

## تأثیر محلول پاشی کیتوزان بر ویژگی‌های کمی و کیفی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) تحت تنش کم آبی

محمدصادق دهقانی<sup>۱</sup>، معصومه نعیمی<sup>۲\*</sup>، ابراهیم غلام‌علی پور علمداری<sup>۳</sup> و حمید جباری<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته آگرواکولوژی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران  
پست الکترونیک: Naeemi\_701@yahoo.com

۳- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۴- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۷

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی کیتوزان بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) در شرایط تنش کم آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد) و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش کم آبی) و تیمار محلول پاشی کیتوزان در پنج سطح شامل عدم مصرف کیتوزان (محلول پاشی با آب مقطر به عنوان تیمار شاهد (K<sub>1</sub>))، محلول پاشی به مقدار ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت (K<sub>2</sub>)، محلول پاشی به مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت (K<sub>3</sub>)، محلول پاشی به مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت (K<sub>4</sub>) و محلول پاشی به مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۷۵ روز پس از کاشت (K<sub>5</sub>) بودند. نتایج نشان داد که تنش کم آبی موجب کاهش صفات ارتفاع بوته، تعداد گل، وزن خشک بوته و عملکرد گل خشک گردید. محلول پاشی کیتوزان صفاتی همانند تعداد شاخه فرعی، وزن و عملکرد گل خشک را افزایش داد. نتایج مشخص کرد که محلول پاشی کیتوزان به مقدار ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت موجب حصول بالاترین میزان درصد و عملکرد اسانس و بیشترین مقدار کامازولن اسانس در شرایط تنش کم آبی شد. بنابراین استفاده از پلیمر زیستی کیتوزان به عنوان ماده‌ای طبیعی به منظور کاهش خسارت تنش رطوبتی و همچنین افزایش کامازولن در بابونه آلمانی حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پلیمر زیستی، عملکرد گل، کامازولن، کیتوزان.

### مقدمه

بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) گیاهی علفی، یک ساله متعلق به تیره کاسنی و یکی از ۹ گیاه دارویی مهم دنیا می‌باشد. بابونه در تمام فارماکوپه‌های معتبر به عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده و خواص درمانی گل‌های آن مورد بررسی قرار گرفته است

(Salamon, 1992). در مطالعات بالینی و تجربی اثرهای درمانی بابونه در بیماری‌های دستگاه گوارش و عصبی و خواص ضد التهاب، ضد ویروس، ضد میکروب، آنتی‌اکسیدان و ضد سرطان برای این گیاه اثبات شده است؛ همچنین مشخص شده است که این گیاه در التیام و بهبود زخم‌ها مؤثر است (Rabiei & Rafieian, 2018).

می‌باشد که باعث می‌شود تبخیر آب از سطح گیاه محدود شود (Malekpour *et al.*, 2017). الیسیتورها ترکیب‌هایی با منشأ زیستی یا غیرزیستی هستند که از طریق القای سیستم دفاعی باعث پیوستن و انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (Zhao *et al.*, 2005). کیتین و کیتوزان به‌عنوان یک آمینو پلی‌ساکارید طبیعی که دارای ساختمان بی‌نظیر و خصوصیات چند منظوره هستند و دارای ویژگی‌های بارزی همانند سازگاری زیستی بالا، زیست تخریب‌پذیری قابل قبول در کنار سمیت پایین و همچنین خواص آنتی‌باکتریال و ضد حساسیت می‌باشند که کاربردهای متعدد صنعتی، دارویی و کشاورزی برای آن گزارش شده است (Rinaudo, 2008). کیتین ترکیب اصلی دیواره‌های سلولی برخی جانوران از جمله خانواده خرچنگ مانند میگو، خرچنگ خاردار، حشرات، پاتوزن‌های گیاهی و میکروارگانیسم‌ها را تشکیل می‌دهد (Babel & Kurniawan, 2003). کیتوزان یک پلی‌ساکارید پلی‌کاتیونی است که به‌عنوان الیسیتور زیستی کارآمد برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی زیادی تأیید شده است (Chenge *et al.*, 2006). همچنین مشخص شده است که کیتوزان از جمله الیسیتورهای زیستی می‌باشد که باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاهان می‌گردد (Malekpour *et al.*, 2017). Bittelli و همکاران (۲۰۰۱) طی پژوهشی گزارش کردند که محلول پاشی کیتوزان منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق در گیاه فلفل گردید و موجب کاهش ۴۳-۲۶ درصدی مصرف آب شد، در حالی که عملکرد تغییر محسوسی نداشت. همچنین بیان کردند که می‌توان از کیتوزان به‌عنوان ماده ضد تعرق برای حفظ آب در کشاورزی استفاده کرد. طی مطالعه‌ای مشخص شد که محلول پاشی کیتوزان منجر به افزایش ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، قطر طبق و میزان کلروفیل کل در آفتابگردان گردید (Yadollahi dehcheshmeh *et al.*, 2014). همچنین در تحقیقی مشخص شده است که در شرایط تنش خشکی، محلول پاشی گیاهان برنج در مرحله تشکیل پانیکول با محلول‌های ۰/۰۱ یا ۰/۰۲ درصد اولیگو کیتوزان وزن پانیکول، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را به میزان ۱۶٪ افزایش داد (Boonlertnirun *et al.*, 2007). Emami Bistgani و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند

عوامل محیطی محل رویش گیاهان دارویی بر مقدار کل ماده مؤثره و عناصر تشکیل‌دهنده آن و تولید وزن خشک گیاه تأثیر می‌گذارد. تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی است که علاوه بر کاهش رشد رویشی و تغییر در ساختارهای آناتومیکی گیاه، از طریق ایجاد تنش ثانویه مانند تنش اکسیداتیو، سبب تغییر در مسیرهای سنتز ترکیب‌ها و متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Sharma *et al.*, 2012). از صدمات اکسیداتیو مهمی که در شرایط خشکی ایجاد می‌گردد، تخریب مولکول کلروفیل است. کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌طور مستقیم می‌تواند باعث کاهش قابلیت فتوسنتز شده و تولید اولیه را محدود سازد (Dashti *et al.*, 2015). در طی بروز تنش خشکی، گیاهان با ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی همانند اسیدهای آمینه، قندها، برخی یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها سعی در مقابله با تنش دارند. در میان ترکیب‌های آلی، پرولین یکی از مهمترین تنظیم‌کننده‌های اسمزی به‌شمار می‌رود (Prasad *et al.*, 2004). گونه‌های مختلف گیاهان دارویی تحت آبیاری کامل و تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان به‌وسیله عوامل محیطی تغییر می‌یابد و تنش خشکی عامل مؤثری در رشد و همچنین تولید ترکیب‌های طبیعی گیاهان دارویی می‌باشد (Baher *et al.*, 2002). برای بوجود آمدن گل، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده گل می‌تواند منجر به تغییر در میزان گل تولیدی شود. طی پژوهشی محققان گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش تعداد گل، وزن گل و وزن خشک اندام هوایی در گیاه دارویی بابونه گردید (Ghanidehkordy *et al.*, 2011). Afzali و همکاران (۲۰۰۷) طی پژوهشی تأثیر تنش خشکی بر بابونه را مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که اعمال تنش خشکی، وزن خشک گلها و میزان فلاونوئیدها را در گیاه کاهش داد. یکی از راهکارهای مؤثر برای حفظ گیاه در شرایط تنش خشکی استفاده از مواد ضدتعرق، از جمله الیسیتور کیتوزان

کشور تحقیق و پژوهش در زمینه تولید گیاهان دارویی در شرایط کمبود رطوبت و روش‌های مدیریتی آن ضروری به نظر می‌رسد. هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثرهای محلول‌پاشی کیتوزان در شرایط تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بایونه آلمانی بود.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس با مختصات طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ متر ارتفاع از سطح دریا در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی گنبد کاووس، این محل در سیستم طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک و متوسط بارندگی سالانه ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. قبل از شروع آزمایش به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر انجام گردید که نتایج آن در جدول ۱ گزارش شده‌است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیتته	مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی (%)	نیترژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	رس (%)	سیلت (%)	ماسه (%)	بافت خاک
۱/۱۹	۷/۹	۸/۹	۰/۶۸	۰/۰۷	۱۳/۴	۳۵۶	۱۵	۶۴	۲۱	سیلنتی لومی

۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۷۵ روز پس از کاشت (K<sub>3</sub>)، محلول‌پاشی به مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت (K<sub>4</sub>) و محلول‌پاشی به مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۷۵ روز پس از کاشت (K<sub>5</sub>) بودند.

پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و پیاده‌سازی نقشه طرح، کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵ در سه متر ایجاد و در داخل هر کرت پنج ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. کشت در ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و با فاصله بوته پنج سانتی‌متر روی ردیف انجام گردید. فاصله کرت‌ها از هم

که محلول‌پاشی کیتوزان منجر به افزایش عملکرد ماده خشک و عملکرد اسانس در گیاه آویشن دناپی گردید. طی پژوهش دیگری مشخص شد که محلول‌پاشی کیتوزان منجر به افزایش ارتفاع، تعداد گل و عملکرد گوجه فرنگی گردید (Sultana et al., 2017). گروهی از محققان بیان کردند که کاربرد کیتوزان منجر به افزایش سطح برگ و ماده خشک کل در گیاه دارویی آویشن دناپی گردید (Emami Bistgani et al., 2017). طی مطالعه‌ای مشخص شد که تیمار کردن گل لیزمانیوس (*Eustoma grandiflorum*) با کیتوزان سبب افزایش رشد و توسعه غنچه‌ها شد و به دلیل افزایش میزان آنتوسیانین در گلبرگ منجر به افزایش کیفیت گل گردید (Uddin et al., 2004). نتایج یک تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی کیتوزان ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ و ساقه گل‌رنگ را افزایش داد (Mahdavi et al., 2012).

مطالعات انجام شده در زمینه تولید گیاهان دارویی بیانگر آن است که استفاده از مواد طبیعی و زیست تخریب‌پذیر به دلیل بهبود کیفیت محصول، می‌تواند بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم آورد. همچنین با توجه به شرایط کم‌آبی در بیشتر مناطق

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل آبیاری در دو سطح، به صورت آبیاری پس از ۶۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (به ترتیب شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی) و محلول‌پاشی کیتوزان در پنج سطح شامل عدم مصرف کیتوزان (محلول‌پاشی با آب مقطر به عنوان تیمار شاهد (K<sub>1</sub>))، محلول‌پاشی به مقدار ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت (K<sub>2</sub>)، محلول‌پاشی به مقدار

Biochrom libera- S22 قرائت شد و براساس رابطه زیر مقدار کامازولن برآورد گردید (IHP).

$$C = [(50 \times 10 \times E \times 184.3) / (\epsilon \times 1000)] \times 100$$

در رابطه بالا، C: درصد کامازولن در اسانس، عدد ۵۰: وزن گل خشک اسانس گیری شده به گرم، عدد ۱۰: حجم نهایی نمونه، عدد ۱۸۴/۳ وزن مولکولی کامازولن، E = عدد جذبی قرائت شده و  $\epsilon$  ثابت جذب مولار کامازولن که برابر ۴۲۰ می باشد.

