

تأثیر تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس شمع‌دانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.)

Effect of Water Deficit Stress on Growth, Yield, Essential Oil Content and Composition of *Pelargonium graveolens* L.

عبدالحسین رضایی‌نژاد^{۱*}، محمد فیضیان^۲ و کبری سپهوند^۳

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۶/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس شمع‌دانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.)، آزمایشی گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار انجام شد. تیمارهای تنش عبارت بودند از ۱۰۰٪، ۸۵٪، ۷۰٪ و ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای. نتایج نشان دادند که با کاهش مقدار آب خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، عملکرد ماده‌ی تر و خشک در گلدان و عملکرد اسانس کاهش یافت. اگرچه بیشترین میزان اسانس در رطوبت ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای با میزان ۲/۰۴ درصد وزن خشک حاصل شد، اما با توجه به کاهش شدید رشد گیاه، عملکرد اسانس در گیاه ۰/۰۶۵ گرم در بوته) در این تیمار کمترین بود. بیشترین عملکرد اسانس در گیاه با مقدار ۰/۱۹۳ گرم در بوته در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای به‌دست آمد. میزان برخی ترکیب‌های عمده اسانس از جمله سیترونل، سیترونلیل فرمات و ایزو- منتون تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار نگرفت اما با کاهش میزان رطوبت خاک، میزان آلفا- پینن و لینالول کاهش یافت و میزان ۲- فنیل اتیل تیگلالت و جرماکرن- دی افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان سیس و ترانس- رز اکسید، اسپاتولنول و سیس- سیترونلیل تیگلالت و کمترین میزان نرال، ژرانیول و ژرانیل فرمات در رطوبت ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد، اما میزان آنها در رطوبت‌های ۱۰۰٪، ۸۵٪ و ۷۰٪ در یک سطح آماری قرار گرفت. باتوجه به اثر تنش کم‌آبی بر کاهش عملکرد پیکر رویشی، با کاهش مقدار آب خاک عملکرد ترکیبات عمده اسانس در هر بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: شمع‌دانی معطر، تنش خشکی، رشد، عملکرد، ترکیب‌های اسانس

۱. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲. استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۳. کارشناس گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

*: نویسنده مسئول Email: Rezaeinejad.Hossein@gmail.com

مقدمه

شمعدانی معطر گیاهی چندساله از تیره شمعدانی^۲ است. اسانس این گیاه دارای بوی خوش شبیه به بوی رز است که به‌طور وسیعی در صنایع عطرسازی، آرایشی و بهداشتی، غذایی و داروسازی استفاده می‌شود (راجسوارا راتو^۳، 2002). اسانس این گیاه دارای اثرات شدید ضدقارچ، ضدکنه و ضدحشرات می‌باشد (ورما^۴ و همکاران، 2010؛ هاشم^۵ و همکاران، 2010). مهم‌ترین مواد موجود در اسانس این گیاه به‌ترتیب فراوانی عبارتند از سیترونل^۶ و ژرانیول^۷، لینالول^۸، سیترونیل فرمات^۹ فرمات^۹ و پی-منتون^{۱۰} (رانا^{۱۱} و همکاران، 2002؛ سکسنا^{۱۲} و همکاران، 2008). تقاضای سالانه بین‌المللی برای اسانس شمعدانی معطر در حدود ۸۰۰ تن است که عمدتاً توسط کشورهای چین، مراکش، مصر و آفریقای جنوبی تأمین می‌گردد (ورما و همکاران، 2011؛ کینفو^{۱۳}، 1993).

میزان اسانس در گیاهان معطر تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از جمله ژنتیک گیاه، عمر برگ، تغذیه، زمان برداشت و ... قرار می‌گیرد (بازو^{۱۴} و همکاران، 2009؛ امیدبیگی و رضایی‌نژاد^{۱۵}، 2000؛ رافائل^{۱۶} و همکاران، 2008؛ مالاتوا^{۱۷} و همکاران، 2011). در خصوص تأثیر تنش کم‌آبی و دور آبیاری بر میزان و ترکیب‌های مواد مؤثره گیاهان دارویی، گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد. لچامو^{۱۸} و همکاران (1994) در یک آزمایش گلخانه‌ای، اثرات سه سطح آب در خاک (۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) را بر روی گیاه آویشن مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که بیشترین میزان تجمع ماده‌ی خشک در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و بیشترین درصد اسانس در ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به‌دست آمد. رفعت و صالح^{۱۹} (1997) اثر دور آبیاری (در فواصل ۷، ۱۴ و

۲۸ روز) را بر روی گیاه ریحان بررسی کرده و مشاهده کردند که با طولانی‌شدن دور آبیاری، رشد گیاه و عملکرد اسانس کاهش یافته، ولی درصد اسانس افزایش پیدا کرد. امیدبیگی و همکاران (2003) نیز اثر سطوح مختلف رطوبت خاک (۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) را بر روی گیاه ریحان بررسی کرده و گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس کاهش یافته، ولی درصد اسانس افزایش یافت. لباسچی و شریفی‌عاشورآبادی (۱۳۸۳) ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) بر گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت. اکبری‌نیا و همکاران (۱۳۸۴) اثر دور آبیاری (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) را بر گیاه سیاه‌دانه بررسی کرده و مشاهده نمودند که با طولانی‌شدن دور آبیاری عملکرد دانه، عملکرد کاه و ارتفاع بوته کاهش یافت. اما در برخی گونه‌ها مانند مرزنجوش مکزیکی^{۲۰} تغییری در میزان مواد مؤثره در شرایط تنش کم‌آبی مشاهده نشد (دانفورد و واسکوئیز^{۲۱}، 2005). همچنین در نوعی شمعدانی هیبرید^{۲۲} گزارش شده است که تنش خشکی تا حدی باعث افزایش میزان اسانس می‌شود اما با توجه به کاهش رشد تأثیر آن در عملکرد اسانس ناچیز است ضمن اینکه تأثیری در ترکیب‌های اسانس ندارد (بازو و همکاران، 2009).

