

مقاله علمی - پژوهشی

# بررسی تاثیر طیف‌های نوری بر برخی شاخص‌های رشد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه بابونه گیلانی

فرنوش سلطانی<sup>۱</sup>، حلیمه حسن پور<sup>۲\*</sup> و ملک حکمتی خطبه‌سرا<sup>۳</sup>

۱- گروه شیمی دارویی، دانشکده شیمی دارویی، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- گروه شیمی آلی، دانشکده شیمی دارویی، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*hassanpour@ari.ac.ir

طیف‌های نوری LED، منابع نوری مناسب برای تحقیقات گیاهان در ایستگاه بین‌المللی فضایی و سیستم پشتیبان حیات هستند. در پژوهش حاضر تاثیر طیف‌های مختلف نوری بر برخی پارامترهای رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه بابونه گیلانی مورد بررسی قرار گرفت. گیاهچه‌ها با محلول ۱/۲ هوکلند آبیاری شده و تحت طیف‌های مختلف نوری سفید، قرمز-آبی و قرمز دور قرار گرفتند. گیاهچه‌ها پس از گذشت ۴ هفته برداشت شده و تحت آنالیزهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری  $P \leq 0.05$  مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که طیف نوری قرمز-آبی سبب افزایش وزن تر، وزن خشک، محتوای نسبی آب و طول ریشه در مقایسه با سایر طیف‌های نوری شد. محتوای پراکسید هیدروژن تفاوت معنی‌داری را در بین طیف‌های مختلف نشان نداد و بیشترین فعالیت جاروب‌کنندگی رادیکال‌های DPPH، محتوای فنل و فلاونوئید کل در طیف نوری سفید مشاهده شد. همچنین، گیاهچه‌های تیمار شده با نور قرمز-دور، بیشترین طول ساقه را نشان دادند. به نظر می‌رسد کاهش رشد تحت نور سفید در ارتباط با انتقال منبع کربن و انرژی برای بیوسنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدان در گیاه بابونه گیلانی باشد.

واژه‌های کلیدی: بابونه گیلانی، طیف نوری، رشد، DPPH، پراکسید هیدروژن

## مقدمه

گیاه بابونه گیلانی متعلق به تیره کاسنیان<sup>۴</sup> و جنس آنتیمیس<sup>۵</sup> است. این جنس در جهان دارای ۲۱۰ گونه می‌باشد و در سراسر اروپا، جنوب غربی آسیا و آفریقا گسترش دارد [۴-۱]. در ایران، این گیاه در مازندران (سنگ ده)، گیلان، اطراف تهران و کاشان بصورت خودرو رویش دارد. گیاه بابونه در صنایع غذایی، داروسازی و صنایع آرایشی - بهداشتی کاربرد فراوانی دارد و در طب سنتی، از این گیاه

## علائم و اختصارات

<i>Anthemis gilanica</i> Bornm. & Gauba	گیاه بابونه گیلانی
Light Emitted Diode (LED)	دیودهای پخش کننده نور
Relative Water Content (RWC)	محتوای نسبی آب
Turgor Weight(TW)	وزن اشباع

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد

۲. استادیار (نویسنده مخاطب)

۳. استادیار

4. Asteraceae

5. Anthemis

قرمز و آبی موجب تحریک گیرنده‌های نوری نظیر فیتوکرومها، کریپتوکرومها و فتوتروپین‌ها می‌شود در نتیجه فعالیت فتوسنتزی گیاهان بیشتر از زمانی می‌گردد که نور آبی یا قرمز تک رنگ به آنها تابیده می‌شود [۱۵]. در گیاه نعنا فلفلی استفاده از نور LED سبب افزایش ۴ برابری درصد تولید اسانس نسبت به شرایط مزرعه شد [۱۶]. افزایش تولید متابولیت ثانوی در پاسخ به نور LED نیز مشاهده شده است [۱۷]. تاکنون مطالعه‌ای در ارتباط با تاثیر طیف‌های نوری بر شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی گیاه بابونه گیلانی انجام نشده است، بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر طیف‌های نوری بر پارامترهای رشد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه بابونه گیلانی می‌باشد.

## روش کار

### کشت بذره‌های بابونه گیلانی

بذره‌های بابونه گیلانی در تابستان ۱۳۹۷ از نواحی رحیم‌آباد رودسر در استان گیلان جمع‌آوری شده و در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشگاه آزاد واحد علوم دارویی با وچر نامبر 1603\_AUPF و نام علمی *Anthemis gilanica* Bornm. and Gauba شناسایی شد. بذرها (۲۰۰ عدد) پس از خیساندن در آب مقطر در مخلوط پیت و پرلیت کشت شدند.

