

## بررسی اثرات شرایط تنش کم آبی بر رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه شنبليله تحت تیمار GABA

رضا الهامی<sup>۱</sup>، موسی ترابی گیگلو<sup>۲\*</sup>، حسن مهدوی کیا<sup>۳</sup> رسول حیدرنژاد گیگلو<sup>۴</sup>، سارا قهرمان زاده<sup>۵</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- استادیار گروه گیاهان دارویی و باغبانی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۴- دانش آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول: mtorabi@uma.ac.ir

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی که بر توزیع و پراکنش گیاهان سرتاسر جهان تأثیر گذار بوده و می‌تواند تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه ایجاد کند، کمبود آب در دسترس گیاه است. تنش کم آبی در واقع از مهم‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد که می‌تواند رشد و عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. پژوهش حاضر به صورت مزرعه‌ای و به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی گابا (۱، ۲ میلی‌گرم در لیتر) بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیوشیمیایی در گیاه شنبليله طی شرایط تنش کم آبی (آبیاری در سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد رطوبت زراعی) انجام شده است. پس از رشد اولیه کافی و استقرار گیاهچه، اولین مرحله محلول پاشی گابا انجام شد. بعد از یک هفته از مرحله اول محلول پاشی، تنش کم آبی شروع شد. دو هفته بعد از آخرین محلول پاشی، گیاهان کشت شده در مزرعه برداشت شده و شاخص‌هایی مانند وزن تر و خشک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، محتوای نسبی آب، فنل، فلاونوئید، آنتی‌اکسیدان و قند کل، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش فوق نشان داد که خصوصیات مورفولوژیکی و عملکردی بوته‌های شنبليله تحت تأثیر مستقیم تنش آبیاری قرار گرفته است استفاده از محلول پاشی گابا سبب تعدیل اثرات ناشی از تنش آبیاری در گیاه مورد مطالعه شده است. به عنوان نتیجه تکمیلی در گیاه استفاده از تیمار محلول پاشی گابا با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر تحت شرایط تنش آبیاری سبب افزایش محتوای فنل، فلاونوئید و قند کل شده است.

کلمات کلیدی

"تنش آبیاری"، "شنبليله"، "خصوصیات مورفولوژیکی"، "گابا".

۱- مقدمه

از نشانه‌های رایجی که گیاه پس از کمبود آب از خود نشان می‌دهد می‌توان کوتاه شدن دوره رشد، محدودیت انتشار CO<sub>2</sub> به کلروپلاست‌ها (به دلیل بسته شدن روزنه‌ها)، تسریع پیری برگ‌ها و کاهش فتوسنتز را نام برد (Beltrano and Ronco, ۲۰۰۸). کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تأثیر قرار داده و از سوی دیگر با تأثیر گذاشتن بر فرآیندهای آنزیمی که مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۴). هنگامی که شرایط خشکسالی شدید است، تنفس نیز می‌تواند کاهش یابد، اگرچه افزایش در تنفس تحت تنش خفیف مشاهده شده است (Biramani et al., ۲۰۱۸). افزایش سرعت پیری و افتادگی، سوختن و شل شدن، پیچ خوردگی و شکنندگی برگ‌ها، بسته شدن و افتادگی گل‌ها، خشکی،

یکی از چالش‌های مهم در دنیا مسئله آب است. نسبت به سایر موادی که برای رشد و نمو گیاه ضروری و لازم هستند، آب جایگاه ویژه‌ای دارد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰). آب جزء اصلی ساختار سیتوپلاسم است چرا که عناصر معدنی در آب به شکل یون تبدیل می‌شوند که برای ریشه گیاه قابل جذب است (Taiz and Zeiger, ۲۰۰۳). تنش کم آبی زمانی رخ می‌دهد که میزان آب در دسترس گیاه کاهش یابد و یا میزان تعرق گیاه نسبت به توان جذب آب بیشتر باشد (Farooq et al., ۲۰۰۹). در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، تنش کم آبی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که باعث کاهش تولید محصول در این مناطق می‌شود (صافی خانی و همکاران، ۱۳۸۶).

سیستم‌های دفاعی در مقابل آفات، قارچ‌ها، باکتری‌ها، تنش خشکی، تنش عناصر سنگین، تنش سرما و سایر تنش‌ها نیز در گیاهان نقش ایفا می‌کند. تجمع این اسیدهای آمینه در بذور، میوه‌ها و سایر بافت‌های ذخیره‌ای و به ویژه در زمان بلوغ و پیری گیاه به مقدار زیادی اتفاق می‌افتد. از مهم‌ترین هورمون‌هایی که تولید و انتقال آن‌ها در گیاه تحت تأثیر گابا قرار می‌گیرد، می‌توان به اتیلن و اسید آبسزیک اشاره کرد (Kinnersley and Turano, ۲۰۱۱; Luo et al., ۲۰۱۱). با توجه به اینکه تأثیر گابا در القای مقاومت به انواع تنش‌ها در گیاهان چشمگیر بوده و تحقیقات در این زمینه در جهان رو به افزایش است، اما این تحقیقات در ایران هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات گابا بر رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی شنبلیله در شرایط تنش کم آبی انجام گرفته است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### • انجام آزمایش و اعمال تیمارها

این پژوهش به صورت مزرعه‌ای و به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بدین منظور کرت‌هایی به ابعاد  $2 \times 1/5$  متر و به تعداد ۲۷ کرت آماده‌سازی شد. درون هر کرت ۵ ردیف و در هر ردیف ۷ بذر قرار گرفت. پس از رشد اولیه کافی و استقرار گیاهچه، اولین مرحله محلول پاشی گابا (۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. پس از گذشت حدود یک هفته از مرحله اول محلول پاشی، تنش کم آبی (آبیاری در ۱۰۰ درصد (شاهد) و ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) اعمال شد. روش آبیاری اعمال شده در این تحقیق، آبیاری کرتی انتها بسته بود که آب با استفاده از کرت‌های ایجاد شده در مزرعه و در داخل کرت‌های آزمایشی در اختیار ریشه قرار گرفت. آب به وسیله شیلنگ ۱ اینچی از محل لوله‌کشی آبیاری مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب وارد کرت‌های آزمایشی گردید. تیمار آبیاری در سه سطح آبیاری تا حد ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی به عنوان تیمار شاهد، آبیاری زمین تا رسیدن به حد ۷۵٪ ظرفیت زراعی و آبیاری تا حد ۵۰٪ ظرفیت زراعی اعمال شد. قبل از هر آبیاری، رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج در عمق ۳۰ سانتی‌متری قرائت شد. در هر آبیاری مقدار کمبود آب خاک و بر اساس آن آب مورد نیاز تیمارهایی که آب آبیاری کامل دریافت می‌کردند با استفاده از معادله زیر تعیین شد.