شمعدانی معطر در بعضی کشورها مانند رواندا، آفریقای جنوبی و هند در مزرعه هوای آزاد و در بعضی کشورها مانند ایتالیا و آلمان به‌صورت گلخانه‌ای برای تولید اسانس کشت و کار می‌شود. در کشور ما این گیاه عمدتاً به‌صورت یک گیاه زینتی آپارتمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین هیچ‌گونه اطلاعات مستندی در خصوص تأثیر تنش کم‌آبی بر روی رشد، میزان اسانس یا ترکیب‌های آن در گیاه شمعدانی معطر در کشور ما وجود ندارد. لذا در این پژوهش ضمن معرفی شمعدانی معطر به‌عنوان یک گیاه با ارزش دارویی و معطر، تأثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک را بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس این گیاه بررسی شده است.

1. *Pelargonium graveolens* L.
2. Geraniaceae
3. Rajeswara Rao
4. Verma *et al.*
5. Hashem *et al.*
6. Citronellol
7. Geraniol
8. Linalool
9. Citronelly formate
10. β -menthone
11. Rana *et al.*
12. Saxena *et al.*
13. Qinghua
14. Eiasu *et al.*
15. Omidbaigi and Rezaei Nejad
16. Roupheal *et al.*
17. Malatova *et al.*
18. Letchamo *et al.*
19. Refaat and Saleh

20. *Lippia berlandiere*

21. Dunford and Vazquez

22. *Pelargonium capitatum* \times *P. radens*

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی گیاه شمعدانی معطر به صورت یک آزمایش گلدانی در طی بهار تا پاییز سال ۱۳۹۰ در گلخانه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه لرستان انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (تنش کم آبی) و چهار تکرار اجرا شد و در هر تکرار از سه گیاه (در سه گلدان مجزا) استفاده شد. تیمارهای آبیاری مورد استفاده جهت اعمال تنش کم آبی عبارت بودند از ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای (بدون تنش)، ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای (تنش آبی ملایم)، ۷۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای (تنش آبی متوسط) و ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای (تنش آبی شدید). پس از توزین هر کدام از گلدان‌های خالی با قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر، در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی شن درشت جهت انجام زه‌کشی ریخته شد و بعد گلدان‌ها با خاک تهیه شده پر شدند. مخلوط خاکی مورد استفاده شامل خاک باغچه، ماسه شسته و کود دامی پوسیده به نسبت مساوی بود و در داخل هر گلدان ۹ کیلوگرم خاک استفاده گردید. بافت خاک مورد استفاده در گلدان‌ها از نوع لومی بود. درصد رطوبت وزنی خاک درون گلدان در حد ظرفیت مزرعه‌ای با استفاده از تانسئومتر معادل ۲۲/۲۵ درصد تعیین شد. به این صورت که تانسئومتر در داخل خاک گلدان در عمق ۱۰ سانتی‌متری قرار داده شد و خاک گلدان در حد اشباع آبیاری شد. پس از این‌که تانسئومتر عدد ۰/۳ بار را نشان داد (ظرفیت مزرعه‌ای)، مقداری از خاک گلدان توزین و به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه خاک خشک توزین و میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای محاسبه شد. گیاهان مورد نظر در فروردین ماه از طریق قلمه انتهایی از یک گیاه مادری تکثیر شده و پس از ریشه‌دار شدن در خرداد ماه درحالی‌که به‌طور متوسط در حدود ۱۵ سانتی‌متر طول و ۶ عدد برگ داشتند، به گلدان‌ها منتقل شدند. گلدان‌ها تا استقرار کامل گیاهان به مقدار مساوی آبیاری گردیدند. سپس از اواسط تیرماه، تیمارهای آبیاری با توزین روزانه‌ی گلدان‌ها و اضافه نمودن آب مصرفی بر اثر تبخیر و تعرق (کاهش وزن هر کدام از گلدان‌ها) اعمال شدند. در طول مدت آزمایش دمای حداقل و حداکثر گلخانه ۱۸ و ۳۴ درجه سانتی‌گراد بود و روشنایی مورد نیاز گیاهان با نور طبیعی آفتاب تأمین می‌شد که با توجه به وجود سایبان در گلخانه شدت نور به‌طور متوسط در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود. بعد از حدود سه و نیم ماه از شروع اعمال تنش آبیاری، برداشت انجام گردید. در زمان برداشت، صفاتی نظیر ارتفاع ساقه اصلی،

قطر ساقه اصلی، تعداد شاخه‌های جانبی در هر بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ (با استفاده از سطح برگ‌سنج^۱)، محتوای نسبی آب، وزن تر ریشه، عملکرد ماده‌ی تر و خشک در گلدان اندازه‌گیری شد بوته‌های برداشت شده در دمای اتاق حدود ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و در سایه خشک شدند و سپس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر^۲ اسانس‌گیری شدند.

جداسازی و شناسایی اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی اسانس با استفاده از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی^۳ آزمایشگاه شیمی گیاهی پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهیدبهشتی انجام شد. دستگاه گاز کروماتوگراف از نوع ترموکوست- فینینگن^۴ مجهز به ستون DB-5 به طول ۶۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای محفظه تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه با افزایش دمای ۵ درجه در دقیقه، نوع دتکتور FID با دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، گاز حامل نیتروژن با جریان ثابت ۱/۱ میلی‌متر در دقیقه بود. دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنجی جرمی از نوع ترموکوست- فینینگن، مجهز به ستون DB-5 به طول ۶۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر، برنامه‌ریزی حرارتی مشابه دستگاه گاز کروماتوگراف، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، گاز حامل هلیوم، دمای محفظه تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. شناسایی ترکیب‌ها براساس شاخص بازداری و مقایسه طیف جرمی آنها با ترکیب‌های پیشنهادی کتابخانه دستگاه انجام گرفت. درصد هر ترکیب با توجه به سطح زیرمنحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل از دستگاه گاز کروماتوگراف با روش نرمال کردن سطح زیر منحنی و بدون محاسبه عامل تصحیح صورت گرفت (آدامز^۵، 1995). در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با کمک نرم‌افزارهای آماری Excel، MSTAT-C و Prism 4 تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها توسط آزمون LSD مقایسه شدند.

1. Leaf area meter (Delta- T Devices)
2. Clevenger apparatus
3. GC and GC/MS
4. Thermoquest-Finnigan
5. Adams

نتایج

خصوصیات رشدی

به ترتیب با ۷۲/۸۰ و ۱۳/۵۹ گرم در بوته در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و کمترین عملکرد تر و خشک به ترتیب با ۱۴/۱۳ و ۳/۱۶ گرم در بوته در تیمار ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شدند.

