

## تأثیر تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد گل، رنگریزه‌های فتوسنتزی و محتوی پرولین گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

لیلا جعفرزاده<sup>۱</sup>، حشمت امیدی\*<sup>۲</sup> و عبدالامیر بستانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

پست الکترونیک: heshmatomidi@yahoo.com

۳- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۰

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۰

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و نیتروکسین بر عملکرد گل، اجزاء عملکرد، رنگریزه‌های فتوسنتزی و میزان پرولین گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، مطالعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد واقع در ۳۰ کیلومتری جنوب تهران انجام شد. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و در سال زراعی ۹۰-۸۹ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل خشکی به عنوان فاکتور اصلی (۱- پتانسیل رطوبت خاک ۰/۵ اتمسفر به عنوان شاهد و ظرفیت زراعی (FC)، ۲- پتانسیل ۳/۵ اتمسفر به عنوان تنش ملایم، ۳- پتانسیل ۶/۵ اتمسفر به عنوان تنش نسبتاً شدید و ۴- پتانسیل ۱۰ اتمسفر به عنوان تنش شدید) از مرحله ۴ برگی و کاربرد کود زیستی نیتروژن به عنوان فاکتور فرعی (۱- شاهد (بدون اعمال تیمار)، ۲- اختلاط دو لیتر در هکتار کود زیستی نیتروژن همراه با آب آبیاری و ۳- تلقیح دو لیتر در هکتار کود زیستی نیتروژن به صورت بذرمال) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که خشکی، کاربرد کود زیستی و اثر برهمکنش آنها بر ارتفاع بوته، عملکرد گل، محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی، محتوی پرولین و درصد عصاره گل تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) داشت. به طوری که بیشترین عملکرد گل (۵۷۴/۴۶ کیلوگرم در هکتار) و میزان عصاره (۲۲/۷۹٪) در شرایط پتانسیل رطوبت خاک ۰/۵ اتمسفر حاصل شد. همچنین بیشترین ارتفاع بوته (۲۷/۱۱ سانتی‌متر) و محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی (۱۷/۵۹) نیز در تنش ملایم (۳/۵ اتمسفر) حاصل شد و محتوی پرولین در تیمار آبیاری مطلوب (ظرفیت مزرعه)، ۴۷٪ کمتر از خشکی نسبتاً شدید (۶/۵ اتمسفر) بود. براساس نتایج، بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد گل، محتوی پرولین و مقدار عصاره گل از کاربرد کود زیستی به صورت بذرمال حاصل شد. به طور کلی نتایج نشان داد که گیاه دارویی همیشه‌بهار می‌تواند همگام با کاربرد ۲ لیتر کود زیستی نیتروکسین به صورت بذرمال سطوح نسبتاً شدید خشکی (۶/۵ اتمسفر) را تحمل نماید.

واژه‌های کلیدی: همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، تنش خشکی، کود زیستی، ازتوباکتر، مقدار عصاره، محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی.

## مقدمه

یکی از محورهای اصلی قابل دسترس در زمینه توسعه صادرات غیرنفتی، توسعه کشت و کار گیاهان دارویی و صنعتی می‌باشد. گیاهان دارویی از ارزش و اهمیت خاصی در تأمین بهداشت و سلامتی جوامع هم به لحاظ درمان و هم پیشگیری از بیماریها برخوردارند (Abdullaev & Espinosa-Aguirre, 2004). در حال حاضر داروهای سنتی در کشورهای در حال توسعه اساس درمان ۸۰٪ مردم را تشکیل می‌دهد (محمد دوست شیرینی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش جمعیت و نیاز صنایع داروسازی به گیاهان دارویی به‌عنوان مواد اولیه تولید دارو و اهمیت مواد مؤثره آنها در صنایع مختلف سبب کشت و تولید گیاهان دارویی شده‌است (Abdullaev & Espinosa-Aguirre, 2004).

همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) نیز یکی از گیاهان دارویی شناخته شده می‌باشد که امروزه از گل و اسانس آن استفاده فراوانی در صنایع داروسازی و صنایع آرایشی و بهداشتی می‌شود و برای درمان زخم معده و روده (Ganjali et al., 2010)، سوختگی، ناراحتی‌های پوستی، درمان کبودی (Fonseca et al., 2010) و به‌عنوان رنگ‌های خوراکی استفاده می‌شود (Ganjali et al., 2010).

شرایط محیطی تنش‌زا از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت است (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷) و عموماً خشکسالی مهمترین عامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر نقاط جهان است (Abedi & Pakniyat, 2010). زمانی که از دست دادن آب به‌صورت تعرق بر میزان آب جذب شده از خاک پیشی می‌گیرد، تنش آب رخ می‌دهد. تنش طولانی مدت بر تمام فرایندهای متابولیک گیاه اثر

می‌گذارد و در نتیجه اغلب موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳). کشور ایران نیز با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر (معادل یک سوم میانگین جهانی) جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد (Jajarmi, 2009).

بررسی‌ها نشان داده‌است که اثر تنش آب بر رشد و عملکرد در گیاهان در طی فصل رشد متفاوت می‌باشد (Berenguer & Faci, 2001). به‌طور مثال، در اثر کمبود آب در گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana* L.)، مقدار اسانس و چربی بیشتر شد و به دلیل کاهش تقسیم سلولی، طول برگ‌ها نیز کاهش یافت (صفی‌خانی، ۱۳۸۶). همچنین در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، بیشترین میزان قند، اسانس و کلروفیل به‌ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب، تنش شدید و تنش ملایم حاصل شد (صفی‌خانی، ۱۳۸۶). در تحقیقی تنش خشکی سبب کاهش شدید ارتفاع بوته و تعداد گل گیاه همیشه‌بهار شد (Shubhra et al., 2004).

فتوستتوز که یکی از فرایندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه است، شدت آن در کمبود آب کاهش می‌یابد. دوام فتوستتوز و حفظ کلروفیل برگ در شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. طی تنش، کلروفیل در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌شوند (ترحمی و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج تحقیقات نشان داده که خشکی ملایم بر مقدار کلروفیل دو گیاه سردسیری *Festuca* و *Poa pratensis* اثری نداشت ولی خشکی شدید مقدار کلروفیل را در هر دو گیاه کاهش داد (Fu & Haung, 2001).