$$d = \sum_{i=1}^n (\theta_{fi} - \theta_i) \Delta z$$

پژمردگی، ریزش زودرس، پیری و زرد شدن برگ‌ها از جمله شایع‌ترین علائم تنش خشکی در گیاهان است (Ruehr et al., ۲۰۱۹; Khan et al., ۲۰۱۸). مکانیسم مقاومت به خشکی به نوبه خود در بین گونه‌های گیاهی متفاوت است. بنابراین گیاهان این توانایی را دارند که استفاده از منابع خود را کاهش داده و رشد خود را برای مقابله با شرایط نامطلوب محیطی مانند خشکسالی تنظیم کنند (Gray and Brady, ۲۰۱۶; Osakabe et al., ۲۰۱۴). تنظیم روزنه‌ای گیاهان از طریق افزایش انتقال یون و سیگنال‌دهی اسید آبسزیک (ABA) نیز در مکانیسم‌های مولکولی پاسخ گیاه به تنش خشکی دخیل است (Prakash et al., ۲۰۱۹; Kumar et al., ۲۰۱۹). یکی از کارآمدترین مکانیسم‌های گیاهان هنگام مواجه شدن با تنش کم آبی، مکانیسم تنظیم اسمزی است که جهت حفظ تورژسانس و آماس سلولی در گیاهان به وجود می‌آید (حیدری و همکاران، ۱۳۹۲). این مکانیسم با حفظ محتوای نسبی آب برگ‌ها در شرایط تنش، باعث تداوم فتوسنتز در گیاهان می‌شود (Pinheiro et al., ۲۰۰۴). برای مقابله با کمبود آب، تنظیم اسمزی گیاهان تحت تنش، از طریق افزایش محتوای قند ریشه و برگ حفظ می‌شود و رشد نسبتاً بیشتری در ریشه در مقایسه با اندام‌های هوایی در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار نگرفته‌اند مشاهده شده است (Miranda et al., ۲۰۲۰). گیاهان دارای یک سیستم دفاع آنزیمی همیشه فعال هستند که از آن‌ها در برابر فرم‌های مختلف اکسیژن فعال محافظت می‌کند (Horvath et al., ۲۰۰۷). در سیستم دفاع آنزیمی گیاهان آنزیم‌های بسیاری وجود دارند مانند: پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز (Naya et al., ۲۰۰۹; Wang et al., ۲۰۰۷). گاما آمینوبوتریک اسید (گابا) اسید آمینه غیر پروتئینی است که بعضی فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه مانند تنظیم رشد، مقاومت در برابر تنش‌ها، حفظ pH سیتوزول، تنظیم اسمزی و متابولیسم کربن و نیتروژن را برعهده دارند (Barbarosa et al., ۲۰۱۰). این اسید آمینه ۴ کربنی دارای اثرات متعدد و مفیدی در فرآیندهای مختلف رشد و نمو و به ویژه در مقاومت به تنش‌های مختلف زنده و غیر زنده می‌باشد. در شرایط افزایش و یا کاهش pH سیتوزول، گابا از دو مسیر متفاوت تولید شده و پاسخ‌های مقاومتی و دفاعی را القا می‌کند. گابا علاوه بر اینکه به عنوان منبع تأمین نیتروژن برای سلول‌ها عمل می‌کند، به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی در فرآیندهای تنظیم pH، فعال کننده سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی، تنظیم کننده پتانسیل اسمزی، فعال کننده

که در آن  $n$  تعداد لایه‌ها تا عمق ریشه،  $i$  شماره هر لایه،  $d$  عمق آب آبیاری برحسب  $\theta_{fi}$  و  $\theta_{fi}$  به ترتیب رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری برحسب  $m^{-3} m^{-3}$  در لایه  $i$  و  $\Delta z$  ضخامت لایه برحسب  $m$  می‌باشند. با توجه به متوسط مقدار آب مورد نیاز برای تیمار شاهد آبیاری، حجم آب سایر تیمارها با در نظر گرفتن ۲۵٪ و ۵۰٪ کاهش تعیین گردید. دو هفته بعد از آخرین مرحله از محلول پاشی با تیمار گابا، خصوصیات مورفولوژیکی از قبیل تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته، طول غلاف، قطر غلاف، تعداد غلاف، تعداد بذر در غلاف و عملکرد کمی و کیفی شنلبله مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### • اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئیدها با استفاده از روش (Arno, ۱۹۴۹) انجام شد. برای سنجش میزان کلروفیل و کارتنوئیدها  $0.2$  گرم از برگ‌های تازه‌ی گیاه در هاون چینی که حاوی ۲ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد می‌باشد، ساییده شد تا کلروفیل وارد محلول استونی شود و سپس حدود ۲ میلی‌لیتر از عصاره استونی بدست آمده برداشته شد. محلول عصاره استونی به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در  $4000$  دور سانتریفیوژ گردید و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های  $470$ ،  $646$  و  $663$  توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد.

#### • اندازه‌گیری محتوای نسبی آب:

نمونه‌برداری با استفاده از قیچی از برگ رفرنس (آخرین برگ توسعه یافته) تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و نمونه‌ها بلافاصله درون یخ قرار گرفته و در آزمایشگاه وزن تر آنها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در سردخانه (Room Cold) در دمای  $4$  درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای  $70$  درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری می‌شود. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در فرمول زیر RWC بدست می‌آید:

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

FW: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

DW: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

TW: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

#### • کربوهیدرات کل:

میزان کربوهیدرات کل گیاه با استفاده از روش فنل اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد. در این روش به  $1/1$  گرم از بافت خشک گیاهی به طور جداگانه  $10$  میلی‌لیتر اتانول  $70$  درصد اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شدند. هر روز نمونه‌ها به هم زده شدند تا قند محلول جدا گردد. پس از یک هفته از محلول رویی نمونه‌ها یک میلی‌لیتر برداشته و با آب مقطر به حجم دو میلی‌لیتر رسانده شد. سپس یک میلی‌لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ ( $48$  درصد) به نمونه‌ها اضافه و توسط ورتکس به خوبی بهم زده شد. سپس لوله آزمایش به مدت  $20$  دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و بعد از این مدت جهت توقف واکنش‌ها در دمای آزمایشگاه سرد گردید و سرانجام نیم ساعت به حال خود رها شد و پس از آن میزان جذب به وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج  $485$  نانو مترخوانده و از محلول‌هایی با غلظت صفر،  $1$ ،  $2$ ،  $3$ ،  $4$ ،  $5$ ،  $6$ ،  $7$ ،  $8$ ،  $9$  و  $10$  میلی‌گرم بر  $100$  میلی‌لیتر گلوکز برای تهیه منحنی استاندارد استفاده شد و با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها، مقدار کربوهیدرات کل بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید (ایریگون و همکاران،  $1992$ ).

#### • اندازه‌گیری فنول کل، فلاونوئیدکل و آنتی اکسیدان کل:

جهت اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل از معرف فولین سیوکالتو استفاده شد (Slinkard and Singleton,  $1997$ ) از غلظت‌های مختلف کالیک اسید برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد. برای اندازه‌گیری فلاونوئیدها از دستگاه اسپکتروفتومتر و با استفاده از روش کریزک و همکاران ( $1998$ )

آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصدی به دست آمد. طی بررسی اثرات تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های جانبی، بیشترین تعداد شاخه جانبی در گیاهان تحت شرایط آبیاری در رطوبت زراعی ۷۵ درصد به دست آمد (شکل ۱c). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش × گابا بر میزان طول غلاف سنبله نشان داد که محلول‌پاشی گابا در هر دو سطح در آبیاری نرمال سبب افزایش طول غلاف نسبت به گیاهان شاهد شده است به طوری که بیشترین میزان طول غلاف در گیاهان تیمار شده با گابا در سطح ۲ میلی‌گرم در لیتر تحت شرایط آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد مشاهده شد (شکل ۱d). استفاده از محلول‌پاشی گابا در تنش‌های آبیاری در سطح ۷۵ و ۵۰ درصد رطوبت زراعی، از کاهش طول غلاف سنبله جلوگیری کرده است (شکل ۱d)

استفاده شد. برای اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان کل از روش میلووسکوس و همکاران استفاده شد.

