

## Evaluation of flower yield and some quantitative and qualitative traits of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in response to potassium fertilizer under drought stress

Mahmoud Ramroudi<sup>\*1</sup> | Fatemeh Jahanbani<sup>2</sup> | Mohammad Galavi<sup>3</sup> |  
Mohaddeseh Shamsaddin Saied<sup>4</sup>

1. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Agronomy, University of Zabol. E-mail: [mramroudi42@uoz.ac.ir](mailto:mramroudi42@uoz.ac.ir)
2. M.Sc. Student of Agroecology, University of Zabol. E-mail: [fateme.jahanba@gmail.com](mailto:fateme.jahanba@gmail.com)
3. Professor, Dept. of Agronomy, University of Zabol. E-mail: [galavi@yahoo.com](mailto:galavi@yahoo.com)
4. Assistant Prof., Dept. of Plant Production, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. E-mail: [mohadeshsaid2014@gmail.com](mailto:mohadeshsaid2014@gmail.com)

### Article Info

#### Article type:

Full Length Research Paper

#### Article history:

Received: 07.26.2020

Revised: 08.26.2020

Accepted: 09.14.2020

#### Keywords:

Crop capacity,

Dry flower,

Essential oil percentage,

Proline

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Today, the production and processing of medicinal plants is increasing due to less side effects. The quality and quantity of medicinal plants are particularly affected by genetics, environmental factors and their interaction. Among natural limiting factors, water shortage is the most important factor that, especially in arid and semi-arid regions of the world, in various ways causes the restriction of planting and reduces the production of crops and medicinal plants. On the other hand, nutrients such as potassium can play an important role in plant resistance to environmental stresses. Therefore, this experiment was performed to investigate the effects of drought stress and potassium fertilizer on quantitative and qualitative characteristics and yield of German chamomile.

**Materials and Methods:** In order to investigate the effect of drought stress and different levels of potassium fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of chamomile, a split plot experiment was conducted in a randomized complete blocks design with three replications in the field of Zabol University. The treatments included drought stress in three levels, control (90% Field Capacity= FC), medium stress (70% FC), severe stress (50% FC) as the main factor and different levels of potassium sulfate fertilizer in four levels, non-consumption Potassium fertilizer (control), 50, 100 and 150 kg of potassium sulfate per hectare were considered as a sub-factor. The studied traits were as follows: plant height, number of stems, plant dry weight, number of flowers per plant, yield of dried flowers, essential oil content, potassium percentage, carbohydrate content, total chlorophyll, carotenoids and proline. Data analysis of variance was performed using SAS software and version 9.1. The mean of treatments was compared using Duncan's multiple range test at 5% level of probability.

**Results:** The results showed that the effect of drought stress and potassium fertilizer on stem number, plant dry weight, number of flowers, carbohydrate and carotenoid content was significant. With increasing drought stress intensity to 50% FC, the number of stems and number of flowers per plant decreased by 36.08% and 39.57%, respectively, but with increasing drought stress intensity, the amount of carotenoids was 1.6 times

---

that of non-stress treatment and the amount of carbohydrates 31.12% increase compared to non-stress treatment. The results showed that with increasing the amount of potassium fertilizer from 50 to 150 kg.ha<sup>-1</sup>, the number of stems and the concentration of carotenoids were 1.62 and 1.44 times, respectively, and the number of chamomile flowers per plant and the amount of carbohydrates were increased 30.52 and 41.20 percentages. The results showed that plant height, dried flower yield, essential oil content, potassium percentage and proline were significantly affected by the interaction of drought stress and potassium fertilizer levels. With increasing stress intensity in all fertilizer treatments, a decrease in dried flower yield and an increase in proline content were observed. Application of potassium fertilizer had a significant positive effect on these traits under stress conditions so that by increasing the amount of potassium fertilizer from zero to 150 kg.ha<sup>-1</sup> in severe drought stress plant height, dry flower yield, potassium and leaf proline, respectively. 2, 1.59, 2.64 and 1.95 times were control and the percentage of essential oil increased by 0.32%.

**Conclusions:** In general, it seems application of potassium within increase flower yield, can improve quantitative and qualitative traits of plant under of drought stress, and decreased damages of drought stress.

---

Cite this article: Ramroudi, Mahmoud, Jahanbani, Fatemeh, Galavi, Mohammad, Shamsaddin Saied, Mohaddeseh. 2022. Evaluation of flower yield and some quantitative and qualitative traits of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in response to potassium fertilizer under drought stress. *Journal of Plant Production Research*, 28 (4), 159-176.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2021.18199.2694

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## ارزیابی عملکرد گل و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) در پاسخ به کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی

محمود رمودی<sup>۱\*</sup> | فاطمه جهانبانی<sup>۲</sup> | محمد گلوی<sup>۳</sup> | محدثه شمس‌الدین سعید<sup>۴</sup>

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه زراعت، دانشگاه زابل. رایانامه: [mramroudi42@uoz.ac.ir](mailto:mramroudi42@uoz.ac.ir)
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه زابل. رایانامه: [fateme.jahanba@gmail.com](mailto:fateme.jahanba@gmail.com)
۳. استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل. رایانامه: [galavi@yahoo.com](mailto:galavi@yahoo.com)
۴. استادیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر - دانشگاه شهید باهنر کرمان. رایانامه: [mohadesehsaid2014@gmail.com](mailto:mohadesehsaid2014@gmail.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: تولید و فرآوری گیاهان دارویی به دلیل عوارض جانبی کم‌تر، روز به روز در حال افزایش است. کیفیت و کمیت گیاهان دارویی به‌طور خاصی تحت تأثیر ژنتیک، عوامل محیطی و برهمکنش آن‌ها قرار می‌گیرد. در میان عوامل محدودکننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش تولید گیاهان زراعی و دارویی می‌شود. از طرفی عناصر غذایی از جمله پتاسیم می‌توانند در مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی نقش به‌سزایی داشته باشند. بنابراین، این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کود پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی و عملکرد گیاه دارویی بابونه آلمانی ( <i>Matricaria chamomilla</i> L.) به اجرا در آمد.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۵ تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۴	مواد و روش‌ها: به منظور بررسی اثر تنش خشکی و سطوح کود پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه بابونه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (چاه نیمه) اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح، شاهد (۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان عامل اصلی و مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم در چهار سطح، عدم مصرف کود پتاسیم (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی بودند. ویژگی‌های مورد بررسی ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی، وزن خشک بوته، تعداد گل در بوته، عملکرد گل خشک، میزان اسانس، درصد پتاسیم، میزان کربوهیدرات، کلروفیل کل، کاروتنوئید و پرولین بودند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.
واژه‌های کلیدی: پرولین، درصد اسانس، ظرفیت زراعی، گل خشک	

