



دانشگاه جامع علمی و صنعتی گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵

<http://jopp.gau.ac.ir>

## تأثیر رژیم‌های رطوبتی خاک در شرایط کنترل شده روی خصوصیات رشدی و زیست‌توده گونه‌های نعناع

سمیه نظامی<sup>۱</sup>، \*سید حسین نعمتی<sup>۲</sup>، حسین آرویی<sup>۲</sup> و عبدالرضا باقری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار دانشکده کشاورزی،

دانشگاه فردوسی مشهد، <sup>۲</sup>استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۱۰

### چکیده

**سابقه و هدف:** کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا بر رشد و تولید گیاهان دارویی و معطر به‌خصوص گیاهان جنس نعناع تأثیر می‌گذارد. گونه‌های نعناع دارای ریشه افشان در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک هستند و عدم دسترسی به مقدار رطوبت کافی در این منطقه از خاک منجر به کاهش رشد و عملکرد آنها می‌شود. مطالعات نشان داده است که کاهش رطوبت خاک به کمتر از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، وزن تر و خشک گونه‌های نعناع را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. اما آبیاری بیش از حد نیز عملکرد گیاهان نعناع را به‌علت محدودیت اکسیژن برای ریشه گیاهان، گسترش بیماری‌های ریشه، آیشویی مواد غذایی مخصوصاً نیتروژن و از دست دادن برگ‌ها بیش از حالت معمول کاهش می‌دهد.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور بررسی واکنش گونه‌های نعناع به تنش کم آبی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عامل‌های مورد مطالعه شامل سه گونه نعناع (نعناع فلفلی '*Mentha × piperita*'، پونه '*Mentha longifolia*' و نعناع معمولی '*Mentha spicata*') بودند که در معرض چهار رژیم رطوبتی خاک (۱۰۰ (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) قرار گرفتند.

\*مسئول مکاتبه: [nematish@yahoo.com](mailto:nematish@yahoo.com)

یافته‌ها: در این آزمایش سطح سبز گونه نعنای معمولی در تیمار شاهد، ۵۰ درصد بیش تر از تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود، در حالی که در شرایط مشابه در دو گونه پونه و نعنای فلفلی مقدار آن به ترتیب بیش از ۲/۵ و ۲ برابر بوده است. کاهش مقدار رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۸۵ و ۹۶ درصدی وزن خشک کل گیاه به ترتیب در گونه‌های نعنای فلفلی و پونه شد، در صورتی که این کاهش در گونه نعنای معمولی حدود ۶۴ درصد بود. در گونه نعنای معمولی وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۶۴ و ۶۰ درصد کم تر از تیمار شاهد بود، در حالی که در گونه نعنای فلفلی ۸۵ و ۶۹ و در گونه پونه ۹۶ و ۹۱ درصد بوده است. از نظر نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی در گونه نعنای معمولی تفاوت معنی‌داری بین سطوح شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده نشد، اما در دو گونه پونه و نعنای فلفلی این صفت در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از (۵۰ درصد) تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کاهش رطوبت خاک به کمتر از تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) منجر به کاهش معنی‌دار تمام صفات در هر سه گونه مورد مطالعه شد، اما دو گونه نعنای فلفلی و پونه به کاهش رطوبت خاک در دو تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی طی فصل رشد حساس تر از گونه نعنای معمولی بودند.

واژه‌های کلیدی: رطوبت خاک، ماده خشک اندام‌های زیرزمینی، نعنای معمولی، نعنای فلفلی

## مقدمه

جنس نعناع (*Mentha*) از مهم‌ترین گیاهان خانواده نعناعیان (*Lamiaceae*) است که دارای بیش از ۲۵ گونه می‌باشد (۲). وجود خواص دارویی متعدد در گونه‌های این جنس، سبب شده تا امروزه بیش از ۸۰ درصد مردم جهان از این گیاهان بهره ببرند (۱۲، ۱). اندام‌های هوایی گیاهان جنس *Mentha* دارای خواص دارویی متعددی مانند ضداسپاسم، ضد نفخ، ضد عفونی‌کننده (۱۲، ۱۵) و درمان بیماری‌های معده (۱) هستند.

کمبود آب بحرانی جدی در سراسر جهان (۱۴) و ایران است که تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۱، ۳۵). ضمن این‌که افزایش نیاز به آب برای جمعیت در حال افزایش بشر و تغییرات اقلیمی نیز، اثرات سوء این مشکل را تشدید می‌کنند (۲۰). خشکی‌های پی‌درپی در جنوب غربی آسیا از جمله ایران اثرات سوئی بر تولیدات کشاورزی می‌گذارد (۲۰) و از این رو بررسی اثرات تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی و از جمله سبزی‌های معطر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۱).

گونه‌های جنس نعناع نیز که از جمله مهم‌ترین سبزی‌های معطرند که، در شرایط اقلیمی مختلف رشد می‌کنند اما بهترین مکان‌ها برای پرورش این گیاهان مناطق با بارش فراوان می‌باشد (۷). محققان، آبیاری مکرر گونه‌های نعناع در اوایل بهار و در مرحله ظهور پنجه‌ها و جهت رشد مطلوب ریزوم‌ها و ریشه‌ها را امری ضروری دانسته‌اند (۲۳). در همین راستا نتایج بررسی میزرا و سریواستوا (۲۰۰۰) روی اثر رژیم‌های رطوبتی خاک بر رشد و نمو نعناع ژاپنی (*Mentha arvensis* L.) نشان داد که کاهش رطوبت خاک به کمتر از ۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک این گیاهان شده است (۲۱). بررسی تأثیر پنج رژیم رطوبتی خاک (کاهش ۸۰، ۷۵، ۷۱، ۳۳ و ۲۳ میلی‌متری رطوبت خاک) بر عملکرد نعناع معمولی (*Mentha spicata*) نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی، عملکرد گیاه کاهش یافت، به صورتی‌که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در رژیم‌های رطوبتی ۲۳ و ۸۰ میلی‌متر کاهش در رطوبت خاک مشاهده شد (۲۴). در بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نیز مشخص شد که شدیدترین تیمار تنش کم‌آبی (۷۰ درصد کاهش در ظرفیت‌زراعی خاک) تأثیر منفی بر سطح سبزی، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان داشته است (۱۷). علی‌آبادی فراهانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعه اثر رژیم‌های رطوبتی خاک بر خصوصیات رشدی سبزی معطر گشنیز (*Corianderum sativum* L.) اظهار داشتند که سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی این گیاه با افزایش شدت تنش کاهش