مختلفی نظیر رشد و نمو زیاد، کاهش تعرق و یا حتی توقف رشد زایشی بروز نماید (Rios-Gonzalez *et al.*, 2002).

یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (Sharma, 2002). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت مترکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می‌باشند که به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی بکار می‌رود (Darzi *et al.*, 2006). از آنجایی که تأکید عمده کشاورزی پایدار بر روی افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد و نیز مطالعات انجام شده بر روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای آنست که استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمی و کیفی در چنین شرایطی حاصل می‌گردد (اکبرنیا، ۱۳۸۲)؛ بنابراین رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی در راستای استقرار این سیستم و بکارگیری روشهای مدیریتی آنها می‌باشد که یکی از این روشها، استفاده از کودهای زیستی است.

اگرچه مطالعات زیادی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی در گونه‌های دارویی مختلف انجام شده است، ولی تاکنون برای ارزیابی اثر برهمکنش خشکی و تأثیر کودهای زیستی و نحوه اعمال آن بر گیاه دارویی همیشه بهار مطالعات اندکی صورت گرفته است. با توجه به اهمیت گیاه دارویی همیشه بهار و نقش آن در کاهش وابستگی کشور به واردات، هدف از این تحقیق، بررسی

به‌طور کلی بقاء گیاه در شرایط تنش، مستلزم توانایی آن در برابر شرایط اسمزی شدید حاصل از خشکی می‌باشد. تنظیم اسمزی به‌عنوان جزئی مهم از مکانیسم تحمل به تنش خشکی در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (Omidi, 2010). به‌طور کلی گیاهان برای تنظیم پتانسیل اسمزی درون سلول در شرایط محیطی نامساعد، مواد محلول سازگار با وزن مولکولی کم را تجمع می‌دهند. این مواد عموماً شامل اسیدهای آمینه، قندها و اسیدهای آلی می‌باشد که در بین آنها احتمالاً پرولین گسترده‌ترین ترکیب محلول است و به نظر می‌رسد تجمع آن در فرایند سازگاری به تنش خشکی در بسیاری از گلوپیت‌ها دخالت دارد (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳).

به‌طور کلی عوامل ژنتیکی (Peltonen-Sainio & Tesfamariam, 2008)، شرایط محیطی (Jauhiainen, 2010) و مدیریت گیاه (Rathke *et al.*, 2006)، تعیین‌کننده عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌باشد (Kamkar *et al.*, 2011). بنابراین، با توجه به هدف کشت محصول، به‌منظور رسیدن به حداکثر عملکرد در شرایط تنش می‌توان به جای آبیاری کامل، برنامه‌ای مناسب برای مصرف بهینه آب بکار برد و تنها در مراحل بحرانی از آب استفاده کرد، در این صورت تأثیر خشکی کاهش می‌یابد (Kamkar *et al.*, 2011).

نیترژن نیز از جمله عناصری است که کمبود آن در بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد، زیرا مقدار مواد آلی این مناطق به‌عنوان عمده‌ترین منبع ذخیره نیترژن خیلی کم بوده و یا به دلیل گرمای بالا بسرعت تجزیه می‌شود. چنانچه نیترژن قابل دسترس، برای گیاه به‌صورت سمی یا کمبود باشد، در فرایندهای حیاتی گیاه موجب اختلال می‌شود که ممکن است به صورت‌های

تأثیر خشکی و کاربرد کود زیستی نیتروکسین بر همیشه‌بهار می‌باشد.

## مواد و روشها

به منظور بررسی تأثیر خشکی و کود زیستی نیتروکسین بر ویژگی‌های مورفولوژی، رنگریزه‌های فتوسنتزی، محتوی پرولین و عصاره گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) مطالعاتی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد طی سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. مشخصات مزرعه تحقیقاتی در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل خشکی به عنوان فاکتور اصلی (۱- آبیاری مطلوب شامل متوسط پتانسیل رطوبت خاک در حد ۰/۵ اتمسفر به عنوان ظرفیت زراعی شاهد (FC)، ۲- پتانسیل رطوبت خاک ۳/۵ اتمسفر به عنوان تنش ملایم، ۳- پتانسیل رطوبت خاک ۶/۵ اتمسفر به عنوان تنش نسبتاً شدید و ۴- پتانسیل رطوبت خاک حدود ۱۰ اتمسفر به عنوان تنش شدید) از مرحله ۴ برگی و روش استفاده کود زیستی نیتروژن به عنوان فاکتور فرعی (۱- شاهد (بدون اعمال تیمار)، ۲- اختلاط دو لیتر کود زیستی نیتروژن همراه با آب آبیاری و ۳- تلقیح دو لیتر کود زیستی نیتروژن به صورت بذرمال) بود.

تمام کرت‌های گیاه همیشه‌بهار در نیمه دوم اردیبهشت ماه ۱۳۹۰، به مساحت ۶ مترمربع با آرایش کاشت ۱۵ × ۴۰، به طور همزمان کشت شدند. فاصله هر کرت با کرت مجاور ۱ متر در نظر گرفته شد. از آنجایی که در سال اول حداکثر ۳۰٪ نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط

نیتروکسین قابل تأمین است، بنابراین با توجه به توصیه کودی و کمبود نیتروژن خاک، مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۳۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به مزرعه داده شد. در مرحله ۴ برگی، اعمال سطوح تنش شروع شد. به منظور اعمال تنش خشکی دستگاه اکتونیومتر در منطقه ریشه در خاک قرار داده شد و براساس قرائت دستگاه، زمان اعمال تنش مشخص گردید. اعمال تیمار نیتروکسین نیز به صورت تقسیط در مرحله ۸ برگی به بعد به منظور کارایی بیشتر انجام شد.

صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، عملکرد گل، محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی، محتوی پرولین و مقدار عصاره گل خشک بود. هنگام نمونه برداری، برای برآورد عملکرد گل از ابتدا و انتهای هر کرت یک متر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. ارتفاع بوته‌ها با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد گل، گل‌های یک مترمربع از هر کرت به طور تصادفی برداشت شد؛ و ۲ بار دیگر نیز از همان نقاط برای تعیین عملکرد چین دوم و سوم برداشت انجام گردید. برای تعیین میزان کلروفیل a، b و کل از روش Porra (۲۰۰۲) استفاده شد. اندازه‌گیری پرولین نیز با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام گردید. برای عصاره‌گیری از گیاه، ۱۰۰ گرم از پودر خشک گل را در ۱ لیتر اتانول ۸۰٪ به مدت ۴۸ ساعت خیسانده و پس از سانتریفیوژ، عصاره الکلی حاصل را در پتری قرار داده تا اتانول آن تبخیر شود؛ سپس ماده باقی‌مانده از پتری تراشیده و وزن شد.

در طی آزمایش عملیات معمولی زراعی شامل تنک کردن، وجین، سله‌شکنی و مبارزه با آفات انجام و تا زمان سبز شدن کامل گیاهان تمام کرت‌ها به طور یکنواخت آبیاری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS و

محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی داشت (جدول ۳)؛ به طوری که بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل به ترتیب در تنش ملایم و شرایط نسبتاً شدید حاصل شد (شکل ۲)؛ اما کمترین میزان کلروفیل a در تنش شدید بود (جدول ۴). با مصرف نیتروکسین به هر روش، میزان کلروفیل کاهش یافت و در واقع بیشترین میزان کلروفیل در زمان عدم مصرف کود بدست آمد (جدول ۵). اثر برهمکنش دو تیمار هم نشان داد که در شرایط تنش ملایم و تنش نسبتاً شدید، با مصرف نیتروکسین به صورت بذرمال، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل حاصل شد (جدول ۶).

#### محتوی پرولین

محتوی پرولین تحت تأثیر تنش خشکی ( $p \leq 0.01$ ) قرار گرفت و با افزایش تنش تا سطح نسبتاً شدید افزایش یافت، اما پس از آن به طور معنی داری کاهش نشان داد (شکل ۳). کاربرد نیتروکسین نیز تأثیر معنی داری ( $p \leq 0.01$ ) بر محتوی پرولین داشت و استفاده به صورت بذرمال، بیشترین میزان پرولین (۶/۱۵) را در گیاه ایجاد کرد (جدول ۳، ۴ و ۵)؛ همچنین جدول مقایسه میانگین اثرهای برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین میزان پرولین در تنش نسبتاً شدید و استفاده از نیتروکسین به صورت بذرمال حاصل شد (جدول ۶).

#### مقدار عصاره در ۱۰۰ گرم گل خشک (درصد عصاره گل خشک)

تجزیه واریانس نشان داد که خشکی، روش استفاده از نیتروکسین و اثر برهمکنش آنها بر مقدار عصاره گل تأثیر معنی داری ( $p \leq 0.01$ ) دارد (شکل ۴). به طوری که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در شرایط مطلوب آبیاری

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD (Least significant difference) در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

#### نتایج

##### ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که خشکی و اثر برهمکنش آن با کاربرد نیتروکسین تأثیر معنی داری ( $p \leq 0.01$ ) بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۳)؛ به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در تنش ملایم (۲۷/۱۱ سانتی متر) و کمترین آن در تنش شدید (۱۹/۵۵ سانتی متر) مشاهده شد. با این حال، نتایج تفاوت معنی داری را بین تیمار شاهد و سطوح میانی خشکی نشان نداد (جدول ۴). همچنین در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، استفاده از کود نیتروکسین همراه با آب آبیاری مفید بود (جدول ۶).

##### عملکرد گل

عملکرد گل در هر ۳ چین تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت ( $p \leq 0.01$ )؛ و بهترین عملکرد کلی گل (۵۷۴/۴۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مطلوب حاصل شد (شکل ۱)؛ اما در چین سوم، بهترین عملکرد (۳۱۲/۱۲ کیلوگرم در هکتار) در تنش ملایم حاصل شد (جدول ۳ و ۴). کاربرد نیتروکسین بر عملکرد چین‌های مختلف گل تأثیر معنی داری گذاشت؛ به طوری که بهترین روش در تمام چین‌ها، استفاده از نیتروکسین به صورت بذرمال بود (جدول ۵). اثر برهمکنش دو تیمار نیز همین نتایج را نشان می‌داد (جدول ۶).

##### محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی

نتایج نشان داد که تنش خشکی و روشهای مختلف استفاده از نیتروکسین تأثیر معنی داری ( $p \leq 0.01$ ) بر

آبیاری به صورت مطلوب و استفاده از نیتروکسین با آب آبیاری است؛ اما بین این ترکیب تیماری و تنش نسبتاً شدید همراه با استفاده از نیتروکسین به صورت بذرمال تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۶).

(۲۲/۷۹٪) و تنش ملایم (۱۱/۴۰٪) حاصل شد (جدول ۳ و ۴). همچنین بهترین روش استفاده از نیتروکسین، به صورت بذرمال بود؛ اما بین تیمار بذرمال و استفاده از نیتروکسین با آب آبیاری تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۵). البته اثر برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که بهترین تیمار،

جدول ۱- مشخصات مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شاهد

میانگین سالیانه بارندگی (mm)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	میانگین سالیانه دما (°C)
۲۱۶	۳۵° و ۳۴'	۵۱° و ۸'	۱۱۹۰	۱۷/۱

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

شوری (dS/m)	اسیدیته (pH)	O.C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Texture			Soil T
						Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
۱/۲	۷/۷۱	۰/۵۷	۰/۰۵	۷/۶	۲۷۰	۴۴/۰	۳۶/۰	۲۰/۰	لومی

تجزیه واریانس میانگین مربعات ویژگی‌های زراعی همیشه‌بهار در سطوح مختلف خشکی و نیتروکسین