میزان و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر میزان و عملکرد اسانس داشته‌اند. همچنین مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) بیانگر آن است که بیشترین میزان اسانس در رطوبت ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای با ۲/۰۴٪ حاصل شد، اما میزان اسانس در رطوبت‌های ۱۰۰٪، ۸۵٪ و ۷۰٪ با مقادیر ۱/۴۲٪، ۱/۳۲ و ۱/۳۸٪ در یک سطح آماری قرار گرفت. بیشترین و کمترین عملکرد اسانس در گیاه به ترتیب با مقادیر ۰/۱۹۳ و ۰/۰۶۵ گرم در بوته به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰٪ و ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شدند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر ارتفاع و قطر ساقه اصلی، تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد و مساحت برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک برگ و ساقه در بوته داشت. همچنین مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱) بیانگر آن است که با کاهش میزان رطوبت خاک، رشد گیاه کاهش یافته، به طوری که بیشترین و کمترین رشد به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰٪ و ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شدند.

عملکرد پیکر رویشی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر عملکرد تر و خشک پیکر رویشی گیاه داشته‌اند. همچنین مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) بیانگر آن است که با کاهش میزان رطوبت خاک، عملکرد گیاه کاهش یافته، به طوری که بیشترین عملکرد تر و خشک

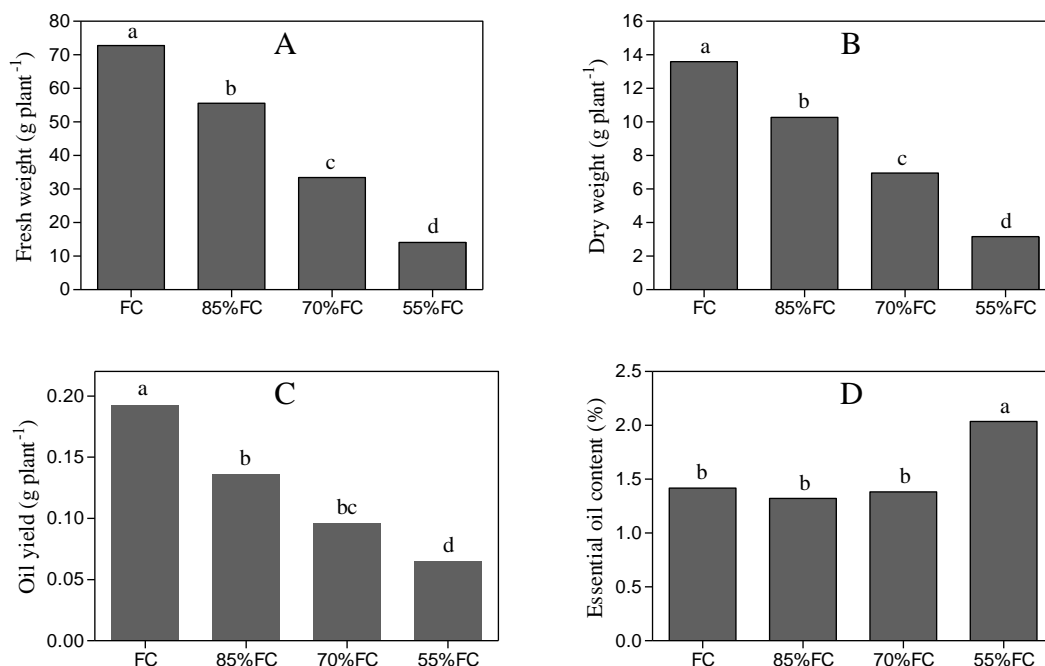
جدول ۱: مقایسه میانگین برخی خصوصیات رشدی گیاه شمعدانی معطر تحت تأثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک

Table 1: Mean comparison of some growth characters of geranium produced under different soil water contents

| میزان رطوبت خاک (درصد ظرفیت زراعی) Soil water content (% FC) | | | | مألفه رشد Growth character |
|---|---------------|---------------|---------------|--|
| 55 | 70 | 85 | 100 | |
| 2.51d ± 19.9 | 1.53c ± 26.6 | 1.57b ± 35.41 | 1.53a ± 42.13 | ارتفاع ساقه اصلی (سانتی‌متر) Plant height (cm) |
| 0.15c ± 3.95 | 0.27bc ± 4.66 | 0.23b ± 5.25 | 0.30a ± 6.11 | قطر ساقه اصلی (میلی‌متر) Stem diameter (mm) |
| 0.21c ± 0.58 | 0.23bc ± 1.33 | 0.29ab ± 2.17 | 0.23a ± 2.21 | تعداد ساقه فرعی در بوته No. of branches/plant |
| 2.0d ± 15.2 | 1.9c ± 29.1 | 5.3b ± 43.9 | 2.0a ± 60.4 | تعداد برگ در بوته No. of leaves/plant |
| 65d ± 404.2 | 50c ± 926.6 | 73b ± 1422.0 | 50a ± 1902.0 | سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) Leaf area (cm ² /plant) |
| 1.2d ± 54.5 | 1.0c ± 58.0 | 1.7b ± 64.6 | 1.9a ± 71.1 | محتوای نسبی آب (درصد) RWC (%) |
| 0.18d ± 2.05 | 0.12c ± 3.59 | 0.45b ± 5.03 | 0.28a ± 6.32 | وزن تر ریشه (گرم در بوته) Root fresh weight (g/plant) |
| 0.06d ± 0.42 | 0.04c ± 0.72 | 0.10b ± 1.10 | 0.10a ± 1.43 | وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root dry weight (g/plant) |
| 2.1d ± 10.8 | 1.4c ± 26.4 | 5.4b ± 42.7 | 2.0a ± 56.1 | وزن تر برگ (گرم در بوته) Leaf fresh weight (g/plant) |
| 0.5d ± 3.3 | 0.6c ± 7.1 | 1.6b ± 12.9 | 0.8a ± 16.7 | وزن تر ساقه (گرم در بوته) Stem fresh weight (g/plant) |
| 0.4d ± 2.5 | 0.3c ± 5.8 | 0.4b ± 8.1 | 0.3a ± 10.8 | وزن خشک برگ (گرم در بوته) Leaf dry weight (g/plant) |
| 0.1d ± 0.7 | 0.2c ± 1.2 | 0.3b ± 2.1 | 0.2a ± 2.8 | وزن خشک ساقه (گرم در بوته) Stem dry weight (g/plant) |

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشند. هر عدد نشان‌دهنده میانگین چهار تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد

Values followed with the same letter(s) (row-wise) are not significantly different at $P < 0.05$. Values are the mean of four replications ± S.E