معنی‌داری یافته است (۳). همچنین در بررسی سه رژیم آبیاری (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) بر میزان عملکرد دو گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) و زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) مشخص شد میزان عملکرد آن‌ها در رژیم آبیاری ۷ روز نسبت به رژیم ۲۱ روز حدود ۴۰ درصد بالاتر بود (۱۸). هر چند کاهش رطوبت خاک سبب کاهش رشد و زیست‌توده گیاهان دارویی و معطر می‌شود، اما وجود رطوبت بیش از حد نیاز گیاه در خاک نیز، کاهش رشد گیاه را به دنبال خواهد داشت (۱۶). رام و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که اگرچه آبیاری فراوان باعث افزایش رشد گیاهان نعناع ژاپنی می‌شود، اما سایه‌اندازی برگ‌های قسمت‌های بالای پوشش گیاهی بر روی برگ‌های پایینی گیاه منجر به ریزش این برگ‌ها شده و نسبت برگ به ساقه را کاهش می‌دهد (۲۶). علاوه بر این وجود آب بیش از حد در محیط ریشه تأمین اکسیژن را برای ریشه محدود می‌کند، ضمن این‌که در این حالت مواد غذایی خاک (از جمله نیتروژن) شسته شده و به منطقه پایین‌تر از دسترسی ریشه انتقال می‌یابند. همچنین رطوبت بیش از حد خاک سبب گسترش برخی بیماری‌ها نظیر ریزوکتونیا می‌شود (۲۲). به همین دلیل برخی محققان معتقدند که کم‌آبی کنترل‌شده (با توجه به مرحله رشدی و نیاز آبی محصول)، هرچند ممکن است کاهش اندکی در رشد گیاه ایجاد کند ولی سبب بهبود بهره‌برداری صحیح از منابع آبی خواهد شد. در همین راستا مطالعه اوکوانی و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که در تیمار ۴۲۸ میلی‌متر (شاهد) آب مصرفی گیاه (با توجه به تشنگی تبخیر) هر چند مقدار آب در دسترس گیاهان نعناع معمولی نسبت به تیمار ۳۷۴ میلی‌متر به صورت معنی‌داری بیشتر بود، اما عملکرد گیاهان نعناع معمولی در تیمار ۳۷۴ میلی‌متر آب مصرفی تنها ۱۱ درصد کمتر از تیمار شاهد بوده است (۲۴). آزمایش حاضر با هدف مقایسه خصوصیات رشدی و عملکرد سه گونه نعناع تحت تأثیر رژیم‌های رطوبتی خاک در شرایط کنترل‌شده اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۹۰-۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار اجرا شد و عوامل آزمایش شامل چهار سطح آبیاری (۱۰۰ (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و سه گونه نعناع (شامل نعناع فلفلی "*Mentha piperita*" (هیبرید)، نعناع معمولی "*Mentha spicata*"، پونه "*Mentha longifolia*" (شاهد)) بودند. قبل از اجرای آزمایش، از خاک مورد استفاده نمونه‌برداری و خصوصیات آن مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخصات کلی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Physical and biochemical characteristics of soil.

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

برای تعیین آب خاک در حالت ظرفیت زراعی، ابتدا ۱۰ گلدان کاملاً مشابه با گلدان‌های آزمایشی تا حد اشباع آبیاری شده 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 مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. درصد آب خاک در حالت ظرفیت زراعی از طریق معادله زیر تعیین شد:

$$\text{معادله (۱)} \quad 100 \times [\text{وزن خشک خاک} / (\text{وزن خشک خاک} - \text{وزن تر خاک})] = \text{درصد آب خاک}$$

جدول ۲- وزن گلدان در تیمارهای آبیاری گونه‌های نعناع طی فصل رشد.

Table 2. Weight of each pot in irrigation treatments of mint species during growing season.

وزن هر گلدان (گرم) Weight of each pot (g)				تکرار Replication	گونه Species
۴۰ درصد ظرفیت زراعی 40% field capacity	۶۰ درصد ظرفیت زراعی 60% field capacity	۸۰ درصد ظرفیت زراعی 80% field capacity	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی 100% field capacity		
3915	3960	4104	4420	1	پونه ( <i>Mentha longifolia</i> )
3971	3942	4066	4430	2	
3897	4079	4267	4410	3	
3976	4116	3960	4415	4	
3718	4024	4128	4405	5	
4129	4194	4195	4425	1	سوسن ( <i>Mentha spicata</i> )
4032	4308	4219	4530	2	
4142	4185	4252	4525	3	
3788	4052	4013	4520	4	
3823	4249	4267	4535	5	
3888	4171	4363	4350	1	نعناع فلفلی ( <i>Mentha piperita</i> )
4185	4244	4367	4375	2	
4133	4235	4180	4410	3	
4081	4308	4157	4540	4	
3871	4194	4257	4495	5	

قلمه‌های حاصل از استولون‌های زیرخاکی تهیه شده از گونه‌های مورد بررسی (طول قلمه‌های هر سه گونه ۳ تا ۴ سانتی‌متر و قطر آن‌ها نیز بین ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر بود) در گلدان‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر کشت و آبیاری آن‌ها در زمان موردنیاز انجام شد. قلمه‌ها پس از ده روز به مرحله ریشه‌دهی رسیده و بعد از یک‌ماه و رسیدن نشاها به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری، دو گیاه به گلدان‌هایی با قطر ۱۸ سانتی‌متر انتقال یافتند. آبیاری گیاهان تا دو هفته پس از انتقال نشاءها هر سه روز یک بار انجام شد و اعمال تیمارهای آبیاری پس از آن صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای آبیاری، هر گلدان در حالت ظرفیت زراعی توزین شد و بر اساس درصد آب خاک در این حالت و بسته به میزان آب موردنیاز در هر کدام از تیمارهای مربوطه، وزن گلدان مشخص شد. سپس گلدان‌ها به‌صورت روزانه توزین شدند و کاهش وزن هر گلدان نسبت به وزن آن در تیمار مربوطه، با تأمین مقدار آب لازم جبران شد. برداشت مرحله اول گیاهان در زمان ۷۰ درصد گلدهی انجام گرفت. به‌این منظور پس از رسیدن گیاهان به مرحله موردنظر، از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح هر گلدان گیاهان برداشت و در آزمایشگاه سطح سبز گیاهان مدل (31000C; Li-Cor) تعیین شد. وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه نیز پس از هواخشک در اتاق با دمای معمولی  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد به‌مدت سه روز) با ترازوی دیجیتال ۰/۰۰۱ دقت اندازه‌گیری و ثبت شد. با توجه به رشد مجدد گیاهان نعناع پس از برداشت اول، برداشت مرحله دوم گیاهان بر مبنای مجموع درجه‌روزهای رشد (GDD) کسب شده هر گونه نعناع در مرحله اول صورت گرفت. برای این منظور با استفاده از داده‌های هواشناسی گلخانه تحقیقاتی در طول آزمایش و دمای پایه ( $T_b$ )، ۵ درجه سانتی‌گراد و معادله دو، درجه روزهای رشد تا زمان برداشت گیاهان در مرحله اول (مرحله ۷۰ درصد گلدهی) تعیین و بر مبنای آن پس از رسیدن گیاهان به درجه روزهای رشد موردنظر در مرحله دوم برداشت شدند.