پس از اطمینان از یکنواختی داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (Ver.9) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد؛ در ضمن برای صفاتی که اثر متقابل آبیاری  $\times$  کیتوزان معنی دار شد، برش‌دهی اثرهای متقابل در هر یک از سطوح آبیاری با استفاده از نرم افزار SAS انجام گردید و مقایسه میانگین سطوح مختلف کیتوزان و رتبه بندی آنها در هر سطح آبیاری به طور مجزا انجام شد.

## نتایج

### ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار آبیاری در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بابونه مربوط به تیمار آبیاری شاهد (۴۳/۰۱ سانتی متر) بود و اعمال تنش کم آبی منجر به کاهش ۱۴ درصدی ارتفاع گیاه گردید (جدول ۳).

### تعداد شاخه فرعی

در این مطالعه تعداد شاخه فرعی در گیاه تحت تأثیر تنش قرار نگرفت، ولی کیتوزان تأثیر معنی داری بر صفت مذکور داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد تیمار سطح دوم محلول پاشی کیتوزان ( $K_2$ ) منجر به افزایش ۱۰ درصدی تعداد شاخه فرعی نسبت به تیمار

یک متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر به منظور جلوگیری از اختلاط تیمارها سه متر در نظر گرفته شد. براساس نیاز گیاه و نتایج آزمون خاک، ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (از منبع کود اوره) در دو مرحله ۵۰٪ زمان کاشت و ۵۰٪ زمان پنجه‌دهی و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در زمان کاشت با خاک هر کرت مخلوط گردید. بذر بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید و در تاریخ ۱۰ بهمن بذرها به صورت دستی کشت شدند. به منظور سهولت در کاشت بذرها ریز بابونه، بذرها با نسبت یک به ده با ماسه بادی مخلوط شدند. پس از سبز شدن برای دستیابی به تراکم مطلوب در مرحله شش برگی اقدام به تنک گیاهان گردید. پس از استقرار بوته‌ها و در زمان هشت برگی گیاهان تیمارهای آبیاری اعمال شدند. برداشت گل‌ها به صورت دستی انجام شد و گلها در سایه خشک شدند. به منظور بررسی صفات مورد نظر، ۱۰ بوته به طور تصادفی پس از حذف اثر حاشیه‌ای از هر کرت انتخاب و صفاتی همانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، وزن خشک بوته، وزن خشک گل در بوته و عملکرد گل خشک مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین وزن خشک بوته‌ها نمونه‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در داخل آون خشک شدند. برای اسانس‌گیری ۵۰ گرم پودر گل بابونه را به طور دقیق توزین کرده و به روش تقطیر با آب اسانس آن با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت استخراج شد (Ghasemi Dehkordi, 2002) و عملکرد اسانس از حاصل ضرب عملکرد گل در درصد اسانس بدست آمد.

اندازه‌گیری مقدار کامازولن براساس روش فارماکوپه گیاهی ایران انجام شد (Ghasemi Dehkordi, 2002). بدین منظور اسانس حاصل از ۵۰ گرم گل خشک به بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری انتقال یافت و با دی‌کلرومتان به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب این محلول در طول موج ۶۰۳ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر مد

شاهد عدم مصرف کیتوزان گردید. کمترین میزان صفت مذکور (۱۶/۳۳) نیز به تیمار K<sub>5</sub> (محلول پاشی کیتوزان با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در ۷۵ روز) تعلق داشت (جدول ۴).

#### تعداد گل در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عامل آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل در بوته بابونه آلمانی داشت (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد گل در تیمار آبیاری شاهد (۱۰۱/۳) مشاهده شد و تنش خشکی باعث کاهش (۳۱/۰۹٪) تعداد گل در بوته گردید (جدول ۳). البته این صفت تحت تأثیر محلول پاشی کیتوزان و برهم‌کنش آبیاری و کیتوزان قرار نگرفت (جدول ۲).

#### وزن خشک بوته

در این پژوهش، آبیاری در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک بوته در گیاه بابونه آلمانی داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته مربوط به تیمار آبیاری شاهد (۶/۵۸ گرم) بود و تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک گیاه به میزان ۳۲/۳۷٪ نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳).

#### وزن خشک گل در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها مشخص کرد که کیتوزان تأثیر

معنی‌داری در سطح آماری ۵٪ بر وزن خشک گل در بوته داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های سطوح کیتوزان مصرفی مشخص کرد که در این تحقیق محلول پاشی کیتوزان در مقادیر و زمان‌های مختلف موجب افزایش ۲۴-۳۳ درصدی وزن گل خشک نسبت به تیمار شاهد گردید و بیشترین میزان صفت یادشده به تیمارهای سطوح چهارم و دوم کیتوزان تعلق داشت (جدول ۴).