### اعمال تیمار طیف نوری

پس از دو هفته، بذر گیاهچه‌های حاصل در گلدان‌های مجزا حاوی پرلیت کشت شدند و تحت تیمار طیف‌های نوری سفید با شدت ۳۰۰ میکرو مول فوتون بر متر مربع بر ثانیه، قرمز دور و قرمز-آبی (به نسبت ۷۰ به ۳۰) با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. گیاهچه‌ها با محیط ۱/۲ هوگلد آبپاری شدند و در اتاق کشت دمای  $25 \pm 2$  درجه سانتیگراد و رطوبت ۵۴ درصد قرار گرفتند. گیاهچه‌ها پس از ۴ هفته برای آنالیزهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برداشت شدند.

### ارزیابی وزن تر و وزن خشک گیاه

به منظور اندازه‌گیری وزن تر، گیاهچه‌های هر تیمار بلافاصله پس از خروج از گلدان و شستشوی ریشه توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک نیز گیاهچه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آن ۴۵ درجه سانتیگراد و تاریکی قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها محاسبه شد.

### ارزیابی محتوای نسبی آب (RWC)

جهت محاسبه محتوای نسبی آب برگ، وزن تر نمونه‌های برگی بلافاصله پس از برداشت اندازه‌گیری شد. سپس برای اندازه‌گیری

برای تهیه داروهای ضد اسپاسم، ضدالتهاب و ضدباکتری استفاده می‌گردد [۵]. گیاهان جنس آنتمیس حاوی ترپنوئید، ترکیبات فنلیک، فلاونوئید و فلاون بوده و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی است [۴]. بررسی اندام‌های مختلف ریشه، برگ و گل گیاه *A. cretica* نشان داد که بیشترین مقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت جاروب‌کنندگی رادیکال‌های آزاد است [۶]. اثر اسانس بابونه بر لاین سلول سرطانی نشان داده است که این گیاه موجب فعال شدن مکانیسمی برای ممانعت از رشد سلول‌های سرطانی می‌گردد [۵].

گیاهان همانند سایر موجودات زنده در معرض تنش‌های زیستی و غیر زیستی قرار دارند. نور از جمله تنش‌های غیرزیستی بوده که می‌تواند بر رشد و نمو گیاه تاثیر گذارد. نور در فتوسنتز گیاه نقش دارد و تغییر طیف نوری می‌تواند رشد را تغییر دهد. مطالعه طیف‌های نوری یکی از موضوعات جالب برای افزایش تولید محصول می‌باشد. در تحقیقات فضایی نیز مطالعات مختلفی روی طیف‌های نوری انجام شده است و هدف از این دسته مطالعات تامین منابع نوری مناسب برای کشت گیاهان در فضا است [۷].

اخیراً استفاده از دیودهای پخش‌کننده نور (LED) جایگزین منابع سنتی نور شده است. نورهای LED دارای مزیت‌هایی از جمله راندمان بالای تبدیل انرژی، حجم کم، طول عمر زیاد، طول موج‌های ویژه، شدت و کیفیت قابل تنظیم نوری هستند. در ماژول‌های ارسال نمونه گیاهی به فضا، از نورهای LED که دارای طیف‌های مختلف نوری است استفاده می‌گردد. همچنین هنگام استفاده در سیستم بسته پشتیبان حیات و ماژول‌های ارسال نمونه گیاهی، گرمای کمی ایجاد نموده و منبع انرژی مورد نیاز برای کشت را فراهم می‌نمایند [۸]. از طرفی نور LED مقرون به صرفه بوده و حمل این منبع نوری به فضا نیاز به هزینه کمتری نسبت به نورهای دیگر دارد. تحقیقات متعددی در ارتباط با تاثیر این نورها بر گیاهان انجام شده است. طیف نوری قرمز و آبی کارایی بیشتری در فتوسنتز نسبت به نور سبز دارند [۹، ۱۰]. گوتو و همکارانش با بررسی روی برگ‌های انگور (*Vitis vinifera*) تحت طیف‌های مختلف نوری نشان دادند که بالاترین میزان فتوسنتز ناخالص تحت نور قرمز به دست می‌آید [۱۱]. گیاهانی که ترکیب قرمز-آبی و قرمز-سبز دریافت می‌کنند نسبت به تیمارهای نوری سبز-آبی، تعداد برگ و وزن خشک بیشتری دارند [۱۲]. راندمان بالای نور قرمز در رشد گیاهان به این دلیل است که طول موج نور قرمز با پیک جذب کلروفیل‌ها و فیتوکرومها متناسب است. بنابراین نور قرمز موثرترین نور در بین نورهای مکمل موجود می‌باشد [۱۳]. ترکیب نور قرمز و آبی نسبت به نور قرمز تک رنگ، کارایی بیشتری در رشد گیاهان دارد. در نور قرمز تک رنگ هیپوکوتیل‌ها و لپه‌ها طویل می‌شود [۱۴]. ترکیب

### فنل کل

برای اندازه‌گیری محتوای فنل کل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره گیاه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم (۲٪)، ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالچو<sup>۷</sup> (۵۰٪) اضافه شد. بعد از گذشت نیم ساعت جذب آنها در طول موج ۷۲۰ نانومتر نسبت به شاهد ثبت گردید. اسید گالیک به عنوان استاندارد برای رسم منحنی استاندارد بکار رفت. محتوای فنل کل عصاره‌ها بر اساس میکروگرم معادل اسید گالیک بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد [۲۱].