$$GDD = \sum \left[ \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_b \right] \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله  $T_{\max}$  و  $T_{\min}$  به‌ترتیب حداقل و حداکثر دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد) در طول دوره آزمایش می‌باشد.

پس از برداشت دوم گیاهان، علاوه بر تعیین سطح سبز و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاهان، تعداد و طول ریزوم‌ها، وزن خشک اندام‌های زیرزمینی و نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. 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

**سطح سبز در گیاه:** گونه‌های نعنای از نظر سطح سبز کل (مجموع سطح سبز گیاه در برداشت اول و دوم) اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) با یکدیگر داشتند (جدول ۳)، به طوری که سطح سبز گونه نعنای معمولی به ترتیب ۴۴ و ۲۰۰ درصد بیشتر از گونه‌های پونه و نعنای فلفلی بود (جدول ۴). سطح سبز گونه‌های نعنای معمولی و پونه در برداشت دوم به ترتیب ۵۷ و ۷۱ درصد از سطح سبز کل را شامل می‌شد، حال آن‌که این سهم در گونه نعنای فلفلی حدود ۴۱ درصد بود. نتایج مطالعه بر روی اثر تنش خشکی بر جمعیت‌های گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) نشان داد که بین جمعیت‌های این گیاه اختلاف معنی‌داری از نظر سطح برگ وجود داشته، به‌صورتی که سطح برگ جمعیت شیراز به ترتیب ۱۰ و ۲۴ درصد بیش‌تر از جمعیت‌های اصفهان و تهران بوده است (۲۸). رژیم‌های رطوبتی خاک تأثیر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) بر سطح سبز گیاهان داشتند (جدول ۳)، به طوری که در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی سطح سبز کل نسبت به دو تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب حدود دو و هفت برابر بیش‌تر بود. در تیمار شاهد سهم برداشت اول و دوم از سطح سبز کل تقریباً مشابه و حدود ۵۰ درصد بود، اما در دو تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۵۹ و ۷۷ درصد سطح سبز گیاهان به برداشت دوم اختصاص داشت (جدول ۴). خلیل و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که سطوح تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ گیاهان ریحان داشته، به طوری که در تیمار شاهد (۳۰ درصد کاهش در ظرفیت زراعی خاک) سطح برگ برداشت اول و دوم به ترتیب ۳۲ و ۴۵ درصد بیش‌تر از تیمار شدید تنش کم‌آبی (۷۰ درصد کاهش در ظرفیت زراعی خاک) بوده است (۱۷). در این بررسی همچنین سطح برگ گیاهان در برداشت دوم در تمام سطوح بیش از ۳ برابر برداشت اول بوده است. محققان اظهار داشته‌اند که کاهش ساخت مواد فتوسنتزی در برگ گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی سبب کاهش سطح برگ می‌شود (۲۷). سطح سبز گیاهان نعنای به‌صورت معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) تحت تأثیر برهمکنش گونه در رطوبت خاک قرار گرفت

(جدول ۳). در گونه نعنای معمولی کاهش رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش ۳۳ درصدی سطح سبز کل را نسبت به تیمار شاهد به دنبال داشت، در حالی که در گونه‌های نعنای فلفلی و پونه کاهش رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب منجر به کاهش ۵۵ و ۵۸ درصدی سطح سبز کل شد. در گونه‌های نعنای فلفلی و پونه سطح سبز کل در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب بیش از ۸۸ و ۹۶ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد (تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) داشت، حال آنکه این کاهش در گونه نعنای معمولی حدود ۷۵ درصد بود (جدول ۴). در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی سهم سطح سبز گونه‌های پونه و نعنای معمولی در برداشت دوم نسبت به کل آن به ترتیب ۶۹ و ۵۱ درصد بود و کاهش رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی سهم سطح سبز در برداشت دوم از سطح سبز کل را به ترتیب به ۷۵ و ۵۸ درصد رسانید. در صورتی که در گونه نعنای فلفلی سهم سطح سبز برداشت دوم از سطح سبز کل در دو تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کمتر از ۴۰ درصد بوده است. در صورتی که در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی سهم سطح سبز برداشت دوم در گونه پونه، نعنای معمولی و نعنای فلفلی از کل آن به ترتیب ۶۴، ۷۸ و ۸۵ درصد بوده است (جدول ۴). بنابراین به نظر می‌رسد که هرچند کاهش رطوبت خاک سطح سبز گیاهان را کاهش داده است، ولی درصد کاهش سطح برگ در دو برداشت بسته به گونه و سطح رطوبتی متفاوت بوده است به طوری که در دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی سهم سطح سبز گیاهان پونه و نعنای معمولی در برداشت دوم بیشتر از برداشت اول بوده است، در صورتی که در سطح رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی این سهم در گیاهان جنس پونه کمتر از گیاهان دو گونه بوده است. بررسی اثر تنش کم‌آبی (آبیاری روزانه (شاهد) و آبیاری با فاصله هفت روز) بر خصوصیات رشدی دو گونه از جنس *Cistus* sp. نیز نشان داد که سطح برگ گونه *Cistus monspeliensis* در تیمار آبیاری هفت روزه ۵۰ درصد کمتر از تیمار شاهد شد، در حالی که این کاهش در گونه *C. albidus* حدود ۲۵ درصد گزارش شده است (۳۰).

