوم نسبت به زمان برداشت اول به ترتیب ۵۰ و ۴۸ درصد کاهش یافته است، حال آنکه طول کل شاخه در گونه‌ی سوسن در شرایط ذکرشده به ترتیب ۲۰۰ و ۷۸ درصد بیش‌تر بوده است (شکل ۳- الف و ب). نکته قابل توجه این‌که طول کل شاخه‌ی گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی در برداشت دوم تحت شرایط ظرفیت زراعی ۶۰ درصد به ترتیب ۳۰۰ و ۶۹ درصد بیش‌تر از برداشت اول بود، درحالی‌که در گونه‌ی پونه طول کل شاخه در این شرایط ۶۱ درصد کم‌تر بوده است (شکل ۳- پ).

نتایج مقایسه‌ی تغییرات طول کل شاخه بین گونه‌های نعناع در طول فصل رشد نشان داد که گونه‌ی پونه در رژیم‌های رطوبتی ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی طول کل شاخه‌ی بیش‌تری نسبت به گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی داشته است (شکل ۳- الف و ب)، حال آنکه در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی طول کل شاخه در گونه‌ی سوسن بیش‌تر از دو گونه‌ی دیگر بوده است (شکل ۳- پ). بین گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی نیز هرچند تا قبل از برداشت اول در تمام رژیم‌های رطوبتی تفاوت چندانی از نظر طول کل شاخه وجود نداشت، ولی در دو تیمار شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در زمان برداشت اول طول شاخه در گونه نعناع فلفلی بیش از سوسن بوده است، درحالی‌که پس از برداشت اول طول کل شاخه گونه‌ی سوسن به‌طور



شکل ۳. روند تغییرات طول کل شاخه در گونه‌های نعناع تحت تأثیر تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب) و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی رطوبت خاک در طول دوره‌ی رشد. (برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ و برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم آبی انجام شده است).

Fig. 3. Trend variations of total length of branch of mint species in 100 (a), 80 (b) and 60 (c) percent of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).

طریق کاهش در تقسیم میتوز، پتانسیل آب، نمو و گسترش سلول‌های گیاهی سبب کاهش تعداد شاخه و ارتفاع گیاهان می‌شود (Bur Burnett et al., 2005; Baghalian et al., 2011).

**تعداد برگ** در سطوح رطوبتی ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد برگ در گونه‌ی پونه بیش‌تر از دو گونه‌ی دیگر بود (شکل ۴- الف و ب)، درحالی‌که در تیمار رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد برگ گونه‌ی سوسن طی فصل رشد بیش‌تر از دو گونه‌ی دیگر بوده است (شکل ۴- پ). در تمام تیمارهای رطوبتی بین دو گونه‌ی سوسن و نعناع فلفلی از نظر تعداد برگ از ابتدای دوره رشد تا برداشت اول تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در صورتی‌که پس از برداشت اول تعداد برگ در گونه‌ی سوسن نسبت به گونه‌ی نعناع فلفلی افزایش داشت (شکل ۴- الف، ب و پ). نکته قابل توجه اینکه گونه‌های پونه و سوسن در تمام سطوح رطوبتی مورد بررسی تعداد برگ بیش‌تری در برداشت دوم نسبت به برداشت اول تولید کردند، به صورتی‌که در تیمار شاهد افزایش تعداد برگ در گونه‌های پونه و سوسن در زمان برداشت دوم نسبت

به نظر می‌رسد کاهش شدید رطوبت خاک در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک سبب کاهش فراهمی آب و مواد معدنی مورد نیاز برای گیاهان شده و کاهش تعداد و طول شاخه‌ها را در هر سه گونه‌ی نعناع به دنبال داشته است.

نتایج مطالعه‌ی صفی خانی و همکاران (Safikhani et al., 2007) بر روی اثر مقادیر آبیاری (۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) بر جمعیت‌های گیاه دارویی و معطر بادربشی نشان داد که کاهش رطوبت خاک به کم‌تر از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد) منجر به کاهش معنی‌دار طول شاخه گردید، به صورتی‌که در دو جمعیت شیراز و تهران طول گیاهان در تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۲۹ و ۳۴ درصد کم‌تر از تیمار شاهد بوده، درحالی‌که صفت مذکور در جمعیت اصفهان نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۹ درصد کاهش داشته است.

محققان کاهش فشار تورژسانس و نمو سلول‌ها (Alishah et al., 2006) را دلیل اصلی کاهش تعداد شاخه و انشعابات گیاهان در شرایط تنش کم آبی دانسته‌اند (Burnett et al., 2005). علاوه بر این تنش کم آبی از