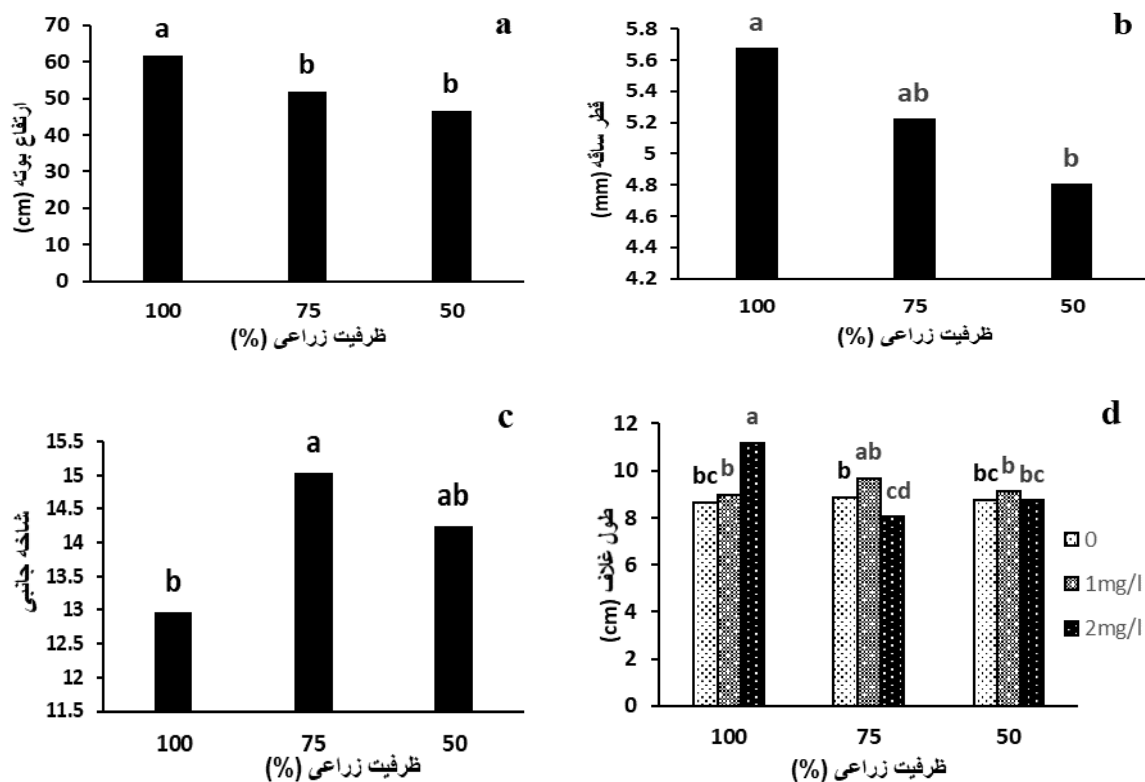
- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها:

داده‌های حاصل از این آزمایش پس از نرمال‌سازی، با نرم‌افزار آماری SAS<sup>۹.۱</sup> مورد تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Exce ترسیم گردید.

### ۳- نتایج

- بررسی اثر گابا بر خصوصیات مورفولوژیکی سنبله تحت تنش کم آبی

با افزایش میزان آبیاری، ارتفاع بوته و قطر ساقه در گیاهان سنبله با افزایش همراه بود به طوری که بیشترین میزان ارتفاع گیاه (شکل ۱a) و قطر ساقه (شکل ۱b) تحت شرایط



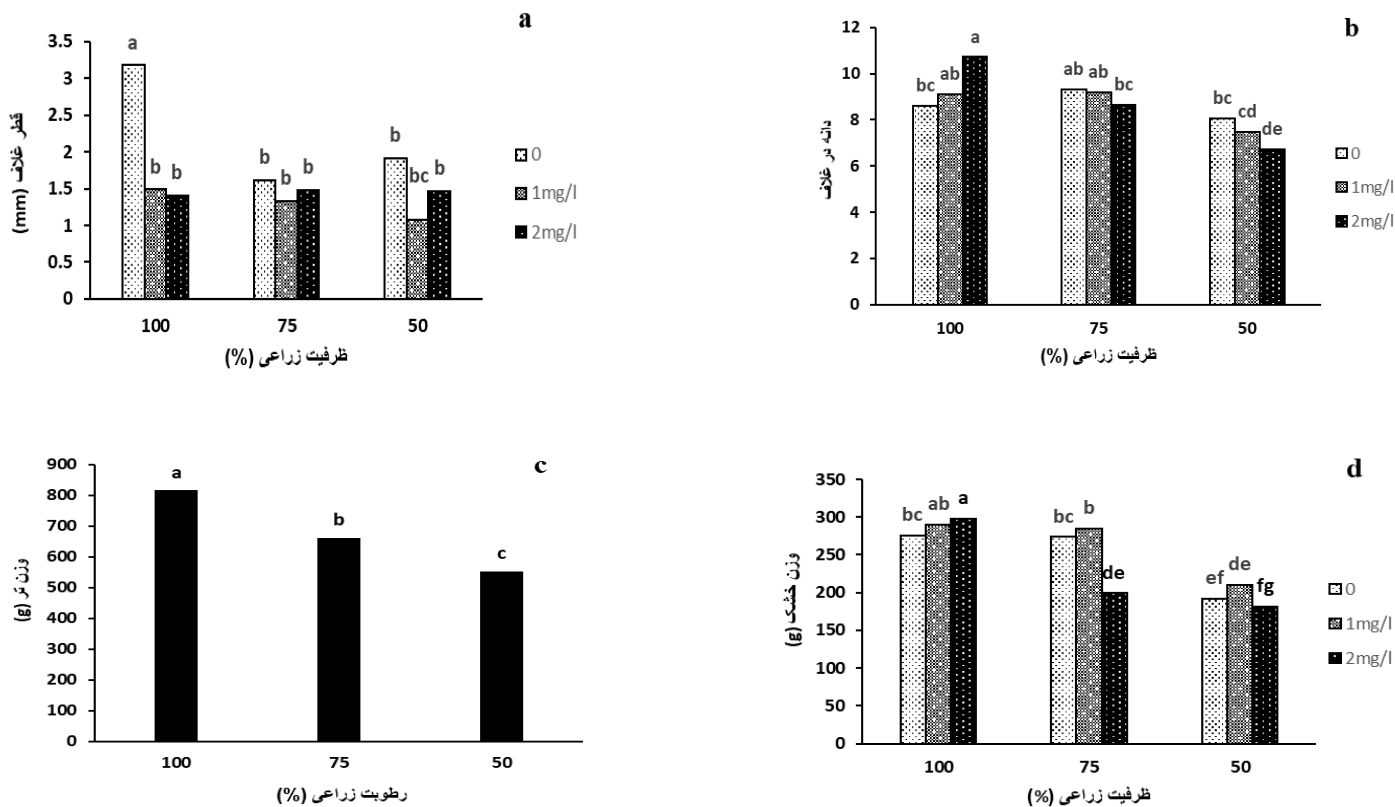
شکل ۱- تاثیر تنش کم آبی و گابا بر میزان ارتفاع گیاه (a)، قطر ساقه (b)، شاخه جانبی (c) و طول غلاف (d) در گیاهان سنبله