شکل ۱: مقایسه میانگین عملکرد تر (A) و خشک (B) پیکر رویشی، میزان (C) و عملکرد اسانس (D) شمعدانی معطر تحت تأثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک

Fig. 1: Mean comparison of fresh (A) and dry (B) herb yield, essential oil content (C) and yield (D) of geranium produced under different soil water contents

اجزاء اسانس

در آنالیز ترکیب‌های اسانس شمعدانی معطر، ۶۰ ترکیب شناسایی شد (جدول ۲). ترکیب‌های عمده‌ی اسانس شمعدانی معطر عبارت بودند از: سیترونل (۴۸/۵۶ - ۴۴/۱۱ درصد)، سیترونلیل فرمات (۲۲/۰۶ - ۱۹/۴۹ درصد)، ایزو- منتون (۱۲/۷۹ - ۶/۸۴ درصد)، نرال (۴/۱۷ - ۲/۳۷ درصد)، ژرانیول (۳/۶ - ۰/۷۸ درصد) و ژرانیل فرمات (۲/۴ - ۰/۷۷ درصد).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر میزان نرال، ژرانیول، ژرانیل فرمات، سیترونلیل استات، اسپاتولنول، ۲- فنیل اتیل تیگلات و در سطح ۵٪ بر میزان سیس- رزاکسید، ترانس- رزاکسید، ۲- فنیل اتیل ایزو بوتیرات، ژرانیل والرات و سیس- سیترونلیل تیگلات داشته‌اند، اما اثر آنها بر ترکیب‌های عمده اسانس از جمله سیترونل، سیترونلیل فرمات، ایزو- منتون و سایر ترکیب‌های اسانس معنی‌دار نبوده است. همچنین مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) بیانگر آن است که بیشترین میزان سیس و ترانس- رزاکسید، سیترونلیل استات، ۲- فنیل اتیل ایزو بوتیرات، اسپاتولنول، سیترونلیل والرات و سیس- سیترونلیل تیگلات و کمترین میزان نرال، ژرانیول و ژرانیل فرمات در رطوبت ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد، اما میزان آنها در رطوبت‌های ۱۰۰٪، ۸۵٪ و ۷۰٪ در یک سطح آماری

قرار گرفت. با کاهش میزان رطوبت خاک، میزان آلفا- پینن و لینالول کاهش و میزان ۲- فنیل اتیل تیگلات، سیتروبلال و جرماکرن- دی افزایش یافت. اما به‌طور کلی با کاهش مقدار آب خاک عملکرد ترکیبات عمده اسانس در هر بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲).

جدول ۲: ۶۰ ترکیب شناسایی شده در اسانس شمعدانی معطر، شاخص بازداری و تغییرات میزان آنها تحت تأثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک
 Table 2: Sixty identified components of geranium oil, their retention indices and percentage ranges produced under different soil water contents

| ترکیبات Components | شاخص بازداری RI | سطح زیر منحنی Peak area (%) | ترکیبات Components | شاخص بازداری RI | سطح زیر منحنی Peak area (%) |
|---|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| α -Pinene | 935 | 0.19 - 0.78 | β -Bourbonene | 1400 | 0.21 - 0.4 |
| 6-Methyl-5-Hepten-2-one | 984 | t | β -Elemene | 1402 | 0.15 - 0.53 |
| β -Myrcene | 989 | t | β -Caryophyllene | 1438 | 0.19 - 0.43 |
| α -Phellandrene | 1005 | t | Citronellyl propionate | 1440 | t - 0.93 |
| <i>p</i> -Cymene | 1022 | t | Guaia-6,9-diene | 1445 | t |
| Limonene | 1028 | t - 0.33 | allo- Aromadendrene | 1456 | t - 0.21 |
| (Z)- β -Ocimene | 1035 | t | Geranyl propionate | 1469 | t |
| (E)- β -Ocimene | 1047 | t | α - Humulene | 1470 | t |
| <i>cis</i> -Linalool oxide (Furanoid) | 1070 | t | 9- <i>epi</i> -E-Caryophyllene | 1479 | t - 0.15 |
| <i>trans</i> -Linalool oxide (Furanoid) | 1087 | t | <i>trans</i> -Cadina-1(6),4-diene | 1487 | t |
| Linalool | 1098 | 0.21 - 0.68 | Germacrene-D | 1498 | 0.75 - 1.77 |
| <i>cis</i> -Rose oxide | 1109 | 0.81 - 2.31 | β -Selinene | 1505 | t |
| <i>trans</i> -Rose oxide | 1126 | 0.2 - 1.04 | α -Muurolene | 1510 | t |
| Cironellal | 1151 | 0.21 - 0.39 | Bicyclogermacrene | 1514 | t |
| Menthone | 1155 | t | Citronellyl butyrate | 1526 | 0.35 - 0.92 |
| <i>iso</i> -Menthone | 1163 | 6.84 - 12.79 | δ -Cadinene | 1535 | t |
| α -Terpineol | 1190 | t | Zonarene | 1539 | t |
| Citronellol | 1227 | 44.11 - 48.56 | <i>trans</i> -Cadina-1,4-diene | 1547 | t |
| Neral | 1240 | 2.37 - 4.17 | Geranyl butyrate | 1557 | t |
| Geraniol | 1249 | 0.78 - 3.6 | 2-Phenylethyl tiglate | 1590 | 0.16 - 0.51 |
| Geranial | 1267 | t | Spathulenol | 1598 | 0.3 - 1.63 |
| Citronellyl formate | 1274 | 19.49 - 22.06 | Caryophyllene oxide | 1604 | 0.82 - 1.92 |
| Geranyl formate | 1300 | 0.77 - 2.4 | Viridiflorol | 1614 | t |
| Methyl geranate | 1323 | t | Citronellyl valerate | 1622 | 0.18 - 0.67 |
| Citronellyl acetate | 1352 | 0.44 - 0.72 | 1- <i>epi</i> -Cubenol | 1633 | t - 0.16 |
| 2-Phenyl ethyl propanoate | 1353 | t - 0.18 | Cubenol | 1645 | t - 0.14 |
| α -Cubebene | 1358 | t - 0.11 | α - Cadinol | 1660 | t - 0.14 |
| Geranyl acetate | 1379 | t | <i>cis</i> -Citronellyl tiglate | 1666 | 0.39 - 1.55 |
| α -Copaene | 1388 | t - 1.97 | Geranyl tiglate | 1700 | 0.42 - 1.43 |
| 2-Phenyl ethyl <i>iso</i> butyrate | 1397 | 0.33 - 0.94 | Geranyl hexanoate | 1716 | t - 0.2 |

t: کمتر از ۰/۱ درصد (t: trace (<0.1%))