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم بر تعداد ساقه اصلی، وزن خشک بوته، تعداد گل در بوته، میزان کربوهیدرات و کاروتنوئید معنی‌دار شد. با افزایش شدت تنش خشکی به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب تعداد ساقه و تعداد گل در بوته به میزان ۳۶/۰۸ و ۳۹/۵۷ درصد کاهش یافتند، اما با افزایش شدت تنش خشکی میزان کاروتنوئید ۱/۶ برابر تیمار عدم تنش و میزان کربوهیدرات‌ها ۳۱/۱۲ درصد نسبت به تیمار عدم تنش افزایش یافتند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان کود پتاسیم از ۵۰ کیلوگرم به ۱۵۰ کیلوگرم به ترتیب تعداد ساقه و میزان کاروتنوئید ۱/۶۲ و ۱/۴۴ برابر تیمار شاهد شدند و تعداد گل در بوته و میزان کربوهیدرات‌ها ۳۰/۵۲ و ۴۱/۲۰ درصد افزایش یافتند. نتایج نشان داد ارتفاع بوته، عملکرد گل خشک، میزان اسانس، درصد پتاسیم و پرولین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم قرار گرفتند. با افزایش شدت تنش در تیمارهای کودی کاهش در عملکرد گل خشک و افزایش در میزان پرولین مشاهده شد. استفاده از کود پتاسیم اثر مثبت معنی‌داری بر این ویژگی‌ها تحت شرایط تنش داشت به‌گونه‌ای که با افزایش میزان کود پتاسیم از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در تنش شدید خشکی ارتفاع بوته، عملکرد گل خشک، میزان پتاسیم و پرولین برگ به ترتیب ۲/۰۸، ۱/۵۹، ۲/۶۴ و ۱/۹۵ برابر تیمار شاهد افزایش داشتند، درصد اسانس نیز به میزان ۰/۳۲ درصد افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که کاربرد کود پتاسیم ضمن افزایش عملکرد گل، می‌تواند ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشد و خسارات ناشی از تنش خشکی و کم‌آبی را به حداقل رساند.

**استناد:** رمرودی، محمود، جهانبانی، فاطمه، گلوی، محمد، شمس‌الدین سعید، محدثه (۱۴۰۰). ارزیابی عملکرد گل و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) در پاسخ به کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی.

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۸ (۴)، ۱۷۶-۱۵۹.

DOI: 10.22069/JOPP.2021.18199.2694



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### مقدمه

تولید و فرآوری گیاهان دارویی به دلیل عوارض جانبی کم‌تر، هزینه بالای تولید بسیاری از مواد دارویی، روز به روز در حال افزایش است. در حال حاضر یک سوم داروهایی مورد استفاده بشر را داروهایی با منشاء گیاهی تشکیل می‌دهند و این میزان به شدت رو به افزایش است (۳۶). بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گیاهی علفی و یکساله از خانواده کاسنی (Asteraceae) است. بابونه آلمانی یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده در جهان و از معدود گیاهانی است که جنبه صنعتی پیدا کرده و از لحاظ صنعتی - دارویی، سرشاخه‌های گل‌دار آن مورد توجه می‌باشد. منشاء این گیاه را آسیای صغیر دانسته‌اند، ولی در تمام نقاط جهان به صورت خودرو می‌روید. در ایران نیز گونه‌های مختلف جنس ماتریکاریا (*Matricaria*) در نقاط مختلف کشور رشد می‌کند و بابونه آلمانی در برخی از استان‌های کشور (اصفهان، گلستان، همدان و کهگیلویه و بویراحمد) به صورت محدودی کشت می‌شود (۲۵). گیاه بابونه قرن‌ها است به عنوان دارویی به شکل دمنوش استفاده می‌شود (۲۳). خواص دارویی و سلامت گیاه بابونه به ترکیبات زیست‌فعال موجود در گل‌های بابونه نسبت داده می‌شود که شامل روغن معطر (اسانس) و پلی‌فنل‌های موجود در بابونه است (۱۲). بر اساس نتایج ترکیبات بیسابولول و کامازولن اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسانس گل‌های بابونه هستند (۲). از جمله کاربردهای این گیاه می‌توان به استفاده برای درمان تب، میگرن، درد معده و دندان، گزش حشرات و ناباروری اشاره نمود (۳۷). هم‌چنین به عنوان داروی ضد التهاب، ضد اسپاسم، ضد نفخ، ضد باکتری، دهان شویه و رفع خشکی و ترک پا استفاده می‌شود (۱۴).

کیفیت و کمیت گیاهان دارویی به‌طور خاصی تحت‌تأثیر ژنتیک، عوامل محیطی و برهمکنش

آن‌هاست (۱). در بین عوامل محدودکننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش تولید گیاهان زراعی و دارویی می‌شود (۴۳ و ۵۳). هم‌چنین تنش خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده مسبب خسارت بالا در گیاهان و مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید محصول شناخته شده است (۱۹). یکی از مهم‌ترین اثرات منفی تنش خشکی، کاهش جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه می‌باشد که سبب می‌شود کمبود عناصر غذایی در گیاه ایجاد گردد. شناخت بهتر نقش عناصر غذایی در مقاومت گیاهان به خشکی، با بهبود مدیریت کود در مناطق خشک و نیمه‌خشک و مناطقی که از خشکی رنج می‌برند، در ارتباط است. بنابراین بسته به میزان دسترسی به آب، اضافه کردن عناصر غذایی می‌تواند موجب افزایش و یا کاهش مقاومت به تنش گردد و یا حتی بی‌تأثیر باشد (۵۱).

پتاسیم یکی از عناصری است که باعث افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات می‌گردد، هم‌چنین علاوه بر آن سبب افزایش تحمل گیاهان به شوری و کم‌آبی می‌شود و کارایی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (۳). پتاسیم با وجود این‌که در ساختمان بافت‌ها شرکت ندارد، نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیک از جمله فتوسنتز، انتقال شیره پرورده به مخازن گیاه، حفظ تورژانس، هدایت روزنه‌ای، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیمی، توسعه سلولی و خنثی‌سازی یون‌های دارای بار منفی غیرقابل انتشار و قطبی نمودن غشا ایفا می‌کند (۵۲). پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد. پتاسیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه دارد. مصرف پتاسیم به‌طور مستقیم باعث کاهش تعرق، افزایش جذب آب یا به‌وجود آوردن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به خشکی می‌شود. در این صورت، مقدار پتاسمی که

نزدیکی دارد. افزایش غلظت این ترکیبات در شرایط تنش با کاهش پتانسیل اسمزی سلول امکان جذب آب و ادامه فرایندهای فیزیولوژیک گیاه را فراهم می‌کند. همچنین قندهای محلول از طریق تشکیل پیوندهای هیدورژنی با دنباله‌های قطبی پلی‌پتیدها و گروه‌های فسفات فسفولیپید از پروتئین‌ها و غشای سلولی محافظت می‌کند (۲۴).