#### عملکرد گل خشک

در این پژوهش اثرهای اصلی کیتوزان و آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گل خشک گیاه بابونه آلمانی داشت (جدول ۲). مقایسه نشان داد که بیشترین میزان عملکرد گل خشک گیاه بابونه آلمانی (۶۸۳/۴ کیلوگرم) به تیمار آبیاری تعلق داشت و تنش خشکی باعث کاهش (۲۰/۸۰٪) عملکرد گل خشک گردید (جدول ۳).

در بین تیمارهای محلول پاشی کیتوزان، بیشترین عملکرد گل خشک مربوط به تیمار K<sub>4</sub> (محلول پاشی با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در ۶۰ روز پس از کاشت) به میزان ۷۴۸/۵ کیلوگرم بود و کمترین میزان عملکرد گل به تیمار عدم مصرف کیتوزان (۴۴۹/۶ کیلوگرم) تعلق داشت (جدول ۴). در این آزمایش صفت عملکرد گل خشک تحت تأثیر اثرهای متقابل آبیاری و کیتوزان قرار نگرفت (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی و کیتوزان بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل در بوته	وزن خشک بوته	وزن خشک گل در بوته	عملکرد گل خشک	میزان اسانس	عملکرد اسانس	میزان کامازولن
بلوک	۲	۲۵/۳۴۳	۳۸/۳۸۱	۱۰۷۸	۰/۶۵۶	۰/۰۸۷	۷۸۸	۰/۰۲۱	۲۲۵	۱/۱۲۳**
آبیاری	۱	۲۷۱/۲۰۱**	۲/۹۴۵ns	۷۴۳۱**	۳۴/۱۷**	۰/۲۵۹ns	۱۵۱۶**	۰/۰۰۰ns	۱۵۲/۲۴ns	۱۸/۲۰۰**
کیتوزان	۴	۲۰/۱۵۱ns	۵۲/۱۰۸*	۸۹۷ns	۲/۷۹ns	۰/۸۵۴*	۶۷۲**	۰/۰۷۷**	۳۵۵**	۳۰/۱۵۶**
آبیاری × کیتوزان	۴	۲۲/۰۱۸ns	۲/۵۰۲ns	۹۰۱ns	۱/۱۰ns	۰/۲۷۴ns	۸۶/۸۳ns	۰/۰۷۵**	۲۸۲**	۷/۴۸۰**
خطا	۱۸	۱۳/۴۸۲	۱۸/۳۸۸	۳۷۶	۱/۱۰	۰/۲۲۴	۱۱۴	۰/۰۰۸	۴۸/۹۷	۰/۲۲۰
ضریب تغییرات (%)		۹/۱۷	۲۱/۴۱	۲۲/۷۳	۱۹/۰۱	۱۸/۳۴	۱۷/۴۸	۱۲/۱۷	۲۱/۴۴	۷/۴۹

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد گل در بوته، وزن خشک بوته و عملکرد گل خشک گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)

تیمار	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد گل در بوته	وزن خشک بوته (g)	عملکرد گل خشک (kg.ha <sup>-1</sup> )
آبیاری معمول (شاهد)	۴۳/۰۱a	۱۰۱/۱۳a	۶/۵۸a	۶۸۳/۴a
تنش کم آبی	۳۷b	۶۹/۶۹b	۴/۴۵b	۵۴۱/۲b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات تعداد شاخه فرعی، وزن خشک و عملکرد گل خشک گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) تحت سطوح مختلف محلول پاشی کیتوزان

محلول پاشی کیتوزان	تعداد شاخه فرعی	وزن خشک گل (g)	عملکرد گل خشک ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
K <sub>1</sub>	۲۱/۶۳ab	۱/۹۵b	۴۴۹/۶c
K <sub>2</sub>	۲۴/۰۶a	۲/۷۸a	۶۴۶/۵ab
K <sub>3</sub>	۱۸/۷۰ab	۲/۶۷ab	۶۴۰/۵abc
K <sub>4</sub>	۱۹/۳۶ab	۲/۹۳a	۷۴۸/۵a
K <sub>5</sub>	۱۶/۳۳b	۲/۵۷ab	۵۶۱/۲bc

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات درصد و عملکرد اسانس گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) تحت تأثیر برهم‌کنش آبیاری و کیتوزان

کیتوزان	عملکرد اسانس ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )		میزان اسانس (%)		میزان کامازولن (%)	
	آبیاری معمول (شاهد)	تنش کم آبی	آبیاری معمول (شاهد)	تنش کم آبی	آبیاری معمول (شاهد)	تنش کم آبی
K <sub>1</sub>	۲/۱۲bc	۱/۶۶c	۰/۴۱b	۰/۳۷b	۴/۴۴c	۳/۹۱d
K <sub>2</sub>	۴/۴۰a	۳/۱۴a	۰/۴۴b	۰/۷۴a	۵/۲۸b	۹/۹۱a
K <sub>3</sub>	۳/۶۳ab	۱/۶۷c	۰/۵۵a	۰/۲۸b	۹/۷۶a	۹/۱۱a
K <sub>4</sub>	۱/۷۹c	۲/۲۰b	۰/۲۱c	۰/۳۴b	۴/۳۳c	۷/۰۴b
K <sub>5</sub>	۲/۸۸b	۱/۶۷c	۰/۴۷ab	۰/۳۲b	۳/۵۷d	۵/۱۹c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