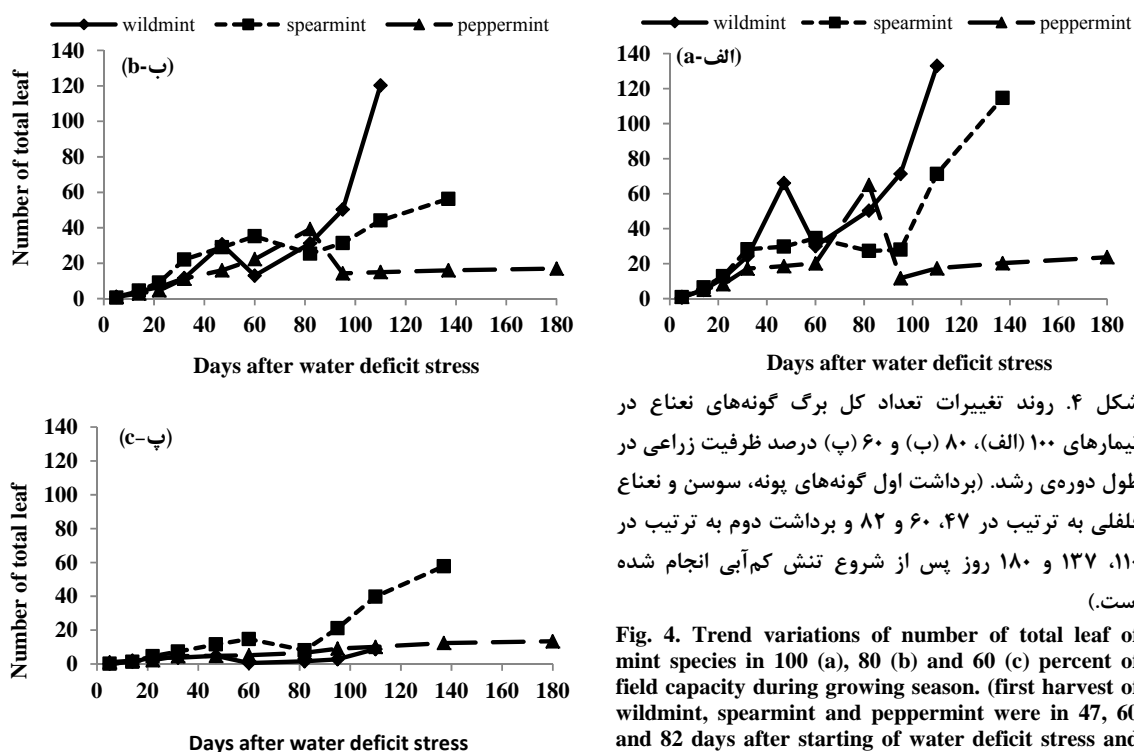
تعرق کم‌تری داشته و آب کم‌تری نیز از دست می‌دهد (Levitt, 1980).

البته باید توجه داشت که هرچند این مکانیسم به‌عنوان یکی از روش‌های تحمل گیاهان به تنش کم‌آبی ذکر شده است ولی در زمانی که گیاه برگ‌های خود را در نتیجه کم بودن مقدار آب خاک از دست می‌دهد، نور کم‌تری نیز دریافت کرده و ظرفیت فتوسنتزی آن کاهش می‌یابد و ادامه این شرایط علاوه بر کاهش رشد و نمو گیاه ممکن است در نهایت مرگ گیاهان را به دنبال داشته باشد (Fatima, et al., 1999).

**تعداد و طول استولون** باوجود اینکه تعداد استولون گونه‌های نعناع در تمام سطوح رطوبتی مورد بررسی طی فصل رشد روندی افزایشی داشت، اما گونه‌ی نعناع فلفلی و سوسن در رژیم‌های رطوبتی شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد استولون بیش‌تری نسبت به گونه‌ی پونه داشتند (شکل ۵- الف و ب). در حالی که در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد استولون گونه‌ی سوسن غالباً بیش‌تر از دو گونه‌ی پونه و نعناع فلفلی بوده است (شکل ۵ - پ).

به برداشت اول به ترتیب دو و بیش از سه برابر بوده است. حال آنکه در گونه‌ی نعناع فلفلی صفت مذکور در آخر فصل رشد (برداشت دوم) ۶۴ کاهش نسبت به برداشت اول داشت (شکل ۴- الف). در تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد افزایش تعداد برگ در برداشت دوم نسبت به برداشت اول در گونه‌ی پونه چهار برابر و در گونه‌ی سوسن حدود ۶۱ درصدی بود، در صورتی که در گونه‌ی نعناع فلفلی این صفت ۵۷ درصد کاهش نسبت به زمان برداشت اول داشته است (شکل ۴- ب).

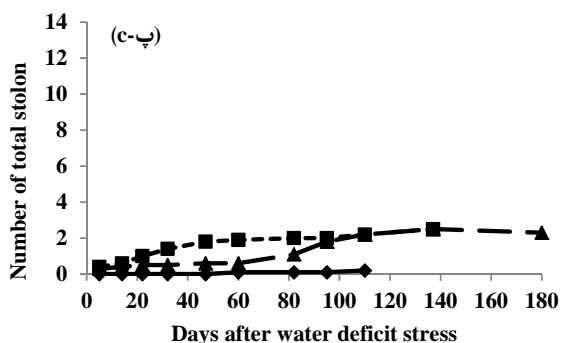
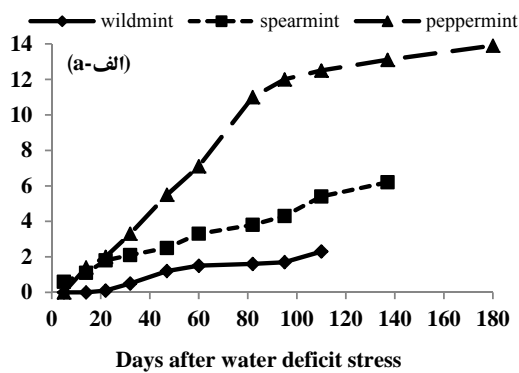
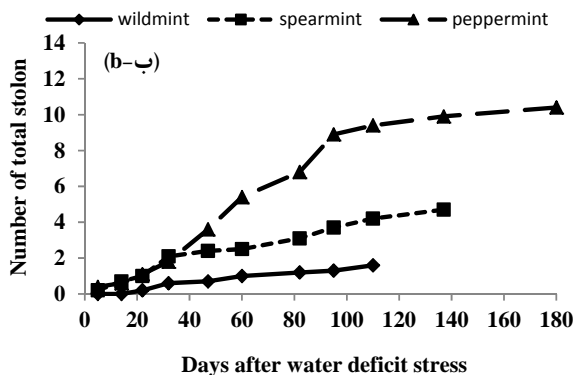
محققان در مطالعه‌ی اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی سه رقم گیاه جعفری بیان کردند که کاهش رطوبت قابل دسترس خاک کاهش تعداد برگ گیاهان را به دنبال داشته است (Petropoulos, et al., 2008). اعتقاد بر این است که کاهش مقدار آب در دسترس گیاه با تأثیر بر فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی باعث کاهش رشد و گسترش سلول‌های برگ شده، از این رو تعداد برگ در این شرایط کاهش می‌یابد (Alishah, et al., 2006). همچنین کاهش تعداد برگ در شرایط تنش کم‌آبی به‌عنوان اولین مکانیسم تحمل به تنش مذکور بیان شده، زیرا در این حالت گیاه