جدول ۳: مقایسه میانگین درصد برخی ترکیب‌های موجود در اسانس شمعدانی معطر تحت تأثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک

Table 3: Mean comparison of the percentage of some oil components of geranium produced under different soil water contents

| میزان رطوبت خاک (درصد ظرفیت زراعی) Soil water content (% FC) | | | | ترکیب Component |
|---|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| 55 | 70 | 85 | 100 | |
| 0.36 ± 0.08 b | 0.50 ± 0.08 ab | 0.65 ± 0.03 a | 0.67 ± 0.06 a | α-Pinene |
| 0.24 ± 0.03 b | 0.42 ± 0.04 ab | 0.43 ± 0.13 ab | 0.52 ± 0.09 a | Linalool |
| 2.15 ± 0.16 a | 1.14 ± 0.22 b | 1.17 ± 0.08 b | 1.25 ± 0.16 b | cis-Rose oxide |
| 0.94 ± 0.10 a | 0.4 ± 0.13 b | 0.41 ± 0.05 b | 0.44 ± 0.07 b | trans-Rose oxide |
| 0.37 ± 0.01 a | 0.33 ± 0.01 ab | 0.27 ± 0.03 b | 0.30 ± 0.02 b | Cironellal |
| 9.17 ± 0.09 a | 8.32 ± 0.38 a | 9.73 ± 1.54 a | 7.97 ± 0.67 a | iso-Menthone |
| 44.52 ± 0.41 b | 46.76 ± 1.17 a | 45.93 ± 1.38 a | 46.72 ± 0.23 a | Citronellol |
| 2.59 ± 0.22 b | 3.49 ± 0.27 a | 3.66 ± 0.13 a | 3.66 ± 0.26 a | Neral |
| 1.00 ± 0.22 b | 2.77 ± 0.31 a | 2.49 ± 0.50 a | 3.20 ± 0.22 a | Geraniol |
| 20.66 ± 0.36 a | 21.37 ± 0.30 a | 20.40 ± 0.83 a | 20.60 ± 0.37 a | Citronellyl formate |
| 0.89 ± 0.12 b | 1.97 ± 0.23 a | 2.11 ± 0.07 a | 2.16 ± 0.12 a | Geranyl formate |
| 0.69 ± 0.03 a | 0.54 ± 0.03 b | 0.51 ± 0.04 b | 0.5 ± 0.02 b | Citronellyl acetate |
| 0.86 ± 0.08 a | 0.51 ± 0.05 b | 0.47 ± 0.09 b | 0.49 ± 0.04 b | 2-Phenyl ethyl iso butyrate |
| 0.30 ± 0.03 a | 0.30 ± 0.02 a | 0.28 ± 0.06 a | 0.26 ± 0.02 a | β-Bourbonene |
| 0.47 ± 0.06 a | 0.36 ± 0.02 a | 0.29 ± 0.11 a | 0.34 ± 0.02 a | β-Elementene |
| 0.21 ± 0.01 a | 0.25 ± 0.02 a | 0.33 ± 0.07 a | 0.27 ± 0.04 a | β-Caryophyllene |
| 1.63 ± 0.14 a | 0.97 ± 0.13 b | 1.17 ± 0.25 ab | 1.08 ± 0.14 b | Germacrene-D |
| 0.57 ± 0.02 a | 0.45 ± 0.07 a | 0.62 ± 0.16 a | 0.56 ± 0.08 a | Citronellyl butyrate |
| 0.50 ± 0.01 a | 0.26 ± 0.02 bc | 0.28 ± 0.04 b | 0.19 ± 0.02 c | 2-Phenylethyl tiglate |
| 1.61 ± 0.02 a | 0.76 ± 0.15 b | 0.71 ± 0.20 b | 0.58 ± 0.04 b | Spathulenol |
| 1.84 ± 0.08 a | 1.38 ± 0.19 a | 1.50 ± 0.27 a | 1.32 ± 0.25 a | Caryophyllene oxide |
| 0.63 ± 0.04 a | 0.31 ± 0.04 b | 0.37 ± 0.10 b | 0.32 ± 0.05 b | Citronellyl valerate |
| 1.37 ± 0.18 a | 0.69 ± 0.04 b | 0.80 ± 0.23 b | 0.70 ± 0.15 b | cis-Citronellyl tiglate |
| 0.59 ± 0.05 a | 0.72 ± 0.10 a | 0.92 ± 0.29 a | 0.81 ± 0.16 a | Geranyl tiglate |

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشند. هر عدد نشان‌دهنده‌ی میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد

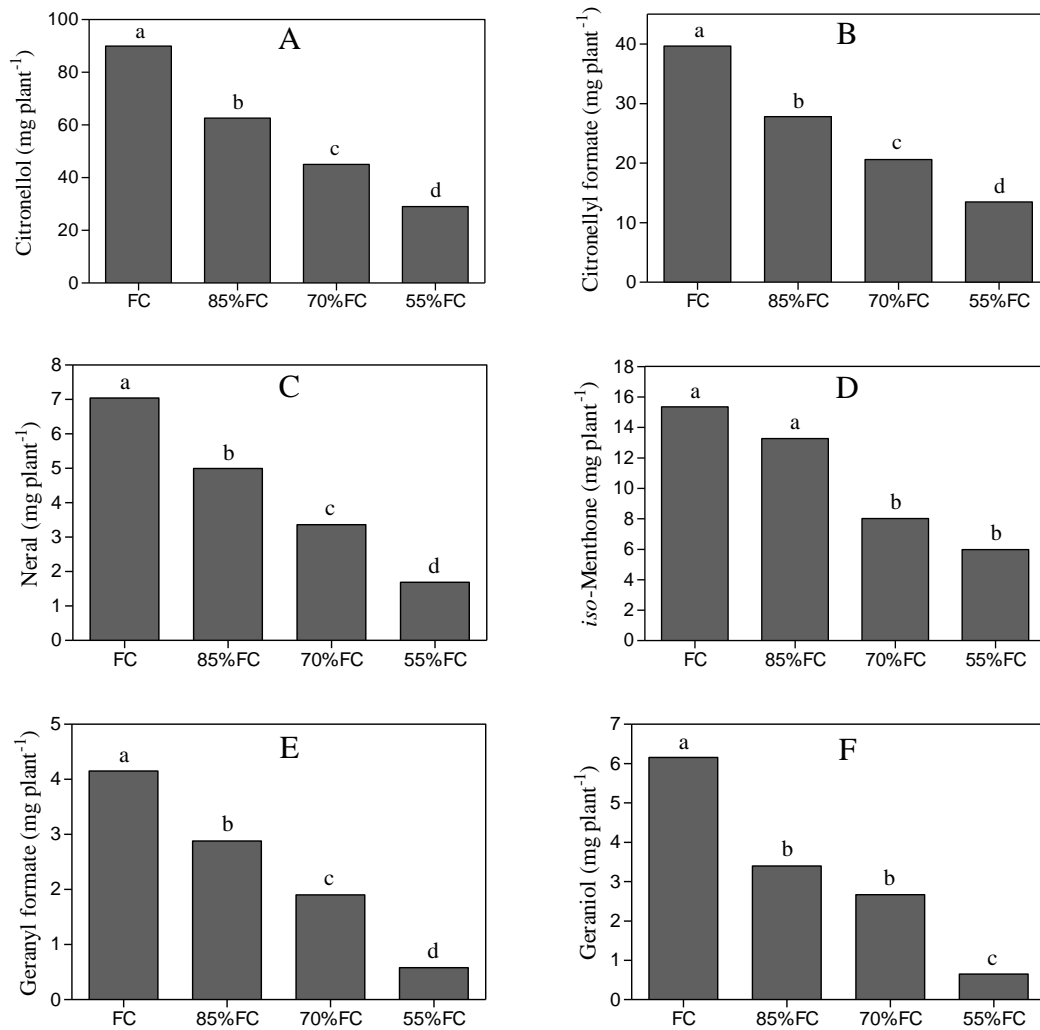
Values followed with the same letter(s) (row-wise) are not significantly different at $P < 0.05$. Values are the mean of three replications ± S.E

بحث

(۱۳۸۵) در بادرشبو و امیدبگی و محمودی‌سورستانی (۱۳۸۹)

در گل مکزیکی نیز گزارش گردیده است. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش محتوای آب نسبی و تورژسانس و در نتیجه کاهش تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌هاست. با کاهش رشد سلول اندازه‌ی اندام محدود می‌شود و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه‌ی کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی با توجه به بسته‌شدن روزنه‌های هوایی و کاهش هدایت روزنه‌ای، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه‌ی برگ‌ها محدود می‌گردد. به دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کم شده و با وجود مقاومت بالای روزنه‌ای ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد.

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی و میزان عملکرد گیاه شمعدانی معطر اثر داشته است، به‌طوری که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، سطح برگ و عملکرد گیاه کاهش یافت. تأثیر تنش کم‌آبی در کاهش رشد و عملکرد، توسط /چامو و همکاران (1994) در آویشن، میسرا و سریواستاوا¹ (2000) در نعناع، یازو و همکاران (2009) در نوعی شمعدانی، لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۱۳۸۳) در اسفرزه، بومادران، مریم گلی، همیشه بهار و بابونه، اکبری‌نیا و همکاران (۱۳۸۴) در سیاه دانه، حسنی



شکل ۲: مقایسه میانگین عملکرد ترکیبات عمده اسانس شمعدانی معطر در هر بوته شامل سیترونل (A)، سیترونیل فرمات (B)، ایزو-منتون (C)، نرال (D)، ژرانیول (E) و ژرانیل فرمات (F) تحت تاثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک

Fig. 1: Mean comparison of the main components of geranium oil including Citronellol (A), Citronellyl formate (B), *iso*-Menthone (C), Neral (D), Geraniol (E) and Geranyl formate (F) produced under different soil water contents

شرایط خشکی در گیاه به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای مقابله با خشکی به حساب می‌آید (گبونایا^۳ و همکاران، ۱۹۹۸). بیشترین میزان اسانس در رطوبت ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد، اما میزان اسانس در رطوبت‌های ۱۰٪، ۸۵٪ و ۷۰٪ در یک سطح آماری قرار گرفت. در شرایط تنش خشکی، تولید مواد مؤثره به‌دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج به‌دست آمده در ریحان (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱)، آویشن (چامو و همکاران، ۱۹۹۴) و بادرشبو (حسنی، ۱۳۸۵) که بیشترین میزان اسانس در ۷۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد مغایرت داشت. اما با نتایج حاصله در نعنای (چارلز^۴ و همکاران، ۱۹۹۰)، ریحان (رفعت و صالح، ۱۹۹۷) و گل مکزیک (امیدبیگی و محمودی سورستانی، ۱۳۸۹)

با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (کابوسلی^۱ و همکاران، ۲۰۰۲؛ تایز و زایگر^۲، ۲۰۰۲). در این پژوهش مشاهده گردید که با کاهش میزان رطوبت خاک، تعداد شاخه‌های جانبی کاهش یافت. حسنی و امیدبیگی (۱۳۸۱) در ریحان، حسنی (۱۳۸۵) در بادرشبو و امیدبیگی و محمودی سورستانی (۱۳۸۹) در گل مکزیک نیز کاهش میزان شاخه‌دهی را تحت شرایط تنش رطوبتی خاک گزارش کرده‌اند. شاخه‌دهی زیاد تحت شرایط خشکی یک صفت نامطلوب به حساب می‌آید، زیرا باعث مصرف بیهوده رطوبت خاک و اتلاف آن می‌گردد. بنابراین محدود شدن شاخه‌دهی تحت

3. Ogonnaya *et al.*
4. Charles *et al.*

1. Cabuslay *et al.*
2. Taiz and Zeiger

همکاران (2010) در نوعی شمعدانی^۵، پتروپولوس^۶ و همکاران (2008) در جعفری، فاتیما^۷ و همکاران (2000) در علف لیمو نیز گزارش شده است. اما گزارش‌های سینک و رامش^۸ (2000) (2000) در رزماری، بقالیان^۹ و همکاران (2011) در بابونه حاکی از عدم تأثیر مقادیر مختلف رطوبت خاک در کیفیت اسانس این گیاهان بود. اثر مقادیر مختلف رطوبت خاک بر میزان و ترکیبات اسانس ممکن است به‌خاطر اثر آنها بر فعالیت‌های آنزیمی و متابولیسم اسانس باشد (بوروبوت و لومیس^{۱۰}، 1969؛ راجسوارا راتو، 1996).