#### درصد و عملکرد اسانس

در این تحقیق درصد و عملکرد اسانس بابونه به صورت معنی‌داری و در سطح آماری ۱٪، تحت تأثیر کیتوزان و همچنین برهم‌کنش آبیاری و کیتوزان قرار گرفتند (جدول ۲). در شرایط آبیاری معمول، محلول پاشی کیتوزان به میزان ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت منجر به افزایش معنی‌دار درصد اسانس بابونه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کیتوزان) گردید که البته با تیمار محلول پاشی به میزان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۷۵ روز پس از کاشت اختلاف معنی‌داری نداشت

(جدول ۵). در شرایط تنش کمبود رطوبت نیز درصد اسانس به صورت معنی‌داری تحت تأثیر اعمال تیمارهای محلول پاشی کیتوزان قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش آبیاری و کیتوزان نشان داد که محلول پاشی ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان ۶۰ روز پس از کاشت در شرایط تنش کم آبی، درصد اسانس را به طور معنی‌داری نسبت به شرایط عدم مصرف کیتوزان در گیاه بابونه افزایش داد و حائز رتبه برتر در جدول مقایسه میانگین‌های اثرهای متقابل گردید (جدول ۵).

بادرشیو انجام شد، مشخص شد که تنش خشکی در حد ۴۰٪ ظرفیت زراعی موجب کاهش ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، طول میان‌گره، عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس گردید (Safikhani et al., 2007). بنابراین به نظر می‌رسد تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع می‌گردد. البته کاهش رشد و ارتفاع گیاه در مواجهه با تنش خشکی در گلرنگ بهاره (Farrokhinia et al., 2011) و ریحان (Aslani et al., 2011) نیز گزارش شده است. یکی از نخستین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌هاست. به طوری که با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که کاهش ارتفاع گیاه و اندازه کوچکتر برگ را می‌توان اولین تأثیرات محسوس کم‌آبی در گیاهان برشمرد.

برای به‌وجود آمدن گل، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد، بنابراین تأثیر کمبود رطوبت بر هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده گل می‌تواند منجر به تغییر در میزان گل تولیدی شود. از این رو به نظر می‌رسد کاهش ۳۲ درصدی تعداد گل در گیاه بابونه در شرایط تنش کم‌آبی نشان از تأثیر منفی تنش کم‌آبی در طول دوره رشد گیاه برای تکمیل فرایند رشد کمی و کیفی خود بود که در نتیجه خشکی منجر به کاهش تعداد گل در گیاه شده است. طی پژوهشی مشخص شد که تنش خشکی منجر به کاهش تعداد گل، وزن گل و وزن خشک اندام هوایی (Ghanidehkordy et al., 2011) و میزان فلاونوئیدها در گیاه دارویی بابونه گردید (Afzali et al., 2007). Sultana و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که محلول پاشی کیتوزان منجر به افزایش ارتفاع، تعداد گل و عملکرد گوجه‌فرنگی شد.

براساس اظهارات پژوهشگران کاهش وزن خشک بوته در شرایط کم‌آبی یکی از عوارض تنش کمبود رطوبت می‌باشد (Bettaieb et al., 2009). طی مطالعه‌ای

استفاده از ۱۲۵ میلی‌گرم کیتوزان در لیتر در زمان ۶۰ روز پس از کاشت منجر به افزایش ۵۲ و ۴۷ درصدی عملکرد اسانس به ترتیب در شرایط آبیاری معمول و تنش کم‌آبی گردید. کمترین میزان عملکرد اسانس نیز (۱/۶۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار عدم محلول پاشی کیتوزان در شرایط کمبود رطوبت تعلق داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی کیتوزان به میزان ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت تحت هر دو شرایط رطوبتی مورد مطالعه موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد اسانس شده است.

### درصد کامازولن

در این پژوهش عامل آبیاری، کیتوزان و برهم‌کنش آبیاری در کیتوزان تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ بر درصد کامازولن داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرهای متقابل سطوح آبیاری در کیتوزان بیانگر آن بود که بیشترین درصد کامازولن (۹/۹۱٪) مربوط به سطح دوم کیتوزان (محلول پاشی به مقدار ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت) در شرایط تنش خشکی بود که با تیمار سطح سوم کیتوزان در شرایط آبیاری معمول و تنش در گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۳) که این امر احتمالاً نشان‌دهنده این است که کاربرد سطوح کیتوزان یادشده در افزایش ماده مؤثره گیاه بابونه آلمانی تأثیر قابل ملاحظه‌تری نسبت به سایر سطوح مورد ارزیابی داشته است.

### بحث

براساس نتایج این تحقیق، تنش خشکی باعث کاهش ۱۴ درصدی ارتفاع گیاه گردید که نتیجه این تحقیق با گزارش‌های موجود در مطالعات مشابه مطابقت داشت. Ghanidehkordy و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش ارتفاع گیاه بابونه آلمانی گردید. همچنین طی مطالعه‌ای که بر روی گیاه دارویی



شاخه فرعی در گیاه و همچنین افزایش وزن و عملکرد گل خشک گردید. پژوهشگران بیان کردند که کیتوزان به عنوان یک منبع کربن ممکن است رشد میکروبیهای مفید در خاک را تحریک کرده، فرایند تبدیل مواد آلی به معدنی را افزایش داده و به سیستم ریشه گیاهان در جذب بیشتر مواد غذایی از خاک کمک کرده و رشد گیاه را تحریک کند (Cho *et al.*, 2008). در تحقیقی که روی گیاه گلرنگ انجام گردید، مشاهده شد که افزایش میزان مصرف کیتوزان موجب افزایش در عملکرد گردید (Amiri *et al.*, 2015). طی پژوهشی تأثیر کیتوزان بر محتوای ترکیبهای پلی فنلی گیاه دارویی پونه مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که ارتفاع بوته و وزن تر و خشک گیاه با مصرف این ماده افزایش یافت (Heng *et al.*, 2012). گزارش شده است که در شرایط تنش، محلول پاشی گیاه برنج در مرحله تشکیل پانیکول با محلولهای ۰/۰۱ یا ۰/۰۲ درصد اولیگو کیتوزان وزن پانیکول، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را به میزان ۱۶٪ افزایش داد (Boonlertnirun *et al.*, 2007). همچنین طی مطالعه‌ای کاربرد کیتوزان ارتفاع و عملکرد ماده خشک قهوه را افزایش داد (Dzung, 2010).