### فلاونوئید کل

میزان فلاونوئید کل به روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم با استفاده از روتین به عنوان استاندارد تعیین شد. ابتدا محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ۰.۰۱، ۰.۰۵، ۰.۰۷، ۰.۱ و ۰.۲ از محلول روتین در متانول تهیه و منحنی استاندارد مربوطه رسم گردید. سپس یک میلی‌لیتر از محلول عصاره با دو میلی‌لیتر از محلول آلومینیوم کلراید ۲ درصد، شش میلی‌لیتر استات سدیم ۵٪، و یک میلی‌لیتر حلال استخراج مخلوط شد. پس از مدت زمان ۳۰ دقیقه در دمای اتاق، جذب مخلوط حاصل در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت فلاونوئیدها بر حسب میکروگرم روتین در گرم وزن خشک گزارش شد [۲۲].

### آنالیز آماری

پردازش اطلاعات به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS 18.0 و آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری ۰/۰۵  $\geq P$  صورت گرفت و اختلاف آماری میانگین‌ها با چهار تکرار برای هر تیمار محاسبه گردید. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

### نتایج

#### وزن تر و وزن خشک تحت طیف‌های مختلف نوری

وزن تر و خشک گیاه در طیف‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد (شکل B و ۱A). بیشترین و کمترین وزن تر و خشک به ترتیب در تیمارهای قرمز-آبی و سفید مشاهده شد. تیمار قرمز-آبی به ترتیب سبب افزایش ۸۸/۴ و ۷۶/۷ درصدی وزن تر و خشک نسبت به نور سفید شد. نتایج نشان داد که طیف نوری قرمز-آبی کارایی بیشتری برای رشد گیاه بابونه گیلانی دارد.

وزن اشباع (TW) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در تاریکی و در آب مقطر غوطه‌ور شدند. پس از اندازه‌گیری وزن اشباع نمونه‌ها در دمای اتاق تا زمان خشک شدن قرار گرفتند [۱۸].

محتوای نسبی آب (RWC) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC (\%) = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

وزن اشباع = TW = وزن خشک، DW = وزن تر، FW =

### اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه

اجزای گیاهچه‌ها پس از برداشت به طور کامل و با دقت، در زمانی کوتاه به منظور این که آب بافت‌ها تبخیر نشود، از هم جدا گردید. سپس طول ساقه و ریشه‌ها به صورت مجزا با مقیاس سانتی متر اندازه‌گیری شد.

### سنجش میزان پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

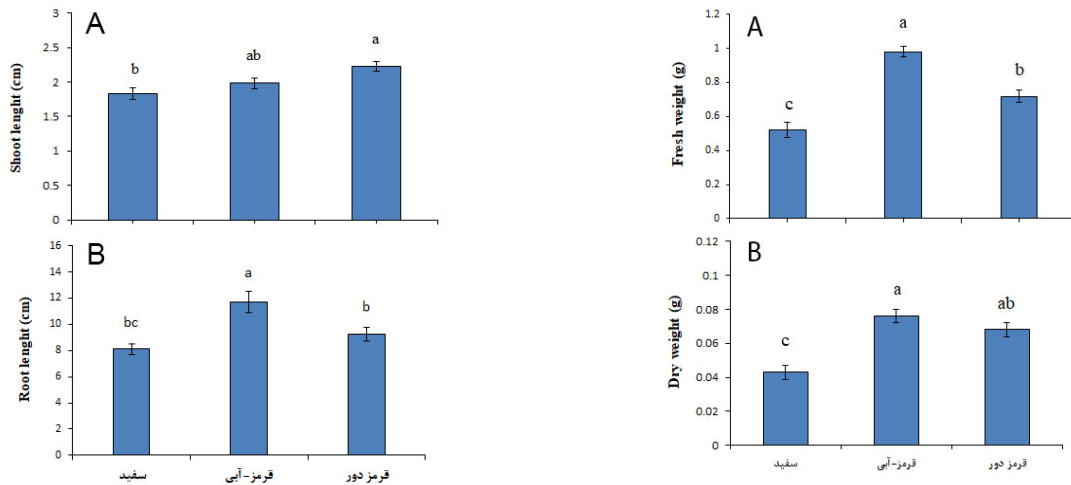
یک گرم بافت تر در حمام یخ با ۵ میلی‌لیتر TCA ۰/۱٪ (W/V) هموژنیزه شده، سپس با سرعت ۱۲۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه ساتریفیوژ گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول روشنار به ۰/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۱۰ میلی‌مولار با pH 7 و ۱ میلی‌لیتر پتاسیم یدید ۱ مولار اضافه و بعد جذب آن در ۳۹۰ نانومتر با استفاده از منحنی استاندارد که با استفاده از پراکسید هیدروژن رسم شده بود، خوانده شد [۱۹].