عصاره گل خشک (%)	محتوی پرولین	محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی				عملکرد چین		
		a+b	کل	b	a	کل	سوم	دوم
۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۰۶ *	۰/۰۱ *	۰/۰۲ *	۰/۰۱	۹۱۷/۷۸	۲۷۹/۹۷	۱۴۹/۷۲
۲۰/۵۰ **	۲۰/۸۱ **	۸۲۹/۲۷ **	۱۰۸/۵۹ **	۱۴۰/۲۷ **	۲۸۷/۷ **	۴۱۰۵۰۸/۰۸ **	۱۵۰۹۵۴/۶۹ **	۳۶۲۴۱/۲۳ **
۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۹۷۲/۱۳	۷۰۳/۶۴	۱۰۰/۷۸
۹۵/۳۴ **	۵/۲۶ **	۵۹/۸۵ **	۷/۲۱ **	۹/۳۶ **	۲۱/۹۹ **	۱۲۲۷۶۸/۹۸ **	۱۱۹۱۴/۱۷ *	۶۲۰۱۶/۹۸ **
۶۰/۰۴ **	۴۸/۷۴ **	۳۳۳/۱۰ **	۴۷/۱۵ **	۶۰/۸۱ **	۱۱۴/۳۷ **	۲۱۳۶۴/۹۱ **	۳۱۵۹/۸۴ **	۱۰۵۹۳/۱۷ **
۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۸۲۶/۸۸	۶۰۷/۸۵	۸۹/۲۳

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های زراعی و کیفی همیشه‌بهار تحت تأثیر خشکی

عصاره گل خشک (%)	محتوی پرولین (mg/g)	محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی				عملکرد چین (kg/ha)		
		a+b	کل	b	a	کل	سوم	دوم
۲۲/۷۹ a	۴/۰۴ d	۲۷/۸۹ c	۱۱/۰۰ c	۱۲/۵۰ c	۱۵/۳۹ c	۵۷۴/۴۶ a	۲۶۹/۶۱ b	۱۸۴/۳۴ a
۱۱/۴۰ d	۵/۵۱ b	۴۵/۷۸ a	۱۷/۵۹ a	۱۹/۹۹ a	۲۵/۷۹ a	۴۷۸/۷۲ b	۳۱۲/۱۲ a	۱۳۰/۹۰ b
۱۷/۹۶ b	۷/۶۳ a	۲۴/۴۶ d	۹/۹۸ d	۱۱/۳۴ d	۱۳/۱۱ d	۱۹۲/۹ c	۷۸/۸۲ c	۷۶/۸۲ c
۱۵/۸۱ c	۴/۹۸ c	۳۷/۰۶ b	۱۴/۵۲ b	۱۶/۵۰ b	۲۰/۵۶ b	۱۰۹/۴۳ d	۵۹/۱۸ c	۳۹/۰۳ d

نندادمانه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های زراعی و کیفی همیشه‌بهار تحت تأثیر کود زیستی

عصاره گل خشک (%)	محتوی پرولین	محتوی رنگریزه‌های فتوستتزی				عملکرد چین (kg/ha)			
		a+b	کل	b	a	کل	سوم	دوم	اول
۱۳/۷۴ b	۵/۶۲ b	۳۵/۲۳ a	۱۳/۸۳ a	۱۵/۷۱ a	۱۹/۵۲ a	۲۹۷/۱۵ b	۱۷۸/۷۸ b	۷۸/۶۳ b	۳۹/۷۱
۱۸/۷۸ a	۶/۱۵ a	۳۱/۲۲ c	۱۲/۳۹ c	۱۴/۰۷ c	۱۷/۱۵ b	۴۴۶/۱۲ a	۲۱۲/۰ a	۱۸۹/۶۶ a	۴۴/۴۵
۱۸/۴۵ a	۴/۸۴ c	۳۴/۹۳ b	۱۳/۶۱ b	۱۵/۴۶ b	۱۹/۴۷ a	۲۵۳/۱۱ c	۱۴۹/۰۱ c	۵۵/۰۳ b	۴۹/۰

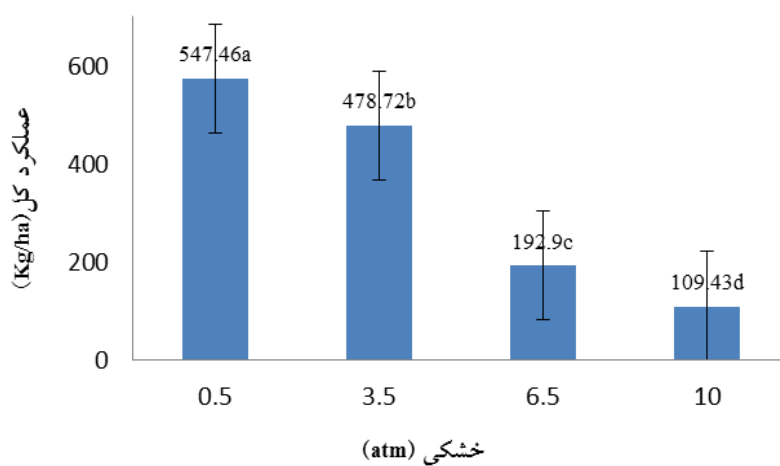
نتیجه‌های دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

۶- مقایسه میانگین برهمکنش کاربرد کود زیستی و خشکی بر ویژگی‌های زراعی و کیفی همیشه‌بهار