در این پژوهش محلول پاشی کیتوزان به میزان ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت در شرایط کمبود رطوبت، موجب افزایش ۵۱ درصدی میزان اسانس گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید. پژوهشگران اثر سطوح مختلف رطوبت خاک (۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰٪ رطوبت مزرعه‌ای) را روی گیاه ریحان بررسی کرده و گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس کاهش یافته ولی درصد اسانس افزایش یافت (Omidbaigi *et al.*, 2003). در شرایط تنش خشکی عملکرد گیاهان کاهش و معمولاً مقدار اسانس و متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه عملکرد اسانس تا حد زیادی تابع تغییرات عملکرد گیاه می‌باشد، به نظر می‌رسد دلیل کاهش عملکرد اسانس بابونه آلمانی در این آزمایش، کاهش ۲۱ درصدی عملکرد گل در شرایط

مشخص شد که با کاهش میزان آب و ایجاد تنش، ارتفاع بوته، وزن تر بوته و وزن خشک بوته در گیاه ریحان کاهش یافت (Aslani *et al.*, 2011). گزارش‌های مشابهی نیز در زمینه تأثیر سوء تنش خشکی بر رشد گیاه بابونه و کاهش ارتفاع و عملکرد گل بابونه ارائه شده است (Baghalian *et al.*, 2008). همچنین مطالعه گیاه جعفری در شرایط تنش خشکی نشان داد که خشکی سبب افزایش اسانس گیاه جعفری شد، در حالی که عملکرد ماده خشک گیاه را کاهش داد (Petropoulos *et al.*, 2008). گروهی از پژوهشگران گیاه دارویی مریم‌گلی را در شرایط تنش کم‌آبی مورد بررسی قرار دادند و اذعان نمودند که افزایش اسانس، کاهش ارتفاع، کاهش سطح برگ و کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه در شرایط تنش مشاهده گردید (Bettaieb *et al.*, 2009). در شرایط کم‌آبی، کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد. در شرایط تنش، گیاه سطح برگ خود را کاهش داده و همین امر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت به کاهش وزن خشک گیاه منجر می‌گردد.

بنابراین به نظر می‌رسد که تنش خشکی با ایجاد اختلال در رشد رویشی و زایشی گیاه، در نهایت منجر به کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. در این آزمایش نیز اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ۲۱ درصدی عملکرد گل خشک نسبت به تیمار شاهد آبیاری گردید که این نتیجه با گزارش‌های مطالعات پیشین مطابقت داشت (Afzali *et al.*, 2007). عملکرد گل در گیاه بابونه در مجموع حاصل برهم‌کنش اجزایی است که هر یک از آنها در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی شکل می‌گیرند. در این بین ماده خشک گیاه (عملکرد بیولوژیک)، ارتفاع بوته، تعداد ساقه و تعداد گل در هر بوته به عنوان مهمترین اجزای عملکرد گل محسوب می‌شوند.

در این بررسی مشخص شد که محلول پاشی کیتوزان به میزان ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت (زمان ساقه‌دهی گیاه) موجب افزایش ۱۰ درصدی تعداد

نتایج این تحقیق حکایت از آن دارد که تنش خشکی منجر به کاهش صفاتی همانند ارتفاع گیاه، تعداد گل و وزن خشک گیاه دارویی بابونه گردید که همین امر در نهایت بر عملکرد گل تأثیرگذار بوده و آن را کاهش داد. نکته کاربردی در این مطالعه کاهش میزان آسیب گیاهان با کاربرد کیتوزان بود و محلول پاشی کیتوزان در شرایط کم آبی منجر به بهبود صفاتی همانند عملکرد گل، درصد عملکرد اسانس گردید. در این آزمایش محلول پاشی کیتوزان به مقدار ۱۲۵ میلی گرم در لیتر ۶۰ روز پس از کاشت در شرایط و تنش کم آبی منجر به حصول بیشترین درصد و عملکرد اسانس و بالاترین میزان ماده مؤثره کامازولن در اسانس گیاه بابونه آلمانی گردید. با توجه به گزارش‌های موجود می‌توان با انجام مطالعات تکمیلی کاربرد این ماده آلی را برای کاهش تنش خشکی در شرایط آب و هوایی مشابه در بابونه آلمانی پیشنهاد کرد و از اثرهای مثبت کیتوزان به‌عنوان یک محرک زیستی کارآمد برای بهبود بیوسنتز ماده مؤثره و دیگر متابولیت‌های ثانویه در رژیم‌های مختلف رطوبتی در تولید گیاهان دارویی بهره برد. به طوری که به نظر می‌رسد این امر گامی با ارزش در جهت مهندسی متابولیت و تولید داروهای گیاهی می‌باشد. در پایان پیشنهاد می‌شود که این پژوهش در مناطق مختلف کشور و در اقلیم‌های متفاوت، رژیم‌های مختلف رطوبتی و مقادیر متفاوت کیتوزان نیز انجام شود.