نرمال سبب افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به گیاهان شاهد شده است به طوری که بیشترین میزان تعداد دانه در غلاف در گیاهان تیمار شده با گابا در سطح ۲ میلی‌گرم در لیتر تحت شرایط آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد مشاهده شد. لازم به ذکر است که استفاده از محلول‌پاشی گابا در تنش‌های آبیاری در سطح ۷۵ و ۵۰ درصد رطوبت زراعی تاثیر منفی بر میزان تعداد دانه در غلاف سنبله

همچنین در بررسی اثرات متقابل تنش × گابا بر قطر غلاف سنبله مشاهده شد که استفاده از محلول‌پاشی گابا تاثیر مثبتی در میزان قطر غلاف در سنبله نداشت و بیشترین میزان قطر غلاف در هر سه سطح از تنش در گیاهان شاهد مشاهده شد (شکل ۲a). بررسی تاثیر گابا بر تعداد دانه در غلاف گیاهان سنبله تحت تنش آبیاری نشان داد که محلول‌پاشی گابا در هر دو سطح در آبیاری

خشک گیاه با کاهش همراه بود که این کاهش در گیاهان تحت تیمار با گابا (در غلظت ۱ میلی گرم در لیتر) کمتر از گیاهان شاهد بود. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط مطلوب زراعی (آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد)، استفاده از گابا به صورت محلول پاشی سبب افزایش میزان وزن خشک نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل ۲d).

داشت (شکل ۲b). بررسی مقایسه میانگین صفات نشان داد که با کاهش میزان آبیاری و به دنبال آن افزایش تنش خشکی، میزان وزن تر با کاهش همراه بود به طوری که کمترین میزان وزن تر در گیاهان تحت تنش آبیاری در رطوبت زراعی ۵۰ درصد مشاهده شد (شکل ۲c). بررسی اثرات گابا و تنش خشکی بر میزان وزن خشک در گیاه سنبله نشان داد که با افزایش تنش آبیاری میزان وزن

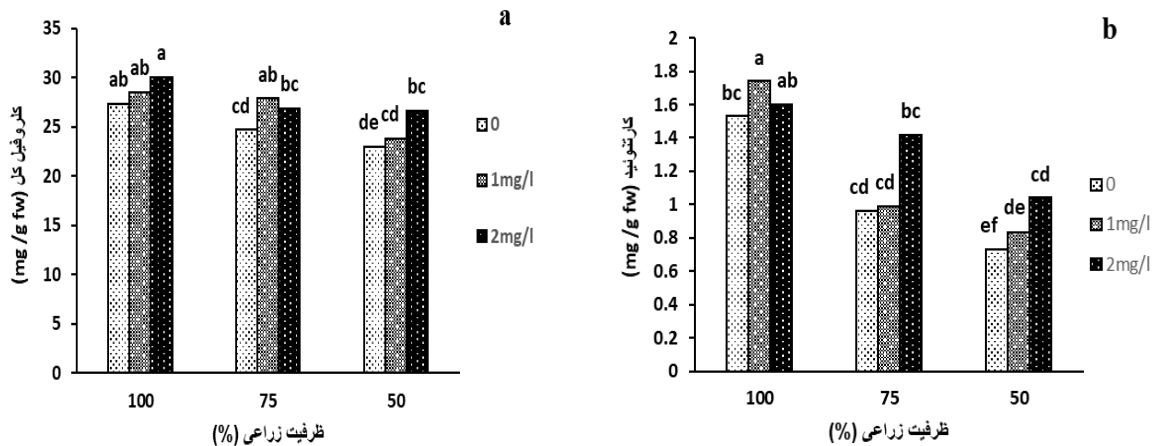


شکل ۲- تاثیر تنش کم آبی و گابا بر میزان قطر غلاف (a)، تعداد دانه در غلاف (b)، وزن تر (c) و وزن خشک (d) در گیاهان سنبله

کاهش میزان کلروفیل کل و کارتنوئید جلوگیری کرد. بیشترین میزان کلروفیل کل در گیاهان تیمار شده با گابا در سطح ۲ میلی گرم در لیتر تحت شرایط آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد (شکل ۳a) و بیشترین میزان کارتنوئید کل در گیاهان تیمار شده با گابا در سطح یک میلی گرم در شرایط آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد مشاهده شد (شکل ۳b)

• بررسی اثر گابا بر رنگی‌های فتوسنتزی سنبله تحت تنش کم آبی

در بررسی اثرات تنش آبیاری و محلول پاشی گابا بر میزان کلروفیل کل و کارتنوئید مشاهده شد که طی افزایش تنش آبیاری میزان کلروفیل کل و کارتنوئید کاهش می‌یابد. استفاده از محلول پاشی گابا طی آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد باعث افزایش میزان کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان سنبله شد و در تنش‌های آبیاری شدیدتر، از

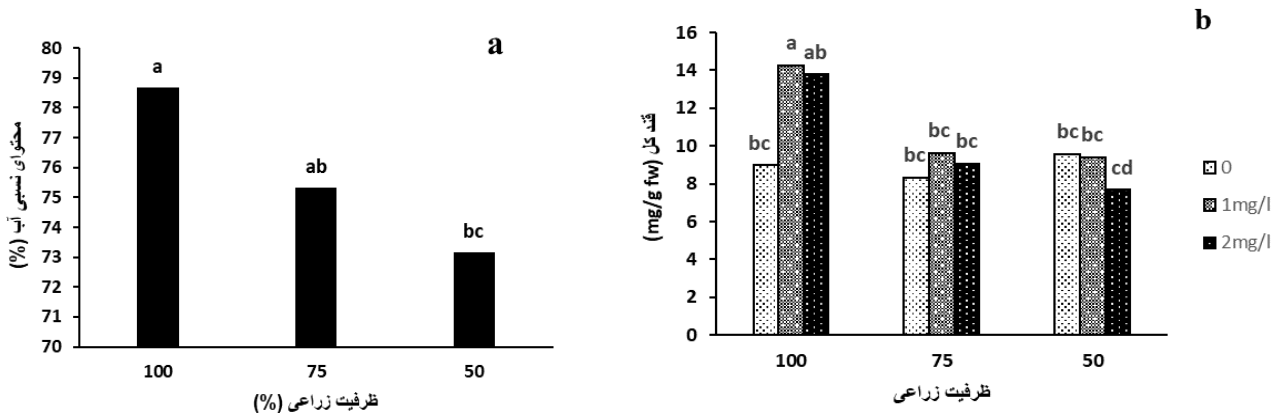


شکل ۳- میزان تغییرات کلروفیل کل (a) و کارتنوئید (b) در گیاهان شنبليله تحت تاثیر تیمار با گابا در شرایط تنش آبیاری

اثرات تنش آبیاری و محلول‌پاشی گابا بر میزان قند کل نشان داد، افزایش تنش آبیاری میزان قند کل را کاهش می‌دهد. استفاده از محلول‌پاشی گابا طی آبیاری در رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد باعث افزایش میزان قند کل در گیاهان شنبليله شد و در تنش‌های آبیاری شدیدتر از کاهش آن نسبت به گیاهان شاهد جلوگیری کرد (شکل ۴b).