شکل ۴. روند تغییرات تعداد کل برگ گونه‌های نعناع در تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب) و ۶۰ (پ) درصد ظرفیت زراعی در طول دوره‌ی رشد. (برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ و برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم‌آبی انجام شده است).

Fig. 4. Trend variations of number of total leaf of mint species in 100 (a), 80 (b) and 60 (c) percent of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).





شکل ۵. روند تغییرات تعداد کل استولون در تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب) و ۶۰ (پ) درصد ظرفیت زراعی گونه‌های نعناع تحت تنش کم آبی در طول دوره‌ی رشد. (برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ و برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم آبی انجام شده است).

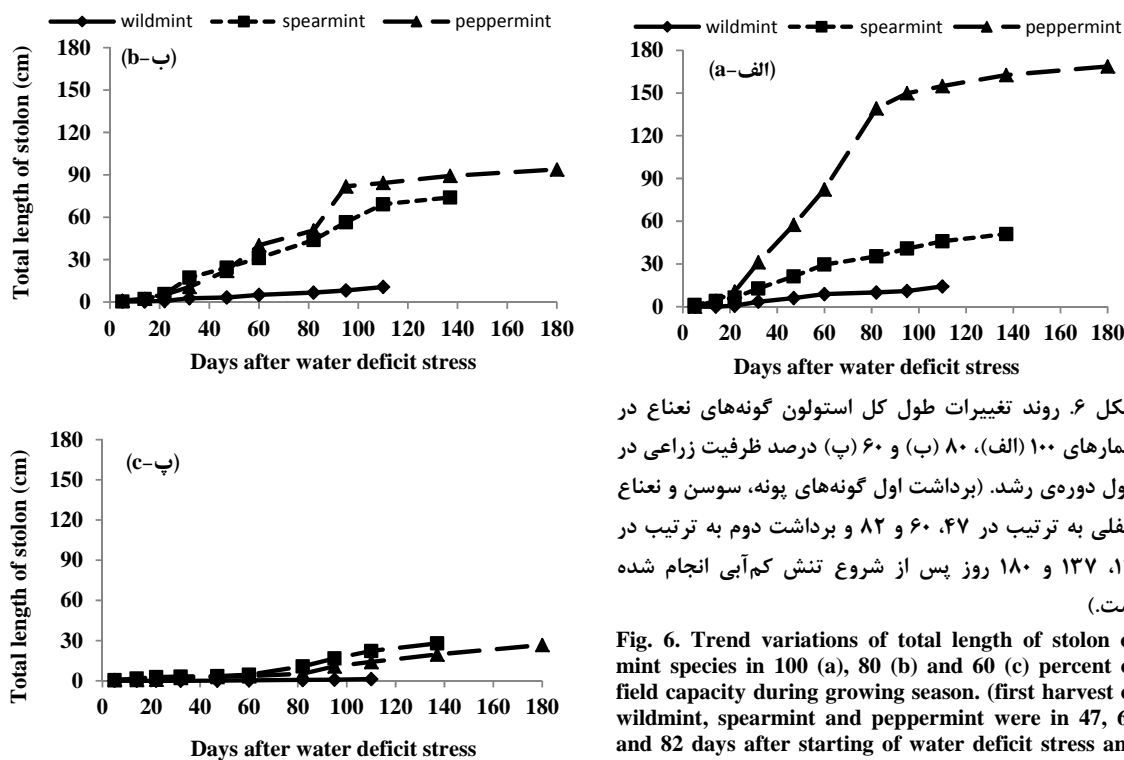
Fig 5. Trend variations of number of total stolon of mint species in 100 (a), 80 (b) and 60 (c) percent of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).

ب)، درحالی‌که در تیمار ظرفیت زراعی ۶۰ درصد طول استولون گونه‌ی سوسن بیش‌تر از دو گونه‌ی دیگر بوده است (شکل ۶-پ).