با توجه به محدودیت منابع آبی کشور و ضرورت استفاده بهینه از آب و تأثیر به‌سزایی که عنصر پتاسیم می‌تواند در ایجاد مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی داشته باشد، این پژوهش با هدف بررسی اثرات تنش خشکی و کود پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی و عملکرد گل گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در زهک (چاه‌نیمه) که دارای موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دریا که با زمستان سرد و خشک با تابستان گرم و خشک بود، اجرا گردید. متوسط بارندگی در آن ۵۸/۹ میلی‌متر در سال، متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالانه آن ۴۸۶۵ میلی‌متر است. محل آزمایش سال قبل از اجرای آزمایش به‌صورت آیش بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

برای تولید هر واحد ماده خشک لازم است، کم می‌شود (۴۴).

نتایج پژوهش‌های زیادی بیانگر کاهش ویژگی‌های کمی و افزایش ویژگی‌های کیفی در گیاهان دارویی تحت تنش خشکی می‌باشد. فرهودی و مکی‌زاده تفتی (۲۰۱۳) در بررسی اثرات تنش خشکی بر بابونه آلمانی ارقام بودگلد و توده محلی شیراز گزارش نمودند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر فتوستتر، ارتفاع بوته، غلظت اسمولیت‌های سازگار، عملکرد گل خشک و اسانس داشت. ارقام بودگلد و پرسو در بالاترین سطح تنش خشکی، بیش‌ترین عملکرد گل خشک (۱۲۳/۴ و ۱۲۱ گرم در مترمربع)، عملکرد اسانس (۰/۱۵۹ و ۰/۱۶۳ گرم در مترمربع) را داشتند (۱۸).

در شرایط تنش خشکی در سطح سلول، گیاهان قادرند با تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند انواع ترکیبات قندی، اسیدهای آمینه، آمین‌های چهارتایی، اسیدهای آلی و یونها، فشار تورژسانس سلول را تنظیم کرده و از خسارت به سلول و توسعه سطح برگ تا حدودی جلوگیری نمایند (۴۹). از عمده‌ترین اسمولیت‌های سازگار می‌توان به کربوهیدرات‌های محلول، گلیسین بتائین و پرولین اشاره کرد که در شرایط تنش خشکی علاوه بر افزایش آب قابل‌دسترس سلول سبب کاهش اثرات منفی تنش بر پایداری غشای سلولی می‌شود. آرزمجو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که با بالا رفتن سطح تنش خشکی تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه در گیاه بابونه، بر میزان تجمع دو تنظیم‌کننده اسمزی (کربوهیدرات‌ها و پرولین) افزوده شد (۶). تجمع قندهای محلول با مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاهان ارتباط بسیار

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (عمق ۰-۳۰) مورد آزمایش.

**Table 1. Soil Physical and chemical analysis (0-30 cm) of studied field.**

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	ماده آلی Organic matter (%)	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )
لومی شنی Sandy lom	187	12	0.05	0.81	7.7	1.89

که در آن، FC درصد وزنی ظرفیت زراعی (تقسیم رطوبت حجمی بر جرم مخصوص ظاهری خاک)،  $\theta$  درصد وزنی رطوبت خاک، D عمق توسعه ریشه (متر)، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب) و A مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد. در مرحله قبل از گلدهی میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۷)، میزان پرولین با روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳)، میزان کربوهیدرات‌ها با استفاده از اتانول ۰/۹۵ و براساس روش اسید سولفوریک استخراج و اندازه‌گیری شدند (۵ و ۹). برای اندازه‌گیری غلظت عنصر پتاسیم، از روش خاکسترگیری برگ خشک گیاه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری درصد اسانس، از دستگاه اسانس‌گیری کلونجر (Clevenger) و از روش استخراج اسانس بر پایه آب استفاده شد. برای این منظور، از هر تکرار در هر تیمار یک نمونه ۵۰ گرمی از گل‌های خشک که آسیاب شده به همراه ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری دستگاه کلونجر قرار داده و چهار ساعت حرارت داده شدند (۶). برای آبیگری اسانس از سولفات سدیم انیدرید استفاده گردید. در انتهای کار با دانستن وزن ماده خشک گیاه و وزن اسانس، از طریق تناسب بازده اسانس به صورت درصد (وزنی/وزنی) مشخص گردید. این عمل برای هر سه تکرار همه تیمارها انجام گردید.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح، شاهد (۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان عامل اصلی و مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم در چهار سطح، عدم مصرف کود پتاسیم (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به عنوان عامل فرعی بودند. زمین محل آزمایش ابتدا شخم عمیق زده شد و سپس عملیات دیسک‌زنی و تسطیح صورت گرفت. کاشت در اواسط اسفند ۱۳۹۴ (۶) به روش خشکه‌کاری انجام شد. هر کرت دارای ۴ ردیف کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده، بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) رقم بودگولد (دیپلوئید) بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بعد از استقرار کامل گیاه در مرحله ۴-۶ برگی تنک صورت گرفت و عملیات وجین علف‌های هرز با دست در طول دوره رشد انجام شد. جهت اعمال تیمارهای تنش خشکی، پس از استقرار کامل گیاه (مرحله ۴-۶ برگی) با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflecto) میزان رطوبت خاک تعیین و آبیاری با استفاده از رابطه زیر بر اساس تیمارهای آزمایش در کل دوره رشد انجام گرفت.

$$Vw = \{ (FC - \theta) (Bd \times D \times A) \}$$

قبل از اتمام دوره رشد، تعداد ۵ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و از محل طوقه قطع شده و ارتفاع آن‌ها از محل طوقه تا متوسط بالاترین ساقه اصلی توسط خط‌کش با دقت یک دهم سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها برای تعیین وزن خشک بوته، در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. سپس برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ بر اساس واحد گرم اندازه‌گیری شدند. برای شمارش تعداد ساقه اصلی و تعداد گل در بوته نیز تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت شدند و شمارش‌ها به‌طور دستی انجام گرفت. برای تعیین میزان عملکرد گل خشک از هر کرت پس از حذف ردیف‌های حاشیه‌ای به میزان یک مترمربع برداشت بوته‌ها انجام شد و گل‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ بر اساس واحد گرم اندازه‌گیری شدند و با تناسب به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

**ارتفاع بوته:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی (کاهش ظرفیت زراعی از ۹۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در تیمارهای کودی ارتفاع بوته کاهش یافت. کم‌ترین ارتفاع بوته متعلق به تیمار شاهد کودی در ظرفیت