همچنین با کاهش مقدار آب خاک عملکرد ترکیبات عمده اسانس در هر بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲) که ناشی از اثر تنش آبی بر کاهش عملکرد پیکر رویشی گیاه می‌باشد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش، اگرچه با افزایش تنش کم‌آبی میزان مصرف آب در بوته کاهش و راندمان مصرف آب در تولید اسانس افزایش پیدا کرد (داده‌ها نشان داده نشدند)، اما با توجه به کاهش شدید رشد، عملکرد اسانس به‌شدت کاهش یافت. لذا با توجه به کشت گلخانه‌ای این گیاه، شاید بتوان از گلدان‌های کوچکتر جهت افزایش تراکم بوته استفاده و عملکرد در واحد سطح را در مناطق با محدودیت آب مصرفی افزایش داد که این امر مستلزم انجام پژوهش بیشتر است.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه لرستان انجام شده است. همچنین از سرکار خانم فاطمه بیرانوند و آقایان مصطفی رشیدیان و اسداله انصاری به‌خاطر همکاری در کارهای گلخانه‌ای و اندازه‌گیری‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد.

مطابقت داشت. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس کاهش یافت. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه‌ی کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیان‌آور تنش آبی بر رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه باشد. اثرات نامناسب تنش کم آبی در کاهش عملکرد اسانس توسط حسنی و امیدبیگی (۱۳۸۱) و رفعت و صالح (1997) در ریحان، لچامو و همکاران (1994) در آویشن، حسنی (۱۳۸۵) در بادرشبو و امیدبیگی و محمودی سورستانی (۱۳۸۹) در گل مکزیکی نیز گزارش گردیده است.

ترکیب‌های اسانس شمعدانی معطر در این پژوهش تفاوت‌هایی را با ترکیب‌های اسانس شمعدانی معطر گزارش شده توسط جلیلی‌هروی^۱ و همکاران (2006) نشان داد. با اینکه میزان سیترونل در هر دو پژوهش تقریباً برابر بود ولی اسانس شمعدانی در این پژوهش دارای حدود یک سوم ژرانیول و لینالول و دو برابر سیترونیل فرمات و ایزو-منتون و همچنین مقدار قابل توجهی نرال (۳/۶۶٪) بود که در پژوهش جلیلی‌هروی و همکاران (2006) گزارش نشده بود. علاوه بر این، مقایسه ترکیب‌های اسانس شمعدانی معطر موجود در ایران با شمعدانی معطر هندی گزارش شده توسط جین^۲ و همکاران (2001) نشان داد که ژنوتیپ ایرانی از نظر سیترونل و سیترونیل فرمات غنی‌تر و از نظر ژرانیول و لینالول ضعیف‌تر است. همچنین یکی از ویژگی‌های شمعدانی معطر ایرانی عدم ۱۰-اپی-گاما-اودسمول^۳ است که به مقدار قابل توجهی (۷/۶٪ - ۵/۶٪) در ژنوتیپ‌های هندی وجود دارد.

براساس نتایج به‌دست آمده، میزان برخی ترکیب‌های عمده اسانس از جمله سیترونل، سیترونیل فرمات و ایزو-منتون تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار نگرفته است اما با کاهش میزان رطوبت خاک، میزان آلفا-پینن و لینالول کاهش و میزان ۲-فنیل اتیل تیگلات، سیتروبال و جرماکرن-دی افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان سیس و ترانس-رزاکسید، سیترونیل استات، ۲-فنیل اتیل ایزوبوتیرات، اسپاتولنول، سیترونیل والرات و سیس-سیترونیل تیگلات و کمترین میزان نرال، ژرانیول و ژرانیل فرمات در رطوبت ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد، اما میزان آنها در رطوبت‌های ۱۰۰٪، ۸۵٪ و ۷۰٪ در یک سطح آماری قرار گرفت. تغییر در میزان ترکیبات اسانس گیاهان در اثر تنش خشکی توسط خالد^۴ و

5. *Plargonium odoratissimum* L.