بین دو گونه‌ی سوسن و پونه نیز در سطوح شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی از نظر طول استولون طی فصل رشد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شکل ۶-الف و ب). نکته‌ی قابل‌توجه این‌که طول استولون گونه‌ی نعناع فلفلی در تیمار شاهد در برداشت اول به ترتیب بیش از سه و ۱۲ برابر بیش‌تر از گونه‌های سوسن و پونه بود و این تفاوت در برداشت دوم بیشتر از ۴/۵ و ۱۲ برابر دو گونه‌ی دیگر بوده است (شکل ۶-الف). در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نیز مشابه با تیمار شاهد طول استولون گونه‌ی نعناع فلفلی در برداشت اول و دوم به ترتیب بیش از ۸/۵ و ۱۶ برابر گونه‌ی پونه بود، درحالی‌که نسبت به گونه‌ی سوسن حدود ۲۷ و ۶۳ درصد بیش‌تر بوده است (شکل ۶-ب). در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گونه‌ی سوسن در هر دو برداشت طول استولون بیش‌تری نسبت به دو گونه‌ی دیگر داشته است (شکل ۶-پ).

در تیمار شاهد تعداد استولون گونه‌ی نعناع فلفلی در برداشت اول به ترتیب بیش از سه و نه برابر گونه‌های سوسن و پونه و در برداشت دوم دو و شش برابر آن نسبت به گونه‌های مذکور بود (شکل ۵-الف). در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نیز باوجود روندی نسبتاً مشابه با تیمار شاهد، صفت مذکور در گونه‌ی نعناع فلفلی در برداشت اول به ترتیب ۲/۵ و ۹/۵ برابر بیش‌تر و در برداشت دوم به ترتیب دو و ۶/۵ برابر بیش‌تر از دو گونه‌ی سوسن و پونه بوده است (شکل ۵-ب). برخلاف دو تیمار شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد استولون گونه‌ی سوسن در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت اول بیشتر از دو گونه دیگر بود (شکل ۵-پ).

بررسی روند تغییرات طول استولون گونه‌های نعناع طی فصل رشد نشان داد که این روند در هر سه گونه (به علت عدم برداشت استولون‌ها در برداشت اول) تا پایان فصل رشد افزایشی بوده و گونه‌ی نعناع فلفلی در رژیم‌های رطوبتی ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی طول استولون بیش‌تری نسبت به دو گونه‌ی دیگر داشته (شکل ۶-الف و



شکل ۶. روند تغییرات طول کل استولون گونه‌های نعناع در تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب) و ۶۰ (پ) درصد ظرفیت زراعی در طول دوره‌ی رشد. برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ و برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم‌آبی انجام شده است.

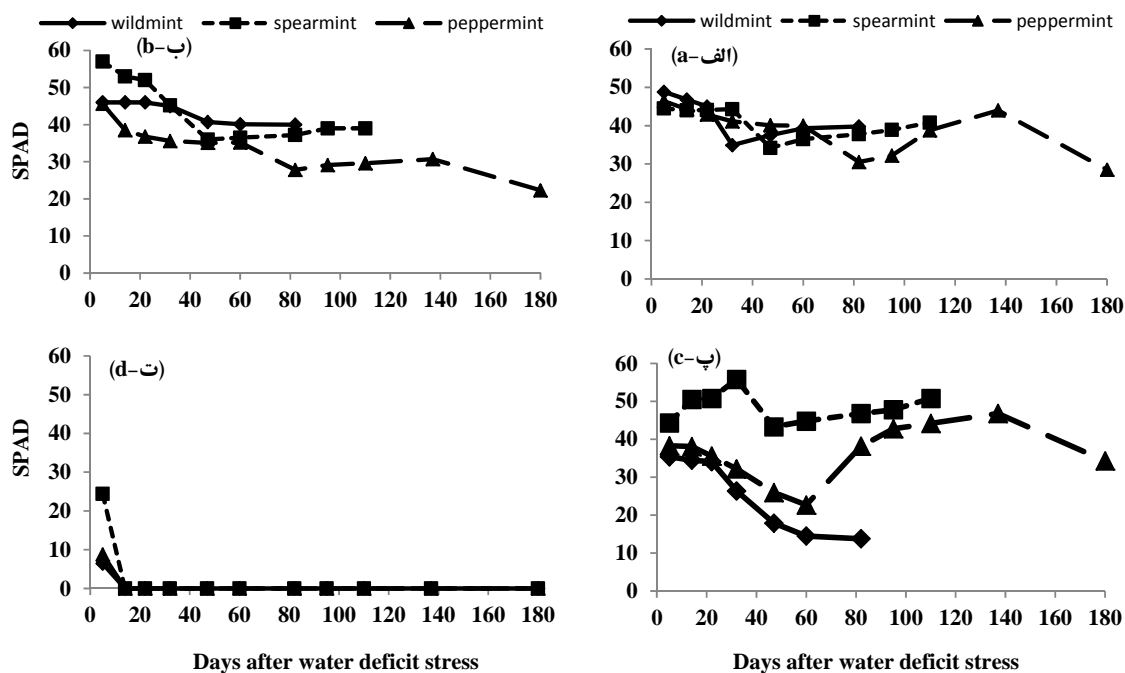
Fig. 6. Trend variations of total length of stolon of mint species in 100 (a), 80 (b) and 60 (c) percent of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).