زراعی ۵۰ درصد و بیش‌ترین آن متعلق به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم در ظرفیت زراعی ۹۰ درصد بود (جدول ۵). افزایش میزان کود پتاسیم در تیمار شدید تنش خشکی اثرات منفی تنش را به شدت کاهش داد، به‌طوری‌که با افزایش میزان کود پتاسیم از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در تنش شدید خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) ارتفاع بوته به‌ترتیب ۱/۳۷، ۱/۸۷ و ۲/۰۸ برابر تیمار شاهد که ارتفاع ۲۸/۳۵ سانتی‌متری داشت، شد. در تیمار تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) نیز اثر مثبت افزایش کود پتاسیم مشاهده شد و با افزایش کود پتاسیم از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ارتفاع ساقه ۱/۲۲، ۱/۴۲ و ۱/۴۷ برابر شد (جدول ۵). به عبارتی در تنش شدید خشکی اثرات مثبت پتاسیم محسوس‌تر می‌باشد. ارتفاع بوته نشانه‌ای از میزان رشد رویشی است که به‌طور قابل‌توجهی در اثر تنش خشکی در مراحل طولی شدن کاهش می‌یابد (۲۲). کمبود آب موجب کاهش تورژسانس سلولی شده و در نهایت کاهش رشد و نمو سلول به‌خصوص در ساقه و برگ‌ها را به‌دنبال خواهد داشت. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس تنش خشکی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد ساقه‌های جانبی یا اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد (۴، ۱۱، ۲۶ و ۳۴). از طرفی طولی شدن ساقه به میزان مصرف پتاسیم بستگی دارد. پتاسیم از طریق تنظیم اسمزی، پتانسیل آب لازم را برای رشد و به تبع آن برای تقسیم سلولی حتی در شرایط خشکی فراهم می‌کند و با این کار نه تنها از کاهش ارتفاع ساقه جلوگیری می‌کند، بلکه در برخی مواقع منجر به افزایش ارتفاع ساقه نیز می‌شود (۳۲). فرهودی و مکی‌زاده تفتی (۲۰۱۳) بیان نمودند عواملی مانند اختلال در عمل روزنه‌ها، تخریب غشاهای سلولی به‌ویژه در بافت



تنش خشکی و کود پتاسیم قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد به شدت تعداد ساقه در بوته را کاهش داد به گونه‌ای که با افزایش شدت تنش (تنش شدید خشکی)، تعداد ساقه اصلی در بوته ۳۶/۰۸ درصد نسبت به عدم تنش خشکی کاهش یافت. بر اساس نتایج حاصل کود پتاسیم اثر مثبت و معنی‌داری بر افزایش تعداد ساقه در بوته گذاشت و با افزایش میزان کود پتاسیم به ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۳۷/۷۸ و ۶۲/۰۹ درصد تعداد ساقه را افزایش داد (جدول ۴).

فتوستتزی و اختلال در عمل آنزیم‌های فتوستتزی سبب کاهش فرآورده‌های فتوستتزی و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک و ارتفاع گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شود. آن‌ها کاهش ارتفاع و فتوستتزی را در ارقام بابونه به‌ویژه بابونه اصلاح شده مشاهده کردند (۱۸). نبی‌پور و همکاران (۲۰۰۷) نیز عنوان کردند که ارتفاع بوته و تعداد شاخه گلرنگ تحت‌تأثیر رژیم‌های کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۳۵).  
تعداد ساقه در بوته: بر اساس نتایج تعداد ساقه در بوته به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت‌تأثیر

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های کمی گیاه دارویی بابونه تحت‌تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم.

**Table 2. Analysis of variance for on some quantitative traits of chamomile under the influence of drought stress and potassium fertilizer.**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه اصلی Number of main stem	وزن خشک بوته Weight day of plant	تعداد گل در بوته Number of flower per plant	عملکرد گل خشک Dry flower yield
تکرار Replication	2	15.41	9.70	0.49	12.35	17431.03
تنش خشکی Drought stress	2	494.44**	61.17**	27.22**	436.91**	124714.80**
خطای a Ea	4	6.89	3.66	0.71	9.72	1585.71
پتاسیم K	3	457.64**	45.65**	15.47**	68.45**	53091.57**
تنش خشکی × پتاسیم K × Drought stress	6	20.08**	1.73 <sup>ns</sup>	0.37 <sup>ns</sup>	4.68 <sup>ns</sup>	4058.62*
خطای b Eb	18	1.99	1.25	0.71	7.43	1278.62
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.29	10.85	13.44	10.85	13.44

<sup>ns</sup>, \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are non-significant and significant at 0.05 and 0.01, respectively.

**تعداد گل در بوته:** نتایج نشان داد تعداد گل در بوته تحت تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم به طور معنی داری در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد گل در بوته (۳۰/۰۷) به تیمار عدم تنش خشکی و کم‌ترین آن (۱۸/۱۷) به تیمار تنش شدید خشکی تعلق داشت، به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد گل در بوته به میزان ۳۹/۵۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۴). سلطانی‌گرد فرامرزی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی روی گیاه دارویی بابونه آلمانی تحت تنش خشکی نتیجه گرفتند که با افزایش سطح تنش، تعداد گل در بوته کاهش می‌یابد (۴۶). دانشمندی و عزیزی (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی باعث کاهش گل در بوته شده است (۱۵). همچنین مرادی و گلدانی (۲۰۱۲) طی پژوهشی در گیاه دارویی همیشه بهار در شرایط تنش خشکی گزارش نمودند که تعداد گل و عملکرد دانه این گیاه به شدت کاهش یافت. آن‌ها بیان نمودند یکی از اثرات تنش در رابطه با گیاهان، زودرسی در مرحله گلدهی و تسریع مراحل فنولوژیک گیاه است که در حقیقت نوعی مکانیسم گریز از خشکی می‌باشد (۳۳).

مقایسه میانگین‌های کود پتاسیم نشان داد که با افزایش مصرف پتاسیم از صفر به ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تعداد گل در بوته به ترتیب ۱۴/۷۴، ۲۰/۷۷ و ۳۰/۵۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴) که بیانگر تأثیر مثبت کود پتاسیم بر تعداد گل گیاه دارویی بابونه می‌باشد.

**عملکرد گل خشک:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد گل تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول

۲). نتایج مربوط به برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم نشان داد که بیش‌ترین عملکرد گل خشک (۴۹۳/۲۶ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در شرایط بدون تنش حاصل شد که اختلاف معنی داری با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در شرایط بدون تنش نداشت و کم‌ترین آن (۱۱۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار) از عدم مصرف کود (شاهد) در شرایط تنش شدید حاصل شد. در تیمارهای کود پتاسیم با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد گل خشک به طور معنی داری کاهش یافت، اما استفاده از کود پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار این اثرات منفی را به طور چشمگیری کاهش داد، به طوری که در تیمار تنش شدید خشکی با استفاده از کود پتاسیم به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار که عملکرد گل خشک آن‌ها به ترتیب ۱۶۸/۹۲، ۲۱۲/۴۱ و ۱۸۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار بود نسبت به تیمار عدم مصرف کود در تیمار تنش شدید خشکی (۱۱۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب عملکرد گل خشک ۱/۲۴، ۱/۶۸ و ۱/۵۹ برابر شد (جدول ۵). نتایج پژوهش‌های متعدد نیز نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد گل خشک گیاه دارویی بابونه شد (۸ و ۱۶). تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها و کاهش تولید پروتئین و کلروفیل برگ سبب تقلیل فرایند فتوسنتز می‌گردد. کاهش فتوسنتز، کاهش غلظت کلروفیل برگ و کاهش هدایت روزنه‌ای برگ گیاه دارویی بابونه تحت تأثیر تنش خشکی موجب کاهش وزن خشک گل و اندام هوایی بابونه می‌شود (۱۶، ۳۹ و ۴۱) که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