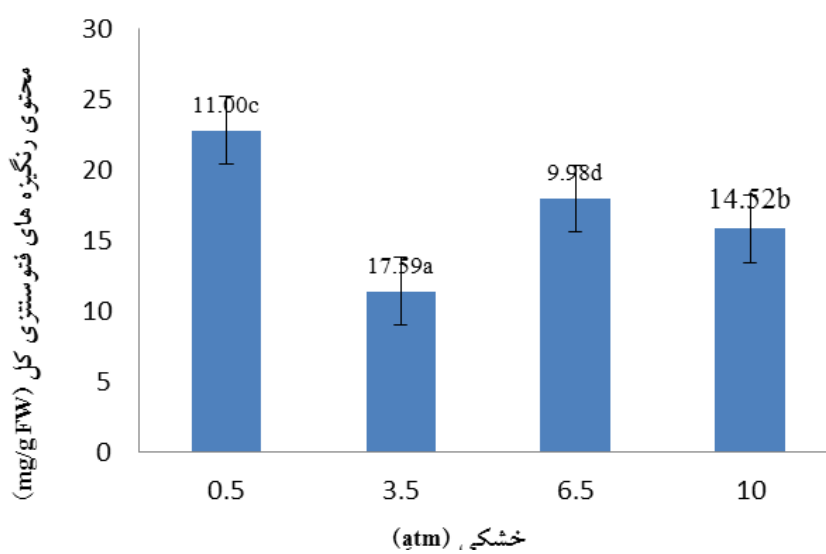
عصاره گل خشک (%)	محتوی پرولین	محتوی رنگریزه‌های فتوستتزی				عملکرد گل چین (kg/ha)				c
		a+b	کل	b	a	کل	سوم	دوم	اول	
۲۱/۸۱ c	۴/۵۴ de	۳۱/۵۴ f	۱۲/۱۳ g	۱۳/۷۸ g	۱۷/۷۶ f	۴۵۷/۶۵ c	۲۴۴/۸۴ b	۱۲۹/۱۴ c	۸۳/۶۶ b	۲
۲۲/۳۳ bc	۲/۸۱ g	۱۶/۱۳ l	۶/۳۹ l	۷/۲۶ l	۸/۸۷ j	۷۸۰/۷۳ a	۳۴۴/۶۰ a	۳۵۴/۱۵ a	۸۱/۹۶ b	۲۴
۲۴/۲۲ a	۴/۷۶ d	۳۶/۰۰ e	۱۴/۴۹ d	۱۶/۴۶ d	۱۹/۵۳ e	۴۰۴/۰۰ d	۲۱۹/۳۸ b	۶۹/۷۳ e	۱۱۴/۸۹ a	۲۹
۹/۶۰ h	۴/۶۵ d	۵۱/۲۵ b	۱۹/۴۸ b	۲۲/۱۴ b	۲۹/۱۱ b	۴۸۴/۴۸ c	۳۳۹/۰۳ a	۱۰۵/۴۱ d	۴۰/۰۳ cd	۳
۱۱/۶۳ g	۴/۱۵ e	۵۴/۹۱ a	۲۱/۴۴ a	۲۴/۳۵ a	۳۰/۵۵ a	۵۹۸/۷۱ b	۳۴۱/۶۵ a	۲۱۹/۰۰ b	۳۸/۰۵ cd	۲۱
۱۲/۹۹ f	۷/۷۵ c	۳۱/۱۹ g	۱۱/۸۶ h	۱۳/۴۸ h	۱۷/۷۱ f	۳۵۲/۹۷ e	۲۵۵/۶۷ b	۶۸/۲۸ e	۲۹/۰۱ de	۲۷
۷/۴۳ i	۴/۷۸ d	۲۷/۳۲ j	۱۰/۵۳ j	۱۱/۹۶ j	۱۵/۳۶ i	۱۳۱/۶۸ h	۶۸/۴۸ c	۳۶/۳۸ f	۲۶/۸۱ de	۲۳
۲۳/۵۳ ab	۱۴/۵۳ a	۱۷/۲۵ k	۸/۱۹ k	۹/۳۰ k	۷/۹۵ k	۲۵۹/۱۵ f	۹۹/۷۴ c	۱۲۰/۴۴ cd	۳۸/۹۶ cd	۲۴
۲۲/۹۴ bc	۳/۵۸ f	۲۸/۸۰ i	۱۱/۲۳ i	۱۲/۷۶ i	۱۶/۰۳ g	۱۸۷/۸۸ g	۶۸/۲۵ c	۷۳/۶۵ e	۴۵/۹۶ c	۲۵
۱۶/۱۳ e	۸/۵۳ b	۳۰/۸۲ h	۱۳/۱۸ f	۱۴/۹۷ f	۱۵/۸۵ h	۱۱۴/۸۱ hi	۶۲/۷۸ c	۴۳/۵۸ f	۸/۴۵ f	۱
۱۷/۶۳ d	۳/۱۴ fg	۳۶/۶۱ d	۱۳/۵۴ e	۱۵/۳۹ e	۲۱/۲۳ d	۱۴۵/۸۹ gh	۶۲/۰۱ c	۶۵/۰۵ e	۱۸/۸۳ ef	۲۵
۱۳/۶۷ f	۳/۲۷ fg	۴۳/۷۴ c	۱۶/۸۵ c	۱۹/۱۴ c	۲۴/۵۹ c	۶۷/۵۸ i	۵۲/۷۶ c	۸/۴۷ g	۶/۳۵ f	۱