### فعالیت جاروب‌کنندگی رادیکال DPPH

ارزیابی فعالیت مهار رادیکال آزاد با ۲، ۳-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) صورت گرفت. برای این منظور، ۰/۴ گرم از پودر خشک برگ در متانول ۸۰٪ هموژن شد و سپس در ۳۵۰۰ دور برای ۵ دقیقه ساتریفیوژ گردید. محلول روشنار جمع‌آوری شد و برای سنجش فعالیت DPPH از آن استفاده شد. ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی از تیمارهای مختلف به یک میلی‌لیتر از محلول متانولی DPPH با غلظت یک میلی‌مولار معادل ۰/۳۹۴ میلی‌گرم افزوده شد و مخلوط حاصله به شدت همزده شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. سپس جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. در نهایت درصد مهار رادیکال‌های DPPH توسط عصاره با فرمول زیر محاسبه گردید.

$$= (Ac - As) / Ac \times 100 = \text{درصد مهار رادیکال آزاد}$$

در این رابطه Ac و As به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه می‌باشند [۲۰].

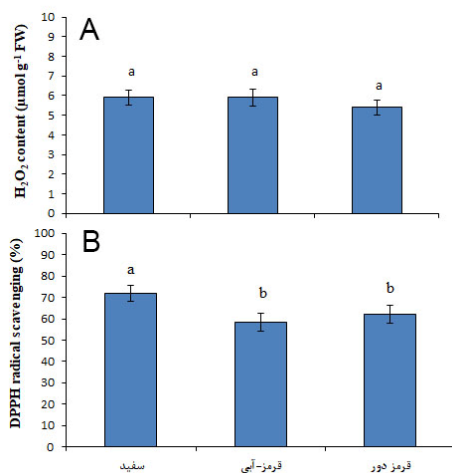


شکل ۱- اثر طیف‌های مختلف نوری بر وزن تر (A) و خشک (B) کل گیاه بابونه گیلانی حروف نامشابه بیانگر معنی داری در سطح  $P \leq 0.05$  است.

شکل ۳- اثر طیف‌های مختلف نوری بر طول ساقه (A) و طول ریشه (B) گیاه بابونه گیلانی. حروف نامشابه بیانگر معنی داری در سطح  $P \leq 0.05$  است.

### سطح $H_2O_2$ و فعالیت جاروب‌کنندگی رادیکال DPPH تحت طیف‌های مختلف نوری

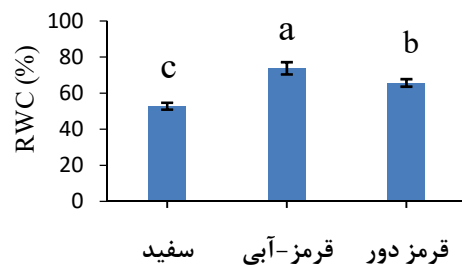
بین تیمارهای مختلف طیف‌های نوری اختلاف معنی‌داری از نظر تجمع  $H_2O_2$  مشاهده نشد. طیف نوری سفید بیشترین و قرمز-آبی کمترین تجمع  $H_2O_2$  را نشان داد. تاثیر طیف‌های نوری بر فعالیت جاروب‌کنندگی رادیکال DPPH در شکل ۴ نمایش داده شده است. نور سفید در بین طیف‌های نوری دارای بیشترین فعالیت DPPH بوده و ظرفیت پاک‌کنندگی رادیکال‌های آزاد معادل ۷۱ درصد را نشان داد. افزایش فعالیت DPPH در گیاهچه‌های تیمار شده با نور سفید می‌تواند در ارتباط با تحریک تجمع متابولیت‌های ثانویه در این طیف نوری باشد.



شکل ۴- اثر طیف‌های نوری بر مقدار  $H_2O_2$  و فعالیت جاروب‌کنندگی DPPH گیاه بابونه گیلانی تحت طیف‌های مختلف نوری. حروف نامشابه بیانگر معنی داری در سطح  $P \leq 0.05$  است.

### محتوای نسبی آب (RWC) تحت طیف‌های مختلف نوری

محتوای RWC به عنوان معیار خوبی برای نمایش حالت آبی برگ برای پتانسیل تورژسانس می‌باشد. مقدار RWC در طیف‌های مختلف نظیر نمودار رشد، تفاوت معنی‌داری را نشان داد. طیف‌های نوری سفید، قرمز-آبی و قرمز دور به ترتیب ۵۳/۴، ۷۳/۸ و ۶۶/۵ درصد RWC را نشان دادند. بیشترین مقدار RWC در طیف نوری قرمز-آبی مشاهده شد که افزایشی برابر با ۳۹/۷ درصد را نسبت به طیف سفید نشان داد.