**کلروفیل کل:** تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم بر میزان کلروفیل کل در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش‌ها

نشان داد با افزایش شدت تنش در تیمارهای کودی کاهش در غلظت کلروفیل کل برگ مشاهده گردید و در سطوح تنش خشکی میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر میزان کلروفیل کل داشت، به طوری که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و در شرایط بدون تنش خشکی و کم‌ترین آن مربوط به عدم مصرف کود و شرایط تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۵). با افزایش کود پتاسیم به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در تنش شدید خشکی، افزایش ۲/۱ برابری در غلظت کلروفیل برگ نسبت به تیمار شاهد (تنش شدید بدون مصرف کود پتاسیم) مشاهده گردید. کومار و کومار (۲۰۰۸) گزارش کردند با افزایش مصرف سولفات پتاسیم، افزایش در محتوی نسبی کلروفیل برگ موز دیده شد و گزارش نمودند که بالا رفتن فعالیت‌های فتوسنتزی ناشی از افزایش محتوی نسبی کلروفیل در برگ‌ها به واسطه نقش پتاسیم در سنتز پیش‌ماده رنگیزه‌های کلروفیل می‌تواند باشد و افزایش محتوی نسبی کلروفیل در برگ‌ها انتقال انرژی تابشی را به داخل انرژی شیمیایی اولیه به شکل ATP و NADPH در کلروپلاست بهبود می‌بخشد (۲۹).

**کربوهیدرات:** میزان کربوهیدرات به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش شدت تنش میزان کربوهیدرات‌ها در تنش متوسط و شدید به‌ترتیب ۱۵/۶۷ و ۳۱/۱۲ درصد نسبت به تیمار عدم تنش افزایش یافتند (جدول ۴). قندهای محلول اسمولیت‌هایی هستند که از طریق افزایش فشار اسمزی و حفظ فشار تورژسانس در تحمل تنش خشکی به گیاه کمک می‌کنند (۲۰). قندها تحت شرایط تنش خشکی با مولکول‌های بزرگ پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و از ایجاد پیوندهای هیدروژنی درون

مولکولی که می‌تواند سبب آسیب‌های غیرقابل بازگشت ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها شود، جلوگیری می‌کند (۲۱). افزایش در غلظت‌های قندهای محلول ناشی از تجزیه نشاسته (۳۰) یا افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز (۴۰) در هنگام تنش می‌باشد. آرزمجو و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی روی گیاه دارویی بابونه بیان کردند با افزایش سطح تنش خشکی از شاهد به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بر مقدار کربوهیدرات برگ افزوده شد که این خود بیانگر فعال شدن سازوکار تنظیم اسمزی در گیاه طی مواجه شدن با تنش خشکی است (۶). افزایش میزان مصرف کود پتاسیم نیز اثر مثبت معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات در گیاه دارویی بابونه داشت و با مصرف کود پتاسیم به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میزان کربوهیدرات‌ها به‌ترتیب ۲۱/۵۷، ۵۰/۳۸ و ۴۱/۲۰ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف کود پتاسیم افزایش یافت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد استفاده از کود پتاسیم تا میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اثر مثبت قابل‌قبولی بر میزان کربوهیدرات‌ها داشته باشد. افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول با مصرف کود پتاسیم می‌تواند به‌خاطر نقش مثبت پتاسیم در بهبود فتوسنتز از طریق بهبود فشار تورگر و هدایت روزنه‌ای باشد (۴۳ و ۴۸).

**پروکلین:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح پنج درصد بر پروکلین معنی‌دار بود (جدول ۳). میزان پروکلین برگ در گیاه دارویی بابونه با تغییر شرایط از عدم تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) به تنش متوسط (ظرفیت زراعی ۷۰ درصد) و تنش شدید (ظرفیت زراعی ۵۰ درصد) در تیمارهای کودی افزایش یافت. بیش‌ترین میزان پروکلین برگ در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم تحت شرایط تنش شدید مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد در شرایط عدم تنش، تنش

با مولکول‌های بزرگ واکنش می‌دهد و به حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها تحت شرایط تنش کمک می‌کند (۲۷). پرولین از طریق واکنش با فسفولیپیدها موجب پایداری غشای سلول‌ها می‌شود و به‌عنوان رفتگری (اسکاونجر) رادیکال‌های هیدروکسیل و هم‌چنین منبع نیتروژن و ذخیره انرژی استفاده می‌شود (۵۰). مانیول و همکاران (۱۹۹۵) طی بررسی در کلزا اعلام نمودند گیاهانی که پتاسیم دریافت کردند توزیع و حرکت مواد فتوسنتزی تسریع و ذخیره هیدرات‌های کربن در ریشه‌ها حفظ گردید و تجمع پرولین و اثر تنش بر برگ‌های تیمار شده با پتاسیم در کم‌ترین مقدار بود (۳۱).

متوسط و تنش شدید به‌ترتیب افزایش ۲/۱۶، ۲/۰۰ و ۱/۹۵ برابری نشان داد (جدول ۵). فرهودی و مکی‌زاده تفتی (۲۰۱۳) گزارش نمودند تحت‌تأثیر تنش خشکی مقدار پرولین برگ و کربوهیدرات‌های ارقام بابونه افزایش یافت (۱۸). آرزمجو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که با بالا رفتن سطح تنش خشکی تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در گیاه بابونه، بر میزان تجمع دو تنظیم‌کننده اسمزی (کربوهیدرات و پرولین) افزوده شد (۶). پرولین اسید آمینه‌ای است که افزایش غلظت آن متداول‌ترین و عمومی‌ترین پاسخی است که به محض ایجاد تنش مشاهده می‌شود (۴۷). پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی مانند محافظی در برابر تنش نیز عمل می‌کند و به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی بابونه تحت‌تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم.

**Table 3. Analysis of variance for on some qualitative traits of chamomile under the influence of drought stress and potassium fertilizer.**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Squares					
		کلروفیل کل Total chlorophyll	کربوهیدرات Carbohydrate	پرولین Proline	کاروتنوئید Carotenoid	اسانس Essential oil	پتاسیم Potassium
تکرار Replication	2	1.26	1.59	0.12	0.44	0.01	4.49
تنش خشکی Drought stress	2	37.53**	87.02**	0.99**	2.40**	0.04**	1416.81**
خطای a Ea	4	0.54	4.89	0.33	0.41	0.01	9.55
پتاسیم K	3	22.70**	109.39**	1.66**	0.87**	0.07**	95.50**
تنش خشکی × پتاسیم K × Drought stress	6	1.81**	0.59 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>*</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.02**	16.29 <sup>*</sup>
خطای b Eb	18	0.51	4.26	0.12	0.44	0.0001	5.10
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.20	10.32	16.07	18.29	9.37	5.84

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are non-significant and significant at 0.05 and 0.01, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و کود پتاسیم بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه بابونه.