#### منابع مورد استفاده

- Afzali, S.F., Shariatmadari, M.A. and Moatar, F., 2007. Salinity and drought stress effects on flower yield and flavonol-o-glycosides in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(3): 382-390.
- Amiri, A., Yadollahi, P., Siroosmehr, A.R. and Esmaeilzade, S., 2015. Effect of drought stress and chitosan and salicylic spray on morphological parameters of *Carthamus tinctorius* L. in Sistan. *Journal of Oil Plants Production*, 2(1):43-56.

کم آبی بوده است که با گزارش‌های ارائه شده همخوانی دارد (Omidbaigi *et al.*, 2003). کاربرد کیتوزان در شرایط تنش خشکی همچنین منجر به افزایش درصد و عملکرد اسانس در گیاه دارویی آویشن دناپی گردید و دلیل آن نقش کیتوزان در فعال‌سازی ژن‌های جدید و مسیرهای بیوسنتزی مختلف در جهت تولید متابولیت‌های ثانویه ذکر شده است (Emami Bistgani *et al.*, 2017). در آزمایشی به منظور بررسی تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو با سه سطح ۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه مشخص شد که بیشترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار آبیاری ۶۰٪ ظرفیت مزرعه بود و با افزایش سطح تنش، میزان عملکرد اسانس کاهش یافت (Safikhani *et al.*, 2007). محققان اثرهای نامناسب تنش خشکی را در کاهش عملکرد اسانس در گیاه دارویی ریحان گزارش کردند (Hasani *et al.*, 2002).

محلول پاشی کیتوزان در شرایط فراهمی رطوبت و همچنین در شرایط کمبود آب موجب افزایش درصد و عملکرد اسانس بابونه گردید. مشخص شده است که کاربرد کیتوزان به‌عنوان یک محرک گیاهی می‌تواند موجب تحریک تولید و افزایش قابل ملاحظه متابولیت‌های ثانویه در گیاهان گردد. بنابراین می‌توان گفت محرک‌هایی مثل کیتوزان ممکن است ژن‌های جدیدی را فعال کنند تا آنزیم‌ها و در نهایت مسیرهای بیوسنتزی مختلفی را راه‌اندازی کنند و باعث تشکیل متابولیت‌های ثانویه شوند. Heng و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد کیتوزان منجر به افزایش ۱۲ پلی فنول در گیاه پونه گردید و به نظر می‌رسد افزایش در پلی فنول‌ها به علت تحریک آنزیم‌های بیوسنتزی از قبیل فنیل آلانین آمونیا لیاز و چالکون سنتتاز پلی فنل باشد (Heng *et al.*, 2012). آزمایش دیگری مشخص کرد که کاربرد کیتوزان منجر به افزایش ترکیب‌های فلاونوئیدی در گیاه آویشن دناپی گردید (Emami Bistgani *et al.*, 2017).

- oligosaccharides and their derivatives. *Biological Activities and Applications*, 42: 619-631.
- Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Ghasemi Pirbalouti, A. and Hashemi, M., 2017. Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak. *The Crop Journal*, 5: 407-415.
  - Farrokhinia, M., Rashidi, M., Parsaneslam, B. and Sasandoost, R., 2011. Effect of drought stress on seed yield and several morphological traits of safflower. *Journal of Agricultural Science*, 5(3): 545-553.
  - Ghanidehkordy, F., Ghasemi pearbalouty, G., Hamed, B. and Malekpoor, F., 2011. Effects of water and nitrogen on morphological and physiological traits of his chamomile (*Matricaria aurea* L.). *Journal of Herbal Drugs*, 2(2): 101-111.
  - Ghasemi Dehkordi, N., 2002. *Iranian Herbal Pharmacopoeia* (Vol. 1). Ministry of Health Publition, Tehran, 542p.
  - Hasani, A., Omidbiygi, R. and Heidari Sharifabad, H., 2002. Effect of soil water levels on growth, yield and osmolytes accumulation in basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Soil and Water Science*, 17(2): 20-28.
  - Heng, Y., Xavier, C., Lars, F., Christensen, P. and Kai, G., 2012. Chitosan oligosaccharides promote the content of polyphenols in Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 60: 136-143.
  - Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M. and Sharifi, M., 2012. Effect of water stress and chitosan on germination and proline of seedling in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Improvement*, 25: 728-741.
  - Malekpoor, F., Salimi, A. and Ghasemi Pirbalouti, A., 2017. Effect of bio-elicitor chitosan on physiological and morphological properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. *Plant Ecophysiology*, 8(27): 56-71.
  - 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(2): 104-108.
  - Petropoulos, S.A., Dimitra, 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(4): 292-397.
  - Prasad, S.P., Ram, C. and Uma, S., 2004. Effect of water logging duration on chlorophyll content,
  - Anne, O., Tiiu, K. and Kailas, W., 2001. Volatile constituents of *Matricaria recutita* L. from Estonia. *Estonian Academy of Science Chemistry*, 50(1): 39-45.
  - Aslani, Z., Hasani, A., Rasouli Sadghiani, M.H., Sefidkon, F. and Barin, M., 2011. Effect of two species of arbuscular mycorrhiza on growth, chlorophyll content and phosphorus uptake in basil under drought stress conditions. *Journal of Research in Iranian Medicinal and Aromatic Plants*, 27(3): 471-486.
  - Babel, S. and Kurniawan, T.A., 2003. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. *Journal of Hazardous Materials*, 97: 219-243.
  - Baghalian, K., Haghiry, A., Naghavi, R. and Mohammadi, A., 2008. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Scientia Horticulturae*, 116: 437-441.
  - Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaii, M.B., 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17: 275-277.
  - Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120: 271-275.
  - Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G.S. and Nichols, E.J., 2001. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107(3): 167-175.
  - Boonlertnirun, S., Sarobol, E.D., Meechoui, S. and Sooksathan, I., 2007. Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. *Kasetsart Journal Nature Science*, 41: 1-6.
  - Cheng, X., Zhou, U. and Cui, X., 2006. Improvement of phenylethanoid glycosides biosynthesis in *Cistanche deserticola* cell suspension cultures by chitosan elicitor. *Journal of Biotechnology*, 121: 253-260.
  - Cho, M.H., No, H.K. and Prinyawiwatkul, W., 2008. Chitosan treatments effect growth and selected quality of sunflower sprouts. *Journal of Food Science*, 73: 570-577.
  - Dashti, M., Kafi, M., Tavakkoli, H. and Mirza, M., 2015. The study of some morpho-physiological indices Noruzak medicinal plants under drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(2): 298-307.
  - Dzung, N.A., 2010. Enhancing crop production with chitosan and its derivatives. In *chitin, chitosan,*