شکل ۲- اثر طیف‌های مختلف نوری بر محتوای نسبی آب گیاه بابونه گیلانی. حروف نامشابه بیانگر معنی داری در سطح  $P \leq 0.05$  است.

### طول اندام هوایی و ریشه تحت طیف‌های مختلف نوری

طول ساقه و ریشه تغییر معنی‌داری را تحت طیف‌های مختلف نوری نشان دادند. گیاهچه‌ها تحت طیف نوری قرمز دور بیشترین طول ساقه (۲/۲۳ سانتی متر) و در طیف نوری قرمز-آبی (۱۱/۷ سانتی متر) بیشترین طول ریشه را نشان دادند (شکل ۳). نتایج نشان داد که نور قرمز دور به عنوان طیف موثر برای القای طول ساقه می‌باشد.

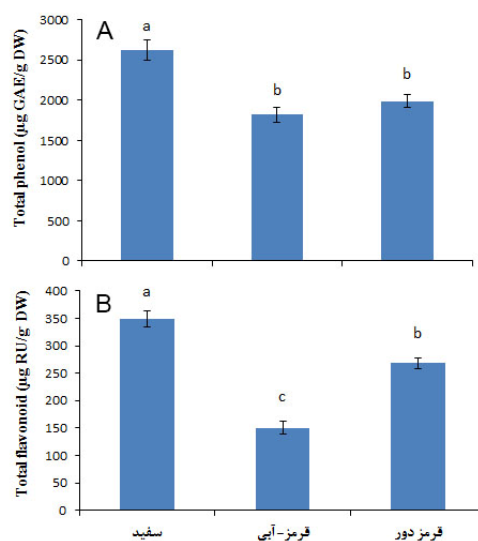
کنونی از جمله <sup>A</sup>ABRS، <sup>A</sup>PEU و <sup>A</sup>VEGGIE بهینه‌سازی رشد گیاهان اهمیت داشته و از طیف‌های نوری مختلف LED از جمله قرمز، آبی و سبز استفاده می‌شود [۲۳]. کامل شدن چرخه زندگی گیاه در این ماژول‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است و نیاز به مطالعات بیشتر در ارتباط با تاثیر شرایط محیطی از جمله طیف‌های نوری بر رشد گیاهان می‌باشد. در این مطالعه، تاثیر طیف‌های نوری از جمله سفید، قرمز-آبی و قرمز دور بر برخی شاخص‌های رشد در گیاه بابونه گیلانی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج پژوهش نشان داد که طیف نوری قرمز-آبی منجر به افزایش بیشتر وزن تر، وزن خشک، محتوای نسبی آب و طول ریشه نسبت به دیگر طیف‌های نوری شد (شکل ۱، ۲ و ۳). به نظر می‌رسد طیف قرمز-آبی تاثیر بیشتری بر کارایی فتوسنتزی گیاه بابونه گیلانی از طریق تحریک دستگاه فتوسنتزی داشته باشد و بهینه رشد در طیف قرمز-آبی مشاهده شد. کارایی فتوسنتز در طیف‌های مختلف نوری متفاوت است، بطوریکه بررسی جذب فوتونی رنگیزه‌ها نشان داد که نور قرمز و آبی بیشترین جذب نوری را در فتوسنتز به عهده دارند و عملکرد فوتونی نور قرمز و آبی برای رشد گیاهان اهمیت دارد [۲۴].

مطالعه گیاه کاهو تحت نورهای مختلف LED، نشان دادند که وزن تر گیاه در ترکیب نورهای قرمز و آبی بیشتر از سایر تیمارها بود [۲۵]. احمدی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که نور LED قرمز سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد ساقه، برگ و ارتفاع ساقه گیاهچه‌های بادرنجبویه نسبت به نور آبی شد و راندمان بالای رشد در نور قرمز در ارتباط با پیک جذب کلروفیل و فیتوکرومها است [۱۳]. از طرفی نشان داده‌اند که نور قرمز برای نمو دستگاه فتوسنتزی و فتوسنتز و همچنین نور آبی برای سنتز کلروفیل، کلروپلاست، باز شدن روزنه‌ها و فتومورفوژن مورد نیاز است [۲۶]. نور قرمز تک رنگ سبب تحریک تولید شدن هیپوکوتیل و لپه‌ها می‌شود [۱۴]. نور آبی هم نسبت کلروفیل a/b را افزایش می‌دهد و روی فتومورفوژن گیاه تاثیر دارد. همچنین سبب تحریک باز شدن روزنه‌ها می‌گردد. طول ساقه، میان‌گره و تعداد برگ گیاهچه‌های انگور رشد یافته در نور LED قرمز در مقایسه با LED آبی بالاتر بود [۲۵ و ۲۷]. ترکیب نور قرمز و آبی نسبت به نور قرمز تک رنگ، کارایی بیشتری در رشد گیاه دارد و سبب تحریک گیرنده‌های نوری می‌گردد [۱۵].