**Table 4. Mean comparison for on some qualitative and quantitative traits of chamomile under the influence of drought stress and potassium fertilizer.**

تیمارها Treatments	تعداد ساقه اصلی Number of main stem	تعداد گل در بوته Number of flower per plant	کربوهیدرات (میلی گرم بر گرم وزن تر) Carbohydrate ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{FW}$ )	کاروتنوئید (میکروگرم در گرم وزن تر) Carotenoid ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{FW}$ )
تنش خشکی (درصد ظرفیت زراعی) Drought stress (% FC)				
90	12.50 <sup>a</sup>	30.07 <sup>a</sup>	17.29 <sup>c</sup>	1.48 <sup>b</sup>
70	10.17 <sup>b</sup>	25.95 <sup>b</sup>	20.00 <sup>b</sup>	2.03 <sup>ab</sup>
50	7.99 <sup>c</sup>	18.17 <sup>c</sup>	22.67 <sup>a</sup>	2.36 <sup>a</sup>
کود پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) K-fertilizer ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )				
0	8.02 <sup>c</sup>	21.56 <sup>c</sup>	15.58 <sup>c</sup>	1.61 <sup>c</sup>
50	8.81 <sup>c</sup>	24.74 <sup>b</sup>	18.94 <sup>b</sup>	1.82 <sup>bc</sup>
100	11.05 <sup>b</sup>	26.04 <sup>ab</sup>	23.43 <sup>a</sup>	2.08 <sup>ab</sup>
150	13.00 <sup>a</sup>	28.14 <sup>a</sup>	22.00 <sup>a</sup>	2.32 <sup>a</sup>

حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد معنی دار نیست.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at  $p=5\%$ , Duncan Multiple Range test.

پتاسیم نیز اثر مثبت بر میزان کاروتنوئید داشت، به طوری که با افزایش میزان مصرف کود پتاسیم از ۵۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میزان کاروتنوئید به ترتیب ۱/۱۳، ۱/۲۹ و ۱/۴۴ برابر تیمار عدم مصرف کود پتاسیم شد (جدول ۴).

**درصد اسانس:** نتایج بیانگر آن است که برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح یک درصد بر درصد اسانس معنی دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد در تیمارهای تنش با افزایش میزان مصرف کود پتاسیم درصد اسانس افزایش یافت و با افزایش شدت تنش نیز بر میزان افزایش اسانس افزوده شد به گونه‌ای که بیشترین درصد اسانس از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و کمترین آن از عدم مصرف کود و در شرایط ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که ۰/۳۲ درصد افزایش داشت (جدول

**کاروتنوئید:** میزان کاروتنوئید تحت تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). تنش خشکی اثر مثبتی بر میزان کاروتنوئیدها گذاشت و با افزایش شدت تنش میزان کاروتنوئیدها در تنش متوسط و شدید به ترتیب ۱/۳۷ و ۱/۶ برابر تیمار عدم تنش (ظرفیت زراعی ۹۰ درصد) بود (جدول ۴). گیاهان قادرند با تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدها از ساختارهای سلولی در برابر رادیکال‌های فعال تولید شده تحت شرایط تنش محافظت کنند (۴۲، ۳۷). افزایش کاروتنوئیدها، علاوه بر بهبود کیفیت فتوسنتز، به ارتقای توان مقاومت آنتی‌اکسیدانی سلول کمک می‌کند و موجب کاهش صدمه‌های ناشی از تنش اکسیداتیو می‌شود. این رنگیزه‌ها مسئول خنثی کردن اکسیژن فعال و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها در هنگام تنش اکسیداتیو هستند (۲۸). مصرف کود

(۱۸). در بررسی گیاه دارویی آویشن تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است درصد ماده مؤثره تیمول افزایش یافت (۷).

**پتاسیم:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کود پتاسیم در سطح پنج درصد بر میزان پتاسیم معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان پتاسیم از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به دست آمد (جدول ۵). با افزایش شدت تنش در تیمارهای کودی کاهش در میزان پتاسیم جذب شده در گیاه مشاهده شد، اما افزایش میزان مصرف کود پتاسیم سبب افزایش غلظت پتاسیم در برگ با وجود تنش خشکی شدید گردید.

(۵). تنش خشکی سبب افزایش درصد اسانس گیاهان دارویی مختلف می‌شود، زیرا تحت تأثیر تنش خشکی مقدار فنل‌ها و فلاونوئیدها که از اجزای تشکیل‌دهنده اسانس‌های گیاهان دارویی هستند، افزایش می‌یابد (۲۶، ۳۸ و ۴۱). در این آزمایش نیز درصد اسانس گل بابونه آلمانی تحت تأثیر خشکی افزایش یافت که می‌تواند ناشی از افزایش مقدار متابولیت‌های ثانویه باشد. بر اساس نتایج فرهودی (۲۰۱۷) در اسانس گل بابونه درصد ترکیباتی مانند کامازولن، بتاپینن، آلفا بیسالول و آلفا پنین به‌عنوان عمده‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گل بابونه، تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافت (۱۷). نتایج فرهودی و مکی‌زاده تفتی (۲۰۱۳) نشان داد تحت تأثیر تنش خشکی درصد اسانس در ارقام بابونه مورد بررسی تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافت و بیش‌ترین میزان اسانس در ارقام در بالاترین سطح تنش خشکی مشاهده شد

جدول ۵- برهمکنش اثر تنش خشکی و کود پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه بابونه.