• بررسی اثر گابا بر میزان RWC و کربوهیدرات در گیاه شنبليله تحت تنش کم آبی

در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش میزان تنش خشکی، محتوای نسبی آب کاهش یافت (شکل ۴a). بیشترین میزان محتوای نسبی آب در گیاهان تحت شرایط آبیاری رطوبت زراعی ۱۰۰ درصد مشاهده شد. ارزیابی



شکل ۴- میزان تغییرات محتوای نسبی آب (a) و قند کل (b) در گیاهان شنبليله تحت تاثیر تیمار با گابا در شرایط تنش آبیاری

کل در گیاهان تحت شرایط تنش آبیاری در رطوبت زراعی ۵۰ درصد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با میزان آن در گیاهان تحت شرایط آبیاری در رطوبت زراعی ۷۵ درصد نداشت (شکل ۵a). در بررسی اثرات ساده محلول‌پاشی گابا، بیشترین میزان فنل کل در گیاهان تحت تیمار محلول‌پاشی با غلظت دو میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۵b).

گیاهان شنبليله فاقد تیمار و تیمار شده با غلظت‌های مختلف گابا افزایش یافت. به طوری که بیشترین میزان

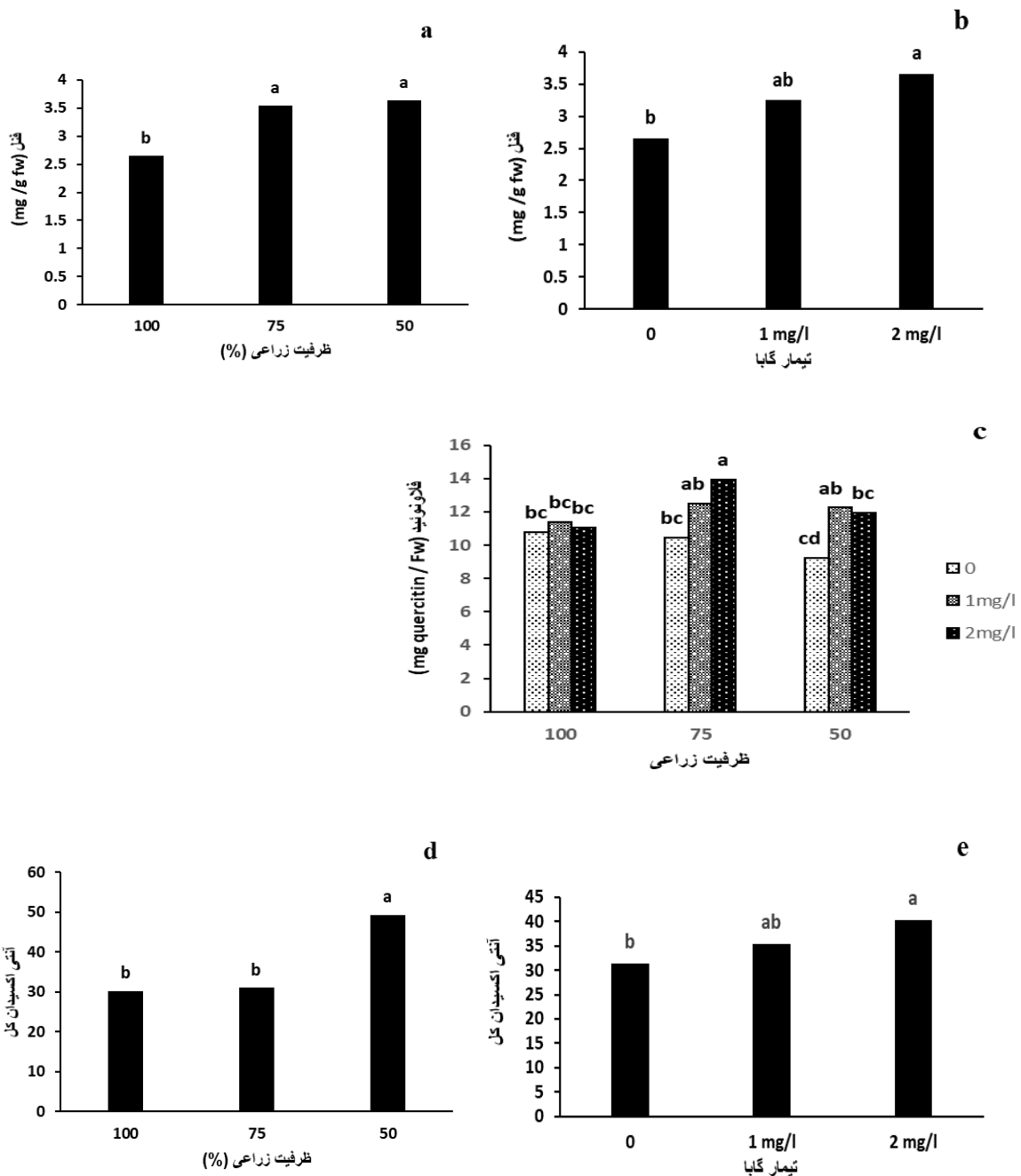
• بررسی اثر گابا بر فنل، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان کل در گیاه شنبليله تحت تنش کم آبی

با افزایش تنش آبیاری و غلظت محلول‌پاشی گابا میزان فنل کل با افزایش همراه بود به طوری که در بررسی اثر ساده تنش آبیاری بر میزان فنل کل، مشاهده شد که بیشترین میزان فنل

در بررسی اثرات گابا بر میزان فلاونوئید تحت شرایط تنش آبیاری مشاهده شد که با افزایش تنش، میزان فلاونوئید در

کل مشاهده شد که بیشترین میزان آن در گیاهان تحت شرایط تنش آبیاری در رطوبت زراعی ۵۰ درصد حاصل شد (شکل ۵d). در بررسی اثرات ساده محلول پاشی گابا، بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان کل در گیاهان تحت تیمار محلول‌پاشی گابا در غلظت دو میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۵e)

فلاونوئید در گیاهان تیمار شده با گابا در غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر و تحت شرایط تنش آبیاری رطوبت زراعی ۵۰ درصد مشاهده شد (شکل ۵c). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با افزایش تنش آبیاری و غلظت محلول‌پاشی گابا، میزان آنتی‌اکسیدان کل با افزایش همراه بود به طوریکه در بررسی اثر ساده تنش آبیاری بر آنتی‌اکسیدان



شکل ۵- میزان تغییرات فنل کل (a و b)، فلاونوئید کل (c) و آنتی‌اکسیدان کل (d و e) در گیاهان شنبلیله تحت تیمار با گابا در شرایط تنش کم آبی.