نتیجه‌های دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

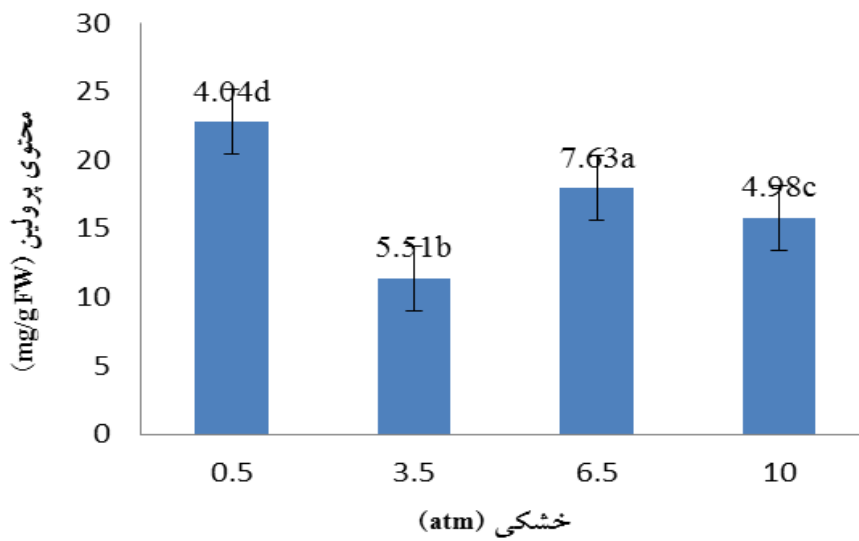




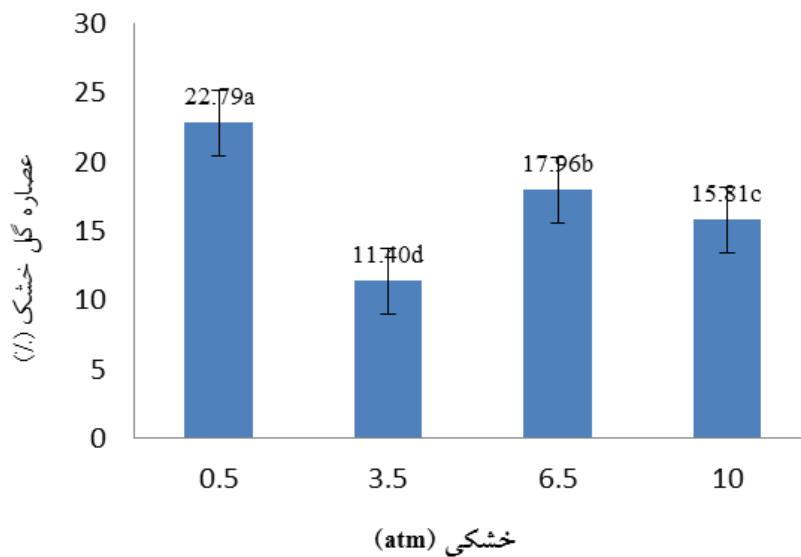
شکل ۱- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد گل همیشه بهار



شکل ۲- تأثیر خشکی بر محتوی رنگیزه های فتوسنتزی گل همیشه بهار



شکل ۳- تأثیر خشکی بر محتوی پروتئین اندام هوایی همیشه‌بهار



شکل ۴- تأثیر خشکی بر درصد عصاره گل همیشه‌بهار

## بحث

تأثیر شاخص‌های حداقل و مهم نسبت گلوکوسیدها به ترکیب‌های پروتئین (C/N)، ترشح هورمون فلوریزن و تأثیر درجه روزهای رشد (GDD) به گل می‌رود که تحت تنش کمبود رطوبت، به دلیل کاهش محتوای نیتروژن

نتایج نشان داد که با شروع خشکی ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد اما مقادیر اولیه تنش تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع همیشه‌بهار نداشت (جدول ۴)؛ به‌طور کلی گیاه تحت

شد. به هر حال تحریک رشد گیاهان توسط باکتریهای ریزوسفری از طریق تثبیت اتمسفر، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، افزایش سطح تماس ریشه، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و بهبود همزیستی مفید با گیاه میزبان در مراحل مختلف رشد انجام می‌گیرد.

تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش، بر محتوی رنگریزه‌های فتوستتزی برگ تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳) و میزان آن در شرایط تنش ملایم و عدم استفاده از نیتروکسین به بیشترین میزان رسید. با افزایش تنش تا سطح تنش نسبتاً شدید، محتوی رنگریزه‌های فتوستتزی کاهش و در تنش شدید مجدداً افزایش یافت؛ اما اثر برهمکنش تیمارها نشان می‌دهد که در تنش ملایم و استفاده از نیتروکسین به صورت بذرمال، بیشترین محتوی رنگریزه‌های فتوستتزی در برگ ایجاد می‌شود (جدول ۶). یکی از فرایندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه فتوستتزی است که شدت آن در کم آبی کاهش می‌یابد (Gusegnova et al., 2006). دوام فتوستتزی و حفظ محتوی رنگریزه‌های فتوستتزی برگ در شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است (ترحمی و همکاران، ۱۳۸۹).

محتوای پرولین گیاه همیشه‌بهار با افزایش تنش خشکی تا سطح تنش نسبتاً شدید افزایش یافت اما پس از آن مجدداً کاهش پیدا کرد (شکل ۳). استفاده از نیتروکسین نیز بر مقدار پرولین تأثیر داشت. یکی از مکانیسم‌های کارآمدی که گیاه به هنگام مواجهه با خشکی، برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی به خدمت می‌گیرد، تنظیم اسمزی است. در طی این پدیده فیزیولوژیکی، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت یک سری مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین

محلول در ریزوسفر خاک، گیاه اجباراً در شرایط C/N بالا قرار گرفته و الزاماً باعث گلدهی گیاه در ارتفاع کم می‌شود؛ از طرفی طول دوره گلدهی و طول دوره رسیدن گیاه کوتاه شده و در نتیجه عملکرد نهایی گیاه عموماً کاهش می‌یابد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۱). Shubhra و همکاران (۲۰۰۴) نیز در بررسی‌های خود روی همیشه‌بهار دریافتند که ارتفاع بوته و تعداد گل در گیاه تحت شرایط خشکی به شدت کاهش می‌یابد. این نتیجه در آزمایش‌های علی‌آبادی فرهانی و همکاران (۱۳۸۶) روی گشنیز و صفی‌خانی (۱۳۸۶) روی بادرشبو نیز بدست آمد. بنابراین تنش خشکی به دلیل کاهش آب در خاک و فعال نمودن فرایندهای مختلف در گیاه که با مصرف انرژی همراه می‌باشد، روی صفات کمی و کیفی گیاه تأثیر می‌گذارد.

بیشترین عملکرد کل گل در شرایط مطلوب آبیاری حاصل شد و با افزایش تنش خشکی عملکرد گل کاهش یافت (جدول ۳ و ۴)؛ به نظر می‌رسد که کاهش مواد فتوستتزی به علت کاهش سطح برگ و انتقال مواد آسمیلاتی به سمت گل‌ها سبب کاهش وزن آنها شده است. این نتایج با نتایج Shubhra و همکاران (۲۰۰۴) روی همیشه‌بهار مطابقت دارد.