ارتفاع ریشه در گیاه بابونه گیلانی تحت نور قرمز-آبی نسبت به نور سفید افزایش یافت و بیشترین طول ساقه تحت طیف نوری قرمز دور مشاهده شد. بنظر می‌رسد با توجه به تفاوت دامنه‌های طول موج

## محتوای فنل و فلاونوئید کل تحت طیف‌های مختلف نوری

طیف‌های مختلف نوری اختلاف معنی‌داری را از نظر محتوای فنل و فلاونوئید کل نشان دادند. طیف نوری سفید بیشترین محتوای فنل و فلاونوئید را نسبت به سایر طیف‌های نوری نشان داد و کمترین محتوای فنل و فلاونوئید نیز در طیف نوری قرمز-آبی مشاهده شد (شکل ۵). طیف نوری سفید به ترتیب سبب افزایش ۳۰/۴۴ و ۵۶/۸۱ درصدی محتوای فنل و فلاونوئید نسبت به طیف نوری قرمز-آبی شد.



شکل ۵- اثر طیف‌های نوری بر محتوای فنل (A) و فلاونوئید (B) گیاه بابونه گیلانی تحت طیف‌های مختلف نوری. حروف نامشابه بیانگر معنی‌داری در سطح  $P \leq 0.05$  است.

## بحث

رشد و نمو گیاهان تحت تاثیر شرایط مختلف محیطی از جمله دما، آب، شدت نور و منبع نور قرار می‌گیرد. گیاهان از نور به عنوان منبع انرژی برای فتوسنتز استفاده می‌نمایند. نور توسط گیرنده‌های نوری از جمله فیتوکرومها، کریپتوکرومها و فیتوتروپین‌ها دریافت می‌شود و سبب تحریک تعداد زیادی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی در گیاه می‌گردد. اخیراً توجه زیادی به تاثیر طیف‌های نوری برای بهینه‌سازی محصولات گیاهی به خصوص در تحقیقات فضای بسته است و می‌تواند تاثیر زیادی بر رشد و نمو گیاهان داشته باشد [۱۳].

تحقیقات رشد گیاهان در فضا به عنوان یکی از بخش‌های مهم برنامه‌های ایستگاه بین‌المللی فضای است. در ماژول‌های رشد اولیه بیشتر روی تاثیر شرایط محیط فضا (میکروگروایتی، تشعشعات و ...) بر رشد گیاهان و همچنین توسعه تکنولوژی مرتبط برای رشد گیاه در محیط کنترل شده متمرکز شده بود. اما در ماژول‌های رشد

هیدروفلاون-۴-دوکتاز همراه است [۳۱]. نتایج این پژوهش نشان داد که در گیاه بابونه گیلانی، نور سفید بیشتر از نور قرمز-آبی می‌تواند در فعال‌سازی آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه عمل نماید و می‌توان از آن برای افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه استفاده نمود. از طرفی بین رشد و محتوای آنتی‌اکسیدانی یک رابطه منفی مشاهده شد، بطوری‌که گیاهچه‌های تیمار شده با نور سفید، بیشترین محتوای متابولیت و کمترین مقدار رشد را نشان دادند. بنابراین بنظر می‌رسد در شرایط طیف نوری سفید، بیشتر انرژی گیاه صرف سنتز متابولیت‌های ثانویه می‌شود.

همچنین نشان داده است که نور LED می‌تواند منجر به تحریک افزایش سنتز ترکیبات فعال زیستی نظیر ویتامین C، توکوفرول و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شود [۳۲ و ۳۳]. بطوریکه محتوای فلاونوئیدها در جوانه گندم پس از تابش نور LED، افزایش قابل توجهی یافت [۳۴ و ۳۵]. در گیاه کاهو طیف ترکیبی آبی و قرمز منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد [۲۸ و ۳۶]. در این پژوهش بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طیف نوری سفید مشاهده شد. افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند در ارتباط با تجمع ترکیبات متابولیت‌های ثانویه تحت نور سفید و افزایش فعالیت آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی باشد. متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند و نقش مهمی را در جاروب کردن رادیکال‌های آزاد دارند [۳۶]. در این پژوهش اختلاف معنی‌داری از نظر ترکیبات ROS بین تیمارها مشاهده نشد، ولی تیمار نور سفید بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. بنظر می‌رسد تیمار نور سفید با تحریک تجمع متابولیت‌های ثانویه سبب جاروب نمودن رادیکال‌های آزاد شده است.