فصل رشد به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو گونه دیگر بود و گونه پونه نیز کمترین مقدار عدد اسپد را به خود اختصاص داد. باوجوداین روند عدد اسپد گونه‌های سوسن و نعناع فلفلی با روند عدد اسپد دو رژیم رطوبتی دیگر نسبتاً مشابه بود، حال آنکه در تیمار مذکور عدد اسپد گونه پونه از ابتدا تا انتهای آزمایش روندی نزولی داشت (شکل ۷-پ).

در تیمار شاهد عدد اسپد گونه‌های پونه و سوسن در زمان برداشت اول به ترتیب ۱۳ و ۹ درصد بیش‌تر از آن در زمان برداشت دوم بود، درحالی‌که در گونه‌ی نعناع فلفلی صفت مذکور در برداشت اول ۴۱ درصد بیش‌تر از برداشت نهایی بوده است (شکل ۷-الف). در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نیز وضعیتی مشابه با تیمار شاهد مشاهده شد، به‌صورتی که عدد اسپد گونه‌های پونه و سوسن در زمان برداشت اول به ترتیب ۱۵ و ۱۶ درصد بیش‌تر از آن در زمان برداشت دوم بوده، حال آنکه در گونه‌ی نعناع فلفلی صفت مذکور در برداشت اول ۵۸ درصد بیش‌تر از برداشت دوم بوده است (شکل ۷-ب).

میزان نسبی کلروفیل بررسی روند تغییرات عدد اسپد گونه‌های نعناع طی فصل رشد در تیمار شاهد نشان داد که باوجود روندی نسبتاً کاهشی، بین سه گونه‌ی مورد مطالعه تفاوت اندکی از نظر عدد اسپد وجود داشت، درصورتی‌که عدد اسپد گونه‌ی سوسن در سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در ابتدای رشد و در سطح ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در تمام دوره رشد به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از دو گونه‌ی دیگر بوده است (شکل ۷-الف، ب و پ).

نکته‌ی قابل‌توجه اینکه عدد اسپد هر سه گونه موردبررسی در رژیم رطوبتی شاهد هرچند بعد از برداشت اول کاهش‌یافته (به دلیل کم بودن نسبی مقادیر کلروفیل برگ در ابتدای رشد مجدد گیاهان)، ولی پس‌از آن و با پیشرفت رشد گیاه (به سمت مرحله دوم برداشت) مقدار آن افزایش‌یافته است، باوجوداین در زمان برداشت دوم گونه‌ی نعناع فلفلی کاهش معنی‌داری در عدد اسپد نسبت به‌روزهای قبل مشاهده شد (شکل ۷-الف و ب). در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی عدد اسپد در گونه سوسن در تمام



شکل ۷. روند تغییرات عدد اسپد گونه‌های نعناع در تیمارهای ۱۰۰ (الف)، ۸۰ (ب)، ۶۰ (پ) و ۴۰ (ت) درصد ظرفیت زراعی در طول دوره‌ی رشد. (برداشت اول گونه‌های پونه، سوسن و نعناع فلفلی به ترتیب در ۴۷، ۶۰ و ۸۲ و برداشت دوم به ترتیب در ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از شروع تنش کم آبی انجام شده است.)

Fig.7. Trend variations of SPAD of mint species in 100 (a), 80 (b), 60 (c) and 40 (d) of field capacity during growing season. (first harvest of wildmint, spearmint and peppermint were in 47, 60 and 82 days after starting of water deficit stress and second harvest were in 110, 137 and 180 days after starting of water deficit stress, respectively).

Phillyrea (شاهد)، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) بر گیاه *angustifolia* نشان داد که کاهش رطوبت خاک به ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی سبب افزایش عدد اسپد نسبت به شاهد (به ترتیب ۳۷ و ۲۵ درصد) شده است. نتایج آزمایش حاضر نیز نشان‌دهنده‌ی افزایش نسبی عدد اسپد در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد است و لذا به نظر می‌رسد که کاهش نسبی فراهمی آب خاک منجر به افزایش تراکم کلروفیل برگ شده است. نتایج برخی مطالعات دیگر نیز حاکی از آن است که در شرایط تنش کم آبی میزان کلروفیل برگ نسبتاً افزایش یافته است (Issarakraisila et al., 2007).

وزن خشک کل از لحاظ وزن خشک کل گیاه بین گونه‌های نعناع اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) مشاهده شد (جدول ۳). بیش‌ترین وزن خشک کل بوته را گونه‌ی سوسن (۴۱۷۷/۱ میلی‌گرم) داشت، حال آنکه وزن خشک کل در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه به ترتیب ۴۲ و ۴۹ درصد کم‌تر

در تیمار ظرفیت زراعی ۶۰ درصد برخلاف دو تیمار دیگر، در گونه‌ی نعناع فلفلی عدد اسپد برداشت دوم بیش‌تر از آن در برداشت اول بود (۵۱ درصد)، اما دو گونه‌ی دیگر وضعیتی مشابه با سطوح شاهد و ظرفیت زراعی ۸۰ درصد داشتند (شکل ۷-پ).