کاربرد نیتروکسین نیز بر عملکرد گل در چین‌های مختلف مؤثر بود و بیشترین عملکرد با مصرف نیتروکسین به صورت بذرمال حاصل شد (جدول ۳ و ۵). نتیجه آزمایش فریریزی (۱۳۷۸) روی گیاه بابونه نشان داد که اثر نیتروژن روی عملکرد گل بابونه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) هم گزارش کردند که همزیستی رازیانه با دو گونه قارچ VAM به‌طور معنی‌داری سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه

آمده از این تحقیق، Li و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی روی گیاه *Acer negundo* نتیجه گرفتند که با اعمال سطوح بالاتر خشکی، بیشتر ترکیب‌های اسانس گیاه افزایش می‌یابد. همچنین نتایج تحقیقی توسط جعفرزاده و همکاران (۱۳۸۹) بر گیاه همیشه‌بهار نشان داد که تنش ملایم (۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A)، باعث تولید بیشترین عملکرد ماده خشک و عصاره گل شد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست‌آمده، تنش خشکی و کاربرد کود زیستی بر ارتفاع گیاه، عملکرد گل، محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی، محتوی پرولین و عصاره گل تأثیر معنی‌داری داشت. اگرچه عملکرد کمی و کیفی گیاه همیشه‌بهار با آبیاری مطلوب حاصل می‌شود، اما در این تحقیق عملکرد عصاره گل خشک بیشتر (۲۳/۵۳٪) با کاربرد کود زیستی نیتروژنه (۲ لیتر در هکتار) به صورت بذرمال تحت تنش خشکی نسبتاً شدید (۶/۵ اتمسفر) بدست آمد. بنابراین توصیه می‌شود که به‌منظور کاهش اثر مخرب خشکی، از کودهای زیستی نیتروژنه به صورت بذرمال در مقایسه با سایر روشهای مرسوم استفاده شود. با بررسی‌های بیشتر و اعمال تیمارهای تغذیه‌ای، احتمال تولید عملکرد اقتصادی گیاه همیشه‌بهار در تنش‌های شدید وجود دارد.

### منابع مورد استفاده

- اکبرنیا، ا.، ۱۳۸۲. بررسی عملکرد و ماده مؤثره زنیان در سیستم‌های کشاورزی متداول ارگانیک و تلفیقی، پایان‌نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.  
- امیدی، ح.، جعفرزاده چیمه، ل. و رحیم‌زاده، م.، ۱۳۹۱. ارزیابی تنش خشکی بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus*)

فشار تورگر سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود (Omidi, 2010). این مواد اسمزی به‌طور عمده شامل عناصر (پتاسیم، سدیم و کلسیم) و برخی متابولیت‌ها نظیر قندها (مونوساکاریدها)، اسیدهای آمینه (پرولین) و اسیدهای آلی می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۲). این ترکیب‌های انباشته شده حتی در غلظت‌های بالا نیز با متابولیسم طبیعی سلول سازگاری دارند، به همین دلیل به متابولیت‌های سازگار نیز معروف هستند (Zhu, 2001; Apse & Blumwald, 2002). اگرچه پرولین در همه اندام‌های گیاه کامل در طی تنش خشکی تجمع می‌یابد ولی سریعترین انباشت را در برگ‌ها دارد. تجمع پرولین در ریشه‌ها با گسترش کمتر و با تأخیر زمانی نسبت به برگ‌ها صورت می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که افزایش پرولین در ریشه‌ها ناشی از انتقال آن از برگ می‌باشد و بیشترین تجمع در بافت‌هایی دیده می‌شود که یا از گیاه جدا شده‌اند و یا فاقد کلروفیل هستند (صفی‌خانی، ۱۳۸۶). نتایج این مطالعه با یافته‌های صفی‌خانی (۱۳۸۶) مطابقت دارد، به‌طوری که بیشترین محتوی پرولین زمانی حاصل شد که مقدار کلروفیل در کمترین میزان بود. علاوه بر امکان دخالت سایر مکانیسم‌های تحمل به خشکی در گیاه همیشه‌بهار، ممکن است افزایش میزان پرولین در تحمل به تنش شدید (۱۰ اتمسفر) گیاه و تولید گل و بذر نقش داشته باشد. اسید آمینه پرولین یکی از مهمترین اسمولیت‌های سازگار و مؤثری است که در تحمل به تنش‌های محیطی نظیر خشکی نقش مهمی دارد (Omidi, 2010).

نتایج نشان داد که مقدار عصاره گل در شرایط مطلوب آبیاری و استفاده از کود نیتروکسین به بیشترین مقدار می‌رسد (جدول‌های ۳، ۴، ۵ و ۶). برخلاف نتایج بدست