نتایج سایر مطالعات نیز حاکی از آن است که تنش کم‌آبی با تأثیر منفی بر فتوسنتز برگ از طریق تجزیه کلروپلاست‌ها و رنگیزه‌ها سبب کاهش این فرایند شده و در چنین شرایطی سطح برگ و به دنبال آن رشد گیاه نیز کاهش می‌یابد (۴، ۱۷، ۳۱). علاوه بر این کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه در زمان کاهش رطوبت خاک از طریق کاهش آب برگ‌های گیاه و بسته شدن روزنه‌ها نیز کاهش شدید فتوسنتز و سطح برگ گیاه را به دنبال خواهد داشت (۳۰). بدیهی است که تفاوت میان گونه‌های



گیاهی از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناختی و اندام‌شناسی منجر به اختلاف در تعداد برگ، سطح برگ و زیست‌توده کل برگ گیاهان تحت شرایط کم‌آبی شده و واکنش متفاوت گونه‌ها را به کاهش رطوبت خاک به دنبال خواهد داشت (۳۲).

**تعداد و طول ریزوم:** گونه‌های نعنای از نظر تعداد ریزوم اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشتند (جدول ۳). تعداد ریزوم در گونه نعنای معمولی بیش از  $3/5$  برابر آن در گونه نعنای فلفلی بود، این در حالی است که گونه نعنای معمولی تنها ۱۵ درصد ریزوم بیش‌تری نسبت به گونه پونه داشت (جدول ۴). رژیم‌های رطوبتی خاک نیز به‌طور معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) تعداد ریزوم را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳)، به صورتی که کاهش رطوبت خاک به تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش ۵۱ درصدی صفت مذکور نسبت به تیمار شاهد شد، حال آن‌که این کاهش در رژیم رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تنها حدود ۱۷ درصد بوده است (جدول ۴). تعداد ریزوم به‌صورت معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) تحت تأثیر برهمکنش گونه در رطوبت خاک قرار گرفت (جدول ۳)، به طوری که تعداد ریزوم گونه‌های نعنای معمولی و پونه و نعنای فلفلی در تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۶ و ۲۰ و ۳۳ درصد بیش‌تر از تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بوده است. در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نیز گونه پونه ۷۶ درصد تعداد ریزوم کم‌تری نسبت به ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد داشت، در حالی که این کاهش در گونه‌های نعنای معمولی و نعنای فلفلی به‌ترتیب ۲۶ و ۴۲ درصد بود (جدول ۴). بین گونه‌های نعنای اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) از نظر طول ریزوم مشاهده شد، همچنین اثر سطوح رطوبتی خاک بر طول ریزوم معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) بود (جدول ۳). کاهش میزان آب خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۷۵ درصدی طول ریزوم نسبت به تیمار شاهد شد، در حالی که این کاهش در ظرفیت زراعی ۸۰ درصد حدود ۲۱ درصد بود (جدول ۴). برهمکنش گونه در رطوبت خاک نیز تأثیر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) بر طول ریزوم داشت (جدول ۳). طول ریزوم گونه پونه در ظرفیت زراعی ۸۰ درصد حدود ۱۴ درصد کم‌تر از تیمار شاهد بود، این در حالی است که در گونه نعنای معمولی و نعنای فلفلی طول ریزوم در رژیم رطوبتی مذکور به‌ترتیب ۲۱ و ۴۲ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد داشته است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای روی صفات اندازگی گیاهان.

نسبت وزن خشک به اندامهای هوایی	نسبت وزن خشک اندامهای زیرزمینی در بوته	نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته			نسبت وزن خشک اندامهای هوایی در بوته			طول ریزوم در بوته	تعداد ریزوم در بوته	مساحت سبز در بوته			درجه آزادی df	منبع تغییر S.O.V
		کل	اول برداشت	دوم برداشت	کل	اول برداشت	دوم برداشت			کل	اول برداشت	دوم برداشت		
اندامهای زیرزمینی در بوته	اندامهای زیرزمینی در بوته	کل	اول برداشت	دوم برداشت	کل	اول برداشت	دوم برداشت	Length of rhizome per plant	No. rhizome in plant	Total	Second harvest	First harvest		
293895473.8**	293895473.8**	21.4*	29.6**	22.3**	9784924.5**	8099998.0**	6130452.0**	12868.0**	277.8**	138469.7**	73993.8**	25586.7**	2	گونه
257809146.7**	257809146.7**	16.5**	32.7**	11.1**	94468450.7**	38612498.0**	22859607.0**	29427.0**	425.6**	794904.5**	225074.0**	176385.5**	3	رطوبت خاک Soil moisture
51286989.1**	51286989.1**	4.1**	11.7**	3.5**	6583740.0**	2230466.0**	1256165.0**	2951.0**	61.3**	30916.0**	27210.1**	5511.5**	6	گونه رطوبت خاک Species\Soil moisture
624905.7	624905.7	0.3	1.4	0.4	231930.3	592767.0	23208.0	27.0	0.6	596.8	249.3	353.0	48	خطا Error

\*\* و \* پدیده عدم تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱.

\*\* and \* Non significant and means significant at 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر گونه، رژیم‌های رطوبتی خاک و برهمکنش گونه\*رطوبت خاک بر صفات اندازه‌گیری شده.   
 Table 4. Mean comparison effect of species, soil moisture regimes and interaction of species x soil moisture regime on measured characteristics.