**Table 5. Interaction effect of drought stress and potassium fertilizer on some qualitative and quantitative traits under the influence of drought stress and potassium fertilizer of chamomile.**

تنش خشکی (درصد) ظرفیت زراعی) Drought stress (% FC)	کود پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) K-fertilizer (kg.ha <sup>-1</sup> )	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Flower yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	کلروفیل کل Total chlorophyll (µg g <sup>-1</sup> FW)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر) proline (µm g <sup>-1</sup> FW)	اسانس (درصد) Essential oil (%)	پتاسیم K (ppm)
90	0	39.04 <sup>de</sup>	274.16 <sup>b</sup>	7.47 <sup>c</sup>	1.64 <sup>d</sup>	0.13 <sup>f</sup>	45.30 <sup>bc</sup>
	50	42.57 <sup>bcd</sup>	325.98 <sup>b</sup>	8.56 <sup>b</sup>	1.96 <sup>cd</sup>	0.18 <sup>e</sup>	48.11 <sup>a</sup>
	100	46.03 <sup>b</sup>	493.26 <sup>a</sup>	9.44 <sup>ab</sup>	2.15 <sup>cd</sup>	0.25 <sup>d</sup>	52.15 <sup>a</sup>
	150	50.33 <sup>a</sup>	434.72 <sup>a</sup>	10.04 <sup>a</sup>	1.81 <sup>cd</sup>	0.28 <sup>d</sup>	53.25 <sup>a</sup>
70	0	28.35 <sup>e</sup>	173.10 <sup>c</sup>	4.20 <sup>e</sup>	1.77 <sup>cd</sup>	0.15 <sup>e</sup>	32.02 <sup>e</sup>
	50	34.48 <sup>f</sup>	201.30 <sup>c</sup>	5.84 <sup>d</sup>	2.03 <sup>cd</sup>	0.25 <sup>d</sup>	37.01 <sup>d</sup>
	100	40.46 <sup>de</sup>	241.78 <sup>bc</sup>	8.69 <sup>b</sup>	2.36 <sup>bc</sup>	0.27 <sup>d</sup>	41.78 <sup>c</sup>
	150	41.79 <sup>bc</sup>	204.87 <sup>c</sup>	8.90 <sup>b</sup>	2.91 <sup>b</sup>	0.37 <sup>b</sup>	42.27 <sup>c</sup>
50	0	20.06 <sup>h</sup>	113.70 <sup>d</sup>	3.34 <sup>e</sup>	1.81 <sup>cd</sup>	0.18 <sup>e</sup>	24.81 <sup>g</sup>
	50	27.65 <sup>e</sup>	168.92 <sup>cd</sup>	5.61 <sup>d</sup>	2.11 <sup>cd</sup>	0.32 <sup>c</sup>	27.42 <sup>fg</sup>
	100	37.48 <sup>ef</sup>	212.41 <sup>c</sup>	5.42 <sup>d</sup>	2.37 <sup>bc</sup>	0.38 <sup>b</sup>	29.04 <sup>ef</sup>
	150	41.79 <sup>cd</sup>	180.87 <sup>c</sup>	7.03 <sup>c</sup>	3.54 <sup>a</sup>	0.45 <sup>a</sup>	30.61 <sup>ef</sup>

حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at p=5%, Duncan Multiple Range test.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش، تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار تعداد ساقه اصلی، وزن خشک بوته، تعداد گل در بوته و عملکرد گل و موجب افزایش ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله میزان کربوهیدرات‌ها و رنگیزه کاروتنوئید که در افزایش تحمل به خشکی نقش مؤثری دارند، گردید. کاربرد کود پتاسیم برتری قابل توجهی را نسبت به عدم مصرف کود داشت. نتایج نیز نشان داد که کاربرد کود پتاسیم در مقایسه با عدم مصرف آن سبب بهبود ارتفاع ساقه، عملکرد گل خشک، درصد اسانس، میزان پتاسیم، کلروفیل کل و پرولین تحت شرایط تنش خشکی گردید. بر اساس نتایج، بیش‌ترین محصول اقتصادی بابونه (عملکرد گل خشک) از کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در شرایط تنش خشکی حاصل شد. از این رو می‌توان اظهار نظر کرد که در مناطق با محدودیت آب یا بروز تنش خشکی با استفاده از کودها به‌ویژه کود پتاسیم عملکرد اقتصادی و با کیفیت مطلوب تولید نمود.

به گونه‌ای که در تیمار تنش شدید خشکی با استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار غلظت پتاسیم برگ نسبت به تیمار عدم مصرف کود پتاسیم به میزان ۲۳ درصد افزایش نشان داد. پتاسیم نقش اساسی در فعال‌سازی آنزیمی، سنتز پروتئین، تنظیم اسمزی، تعادل کاتیونی-آنیونی و تحمل تنش دارد (۳۲). هم‌چنین وجود پتاسیم در نگهداری آب بافت‌های گیاهی اهمیت خاصی دارد و گزارشی در باب تجمع آن در هنگام تنش اسمزی وجود دارد (۴۵). کاکمک (۲۰۰۵) گزارش کردند کاهش پتاسیم یکی از علائم تنش خشکی است (۱۳). کاهش میزان پتاسیم در گیاه در شرایط تنش شدید در ارتباط با کاهش آب خاک است که منجر به کاهش جریان عناصر از خاک به گیاه شده و جذب آن توسط ریشه‌های تحت تنش کاهش و در نهایت قابلیت جابجایی آن در اندام‌های گیاه نیز کاهش می‌یابد (۱۰).

### منابع

1. Abdalla, M.M. and El-Khoshabian, N.H. 2007. The influence of water stress on growth, Relative water content, Photosynthetic Pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. J. App Sci. Res. 3(12): 2062-2074.
2. Agateonovic-Kustrini, S., Ortakand, W.B., Morton, D.W. and Yusof, A.P. 2015. Rapid evaluation and comparison of natural products and antioxidant activity in calendula, feverfew and German chamomile extracts. J. Chrom. A. 1385: 103-110.
3. Amanullah, S., Iqbal, A., Irfanullah, M., Irfanullah, M. and Hidayat, Z., 2016. Potassium management for improving growth and grain yield of maize (*Zea mays* L.) under moisture stress condition. Scientific Rep. 6: 34627.
4. Anjum, S.H., Xie, X., Wang L.C., Farrukh Saleem, M., Man, C. and Lei, W. 2011. Morphological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6(9): 2026-2032.
5. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.
6. Arazmjo, E., Heidari, M. and Ganbari, A. 2010. Effect of water stress and type of fertilizer on yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranin. J. Crop Sci. 12 (2): 100-111. (In Persian)
7. Babae, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Jabbari R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian J. Med. Arom. Plants. 26(2): 239-251. (In Persian)