6. Petropoulos *et al.*

7. Fatima *et al.*

8. Singh and Ramesh

9. Baghalian *et al.*

10. Burbott and Loomis

1. Jalili-Heravi *et al.*

2. Jain *et al.*

3. 10-epi- γ -eudesmol

4. Khalid *et al.*

منابع

- اکبری‌نیا، ا.، خسروی‌فرد، م.، شریفی‌عاشورآبادی، ا. و باباخانلو، پ. ۱۳۸۴. تأثیر دور آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه دارویی سیاه دانه. فصلنامه‌ی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۱، شماره ۲، ص ۶۵-۷۳.
- امیدبیگی، ر. و محمودی‌سورستانی، م. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژی، میزان و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی *Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze. مجله علوم باغبانی ایران، جلد ۴۱، شماره ۲، ص ۱۶۱-۱۵۳.
- حسنی، ع. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تنش کم آبی بر رشد، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*). فصلنامه‌ی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۲، شماره ۳، ص ۲۶۱-۲۵۶.
- حسنی، ع. و امیدبیگی، ر. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۳، ص ۴۷-۵۹.
- لباسچی، م. ح. و شریفی‌عاشورآبادی، ا. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. فصلنامه‌ی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۰، شماره ۳، ص ۲۶۱-۲۴۹.
- Adams, R. P. 1995. Identification of essential oils by Gas chromatography/mass spectroscopy. Allured, Carol Stream, IL. USA. 475pp.
- 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.
- Burbott, A.J. and Loomis, D. 1969. Evidence for metabolic turnover monoterpene in peppermint. Plant Physiology, 44: 173-179.
- Cabuslay, G. S., Ito, O. and Alejar, A. A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science, 163: 815-827.
- Charles, D. J., Joly, R.J. and Simon, J. E. 1990. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. Phytochemistry, 29: 2837-2840.
- Dunford, N. T. and Vazquez, R. S. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in mexican oregano grown under controlled conditions. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 20-22.
- Eiasu, B. K., Steyn, J.M. and Soundy, P. 2009. Rose-scented geranium (*Pelargonium capitatum* x *P. radens*) growth and essential oil yield response to different soil water depletion regimes. Agricultural Water Management, 96: 991-1000.
- Fatima, S. F., Farooqi, A. H. A. and Srikant, S. 2000. Effect of drought stress and plant density on growth and essential oil metabolism in citronella java (*Cymbopogon winterianus*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22: 563-567.
- Jain, N., Aggarwal, K. K., Saymasundar, K., Srivasta, S. K. and Kumar, S. 2001. Essential oil composition of geranium (*Pelargonium* sp.) from the plains of Northern India. Flavour and Fragrance Journal, 16: 44-46.
- Jalali-Heravi, M., Zekavat, B. and Sereshti, H. 2006. Characterization of essential oil components of Iranian *geranium* oil using gas chromatography-mass spectrometry combined with chemometric resolution techniques. Journal of Chromatography A, 1114: 154-163.
- Hashem, M., Moharam, A. M., Zaeid, A. A. and Saleh, F. E. M. 2010. Efficacy of essential oils in the control of cumin root rot disease caused by *Fusarium* spp. Crop Protection, 29: 1111-1117.
- Khalid, K. A., da Silva, J. A. T. and Cai, W. 2010. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum* (L.). Scientia Horticulturae, 125: 159-166.
- Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J. and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. Angewandte Botanik, 68: 83-88.
- Malatova, A., Hitimana, N., Niyibizi, T., Simon, J. E. and Juliani, H. R. 2011. Optimization of harvest regime and post-harvest handling in geranium production to maximize essential oil yield in Rwanda. Industrial Crops and Products, 34: 1348-1352.
- Misra, A. and Srivastava, N. K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 7: 51-58.
- Ogbonnaya, C. L., Nwalozie, M. C., Roy-Macauley, H. and Annerose, D. J. M. 1998. Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under water deficit on a sandy soil. Industrial Crops and Products, 8 (1): 65-76.
- Omidbaigi, R., Hassani, A. and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6:104-108.
- Omidbaigi, R and Rezaei Nejad, A. 2000. The influence of nitrogen-fertilizer and harvest time on the productivity of *Thymus vulgaris* L. International Journal of Horticultural Science, 6:43-46.
- 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. Scientia Horticulturae, 115: 393-397.
- Qinghua, Z. 1993. China's perfumery industry picks up. Perfumer & Flavourist, 18: 297-299.

- Refaat, A. M. and Saleh, M. M., 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo, 48: 515-527.
- Rajeswara Rao, B. R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with coriander (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malin. ex Holmes). Industrial Crops and Products, 16: 133-144.
- Rajeswara Rao, B. R., Kaul, P. N., Mallavarapu, G. R. and Ramesh, S. 1996. Effect of seasonal climatic changes on biomass yield and terpenoid composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species). Biochemical Systematics and Ecology, 24: 627-635.
- Rana, V. S., Juyal, J. P. and Blazquez, M. A. 2002. Chemical constituents of essential oil of *Pelargonium graveolens* leaves. The international Journal of Aromatherapy, 12(4): 216-218.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E. and Colla, G. 2008. The influence of irrigation system and nutrient solution concentration on potted geranium production under various conditions of radiation and temperature. Scientia Horticulturae, 118: 328-337.
- Saxena, G., Laiq-ur-Rahman, Verma, P. C., Banerjee, S. and Kumar, S. 2008. Field performance of somaclones of rose scented geranium (*Pelargonium graveolens* L'Her Ex Ait.) for evaluation of their essential oil yield and composition. Industrial crops and products, 27: 86-90.
- Singh, M. and Ramesh, S., 2000. Effect of irrigation and nitrogen on herbage, oil yield and water-use efficiency in rosemary grown under semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22: 659-662.
- Singh, M., Singh, S. and Yaseen, M. 2008. Standardization of planting time for optimum growth and oil production of geranium (*Pelargonium graveolens* L. Her.) under north Indian plains. Journal of Spices and Aromatic Crops, 17 (3): 247-250.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology. Third Edition, Sinauer, USA. 690 pp.
- Verma, R. K., Laiq-ur-Rahman, Verma, R. S., Kalra, A., Kukreja, A. K., Bisht, A. S., Chauhan, A. and Khanuja, S. P. S. 2011. Assessing N-use efficiency, planting time and economics of fertilizer N in rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit) in Western Himalayan Region of India. African Journal of Agricultural Research, 6(3): 553-559.
- Verma, R. S., Verma, A. K., Yadav, A. K. and Chauhan, A. 2010. Changes in the essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit. ex Ait) due to date of transplanting under hill conditions of Uttarakhand. Indian Journal of Natural Products and Resources, 3: 367-370.

Effect of Water Deficit Stress on Growth, Yield, Essential Oil Content and Composition of *Pelargonium graveolens* L.

Rezaei Nejad^{1*}, A. H. Feizian², M. and Kobra Sepahvand³, K.

Abstract

In order to study the effect of water deficit stress on growth, yield, essential oil content and composition of geranium (*Pelargonium graveolens* L.), a greenhouse experiment was carried out based on a completely randomized design with four treatments and four replications. The water deficit stress treatments were 100%, 85%, 70% and 55% of field capacity. Results showed that as the soil water content decreased, plant height, stem diameter, number of auxiliary shoots, fresh and dry herb yield and essential oil yield decreased. Although the highest essential oil content (2.04% based on dry weight) was found in plants treated with 55% of field capacity, due to dramatic decrease in growth, their oil yield (0.065 g plant⁻¹) was the lowest compared with those of plants treated with 100%, 85%, 70% of field capacity. The highest oil yield with 0.193 g plant⁻¹ were found in plants treated with 100% of field capacity. The amount of some of the main components of oil i.e. Citronellol, Citronellyl formate and *iso*-Menthone were not affected by water deficit stress treatments. However, as the soil water content decreased, the amount of α -Pinene and Linalool decreased, while the amount of 2-Phenylethyl tiglate and Germacrene-D increased. Moreover, the highest amount of Rose oxide (*cis* and *trans*), Spathulenol, *cis*-Citronellyl tiglate and the lowest amount of Neral, Geraniol and Geranyl formate were found in plants treated with 55% of field capacity, while those of plants treated with 100%, 85%, 70% of field capacity were not significantly different. Due to the effect of water stress on herb yield, the yield (mg plant⁻¹) of the main components decreased as the soil water content decreased.

Keywords: Geranium, Drought stress, Growth, Yield, Essential oil composition

1. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Lorestan University, Korramabad

2. Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Lorestan University, Korramabad

3. B.Sc., Department of Horticultural Sciences, Lorestan University, Korramabad

✉: Corresponding author Email: Rezaeinejad.Hossein@gmail.com