Leaf to stem dry weight ratio per plant	نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته		وزن خشک اندام‌های هوایی در بوته (میلی‌گرم)		طول ریزوم در بوته (سانتی‌متر مربع)		تعداد ریزوم در بوته (سانتی‌متر مربع)		سطح سبز در بوته (سانتی‌متر مربع)		گونه Species
	First harvest	Second harvest	Total	First harvest	Second harvest	Total	First harvest	Second harvest	Total	First harvest	
1.0	1.0	1.2	2144.0	1507.2	610.4	62.4	8.5	208.5	147.0	61.5	بونه Wildmint
2.7	2.5	3.5	4177.1	2475.0	1702.1	64.5	9.8	300.8	170.3	130.5	نعنا معمولی Spearmint
0.8	0.4	1.9	2410.0	1459.8	978.1	19.5	2.8	134.7	55.3	79.4	نعنا قلندی Peppermint
0.3	0.4	0.8	306.2	281.8	100.9	3.3	0.5	15.5	10.0	12.0	LSD <sub>(0.05)</sub>
2.2	1.9	2.8	6397.8	3730.7	2667.1	95.6	12.1	514.5	278.3	236.2	رژیم رطوبتی خاک (درصد ظرفیت زراعی) Soil moisture regime (Percent of field capacity)
2.1	1.7	3.1	3645.9	2236.3	1409.6	75.5	10.1	270.7	161.3	109.4	100
1.8	1.5	3.0	1324.3	1042.6	281.7	24.2	5.9	73.5	57.2	16.3	80
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60
0.4	0.5	0.9	353.6	325.4	166.6	3.8	0.6	18.0	11.6	13.8	40
											LSD <sub>(0.05)</sub>
1.6	1.6	1.7	5979.0	4213.0	1698.9	124.6	16.3	572.5	349.2	178.3	بونه Wildmint
1.8	1.8	1.9	2357.7	1671.0	648.7	107.5	13.6	241.4	180.9	60.5	80
0.7	0.7	1.0	236.5	143.0	93.5	17.5	3.9	20.2	12.9	7.3	60
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40
3.5	3.4	3.5	8119.5	4400.3	3719.2	118.6	15.1	626.5	316.4	310.1	100
3.2	2.6	3.8	5699.0	3267.0	2432.0	93.8	13.0	418.0	241.4	176.6	80
4.3	3.7	6.8	2889.9	2232.7	657.2	45.5	11.2	158.5	123.4	35.1	60
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40
1.6	0.7	3.1	5492.2	2990.0	2583.2	43.4	4.8	344.3	124.2	220.1	100
1.5	0.7	3.5	3303.3	2099.0	1148.0	25.2	3.6	155.6	61.5	94.1	80
0.3	0.2	1.1	846.4	752.0	94.4	9.5	2.8	41.9	35.4	6.5	60
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40
0.7	0.8	1.5	612.4	563.5	201.9	6.6	1.0	31.1	20.1	23.9	LSD <sub>(0.05)</sub>

در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نیز طول ریزوم دو گونه نعناع فلفلی و پونه به ترتیب ۷۸ و ۸۶ درصد کاهش نسبت به ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد داشت، در حالی که این کاهش در گونه نعناع معمولی ۶۲ درصد بوده است (جدول ۴). بررسی ویژگی‌های رشدی اندام‌های زیرزمینی (ریشه و ریزوم) گیاهان از این جهت که آب کافی را در اختیار اندام‌های هوایی گیاه قرار می‌دهند، مهم می‌باشد و افزایش تعداد و طول انشعابات اندام‌های زیرزمینی به جذب بهتر رطوبت و مواد غذایی توسط این اندام‌ها کمک بسزایی خواهد کرد (۳). در بررسی بورت و همکاران (۲۰۰۵) بر روی اثر تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد گیاه سالویا (*Salvia splendens*) مشاهده شد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی طول اندام‌های زیرزمینی به صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. در آزمایش مذکور کاهش تورژسانس سلول‌های ریشه و عدم نمو مطلوب آوندها، علت کاهش طول ریشه و اندام‌های زیرزمینی در گیاه ذکر شده است (۸).

**وزن خشک اندام‌های هوایی:** از لحاظ وزن خشک کل گیاه (مجموع برداشت اول و دوم) بین گونه‌های نعناع اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) مشاهده شد (جدول ۳). بیش‌ترین وزن خشک کل بوته را گونه نعناع معمولی (۴۱۷۷/۱ میلی‌گرم) داشت، حال آن‌که وزن خشک کل در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه به ترتیب ۴۲ و ۴۹ درصد کم‌تر از گونه نعناع معمولی بود. در برداشت دوم سهم وزن خشک از وزن خشک کل گیاه در گونه نعناع معمولی حدود ۵۹ درصد بود، در صورتی که در گونه‌های نعناع فلفلی و پونه به ترتیب بیش از ۶۰ و ۷۰ درصد از وزن خشک کل گیاه به وزن خشک آن در برداشت دوم اختصاص داشت (جدول ۴). در بررسی عزیزی و همکاران (۲۰۰۹) روی تأثیر رژیم‌های رطوبتی بر عملکرد سه جمعیت از گیاه مرزنجوش (*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 (۵). وزن خشک کل گیاه به صورت 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 (جدول ۴). اوکوانی و همکاران (۲۰۱۱) طی بررسی اثر رژیم‌های رطوبتی خاک بر عملکرد گیاه نعناع معمولی بیان کردند که با کاهش میزان آب خاک عملکرد این گیاهان نیز کاهش یافت، به صورتی که در تیمار ۳۸۹ میلی‌متر آبیاری (طی

یک فصل رشد)، عملکرد گیاهان نعنای معمولی ۵۰ درصد بیش‌تر از تیمار ۲۴۱ میلی‌متر آبیاری (طی یک فصل رشد) بوده است (۲۴). مطالعه تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری (۳ شاهد)، ۵ و ۷ (روز) بر وزن خشک گیاه مرزنجوش (*Origanum vulgare L.*) نیز نشان داد که عملکرد گیاهان در هر دو برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های رطوبتی قرار گرفته و با افزایش فواصل آبیاری به هفت روز، عملکرد در برداشت اول و دوم به‌ترتیب ۳۳ و ۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. در آزمایش ایشان همچنین عملکرد گیاهان در تمام سطوح رطوبتی در برداشت دوم بیش‌تر از برداشت اول بوده است (۲۹). نتایج سایر بررسی‌ها نیز نشان داده است که در شرایط آبیاری و تأمین رطوبت کافی در ناحیه ریشه گیاهان، رشد ریشه بهبود یافته و به دنبال آن افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه باعث افزایش وزن خشک گیاهان می‌شود (۳۳).