## نتیجه‌گیری

گیاه بابونه گیلانی پاسخ‌های متفاوتی را به طیف‌های مختلف نوری از نظر رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد. بیشترین میزان رشد از نظر شاخص‌های وزن تر و خشک، طول ریشه و محتوای نسبی آب در طیف قرمز-آبی مشاهده شد. طیف نوری سفید ماکزیمم فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای فنل و فلاونوئیدی را نشان داد، ولی از نظر تجمع رادیکال‌های آزاد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. بیشترین طول ساقه نیز در گیاهچه‌های تیمار شده با طیف نور قرمز دور مشاهده شد. بنابراین طیف نور قرمز-آبی می‌تواند به عنوان طیف نوری مناسب برای کشت گیاه بابونه گیلانی معرفی گردد. از طرفی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت نور سفید

LED استفاده شده در این تحقیق (LED سفید با طول موج ۳۶۰-۷۶۰ نانومتر، LED قرمز با طول موج ۶۶۵ نانومتر و آبی با طول موج ۴۵۰ نانومتر با نسبت ۷۰:۳۰، قرمز دور با طول موج ۷۴۰ نانومتر)، طول موج قرمز بالا در افزایش طول ساقه نقش دارد. در گیاهچه‌های بادرنجبویه نشان دادند که ارتفاع ساقه در نور آبی نسبت به قرمز بطور معنی‌داری کاهش یافت [۲۶]. افزایش طول ساقه می‌تواند در ارتباط با سطح تنظیم کننده رشد جیبرلین‌ها باشد. Oh و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که نور سبب القای بیوسنتز جیبرلین از طریق تجزیه فاکتور رونویسی bHLH می‌شود. بنظر می‌رسد از بین طیف‌های اعمال شده در این تحقیق، طول موج قرمز دور می‌تواند در القای تنظیم کننده‌های رشد و طول ساقه نقش داشته باشد [۲۸].

طیف‌های مختلف نوری مشابه سایر تنش‌های محیطی سبب تحریک تجمع ترکیبات فعال اکسیژن (ROS) می‌شوند. بسته به نسبت تجمع ROS، این ترکیبات دارای اثرات دوگانه روی پاسخ‌های گیاهی هستند. در تراکم پایین، این ترکیبات به عنوان سیگنال برای تحریک سیستم‌های دفاعی عمل می‌نمایند، در حالیکه در غلظت‌های بالا سمی بوده و منجر به القای سیستم پراکسیداسیون لیپیدی در غشای سلولی، بازدارندگی نوری<sup>۱</sup> و آسیب اکسیداتیو ترکیبات سلولی می‌شوند [۲۹]. در این پژوهش طیف نوری سفید اختلاف معنی‌داری را از نظر تجمع H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> نشان نداد. کاهش رشد گیاهچه‌های بابونه گیلانی تحت طیف نور سفید می‌تواند در ارتباط انتقال منبع کربن و انرژی برای سنتز متابولیت‌های ثانویه باشد.

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی از جمله متابولیت‌های ثانویه آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند که محتوای آن‌ها می‌تواند تحت تاثیر تنش‌های محیطی تغییر یابد. نور یکی از عوامل محیطی مهم بوده که در افزایش ترکیبات زیستی فعال در گیاهان تاثیر دارد. نور با اثر بر آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه نظیر فنیل آلانین آمونیو لیاز (PAL) سبب تغییر محتوای متابولیت‌ها می‌شود (Azad و همکاران ۲۰۱۸). تاثیر طیف‌های نوری بر محتوای فنل و فلاونوئید گیاه بابونه گیلانی در شکل ۴ آمده است. نتایج نشان داد که گیاهچه‌های تیمار شده با طیف نوری سفید، بیشترین محتوای فنل و فلاونوئید کل و گیاهچه‌های تیمار شده با طیف قرمز-آبی کمترین محتوای این متابولیت‌ها را دارند. آزاد و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که نور LED آبی و سبز منجر به افزایش معنی‌دار محتوای فنل و فلاونوئید در مقایسه با نور فلورسنت شد [۳۰]. سفلاس-کسیل<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که نور آبی به عنوان منبع نوری مناسب برای سنتز ترکیبات فلاونوئیدی بوده که با تحریک بیان ژن‌های PAL، چالکون سنتاز و دی

می‌تواند در ارتباط با هدایت کربن و انرژی گیاه برای سنتز متابولیت‌های ثانویه و جاروب نمودن رادیکال‌های آزاد باشد. بنابراین می‌توان در مطالعات فضایی برای بالا بردن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه از طیف نوری سفید استفاده نمود.