در مطالعه‌ی راندریمانانا و همکاران (Randriamanana et al., 2012) بر روی اثر تنش کم آبی (آبیاری با فواصل ۷ (شاهد) و ۱۴ روز) بر سه گونه گیاه *Adansonia* مشخص شد که سطوح رطوبتی خاک تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ این گونه‌ها داشته است، به صورتی که در دو گونه‌ی *A. grandidieri* و *A. madagascariensis* در تیمار آبیاری با فواصل ۱۴ روز میزان کلروفیل به ترتیب ۳ و ۱۱ درصد کم‌تر از تیمار شاهد بود، در صورتی که این کاهش در گونه *A. rubrostipa* بیش از ۲۰ درصد بوده است. از سوی دیگر نتایج بررسی فرناندز و همکاران (Fernandez et al., 2006) بر روی اثر تنش کم آبی (۱۰۰

می‌شد (جدول ۴). اوکوانی و همکاران ( Okwany et al., 2011) طی بررسی اثر رژیم‌های رطوبتی خاک بر عملکرد گیاه سوسن بیان کردند که با کاهش میزان آب خاک عملکرد این گیاهان نیز کاهش یافت، به صورتی که در تیمار با ۳۸۹ میلی‌متر آبیاری عملکرد گیاهان سوسن ۸۱ درصد بیشتر از تیمار با ۲۰ میلی‌متر آبیاری بوده است. مطالعه‌ی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری (۳ (شاهد)، ۵ و ۷ روز) بر وزن خشک گیاه *Origanum vulgare* نیز نشان داد که عملکرد کل گیاهان در هر دو برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های رطوبتی قرار گرفته و با افزایش فواصل آبیاری به ۷ روز عملکرد در برداشت اول و دوم به ترتیب ۳۳ و ۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. نتایج سایر بررسی‌ها نیز نشان داده است که در شرایط آبیاری و تأمین رطوبت کافی در ناحیه ریشه‌ی گیاهان، رشد ریشه بهبود یافته و به دنبال آن افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه باعث افزایش وزن خشک گیاهان می‌شود ( Singh et al., 1997).

از گونه‌ی سوسن بود. سهم وزن خشک کل برگ از وزن خشک کل گیاه در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه به ترتیب ۵۳ و ۵۷ درصد بوده، در صورتی که این سهم در گونه‌ی سوسن بیش از ۷۵ درصد بوده است (جدول ۴). در بررسی عزیز و همکاران (Azizi et al., 2009) بر روی تأثیر رژیم‌های رطوبتی بر عملکرد سه جمعیت از گیاه *Origeno* (*Origanum vulgare* L.) مشخص شد که بین این گیاهان از نظر وزن خشک کل اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به طوری که وزن خشک کل در جمعیت creticum به ترتیب ۱۵ و ۲۶ درصد بیشتر از آن در جمعیت‌های *hirtum* و *samothrake* بوده است.

وزن خشک کل گیاه به‌صورت معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) تحت تأثیر رژیم‌های رطوبتی خاک قرار گرفت (جدول ۳)، به طوری که وزن خشک کل در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) ۷۵ درصد بیشتر از ظرفیت زراعی ۸۰ درصد بود. علاوه بر این در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی وزن خشک کل ۷۹ درصد کاهش نسبت به ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد داشت. وزن خشک برگ در تمام سطوح مورد بررسی بیش از ۶۰ درصد وزن خشک کل گیاه را شامل

جدول ۳. آنالیز واریانس وزن خشک برگ، ساقه و کل گونه‌های نعناع تحت تنش آبی در شرایط کنترل شده.

Table 3. Analysis of variance of leaf, stem and total dry weight of mint species under water deficit stress in controlled conditions.

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی df	وزن خشک Dry weight		
			برگ Leaf	ساقه Stem	کل Total
Species	گونه	2	10594470.2**	873649.2**	9784924.5**
Soil moisture	رطوبت خاک	3	36166888.4**	10619290.0**	94468450.7**
Species × soil moisture	گونه × رطوبت خاک	6	3154759.2**	1110930.5**	6583740.0**
Error	خطا	48	123148.3	47945.7	231930.3

\*\* means significant at 0.01 probability levels

\*\* تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱.

ترتیب در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه شد، در صورتی که این کاهش در گونه‌ی سوسن حدود ۶۴ درصد بود. در سطوح شاهد، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در گونه‌ی سوسن به ترتیب ۷۴، ۷۷ و ۷۱ درصد از وزن خشک کل گیاه به وزن خشک برگ اختصاص داشت، در صورتی که این سهم در گونه‌ی پونه به ترتیب ۵۸، ۵۶ و ۵۹ درصد و در گونه‌ی نعناع فلفلی به ترتیب ۵۷، ۵۳ و ۲۸ درصد بود (جدول ۴).

برهمکنش گونه × رطوبت خاک، وزن خشک کل گیاه را به‌طور معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). در گونه‌ی سوسن وزن خشک کل گیاه در ظرفیت زراعی ۸۰ درصد ۳۰ درصد کمتر از تیمار شاهد بود، در حالی که در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه وزن خشک کل گیاه در تیمار مذکور به ترتیب ۴۰ و ۶۱ درصد کاهش داشت. همچنین کاهش مقدار رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۸۵ و ۹۶ درصدی وزن خشک کل گیاه به

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر گونه‌های نعناع، رژیم‌های رطوبتی خاک و برهمکنش گونه × رطوبت خاک بر وزن خشک کل تحت تنش کم آبی در شرایط کنترل شده.

Table 4. Mean comparison of mint species's effect, soil moisture regimes and interaction of species x soil moisture on total dry weight under water deficit stress in controlled conditions.