برهمکنش گونه در رطوبت خاک، وزن خشک کل گیاه (مجموع برداشت اول و دوم) را به‌طور معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). در گونه نعنای معمولی وزن خشک کل گیاه در ظرفیت زراعی ۸۰ درصد، ۳۰ درصد کم‌تر از تیمار شاهد بود، در حالی‌که در گونه‌های نعنای فلفلی و پونه وزن خشک کل گیاه در تیمار مذکور به‌ترتیب 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 ترتیب در گونه‌های نعنای فلفلی و پونه شد، در صورتی‌که این کاهش در گونه نعنای معمولی حدود ۶۴ درصد بود. در گونه نعنای فلفلی و نعنای معمولی وزن خشک گیاه در برداشت دوم به‌ترتیب ۵۵ و ۵۴ درصد از وزن خشک کل گیاه در تیمار شاهد را شامل می‌شد، حال آن‌که در گونه پونه این سهم ۷۰ درصد بود. در ظرفیت زراعی ۸۰ درصد نیز سهم برداشت دوم از وزن خشک کل در گونه‌های نعنای معمولی، نعنای فلفلی و پونه به ترتیب ۵۷، ۶۴ و ۷۱ درصد بود. همچنین در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی ۶۰ و ۷۷ درصد از وزن خشک کل گونه‌های پونه و نعنای معمولی را برداشت دوم شامل می‌شد، در حالی‌که در گونه نعنای فلفلی این سهم حدود ۹۰ درصد بوده است (جدول ۴). خالد (۲۰۰۶) طی بررسی اثر سطوح تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد دو گونه ریحان بیان کرد که برهمکنش گونه در رطوبت خاک بر عملکرد این گیاهان در هر دو برداشت معنی‌دار بود. در مطالعه وی کاهش رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ۳۶ درصدی عملکرد گونه *O.basilicum* نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در هر دو برداشت شد، حال آن‌که در گونه *O.americanum* این کاهش در برداشت اول و دوم به‌ترتیب 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 (۱۶). محققان دیگر نیز اظهار داشتند که گونه‌هایی که به‌طور ژنتیکی متحمل به تنش کم‌آبی هستند رشد مطلوب‌تری در شرایط کاهش رطوبت خاک داشته و زیست‌توده آن‌ها نیز نسبت به گونه‌های حساس بیش‌تر خواهد بود (۳۰). نتایج مطالعات دیگر حاکی نیز از آن است که کاهش سطح برگ گیاهان طی تنش کم‌آبی منجر به کاهش دریافت تشعشع برای فتوسنتز شده که به دنبال آن این فرایند حیاتی کاهش می‌یابد، در ادامه نیز این تغییرات منفی سبب کاهش شدید رشد و نمو و تولید در گیاه خواهد شد (۲۱، ۱۳).

**نسبت وزن خشک برگ به ساقه:** گونه‌های نعنای از نظر نسبت وزن خشک برگ به ساقه اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشتند (جدول ۳)، به‌طوری که این نسبت در گونه نعنای معمولی بیش از ۲/۵ برابر آن نسبت به گونه‌های پونه و نعنای فلفلی بود. در هر سه گونه مورد بررسی نیز نسبت وزن خشک برگ به ساقه در برداشت اول بیش‌تر از برداشت دوم بوده است (جدول ۴). بین سطوح رطوبتی از نظر نسبت وزن خشک برگ به ساقه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، همچنین برهمکنش گونه در رطوبت خاک نیز بر نسبت وزن خشک برگ به ساقه معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) بود (جدول ۳). در گونه‌های پونه نسبت وزن خشک برگ به ساقه در تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد ۱۲ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بود، در حالی که از این نظر گونه نعنای معمولی (نسبت به تیمار شاهد) هفت درصد کاهش داشت (جدول ۴). نکته قابل توجه این‌که در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در گونه نعنای معمولی نسبت وزن خشک برگ به ساقه ۲۳ درصد بیش‌تر از تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بود، حال آن‌که در گونه‌های پونه و نعنای فلفلی این نسبت به‌ترتیب ۵۶ و ۸۱ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد نشان داده است (جدول ۴). دلفاین و همکاران (۲۰۰۵) نیز اثر سه سطح ۷۰، ۵۰ و صفر (شاهد) درصد کاهش در ظرفیت زراعی خاک را بر عملکرد دو گونه سوسن و رزماری مورد ارزیابی قرار داده و اظهار داشتند سطوح تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری نسبت وزن خشک برگ به ساقه را در هر دو گونه تحت تأثیر قرار داد. این نسبت در تیمار ۷۰ درصد کاهش ظرفیت زراعی خاک در گونه نعنای معمولی نسبت به تیمار شاهد ۵۰ درصد کاهش داشت، حال آنکه در تیمار مذکور نسبت وزن خشک برگ به ساقه گونه رزماری ۳۵ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بوده است (۹). در بررسی حاضر نیز نسبت وزن خشک برگ به ساقه در گونه‌های پونه و نعنای فلفلی بیش‌تر از گونه نعنای معمولی تحت تأثیر تیمار شدید تنش کم‌آبی (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفت و هرچند کاهش مقدار آب خاک در رژیم

رطوبتی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش رشد ساقه و برگ در هر سه گونه مورد مطالعه شد، اما گیاهان گونه نعنای معمولی در چنین شرایطی برگ بیش‌تری نسبت به دو گونه دیگر تولید کردند. وزن خشک اندام‌های زیرزمینی: گونه‌های نعنای از نظر وزن خشک اندام‌های زیرزمینی اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) با یکدیگر داشتند (جدول ۳)، به‌طوری که صفت مذکور در گونه نعنای معمولی به‌ترتیب بیش از ۲ و ۹ برابر گونه‌های پونه و نعنای‌فلغلی بود (جدول ۵). اثر سطوح رطوبتی خاک نیز بر وزن خشک اندام‌های زیرزمینی معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) بود (جدول ۳) و کاهش رطوبت خاک به ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب منجر به کاهش ۳۴ و ۷۲ درصدی صفت مذکور شد (جدول ۵). بقالیان و همکاران (۲۰۱۱) طی ارزیابی اثر تنش کم‌آبی (۳۰ شاهد)، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد کاهش در ظرفیت زراعی خاک) بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه بابونه آلمانی اظهار داشتند که با کاهش رطوبت خاک از ۳۰ به ۹۰ درصد کاهش ظرفیت زراعی، وزن خشک اندام‌های زیرزمینی نیز کاهش یافت. در مطالعه آنان وزن خشک اندام‌های زیرزمینی در تیمار شاهد ۲۳ درصد بیش‌تر از تیمار ۹۰ درصد کاهش ظرفیت زراعی خاک بوده است (۶). در بررسی اثر تنش کم‌آبی (۱۰۰ تیمار شاهد)، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) بر خصوصیات رشدی گیاه نعنای‌فلغلی نیز مشخص شد که سطوح تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام‌های زیرزمینی داشته، به‌صورتی که صفت مذکور در تیمار شاهد به‌ترتیب بیش از ۲/۵ و ۵ برابر وزن خشک اندام‌های زیرزمینی در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بوده است (۱۰). به‌نظر می‌رسد تحت شرایط کمبود رطوبت کاهش جذب آب توسط ریشه و به دنبال آن اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی اندام‌های هوایی سبب کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها شده و به دنبال آن رشد اندام‌های زیرزمینی نیز کاهش می‌یابد (۳۴). برهمکنش گونه در رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) بر وزن خشک اندام‌های زیرزمینی داشت (جدول ۳). در گونه پونه وزن خشک اندام‌های زیرزمینی در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ۷۳ درصد بیش‌تر از تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود، این در حالی است که در گونه‌های نعنای معمولی و نعنای‌فلغلی صفت مذکور در تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۱ و ۴۹ درصد بیش‌تر از تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات وزن خشک اندام‌های زیرزمینی.