## • بحث

یکی از علل کاهش تعداد دانه در غلاف می‌تواند مربوط به ناکافی بودن فتوسنتز و تولید مواد لازم برای رشد همه دانه‌ها در اثر تنش کم‌آبی باشد که در نهایت باعث می‌شود تعداد دانه کمتری در غلاف رشد کند (بیزازی و همکاران، ۱۳۹۲). در گزارشات دیگری نیز در نتیجه تنش کمبود آب، تعداد دانه‌های تشکیل شده کاهش یافته است. افزایش فاصله زمانی آبیاری در گیاه اسفرزه باعث کاهش تعداد دانه در سنبله گیاه گردید. در آزمایشی دیگر به منظور بررسی اثر رقابت گیاهی بر عملکرد سیاهدانه و شنبليله تحت تنش خشکی، مشخص گردید که کمترین میزان تعداد دانه در غلاف در کشت خالص و تحت شرایط تنش شدید حاصل شد که نسبت به حالت بدون تنش با کاهش ۷۶ درصد همراه بود (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷). میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است و به ثبات فتوسنتز در شرایط تنش کم‌آبی کمک می‌کند (Beulah et al., ۲۰۲۰, Giglou et al., ۲۰۲۲). علت کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش کم‌آبی، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، پراکسیداز و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است که در نهایت موجب پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می‌شود. رنگیزه‌های فتوسنتزی به دلیل جذب نور و تولید انرژی، نقش مهمی را در گیاهان برعهده دارند. کلروفیل کل و کارتنوئید از مهم‌ترین رنگیزه‌ها هستند (Joosten et al., ۲۰۱۵). اصلانی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل ریحان داشت، به گونه‌ای که با کاهش مقدار آب خاک، مقدار کلروفیل a, b و کلروفیل کل کاهش یافت. در آزمایشات دیگری که بر روی پروانش و مریم گلی انجام شد، مشخص شد که تنش کمبود آب مقدار کلروفیل گیاه را کاهش می‌دهد. مقدار کلروفیل a گیاه در شرایط تنش ملایم برابر با گیاه آبیاری شده بود و مقدار کلروفیل b نسبت به شاهد افزایش نشان داد، اما تنش شدید مقدار کلروفیل و فتوسنتز گیاه را کاهش داد (Khakdan et al., ۲۰۱۶). نتایج زارعی و همکاران (۱۳۹۷) در تأثیر محلول پاشی گابا بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گوجه فرنگی تحت تنش شوری نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a و کارتنوئید مربوط به تیمار شاهد با غلظت ۱۰ میلی‌مولار گابا بدون تنش شوری و کمترین مقدار آن‌ها در تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار بدون گابا مشاهده گردید. ترکیبات فنولی به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و می‌توانند به‌طور مؤثری رادیکال‌های گروه هیدروکسیل و پروکسیل را حذف کنند و از اکسید شدن چربی‌ها جلوگیری نمایند. شواهد آزمایشگاهی حاکی از آن

تنش خشکی یا کم‌آبی باعث کاهش جذب آب و عناصر غذایی، سرعت رشد گیاه، سطح برگ، طول دوره رشد و عملکرد فتوسنتزی گیاه شده که تمامی این موارد در نهایت باعث کاهش عملکرد گیاه می‌گردد کاهش عملکرد گیاه در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند ناشی از کاهش فشار آماس سلول و یا کاهش سطح برگ باشد (رضایی‌چپانه و همکاران، ۱۳۹۱). در گزارش موسوی و همکاران (۱۳۹۱)، عملکرد گیاه رازیانه با افزایش شدت تنش خشکی به صورت معنی‌داری کاهش یافته که می‌توان علت این کاهش را به تأثیر منفی تنش کم‌آبی بر رشد رویشی و خصوصاً اجزای عملکرد رازیانه مربوط دانست. یکی از علل کاهش وزن گیاه در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند به دلیل عدم دسترسی گیاه به آب کافی جهت آماس سلول‌ها باشد که در نهایت منجر به کاهش رشد و تقسیم سلولی می‌شود که همین امر به نوبه خود باعث کاهش سطح رویشی و عدم دسترسی گیاه به نور کافی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت کاهش رشد و وزن گیاه می‌شود. تنش کم‌آبی با تأثیر بر طول و حجم سلول و کاهش کلروفیل و مواد فتوسنتزی، باعث کاهش ماده خشک گیاهی می‌شود (Mehrafarin et al., ۲۰۲۳, Torabi Giglou et al., ۲۰۱۱). کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی به علت کاهش فشار تورژسانس است که در نتیجه آن باعث کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود. در مطالعات مختلفی که بر روی گیاه شنبليله، ریحان، مریم گلی، بومادران، اسفرزه، همیشه بهار، بابونه، گل مکزیکی و بادرشبو انجام گردید، نتایج نشان داده است که تنش خشکی معمولاً باعث کاهش ارتفاع در گیاه می‌شود (Omidbaigi et al., ۲۰۱۰). در تنش خشکی به علت اینکه فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال طویل شدن هستند کاهش می‌یابد و تولید مواد فتوسنتزی نیز کم می‌شود، در نتیجه طول میان‌گره‌های ساقه و متعاقب آن طول گیاه کاهش می‌یابد (Luo et al., ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای که بر روی گیاه شنبليله به منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد هشت توده بومی شنبليله انجام دادند، نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شاهد بوده که با افزایش شدت تنش ارتفاع بوته نیز کاهش یافته است. نتایج یک آزمایش نشان داد که تنش کم‌آبی باعث کاهش ارتفاع گیاهان تره فرنگی و دو توده تره ایرانی گردید (قاسم جوکار و همکاران، ۱۳۹۴).



افزایش گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش کم‌آبی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Naya et al., ۲۰۱۰).  
 ۲۰۲۰. Torabi Giglou et al., ۲۰۱۳. et al.). افزایش

است که فنول‌ها به عنوان سیگنال در نمو و برهمکنش‌های گیاه عمل می‌کنند (Moghaddam et al., ۲۰۱۱). فلاونوئیدها از بزرگترین ترکیبات فنولی هستند و نقش مهمی در ایجاد مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو بر عهده دارند. گیاهان با تولید فلاونوئیدها و تجمع آنها در واکوئل سلول‌های اولیه اپیدرمی برگ و ساقه، باعث کاهش اثرهای تنش اکسیداتیو می‌شوند. یکی از دلایل افزایش فلاونوئیدها، ایجاد محدودیت در انتقال الکترون فتوسنتزی طی تنش است که باعث ایجاد تغییرات متابولیک در گیاه از جمله القای تولید فلاونوئیدها جهت تعدیل وضعیت ایجاد شده ناشی از تنش می‌شود. مسیر فنیل پروپانویید که مسئول ساخت ترکیبات فنولی مانند فلاونوئیدها و تانن‌هاست، در شرایط تنش القا می‌شود (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). آنتی‌اکسیدان‌ها نقش مهمی را در مقاومت گیاهان به تنش دارند (Moradi kor)

#### ۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی گابا بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیوشیمیایی گیاه شنبلیله انجام شد. نتایج حاصل از پژوهش فوق نشان داد که خصوصیات مورفولوژیکی و عملکردی بوته‌های شنبلیله تحت تاثیر مستقیم تنش آبیاری قرار گرفته است. استفاده از محلول پاشی گابا سبب تعدیل اثرات ناشی از تنش آبیاری در گیاه مورد مطالعه شده است. به عنوان نتیجه تکمیلی در گیاه استفاده از تیمار محلول پاشی گابا با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر تحت شرایط تنش آبیاری سبب افزایش محتوای فنل، فلاونوئید و قند کل شده است.