Species	گونه	وزن خشک (میلی گرم)			
		برگ Leaf	ساقه Stem	کل Total	
<i>Mentha longifolia</i> L.	پونه	1225.8	918.2	2144.0	
<i>Mentha spicata</i> L.	سوسن	3118.8	1058.3	4177.1	
<i>Mentha × piperita</i>	نعناع فلفلی	1270.5	1139.5	2410.0	
	LSD <sub>(0.05)</sub>	223.1	139.2	306.2	
رژیم رطوبتی خاک (ظرفیت زراعی)					
Soil moisture regime					
	100%	4181.0	2216.8	6397.8	
	80%	2493.9	1552.0	3645.9	
	60%	811.8	512.5	1324.3	
	40%	0.0	0.0	0.0	
	LSD <sub>(0.05)</sub>	257.6	160.8	353.6	
رژیم رطوبتی خاک (ظرفیت زراعی) گونه					
Species	گونه	Soil moisture regime			
<i>Mentha Longifolia</i> L.	پونه	100%	3434.9	2544.1	5979.0
		80%	1329.6	1028.1	2357.7
		60%	138.5	98.0	236.5
		40%	0.0	0.0	0.0
<i>Mentha spicata</i> L.	سوسن	100%	6002.1	2117.4	8119.5
		80%	4411.4	1287.6	5699.0
		60%	2062.0	827.9	2889.9
		40%	0.0	0.0	0.0
<i>Mentha × piperita</i>	نعناع فلفلی	100%	3106.1	2386.1	5492.2
		80%	1740.8	1562.5	3303.3
		60%	235.0	611.4	846.4
		40%	0.0	0.0	0.0
	LSD <sub>(0.05)</sub>	446.2	278.4	612.4	

رطوبت خاک داشته و بالطبع زیست توده‌ی آن‌ها نیز نسبت به گونه‌های حساس بیش‌تر خواهد بود (Sanchez-Blanco et al., 2002).

#### نتیجه‌گیری

گونه‌های جنس نعناع از نظر واکنش به تنش کم آبی باهم اختلاف معنی‌داری داشته و رشد و نمو هر سه گونه در شرایط مطلوب آب خاک بهتر از سایر رژیم‌های کم آبی بود. در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گیاهان گونه‌ی سوسن در طول دوره آزمایش کاملاً زنده ماندند، در صورتی‌که درصد بقا گیاهان گونه‌ی پونه و نعناع فلفلی در پایان دوره

خالد (Khalid, 2006) طی بررسی اثر سطوح تنش کم آبی بر رشد و عملکرد دو گونه‌ی ریحان بیان کرد که برهمکنش گونه × رطوبت خاک بر عملکرد این گیاهان در هر دو برداشت معنی‌دار بود. در این مطالعه کاهش رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۳۶ درصدی عملکرد گونه‌ی *O.basilicum* در هر دو برداشت شد، حال آنکه در گونه‌ی *O.americanum* این کاهش در برداشت اول و دوم به ترتیب ۲۰ و ۶ درصد بوده است. علاوه بر این سهم برداشت دوم در وزن خشک گیاه در هر دو گونه بیش از برداشت اول بوده است. محققان دیگر نیز اظهار داشتند که گونه‌هایی که به‌طور ژنتیکی متحمل به تنش کم آبی هستند رشد مطلوب‌تری در شرایط کاهش

کاهش رطوبت خاک در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نیز هرچند سبب کاهش شدید تعداد و طول شاخه، تعداد برگ، تعداد و طول استولون در هر سه گونه‌ی نعناع شد، اما در این سطح رطوبتی گونه‌ی سوسن رشد بهتری از دو گونه‌ی دیگر داشته است.

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که هرچند گونه سوسن تحمل بیش‌تری به تنش کم‌آبی نسبت به گونه‌های پونه و نعناع فلفلی داشته است، ولی انجام مطالعات بیشتر برای ارزیابی واکنش این‌گونه‌ها به تنش کم‌آبی در شرایط گلخانه و مزرعه مفید خواهد بود.

رشد به ۵۰ درصد یا کمتر از آن رسید. علی‌رغم اینکه در این مطالعه بوته‌های گونه‌ی سوسن در رژیم رطوبتی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مدت‌زمان بیش‌تری نسبت به دو گونه‌ی دیگر بقاء خود را حفظ کردند (سه هفته بعد از اعمال تنش) اما درنهایت گیاهان هر سه گونه در رژیم رطوبتی مذکور به‌طور کامل از بین رفتند. روند تغییرات صفاتی نظیر تعداد و طول شاخه و تعداد برگ نشان داد که رطوبت مناسب خاک در تیمارهای شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی سبب رشد بهتر گونه‌ی پونه نسبت به دو گونه‌ی دیگر شده است. درحالی‌که از لحاظ تعداد و طول استولون گونه‌ی نعناع فلفلی برتری محسوسی داشت.