Table 5. Mean comparison effect of treatments on characteristics of underground dry weight.

نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی در بوته Aboveground to underground dry weight ratio per plant	وزن خشک اندام‌های زیرزمینی در بوته (ریزوم و ریشه) (میلی‌گرم) Underground dry weight per plant (rhizome and root) (mg)	گونه Species
0.3	4250.0	پونه Wilmint
0.4	8617.0	نعنای معمولی Spearmint
1.5	976.0	نعناع فلفلی Peppermint
0.4	502.6	LSD <sub>(0.05)</sub>
رژیم رطوبتی خاک (درصد ظرفیت زراعی) Soil moisture regime (Percent of field capacity)		
1.3	9496.0	100
0.9	6269.0	80
0.6	2691.0	60
0.0	0.0	40
0.4	580.4	LSD <sub>(0.05)</sub>
رژیم رطوبتی خاک (درصد ظرفیت زراعی) Soil moisture regime (percent of field capacity)		
0.6	10200.0	100
0.4	5906.0	80
0.2	893.0	60
0.0	0.0	40
0.5	16320.0	100
0.5	11580.0	80
0.4	6566.0	60
0.0	0.0	40
2.9	1969.0	100
1.9	1321.0	80
1.0	613.0	60
0.0	0.0	40
0.7	1005.0	LSD <sub>(0.05)</sub>



در گونه پونه کاهش رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش ۹۱ درصدی وزن خشک اندام‌های زیرزمینی را نسبت به تیمار شاهد به دنبال داشت، درحالی‌که در گونه‌های نعنای معمولی و نعنای فلفلی کاهش رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب منجر به کاهش ۶۰ و ۶۹ درصدی وزن خشک اندام‌های زیرزمینی شد (جدول ۵). در مطالعه‌ای اثر تنش کم‌آبی (آبیاری روزانه (شاهد) و آبیاری هر ۷ روز) بر وزن خشک اندام زیرزمینی دو گونه *Cistus* بررسی شد نتایج نشان داد که در گونه *C. albidus* وزن خشک اندام‌های زیرزمینی در تیمار شاهد ۱۸ درصد بیش‌تر از تیمار ۷ روز آبیاری است، حال آنکه در گونه *C. monspeliensis* وزن خشک اندام‌های زیرزمینی گیاهان تیمار شاهد تنها ۶ درصد بیش‌تر است (۳۰).

**نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی:** بین گونه‌های نعنای مختلف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) از نظر نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی مشاهده شد (جدول ۳)، به‌صورتی که این نسبت در گونه‌های نعنای معمولی و پونه به‌ترتیب ۷۳ و ۸۰ درصد کم‌تر از گونه نعنای فلفلی بود (جدول ۵). تیمارهای تنش کم‌آبی نیز تأثیر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) بر نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی داشتند و این نسبت در تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۴ و ۱۰۰ درصد بیش‌تر از تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۳). نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی به‌صورت معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) تحت تأثیر برهمکنش گونه در رژیم رطوبتی خاک قرار گرفت (جدول ۳). با وجود این‌که در گونه نعنای معمولی بین سطوح شاهد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوتی از نظر نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی مشاهده نشد، اما در گونه‌های پونه و نعنای معمولی نسبت مذکور تیمار شاهد بیش از ۵۰ درصد آن نسبت به تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد بوده است. همچنین در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گونه‌های پونه و نعنای فلفلی به ترتیب کاهش ۶۷ و ۶۶ درصدی در نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی نسبت به تیمار شاهد داشتند، حال آنکه این کاهش در گونه نعنای معمولی حدود ۲۰ درصد بود (جدول ۵). مطالعه پتروپولوس و همکاران (۲۰۰۸) بر روی تأثیر تیمارهای تنش کم‌آبی (صفر-۱۰، ۳۰-۴۵ و ۴۵-۶۰ درصد کاهش در ظرفیت زراعی خاک) بر سه رقم گیاه جعفری نشان داد که تیمارهای کمبود آب تأثیر معنی‌داری بر نسبت وزن اندام‌های هوایی به زیرزمینی داشته‌اند، به‌صورتی که نسبت مذکور در دو رقم دارای برگ‌های صاف و چروک در رژیم رطوبتی صفر-۱۰ درصد کاهش در ظرفیت زراعی خاک بیش از ۳۰۰ درصد آن نسبت به رژیم رطوبتی ۴۵-۶۰ درصد کاهش ظرفیت زراعی خاک بود، حال آن‌که

این نسبت در رقم ریشه شلغمی تحت شرایط رژیم رطوبتی صفر-۱۰ درصد حدود ۴۲ درصد بیش‌تر از تیمار ۶۰-۴۵ درصد بوده است (۲۵). نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که در برخی گونه‌های نسبتاً متحمل به تنش کم‌آبی، کاهش رطوبت خاک (به ۵۰ تا ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) سبب تحریک رشد انشعابات ریشه جهت دسترسی به رطوبت موردنیاز ریشه شده، اما افزایش مدت زمان قرارگیری ریشه در معرض تنش کم‌آبی منجر به کاهش معنی‌داری وزن خشک ریشه شده‌است (۱۹). در بررسی حاضر نیز به‌نظر می‌رسد رشد اندام‌های زیرزمینی گونه‌های پونه و نعنای معمولی در تیمار ظرفیت زراعی ۶۰ درصد به‌علت تحریک نسبی رشد این اندام‌ها بیش‌تر شده، در صورتی‌که در گونه نعنای فلفلی رشد اندام‌های زیرزمینی به‌این صورت نبوده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کاهش رطوبت خاک به کمتر از تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تأثیر منفی بر خصوصیات رشدی و زیست‌توده گونه‌های نعنای داشته است. رشد و نمو گونه نعنای معمولی در دو تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بهتر از دو گونه دیگر بود. به‌عنوان مثال سطح سبز گونه‌های پونه و نعنای فلفلی در تیمار شاهد بیش از ۲۰۰ درصد آن نسبت به تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بوده، حال آن‌که صفت مذکور در تیمار شاهد گونه نعنای معمولی ۵۰ درصد بیش‌تر از تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد بوده‌است. در این بررسی همچنین فراهمی مناسب آب در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به افزایش نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی در هر سه گونه مورد مطالعه شد. با وجود این اختلاف معنی‌داری از این نظر بین سه گونه وجود داشت، به‌صورتی‌که در گونه‌های پونه و نعنای فلفلی نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به زیرزمینی حدود سه برابر بیش‌تر از تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود، حال آن‌که این افزایش در گونه نعنای معمولی و در تیمار مذکور ۲۵ درصد بوده است. در مجموع به‌نظر می‌رسد که گونه نعنای معمولی تحمل بهتری نسبت به دو گونه دیگر به کاهش رطوبت خاک در شرایط گلخانه نشان داده است، با وجود این انجام مطالعات مزرعه‌ای جهت تأیید این نتایج در شرایط زراعی ضروری به‌نظر می‌رسد.