#### منابع

- تیموری، م.، عبدالمهدی، م.، نژادحسن، ب.، گرابی، ب. پ. ۱۳۹۰. بررسی روند شاخص خشکی در ایران. اولین کنفرانس ملی خشکسالی و تغییر اقلیم. مرکز تحقیقات کم‌آبی و خشکسالی در کشاورزی و منابع طبیعی، تهران.
- حیدری، م.، میری، ح. م.، مینایی، آ. ۱۳۹۲. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ترکیبات بیوشیمیایی گیاه گاوزبان اروپایی در واکنش به تیمارهای تنش خشکی و اسید هیومیک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۷۰-۱۵۹(۲)۶.
- صفیخانی، ف.، شریف‌آباد، ح.، سیادت، س. ع.، شریفی‌عاشور آبادی، ا.، سیدنژاد، س. م. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۸۶-۹۹: (۱)۳.
- کافی، م.، مهدوی دامغانی، ع. م. ۱۳۸۶. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.
- موسوی، س. غ. ر.، ثقة‌الاسلامی، م. ج.، موسوی، س. م. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب رازیانه. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳۵-۱۴۵: (۲)۴.
- قاسم جوکار، ن.، نادیان، ح. ا.، خلیل مقدم، ب.، حیدری، م.، قرینه، م. ح. ۱۳۹۴. تأثیر همزیستی میکوریزی بر رشد و میزان پرولین در تره فرنگی (*Allium porrum* L.) و دو توده تره ایرانی تحت تنش خشکی. نشریه تولیدات گیاهی. ۳۸(۱): ۱۵-۲۶.
- بزازی، ن.، خدامباشی، م.، محمدی، ش. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. سال سوم. شماره هشتم.
- فلاح، س.، کاکولوند، ر.، عباسی سورکی، ع. ۱۳۹۷. اثر رقابت گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه و شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، جلد بیست و پنجم، شماره دوم.
- اصلانی، ز.، حسنی، ع.، صدقیانی، م.، سدیدکن، ف.، برین، م. ۱۳۹۰. تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار مایکوریزا (*Glomus ntraradices* و *Glomus mosseae*) بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۷. شماره ۳: ص ۴۷۱-۴۸۶.
- زارعی، ل.، کوشش صبا، م.، وفایی، ی.، جوادی، ت. ۱۳۹۷. تأثیر محلول پاشی گاما آمینوبوتریک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی رقم نامیب تحت تنش شوری. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). جلد ۴۱. شماره ۱.
- اسفندیاری، ع.، محبوب، س.، شکاری، ف. ۱۳۸۸. اصول فیزیولوژی گیاهی (جلد اول). انتشارات عمیدی تبریز.

- رضایی چپانه، الف، زهتاب سلماسی، س، قاسمی گلعدانی، ک، دل آذر، ع. ۱۳۹۱. اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده بومی رازیانه. دانش کشاورزی پایدار. ۲۲(۴): ۷۰-۵۵.
- امیدبیگی، ر. ۱۳۸۳. تولید و فرآوری گیاهان دارویی، انتشارات آستان قدس رضوی، جلد سوم، ص ۳۹۷.

- Barbarosa, J.M., Singh, N.K., Cherry, J.H., Locy, R.D. ۲۰۱۰. Nitrate uptake and utilization is modulated by exogenous  $\gamma$ -aminobutyric acid in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* ۴۸: ۴۴۳-۴۵۰.
- Beulah, A., Rajamanickam, C., Swaminathan, V. ۲۰۲۰. Nutritive values and importance of tropical green leafy vegetables in human diet. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. ۹(۹): ۶۵۶-۶۶۹.
- Beltrano, J., Ronco, M.G. ۲۰۰۸. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Society of Plant Physiology*, ۲۰(۱): ۲۹-۳۷.
- Birami, B., Gattmann, M., Heyer, A.G., Grote, R., Arneht, A., Ruehr, N.K. ۲۰۱۸. Heat waves alter carbon allocation and increase mortality of Aleppo pine under dry conditions. *Front. For. Glob. Chang. Front.* ۱, ۸.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. ۲۰۰۹. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* ۲۹: ۱۸۵-۲۱۲.
- Gray, S.B., Brady, S.M. ۲۰۱۶. Plant developmental responses to climate change. *Dev. Biol.* ۲۰۱۶, ۴۱۹, ۶۴-۷۷.
- Horvath, E., Szalai, G., Janda, T. ۲۰۰۷. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, ۲۶(۳): ۲۹۰-۳۰۰.
- Joosten, F., Dijkxhoorn, Y., Sertse, Y., Ruben, R. ۲۰۱۵. How does the fruit and vegetable sector contribute to food and nutrition security. LEI Wageningen UR, Wageningen.
- Khakdan, F., Ranjbar, M., Nasiri, J., Ahmadi, F.S., Bagheri, A., Alizadeh, H. ۲۰۱۶. The relationship between antioxidant compounds contents and antioxidant enzymes under water-deficit stress in the three Iranian cultivars of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, ۳۸(۹): ۲۲۶-۲۳۵.
- Khan, A., Pan, X., Najeeb, U., Tan, D.K., Fahad, S., Zahoor, R., Luo, H. ۲۰۱۸. Coping with drought: Stress and adaptive mechanisms, and management through cultural and molecular alternatives in cotton as vital constituents for plant stress resilience and fitness. *Biol. Res.* ۵۱, ۴۷.
- Kinnersley, A.M., Turano, F.J. ۲۰۰۰. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*. ۱۹: ۴۷۹-۵۰۹.
- Kumar, M., Kesawat, M.S., Ali, A., Lee, S.C., Gill, S.S., Kim, H.U. ۲۰۱۰. Integration of abscisic acid signaling with other signaling pathways in plant stress responses and development. *Plants*, ۸, ۵۹۲.
- Luo, H.Y., Gao, H.B., Xia, Q.P., Gong, B.B., Xiao-Lei, W.U. ۲۰۱۱. Effects of exogenous GABA on reactive oxygen species metabolism and chlorophyll fluorescence parameters in tomato under NaCl stress. *Scientia Agricultura Sinica* ۳۴: ۳۷-۵۴۴.
- Mehrafarin, A., Rezaadeh, Sh., Naghdi Badi, H. ۲۰۱۱. A review on biology, cultivation and biotechnology of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.) as a valuable medicinal plant and multipurpose. *Journal of Medicinal Plants*, ۱۰ (۳۷): ۶-۲۴.
- Miranda, M.T., Da Silva, S.F., Silveira, N.M., Pereira, L., Machado, E.C., Ribeiro, R.V. ۲۰۲۰. Root osmotic adjustment and stomatal control of leaf gas exchange are dependent on citrus rootstocks under water deficit. *J. Plant Growth Regul.* ۲۸۵, ۱-۹.
- Moghaddam, M., Omidbiagi, R., Naghavi, M.R. ۲۰۱۱. Evaluation of genetic diversity among Iranian accession of *Ocimum* spp. using AFLP markers. *Biochemical Systematic and Ecology* ۳۹: ۶۱۹-۶۲۶.
- Moradi kor, N., Moradi, K. ۲۰۱۳. Physiological and pharmaceutical effects of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a multipurpose and valuable medicinal plant. *Global Journal of Medicinal Plant Reseach*, ۱: ۱۹۹-۲۰۶.
- Naya, L., Ladrera, R., Ramos, J., González, E.M., Arrese-Igor, C., Minchin, F.R., Becana, M. ۲۰۰۷. The response of carbon metabolism and antioxidant defenses of alfalfa nodules to drought stress and to the subsequent recovery of plants. *Plant Physiology*, ۱۴۴(۲): ۱۱۰۴-۱۱۱۴.

- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.S.P. ۲۰۱۴. Response of plants to water stress. *Front. Plant Sci.* ۵, ۸۶
- Pinheiro, H.A., DaMatta, F.M., Chaves, A.R., Fontes, E.P., Loureiro, M.E. ۲۰۰۴. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. *Plant science*, ۱۶۷(۶): ۱۳۰۷-۱۳۱۴.
- Prakash, V., Singh, V.P., Tripathi, D.K., Sharma, S., Corpas, F.J. ۲۰۱۹. Crosstalk between nitric oxide (NO) and abscisic acid (ABA) signalling molecules in higher plants. *Environ. Exp. Bot.*, ۱۶۱, ۴۱-۴۹
- Ruehr, N.K., Grote, R., Mayr, S., Arneth, A. ۲۰۱۹. Beyond the extreme: Recovery of carbon and water relations in woody plants following heat and drought stress. *Tree Physiol.* ۳۹, ۱۲۸۵-۱۲۹۹
- Taiz, L., Zeiger, E. ۲۰۰۳. *Plant Physiology*. ۳rd edn. *Annals of Botany*, ۹۱(۶): ۷۵۰-۷۵۱.
- Torabi Giglou, M., Heydarnajad Giglou, R., Esmaeilpour, B., Azarmi, R. ۲۰۲۰. Effect of different concentrations of kitoplas growth stimulator on morphological characteristics and essential oil in peppermint plant under low irrigation stress', *journal of agricultural science and sustainable production*, ۳۰(۳), pp. ۱۶۹-۱۸۴.
- Torabi Giglou, M., Heydarnajad Giglou, R., Azarmi, R., Salimi, G., Maleki Lajayer, H., Mokhtari, A. M., Bagherian, M. ۲۰۲۳. 'Effects of kitoplus and chitosan coated iron nano-oxide on morpho-physiological properties of peppermint under drought stress', *Journal of Vegetables Sciences*, ۶(۲), pp. ۱۳۵-۱۴۶. doi: ۱۰,۲۲۰۳۴/iuvs.۲۰۲۲,۵۴۶۸۹۶,۱۱۹۶
- Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Kim, K.Y., Deng, X.P. and Kwak, S.S. ۲۰۰۹. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, ۴۷(۷): ۵۷۰-۵۷۷.

## Investigating the effects of GABA on the growth and quantitative and qualitative yield of fenugreek under water stress conditions

Reza Elhami<sup>۱</sup>, Mousa Torabi Giglou<sup>۲</sup>, Hassan Mahdavia<sup>۳</sup>, Rasoul Heydarnajad Giglou<sup>۴</sup>, Sara Ghahramanzadeh<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> MSc. student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>۲</sup> Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>۳</sup> Department of Medicinal Plants, Shahid Bakeri Higher Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia.

<sup>۴</sup> PhD, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>۵</sup> MSc., Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

### Abstract

**Introduction.** One of the most important climatic factors that affects the distribution of plants around the world and can cause morphological, physiological and biochemical changes in the plant is the lack of water available to the plant. Water stress is actually one of the most important environmental stresses that can severely affect plant growth and performance. The mechanism of resistance to drought stress, in turn, differs among plant species. Therefore, plants have the ability to reduce the use of their resources and regulate their growth to cope with adverse environmental conditions such as drought. Stomatal regulation of plants through increasing ion transport, and abscisic acid signaling is also in the molecular mechanisms of plant response to drought stress. It is involved. One of the most efficient mechanisms of plants when faced with water stress is the osmotic regulation mechanism that occurs in plants in order to maintain turgescence and cell swelling. Considering that the effect of GABA in inducing resistance to all kinds of stresses in plants is significant and the research in this field is increasing in the world, but this research in Iran is still in its initial stages. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the effects of GABA on the quantitative and qualitative growth and yield of basil and fenugreek under water stress conditions.

**Methodology.** This research was carried out as a field and as a factorial experiment in the form of a randomized complete block design with three replications. For this purpose, ۲۷ x ۱,۵ meter plots were prepared for each plant. ۵ rows were placed in each plot and ۷ seeds were placed in each row. After sufficient initial growth and seedling establishment, the first stage of GABA spraying (۰, ۱ and ۲ mg/liter) was done. After about a week passed from the first phase of foliar spraying, water scarcity stress (irrigation at ۱۰۰% (control), ۷۵% and ۵۰% of the agricultural capacity of the field) was applied. The irrigation method applied in this research was closed-end irrigation, where water was provided to the roots using the plots created in the field and inside the experimental plots. Water entered the experimental plots through a ۱-inch hose from the irrigation piping of Miandoab University. Irrigation treatment at three irrigation levels up to ۱۰۰% of crop capacity as a control treatment. Irrigation of the land was applied until reaching ۷۵% of the agricultural capacity and irrigation up to ۵۰% of the agricultural capacity. Before each irrigation, the soil moisture was read using a hygrometer at a depth of ۳۰ cm. According to the average amount of water required for irrigation control treatments, the volume of water for other treatments was determined by considering ۷۵% and ۵۰% reduction. Two weeks after the last stage of foliar spraying with GABA treatment at concentrations of ۰, ۱ and ۲ mg/liter, morphological characteristics such as the number of side branches, plant length, pod length, pod diameter, pod number and seed number per plant and the quantitative and qualitative yield of fenugreek was measured.

Chlorophyll and carotenoids were measured using the method (Arnon, ۱۹۴۹). To measure the amount of chlorophyll and carotenoids, ۰,۲ g of the fresh leaves of the plant were ground in a Chinese mortar

containing ۲ mL of ۸۰% acetone, so that the chlorophyll enters the acetone solution, and then about ۲ mL of the extract the obtained acetone was removed. The obtained acetone extract solution was centrifuged for ۱۰ minutes at ۴۰۰۰ revolutions and then the optical absorption of the supernatant solution was read at wavelengths of ۴۷۰, ۶۴۶ and ۶۶۳ by a spectrophotometer. Folin Ciocalto reagent was used to measure total phenol compounds (Slinkard and Singleton, ۱۹۹۷). To perform this test, two mL of Fulin Ciocalto reagent was added to ۴۰۰  $\mu$ L of the diluted extract, after five minutes, ۱,۶ mL of ۷۰ g.L<sup>-1</sup> sodium carbonate solution was added to it. After half an hour, the absorbance value of the mixture at ۷۶۰ nm wavelength was read by a spectrophotometer in front of the blank. Different concentrations of calic acid were used to draw a standard curve. A spectrophotometer was used to measure flavonoids using the method of Krizek et al. (۱۹۹۸). The method of Miloskos et al. was used to measure the total antioxidant. At the end, the data obtained from this experiment were analyzed with SAS ۹,۱ statistical software and the averages were compared using Duncan's test at the probability level of ۰%. Also, the graphs were drawn using Excel software.

**Results:** The results of the study showed that the morphological and physiological characteristics of the chamomile plants were directly affected by irrigation stress. The use of GABA foliar spray helped mitigate the effects of irrigation stress on the studied plant. As an additional result, the use of the GABA foliar spray treatment with a concentration of ۲ milligrams per liter under irrigation stress conditions led to an increase in the content of phenols, flavonoids, and total sugar content.

**Conclusion.** The results of the research showed that the morphological and functional characteristics of fenugreek plants are directly affected by irrigation stress, and the use of GABA foliar application moderates the effects of irrigation stress in studied plants. One of the reasons for the decrease in the number of seeds in the pod can be related to insufficient photosynthesis and the production of the necessary materials for the growth of all the seeds due to water stress, which ultimately causes a smaller number of seeds to grow in the pod. As an additional result, the use of GABA foliar spray treatment with a concentration of ۲ mg.L<sup>-1</sup> under irrigation stress conditions has increased the content of phenol, flavonoid and total sugar.

**Keywords:** Fenugreek; GABA; Morphological characteristics; Water stress.