8. Baghalian, K., Abdosha, S., Khaligh-Sagaroodi, F. and Paknejad, F. 2011. Physiological and morphological response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Plant Physic. Biol.* 49: 201-207. (In Persian)
9. Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, E.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant. Soil.* 39: 205-207.
10. Bie, Z., Ito, T. and Shinohara, Y. 2004. Effects of sodium sulfate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce. *Sci. Hort.* 99(3): 215-224.
11. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Aust. J. Agric.* 56: 1159-1168.
12. Braun, L. and Cohen, M. 2015. *Herbs and Nutural Spplements, Vol. 2: An Evidence-Based Guide (Vol. 2)* Elsever Health Science, 1384p.
13. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 521-530.
14. Ebrahimi, S. and Pormohammdi, A. 2010. Comprehenssion effective bittwen maricaria and black tea-dused in stabilityintants when grow their thooth. *Dena Quar. Peri.* 4(1): 23-30.
15. Daneshmandi, M.SH. and Azizi, M. 2010. The study on the effect of water stress and mineral zeolite on some quantity and quality characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. var. keshkeny levelu). 6<sup>th</sup> Iranian Horticultural Science Congress. University of Guilan. (In Persian)
16. Farhoudi, R. 2012. Effect of drought stress on growth and essential oil yield of three German chamomile cultivar. *J. Essen. Oil-Bear. Plant.* 17 (3): 15-22. (In Persian)
17. Farhoudi, R. 2017. Effect of drought stress on photosynthesis, essential oil content and essential oil yield of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) cultivar Perso and *Cichorium intybus* L. in Khuzestan climatic conditions in northern Khuzestan. *J. Hort. Sci.* 31 (1): 122-130. (In Persian)
18. Farhoudi, R. and Maki Zadeh Tafti, M. 2013. Evaluation of the effect of drought stress on growth, yield, essential oil content and percentage of chamazolin of three chamomile (*Matricaria recutitua*) cultivars in Khuzestan. *Iranian. J. Field Crop Res.* 10(4): 735-741. (In Persian)
19. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2008. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agron. Sust. Dev.* 10: 1051-1059.
20. Fayez, K.A. and Bazaid, S.A. 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 13: 45-55.
21. Garg, A.K., Kim, J.K., Owens, T.G., Ranwala, A.P., Choi, Y.D., Kochian, L.V. and Wu, R.J. 2002. Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proceeding of the National Academy of Sciences USA*, 99: 15898-15903.
22. Gomes-Sanchez, D., Vannozzi, G.P., Baldini, M., Tahamasebi Enferadi, S. and Dell Vedove, G. 2000. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. *Italian J. Agron.* 1: 371-387.
23. Harbourne, N., Jacquier, J.C. and O'Riordan, D. 2009. Optimisation of the extraction and processing conditions of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) for incorporation into a beverage. *Food Chem.* 115(1): 15-19.
24. Kabata-Pendias, A. 2010, *Trace elements in soils and plants.* CRC press, New York.
25. Khali Poor Asbagh, J. 2006. Chamomile (*Matricaria recutita* L.), characters and application. *Mahat J.* 56: 30-33.
26. Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K. and Khalighi, A. 2011. The effect of drought stress on growth parametres, essential oil yield and constituent of peppermint. *J. Med. Plant Res.* 5(22): 5360-5365. (In Persian)



27. Koc, E., İşlek, C. and Üstun, A.S. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annum* L.) varieties. Gazi Uni. J. Sci. 23: 1-6.
28. Koyro, H.W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). Environ. Exp. Bot. 56: 136-149.
29. Kumar, A.R. and Kumar, M. 2008. Studies on the efficacy of sulphate of potash on physiological, yield and quality parameters of Banana cv. Robusta (Cavendish-AAA). EurAsian J. Bio. Sci. 2:102-109.
30. Li, M.H., Cherubini, P., Dobbertin, M., Arend, M., Xiao, W.F. and Rigling, A. 2013. Responses of leaf nitrogen and mobile carbohydrates in different *Quercus* species/provenances to moderate climate changes. Plant Biol. 15: 177-184.
31. Manivel, L., Kumar, R.R., Marimuthu, S. and Venkatesalu, V. 1995. Foliar application of potassium for increasing drought tolerance in tea. J. Potassium Res. 11: 81-87.
32. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3<sup>rd</sup> Ed Academic Press, London, UK. pp: 178-189.
33. Moradi Marjane, E. and Goldani, M. 2012. Evaluation of different levels of salicylic acid on the number of growth indices of *Calendula officinalis* under deficit irrigation conditions. J. Environ. Stress. Crop Sci. 4(1): 33-45.
34. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. J. Plant Physic. 59: 651-681.
35. Nabipour, M., Meskarabashee, M. and Yousefpour, H. 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Pakistan J. Biol. Sci. 10(3): 421-426.
36. Omidbaigi, R. 1997. Approaches to production and processing of medicinal plants. Vol. 2. Tarrahan-e-Nashr; Tehran, Iran. (In Persian)
37. Pareek, A., Suthar, M., Rathore, G.S. and Bansal, V. 2011. Fe-verfew (*Tanacetum parthenium* L.): A systematic review. Pharm. Rev. 5(9):103-10.
38. Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficient stress on the growth yield and composition of essential oils of Parsley. Sci. Hort. 115: 393-397.
39. Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab, S., Mohammadi, A., Darvishzadeh, R. and Samadi, S. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Marticaria chamomilla*. J. Med. Plants Res. 5(12): 2483-2488. (In Persian)
40. Plaue, Z., Grava, A., Yehezkel, Ch. and Matan, E. 2004. How do salinity and water stress affect transport of water, assimilates and ions to tomato fruits? Physic. Plant. 122: 429-442.
41. Razmjoo, K., Heydarizadeh, P. and Sabzalian, M.R. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameter and essential oil content of *Matricaria chamomile*. Inter. J. Agric. Biol. 10: 451-454. (In Persian)
42. Rebey, I.B., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. and Marzouk, B. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Indus. Crops Prod. 36: 238-245.
43. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physic. 161: 1189-1202.
44. Salardini, A.S. 2005. Soil Fertility. University of Tehran Press, 434. (In Persian)
45. Saeed-Akram, M., Ashraf, M. and Aisha Akram, N. 2009. Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt induced adverse effects on different physio biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annus* L.). Flora. 204: 471-483.

46. Soltani GerdFaramarzi, M.K., Omid, H., Habibi, H., Lebaschy, M.H. and Zarezadeh, A. 2011. The effects of glycine betaine and drought stress on yield, yield components and essential oil in German chamomile genotypes in Yazd region. *Iranian. J. Med. Arom. Plants*. 27(2): 279-289. (In Persian)
47. Suriyan, Ch. and Chalermopol, K. 2009. Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to Iso-osmotic salt and water deficit stress. *Agric. Sci. China*. 8: 51-58.
48. Sharma, K.D. and Kuhad, M.S. 2006. Influence of potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of Brassica species. *Brassica J*. 8: 71-74.
49. Taheri, M. 2010. Effect of drought stress on physiological and phytochemical characteristic of *Cichorium intybus*. *J. Crop Ecol.* 2(3): 12-21. (In Persian)
50. Vendruscolo, A.C.G., Schuster, I., Pileggi, M., Scapim, C.A., Molinari, H. B.C., Marur, C.J. and Vieira, L.G.C. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. *J. Plant Physiol.* 164: 1367-1376.
51. Vildova, A., Stolcova, M., Kloucek, N. and Orsak, P.M. 2006. Quality characterization of chamomile (*Matricaria recutita* L.) in organic and traditional agricultures. Intern. Sympo. Cham. Res. Develop. Prod. Presov, Slovak Republic.
52. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *Inter. J. Molec. Sci.* 14(4): 7370-7390.
53. Zhua, Z., Lianga, Z. Hana, R. and Wang, X. 2009. Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense*: Growth and saikosaponin production. *Indust. Crop Prod.* 29: 629-633.