## منابع

1. Abbaszadeh, B., Valadabadi, S.A., Aliabadi Farahani, H., and Hasanpour Darvishi, H. 2009. Studying of essential oil variations in leaves of *Mentha* species. *Afr. J. Plant Sci.* 3: 10. 217-221.
2. Ali, S.I., and Nasir, Y.J. 1990. Flora of Pakistan No. 192, 256p.
3. Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, H., Mohammad, H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R., and Daneshian, J. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *J. Med. Plant Res.* 2: 6. 125-131.
4. 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*). *J. Biol. Sci.* 6: 4. 763-767.
5. Azizi, A., Yan, F., and 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. *Ind. Crops Prod.* 29: 554-561.
6. 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 Physiol. Biochem.* 49: 201-207.
7. Brickell, C., and Trevor, C. 2002. The American Horticultural Society: Encyclopedia of Plants and Flowers. New York, NY, USA: DK Publishing, Inc. 605p.
8. Burnett, S.E., Pennisi, S.V., Thomas, P.A., and Iersel, M.W.V. 2005. Controlled drought affects morphology and anatomy of *Salvia splendens*. *J. Amr. Soc. Hort. Sci.* 130: 5. 775-781.
9. 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. *Agric., Ecosys. Environ.* 106: 243-252.
10. Forouzandeh, M., Sirousmehr, A., Ghanbari, A., Asgharipour, M., and Khammari, E. 2012. Effect of drought stress and municipal compost on quantitative and qualitative characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Iranian. Field Crop Res.* 9: 4. 670-677. (In Persian)
11. Gholizadeh, A., Amin, M.S.M., Anuar, A.R., Esfahani, M., and Saberioon, M.M. 2010. The study on the effect of different levels of zeolit and water stress on growth, development and essential Oil content of Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.). *Amr. J. Appl. Sci.* 7: 1. 33-37.
12. Hajlaoui, H., Trabelsi, N., Noumi, E., Snoussi, M., Fallah, H., Ksouri, R., and Bakhrouf, A. 2009. Biological activities of the essential oils and methanol extract of two cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*)

- used in the Tunisian folkloric medicine. World J. Microbiol. Biotech. 25: 2227–2238.
13. Hong-Bo, Sh., Li-Ye, Ch., Cheruth, A.J., and Chang-Xing, Z. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. C.R. Biol. 331: 215–225.
  14. Jaleel, A.C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-juburi, H.J., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in Plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Bio. 11: 1. 100-105.
  15. Karray-Bouraouia, N., Rabhib, M., Neffati, M., Baldand, B., Ranieri, A., Marzouk, B., Lachaâl, M., and Smaoui, A. 2009. Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. Ind. Crops Prod. 30: 338–343.
  16. Khalid, Kh.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum sp.*). Int. Agrophys. 20: 289-296.
  17. Khalil, S.E., Abd El-Aziz, N.G., and Abou Leil, B.H. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. J. Amr. Sci. 6: 12. 33-44.
  18. Khazaie, H.R., Nadjafi, F., and Bannayan, M. 2008. Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (*Thymus vulgaris*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*). Ind. Crops Prod. 27: 315–321.
  19. Liu, H., Wang, X., Wang, D., Zou, Z., and Liang, Z. 2011. Effect of drought stress on growth and accumulation of active constituents in *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Ind. Crop Prod. 33: 84–88.
  20. Mishra, A.K., and Singh, V.P. 2010. A review of drought concepts. J. Hydrol. 391: 202-216.
  21. Misra, A., and Srivastava, N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. J. Herb, Spice Med. Plant. 7: 1. 51-58.
  22. Mitchell, A.R. 1997. Irrigating peppermint, EM 8662. Oregon state university extension service, Corvallis.
  23. Mitchell, A.R., and Yang, C.L. 1998. Alternating furrow irrigation of peppermint (*Mentha piperita*). Hort. Sci. 33: 2. 266-269.
  24. 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. Irrig. Sci. 30: 3. 213-219.
  25. Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G., and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Sci. Hort. 115: 393–397.
  26. 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. *Bioresour. Technol.* 97: 886-893.
27. Reddy, A.R., Chiatanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.* 161: 1189–1202.
28. Safikhani, F., Heydarye sharifabadi, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M., and Abbaszadeh, B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. *J. Iran. Med. Arom. Plant.* 23: 2. 183-194. (In Persian)
29. Said-AlAhl, H.A.H., Hasnaa, S.A., and Hendawy, S.F. 2009. Effects of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigation intervals. *J. Appl. Sci.* 2: 3. 319-323.
30. Sanchez-Blanco, M.J., Rodriguez, P., Morales, M.A., Ortuno, M.F., and Torrecillas, A. 2002. Comparative growth and water relations of *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants during water deficit conditions and recovery. *Plant Sci.* 162: 107–113.
31. Sepeheri, A., and Modarres, S.A.M. 2003. Water and nitrogen stress on maize photosynthesis. *J. Biol. Sci.* 3: 578-584.
32. Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., and Zhao, C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C.R. Biol.* 331: 215–225.
33. Singh, M., Ganesha Rao, R.S., and Ramesh, S. 1997. Irrigation and nitrogen requirement of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* (Sleud) Wats) on a red sandy loam soil under semiarid tropical conditions. *J. Essent. Oil. Res.* 9: 569-574.
34. Smith, J.A.C., and Griffiths. 1993. Water deficits: plant responses from cell to community. Bios Scientific Publishers. Oxford. 345p.
35. Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., and Abbassi, F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *Afr. J. Agric. Res.* 6: 4. 798-807.