- (L) با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی. پژوهش و سازندگی، ۲۵(۳): ۵۷-۶۶.
- ترحمی، گ.، لاهوتی، م. و عباسی، ف.، ۱۳۸۹. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروبوک (*Salvia leritifolia* Benth.). علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی زنجان، ۳(۲): ۷-۱.
- جعفرزاده، ل.، امید، ح. و جعفری، ن.، ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر رشد رویشی، میزان اسانس و محتوی پرولین گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). شانزدهمین کنفرانس سراسری و چهارمین کنفرانس بین‌المللی زیست ایران، مشهد، ۲۳-۲۵ شهریورماه: ۱۲۶۲.
- حسنی، ع.، امیدبگی، ر. و حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۸۲. بررسی برخی از شاخص‌های مقاومت به خشکی در گیاه ریحان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۴): ۷۴-۶۵.
- صفی‌خانی، ف.، ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبو تحت شرایط مزرعه. پایان‌نامه دکتری زراعت، دانشگاه اهواز.
- علی‌آبادی فراهانی، ح.، لباسچی، م.ح.، شیرانی‌راد، ا.ح.، ولدآبادی، ع.ر.، حمیدی، آ. و دانشیان، ج.، ۱۳۸۶. تأثیر فارچ میکوریز آربوسکولار، سطوح مختلف فسفر و تنش خشکی بر بازده اسانس در گیاه دارویی گشنیز. خلاصه مقالات سومین همایش گیاهان دارویی دانشگاه شاهد، تهران، ۲-۳ آبان: ۱۳.
- فریبرز، ع.، ۱۳۷۸. اثر کود ازت و تاریخ برداشت گل بر عملکرد و میزان اسانس در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- محمد دوست شیری، ع.ر.، صفرنژاد، ع. و حمیدی، ح.، ۱۳۸۸. بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آنگوزه (*Ferula assafoetida*) در برابر تنش شوری. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۷(۱): ۴۹-۳۸.
- موحدی دهنوی، م.، مدرس‌ثانوی، س.ع.م.، سروش‌زاده، ع. و جلالی، م.، ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. بیابان، ۹(۱): ۹۳-۱۰۹.
- وفابخش، ج.، نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع.ر.، ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام کلزا (*Brassica napus* L.). پژوهش‌های زراعی ایران، ۶(۱): ۱۹۳-۲۰۴.
- Abdullaev, F.I. and Espinosa-Aguirre, J.J., 2004. Biomedical properties of saffron and its potential use in cancer therapy and chemoprevention trials. *Cancer Detection and Prevention*, 28(6): 426-432.
- Abedi, T. and Pakniyat, H., 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46: 27-34.
- Apse, M.P. and Blumwald, E., 2002. Engineering salt tolerance in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(2): 146-150.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free Proline for water stress studies. *Plant and soil*, 39: 205-207.
- Berenguer, M.J. and Faci, J.M., 2001. Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *European Journal of Agronomy*, 15: 43-45.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F. and Sefidkon, F., 2006. Effects of Biofertilizers Application on Yield and Yield Components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4): 276-292.
- Fonseca, Y.M., Catini, C.D., Vicentini, F.T., Nomizo, A., Gerlach, R.F. and Fonseca, M.J., 2010. Protective effect of *Calendula officinalis* extract against UVB-induced oxidative stress in skin: evaluation of reduced glutathione levels and matrix metalloproteinase secretion. *Journal of Ethnopharmacology*, 127(3): 596-601.
- Fu, J. and Haung, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation two cool season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 45: 105-114.
- Gangali, H.R., Band, A.A., Abad, H.S.S. and Nik, M.M., 2010. Effects of Sowing Date, Plant Density and Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Various Traits of *Calendula officinalis*. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8(6): 672-679.
- Gusegnova, I.M., Suleymanov, S.Y. and Aliyev, J.A., 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. *Biochemistry*, 71(2): 173-177.
- Jajarmi, V., 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar.

- Porra, R.J., 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 73:149-156.
- Rathke, G.W., Behrens, T. and Diepenbrock, W., 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 117: 80-108.
- Rios-Gonzalez, K., Erdei, L. and Lips, S.H., 2002. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. *Plant Science*, 162: 923-930.
- Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407p.
- Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, G.L. and Munjal, R., 2004. Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. *Biologia Plantarum*, 48(3): 445-448.
- Tesfamariam, E.H., Annandale, J.G. and Steyn, J.M., 2010. Water stress effects on winter canola growth and yield. *Agronomy Journal*, 102(2): 658-666.
- Zhu, J.K., 2001. Plant salt tolerance. *TRENDS in Plant Science*, 6(2): 66-71.
- Proceedings of World Academy of Science: Engineering and Technology, 49: 105-106.
- Kamkar, B., Daneshmand, A.R., Ghooshchi, F., Shiranirad, A.H. and Safahani Langeroudi, A.R., 2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. *Agricultural Water Management*, 98(2): 1005-1012.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji. K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93(3): 307-311.
- Li, J.G., Li, J.Q., Jin, Y.J. and Luo, Y.Q., 2000. Changes of volatiles from drought stressed ash leaf maple (*Acer negundo*) in July and August. *Journal Forestry Studies in China*, 2(2): 27-33.
- Omid, H., 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola genotype under drought stress. *American Journal of Plant Physiology*, 5(6): 338-349.
- Peltonen-Sainio, P. and Jauhiainen, L., 2008. Association of growth dynamics, yield components and seed quality in long-term trials covering rapeseed cultivation history at high latitudes. *Field Crops Research*, 108: 101-108.

## Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of Marigold (*Calendula officinalis* L.)

L. Jafarzadeh<sup>1</sup>, H. Omid<sup>\*2</sup> and A.A Bostani<sup>3</sup>

1- MSc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Science, Shahed University, Tehran, Iran

2\*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Science, Shahed University, Tehran, Iran, E-mail: heshmatomidi@yahoo.com

3- Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture Science, Shahed University, Tehran, Iran

Received: October 2011

Revised: January 2012

Accepted: February 2012

### Abstract

To investigate the effect of drought stress and bio-fertilizer (nitrogen) on flower yield, yield components, photosynthesis pigments and proline content of *Calendula officinalis* L., a study was performed at Shahed University Agricultural Research Station, located 30 km south of Tehran. A split-plot experiment was conducted in randomized complete block design (RCBD) with three replications in cropping years of 2010-2011. Drought, as the main factor, included soil water potential (SWP) of 0.5 atm and equal to field capacity (FC) as control, SWP of 3.5 atm as moderate stress, SWP of 6.5 atm as relatively severe stress, and SWP of 10 atm as severe stress and was applied to the four-leaf stage. Application of bio-fertilizer (nitrogen) as sub factor including control, 2 liters/ha bio fertilizer (nitrogen) with water irrigation and inoculation of 2 liters/ha bio-fertilizer (nitrogen) with seed treatment), were considered in subplots. Results showed that drought, application of bio fertilizer (nitrogen) and its interaction had a significant effect ( $P \leq 0.01$ ) on plant height, flower yield, photosynthesis pigment content, proline content, and flower extract percentage. The highest flower yield ( $574.46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and yield of flower extract (22.79 %) were obtained at a soil water potential (SWP) of 0.5atm (FC). Also, the highest plant height (27.11cm) and photosynthesis pigment contents (17.59 mg/g) were obtained under moderate stress (SWP of 3.5atm). Proline content under optimum irrigation (SWP of 0.5atm or FC) was 47 % lower than that of relatively severe stress (SWP of 6.5atm). Based on the results, the highest plant height, flower yield, proline content and yield of flower extract were obtained from inoculation of bio-fertilizer (nitrogen) with seed treatment. In general, results showed that calendula along with application of two liters/ha bio-fertilizer (nitrogen) with seed inoculation can tolerate relatively severe levels of drought (SWP of 6.5 atm).

**Key words:** *Calendula officinalis* L.), drought stress, bio- fertilizer, azotobacter, extract, photosynthesis pigments content.