- and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 14: 1-26.
- Sultana, S., Islam, M., Khatun, M.A., Hassain, M. A. and Huque, R., 2017. Effect of foliar application of oligo-chitosan on growth, yield and quality of tomato and eggplant. *Asian Journal of Agricultural Research*, 11(2): 34-42.
  - Uddin, A.F.M.J., Hashimoto, F., Shimizu, K. and Sakata, Y., 2004. Monosaccharides and chitosan sensing in bud growth and petal pigmentation in *Eustoma grandiflorum* (Raf.). *Scientia Horticulturae*, 100: 127-138.
  - Yadollahi Dehcheshmeh, P., Bagheri, A., Amiri, A. and Esmailzadeh Behabadi, S., 2014. The effect of drought stress and chitosan foliar application on yield and photosynthetic pigments in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop Physiology Journal*, 21(6):73-83.
  - Zhao, J., Davis, L.C. and Verpoorte, R., 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Journal of Biotechnology Advances*, 23: 283-333.
  - nitrate reeducates activity, soluble sugars and grain yield of Maize. *Annals of Plant Physiology*, 18(1): 1-5.
  - Rabiei, Z. and Rafeian, M., 2018. A review on the pharmacological effects of *Matricaria chamomilla*. *Iranian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2(4): 240-248.
  - Rinaudo, M., 2008. Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials. *Polymer International*, 57(3): 397-430.
  - Safikhani, F., Heidari sharif abad, M., Siadat, S.A., Sarifi Ashoorabadi, A., Seydnejad, S.M. and Abbaszadeh, B. 2007. Effect of drought stress on percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of (*Deracocephalum moldavica* L.). *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, 23: 86-99.
  - Salamon, I., 1992. Chamomile production in Czechoslovakia. *Focus on Herb*, 10: 1-8.
  - Sharma, P., Jha, A., Dubey, R. and Pessarakli, M., 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage,

## Effects of chitosan foliar application on quantitative and qualitative characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under water deficit stress conditions

M.S. Dehghani<sup>1</sup>, M. Naeemi<sup>2\*</sup>, E. Gholamalipour Alamdari<sup>3</sup> and H. Jabbari<sup>4</sup>

1- M.Sc. student, Department of Crop Productions, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran

2\*- Corresponding author, Department of Crop Productions, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran, E-mail: Naeemi\_701@yahoo.com

3- Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran

4- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: May 2018

Revised: November 2018

Accepted: November 2018

### Abstract

In order to evaluate the effects of chitosan foliar application under water deficit stress conditions on quantitative and qualitative characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), a study was conducted based on randomized complete blocks design with factorial arrangement of treatments and three replications at Gonbad Kavous University research field, Iran in 2014 growing season. Treatments included irrigation at two levels, irrigation after 60 mm evaporation from class A pan and 100 mm evaporation from class A pan, and chitosan spraying at five levels including non-application of chitosan (spraying with distilled water as control (K<sub>1</sub>)), chitosan spraying at 125 mg/l after 60 days of planting (K<sub>2</sub>), 125 mg/l after 75 days of planting (K<sub>3</sub>), 250 mg/l after 60 days of planting (K<sub>4</sub>) and 250 mg/l after 75 days of planting (K<sub>5</sub>). Results showed that water deficit stress decreased the plant height, number of flowers, plant dry weight and flower dry yield. Foliar application of chitosan increased the number of branches per plant and flower dry yield. Results indicated that utilization of second level of chitosan under stress and third level of chitosan under normal irrigation improved the chamazolen essential oil percentage and yield. According to results of this study, application of chitosan spraying at 125 mg/l after 60 days of planting under deficit water stress conditions caused the highest percentage and yield of essential oil and chamazulene percentage. In general, in order to prevent and reduce the damage of water stress as well as increased chamazulene, the use of bio-polymer chitosan as a natural material in German chamomile is important.

**Keywords:** Essential oil, bio-polymer, flower yield, chamazulene, chitosan.