## منابع

- Aliabadi Farahani, H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., Shiranirad, A.H., Khalvati, M. A., 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Medicinal Plants Research*. 3(5), 329-333.
- Alishah, H.M., Heidari, R., Hassani, A., 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.
- Azizi, A., Yan, F., Honermeier, B., 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products*. 29, 554-561.
- Baghalian, K., Abdoshah, Sh., Khalighi-Sigaroodi, F., Paknejad, F., 2011. Physiological and phytochemical response to drought stress of german chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*. 49, 201-207.
- Burnett, S.E., Pennisi, S.V., Thomas, P.A., Iersel, M.W.V., 2005. Controlled drought affects morphology and anatomy of *Salvia splendens*. *Journal of American Society and Horticultural Science*. 130 (5), 775-781.
- Cardona, C.A., Duncan, R.R., Lindstrom, O., 1997. Low temperature tolerance assessment in paspalum. *Crop Science*. 37, 1283-1291.
- Chen, Y., Guo, Q., Liu, L., Liao, L., Zhu, Z., 2011. Influence of fertilization and drought stress on the growth and production of secondary metabolites in *Prunella vulgaris* L. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(9), 1749-1755.
- Delfine, S., Loreto, F., Pinelli, P., Tognetti, R., Alvino, A., 2005. Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106, 243-252.
- FAO., 2007. FAOSTAT data, FAO statistical databases FAOSTAT., from [www.fao.org](http://www.fao.org).
- Fatima, S., Farooqi, A.H.A., Ansari, S.R., 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.
- Fernandez, J.A., Balenzategui, L., Banon, S., Franco, J.A., 2006. Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in *Phillyrea angustifolia* during the nursery period. *Scientia Horticulturae*. 107, 277-283.
- Hassani, Gh., Noorjoo, A., Henareh, M., 2009. Effects of Rootstock and Different Irrigation Levels on Yield and Fruit Quality of Apple c.v. Golden Delicious. *Seed and Plant Production Journal*. 25-2(1), 51-62. [In Persian with English Summary].

- Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R.A., Niknam, V., Najafi, F., Razavi, Kh., 2012. Effects of penconazole and water deficit stress on physiological and antioxidative responses in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*. 34, 1537-1549.
- Issarakraisila, M., Ma, Q., Turner, D.W., 2007. Photosynthetic and growth responses of juvenile Chinese kale (*Brassica oleracea* var. alba glabra) and caisin (*Brassica rapa* subsp. *parachinensis*) to water logging and water deficit. *Scientia Horticulturae*. 111, 107-113.
- Jensen, C.R., Battilani, A., Plauborg, F., Psarras, G., Chartzoulakis, K., Janowiak, F., Stikic, R., Jovanovic, Z., Li, G., Qi, X., Liu, F., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., 2010. Deficit irrigation based on drought tolerance and root signaling in potatoes and tomatoes. *Agricultural Water Management*. 98, 403-413.
- Jones, H.G., Tardieu, F., 1998. Modeling water relations of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae*. 74, 21-46.
- Khalid, Kh.A., 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*. 20, 289-296.
- Khazaie, H.R., Parsa, M., Hosseinpanahi, F., 2008. Effects of inoculation of Rhizobium native strains on nodulation of Kabuli and Dessi chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in different moisture levels in vegetative stage. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 6 (1), 89-97. [In Persian with English Summary].
- Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M.R., Ozguven, A.I., 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*. 69, 191-201.
- Lawrence, B.M., 2006. *Mint, the Genus Mentha*. CRC Press., Boca Raton.
- Levitt, J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stress*. Academic Press, New York.
- Marcum, B.D., Hanson, R.B., 2006. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. *Agriculture Water Management*. 82, 118-128.
- McDowell, N., Pockman, W.T., Allen, C.D., Breshears, D.D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D.G., Yezzer, E.A., 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*. 178 (4), 719-739.
- Meskelu, E., Mohammed, M., Yimenu., F., Derese, Y., 2014. Spearmint (*Mentha spicata* L.) response to deficit irrigation. *International Journal of Recent Research in Life Sciences*. 1(1), 22-30.
- Misra, A., Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 7(1), 51-58.
- Mitchell, A.R., 1997. Irrigating peppermint, EM 8662. Oregon State University Extension Service., Corvallis.
- Mitchell, A.R., Farris, N.A., 1996. Peppermint response to nitrogen fertilizer in an arid climate. *Journal of Plant Nutrition*. 19, 955-967.
- Okwany, R. O., Peters, T. R., Ringer, K. L., Walsh, D. B., Rubio, M., 2011. Impact of sustained deficit irrigation on spearmint (*Mentha spicata* L.) biomass production, oil yield, and oil quality. *Irrigation Science*. 30 (3), 213-219.
- Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M. G., Passam, H. C., 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*. 115, 393-397.
- Ram, D., Ram, M., 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.
- Randriamanana, T., Wang, F., Lehto, F., Aphalo, P.J., 2012. Water use strategies of seedlings of three Malagasy Adansonia species under drought. *South African Journal of Botany*. 81, 61-70.
- Safikhani, F., Heydarye sharifabadi, Syadat, A., Sharifi ashorabadi, H., Syednedjad, M., Abbaszadeh, B., 2007. The effect of drought on yield and morphological characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*.

- 23(2). 183-94. [In Persian with English Summary].
- Sanchez-Blanco, M.J., Rodriguez, P., Morales, M.A., Ortuno, M.F., Torrecillas, A., 2002. Comparative growth and water relations of *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants during water deficit conditions and recovery. *Plant Science*. 162, 107–113.
- Singh, M. Ganesha Rao, R.S., Ramesh, S., 1997. Irrigation and nitrogen requirement of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* (Sleud) Wats) on a red sandy loam soil under semiarid tropical conditions. *Journal of Essential Oil Research*. 9, 569-574.
- Smith, J.A.C., Griffiths., 1993. *Water deficits: Plant Responses from Cell to Community*. Bios Scientific Publishers., Oxford.
- Voltaire, F., Leliever, F., 2001. Drought survival in *Dactylis glomerata* and *Festuca arundinacea* under similar rooting conditions in tubes. *Journal of Plant and Soil*. 229, 225–234.