## References

- [14] Mohammad, R., et al., "High performance of vegetables, flowers, and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production," *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 34, 2014, pp. 879–886.
- [15] Heydarizadeh, P., Zahedi, M. and Sabzalian, M.R., "The effect of LED light on growth, essential oil content and activity of antioxidant enzymes in Pepper Mint (*Menthapiperita* L.)," *Journal of Plant Process and Function*, Vol. 3, No. 8, 2014, pp. 13-24 (In Persian).
- [16] Ramakrishna, A. and Gokare, A. R., "Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants," *Plant Signaling & Behavior*, Vol. 6, No. 1, 2011, 1720-1731.
- [17] Weatherley, P. E., "Studies in the water relations of cotton plants, The field measurement of water deficit in leaves," *Journal New Phytologist*, Vol. 49, 1973, pp. 81–87.
- [18] Velikova, V., Yordanov, I., Edreva, A., "Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines," *Journal Plant Science*, Vol. 151, 2000, pp. 59–66.
- [19] Hassanpour, H., Niknam, V. and Haddadi, B. S., "High-frequency vibration improve callus growth via antioxidant enzymes induction," *Hyoscyamus kurdicus. Plant Cell Tissue Organ Culture*, Vol. 128, 2016, pp. 231–241.
- [20] Kim, H. H., et al., "Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue light-emitting diodes," *Hort Science*, Vol. 39, 2004, pp. 1617–1622.
- [21] Ashouri-Sheikhi, A., et al., "The effect of gamma irradiation on in vitro total phenolic content and antioxidant activity of *Ferulagummosa* Bioss *Journal of Medicinal Plant*, Vol. 15, No. 59, 2016, pp. 122-131.
- [22] Chang, C., et al., "Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods". *Food Drug Anal*, Vol. 10, 2002, pp. 178-82.
- [23] Yano, S., et al., "Improvements in and actual performance of the plant experiment unit onboard Kibo, the Japanese experiment module on the international space station". *Advances in Space Research*, Vol. 51, 2013, pp. 780–788.
- [24] Bayat, L., et al., "Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants," *AoB Plants*, Vol. 10, 2018, PP. 1-17.
- [25] Singh, D. and Basu, C. H., Meinhardt-Wollweber, M. and Roth, B., "LEDs for energy efficient greenhouse lighting". *Hannover Centre for Optical Technologies, Nienburger Str. 17*, 2014, Hannover, Germany.
- [26] Baroli, I., et al., "The contribution of photosynthesis to the redlight response of stomatal conductance," *Plant Physiology*, Vol. 146, 2008, pp. 737–747.
- [27] Ahmadi, T., Shabani L. and Sabzoliyan M, R., "Effects of LED light spectrum on growth and rosmarinic acid content in *Melissa officinalis* L.," *Journal of Plant Process and Function*, Vol. 6, No. 21, 2017, pp. 213-222 (In Persian).
- [28] Oh, E., et al., "Light activates the degradation of PIL5 protein to promote seed germination through gibberellin in *Arabidopsis*," *Plant Journal*, Vol. 47, No. 1, 2006, pp. 124-39.
- [29] Merati, M. J., et al., "Comparative effects of salt stress on growth and antioxidative responses in different organs of pennyroyal (*Menthapulegium* L.). *Journal Plant Research*, Vol. 28, No. 5, 2015, pp. 1097-1107.
- [1] Farzad, V. M. A., *Medicinal and aromatic plants*, Golami Press, 2008 (In Persian).
- [2] Fernandes, R., *Genus Anthemis L. In Flora Europaea*, Cambridge University Press, 1976.
- [3] Bremer, K. and Humphries, C.J., "Generic monograph of the Asteraceae-Anthemideae," *Bulletin of Natural History Musieum*, Vol. 23, 1993, pp. 71–177.
- [4] Bremer, K., *Asteraceae, Cladistics and Classification*, Portland, Oregon: Timber Press, 1994.
- [5] Bardaweel, S. K., Tawaha, K. H. A. and Hudaib, M. M., "Antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of *Anthemispalestina* essential oil," *BMC Complementary and Alternative Medicine*, Vol. 14, 2014, pp. 297.
- [6] Stojkovic, N., Stojkovic, M. and Marinkovic, M., "Polyphenol content and antioxidant activity of *Anthemis cretica* L. (Asteraceae)," *Oxidation Communications*, Vol. 37, No.1, 2014, pp. 237-246.
- [7] Massa, G. D., et al., "Development and testing of an efficient LED intracanopy lighting design for minimizing equivalent system mass in an advanced life support system," *Gravity Space Biology Bull*, Vol. 18, 2005, pp. 87-88.
- [8] Sager, J. C. and McFarlane, J. C., *Radiation. In: Plant Growth Chamber Handbook*. (Langhans, R. W. and Tibbitts, T.W., Eds.) Iowa State University: North Central Regional Research Publication No. 340, Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station Special Report, 1997.
- [9] Muneer, S., Kim, E. J., Park, J. S., and Lee, J. H., "Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.)," *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 15, No. 3, 2014, pp. 4657–4670.
- [10] Zheng, L. and Labeke, M. C. V., "Long-term effects of red- and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants," *Front Plant Science*, 2017, doi.org/10.3389/fpls.2017.00917.
- [11] Nishimura, T., et al., "Concentrations of perillaldehyde, limonene, and anthocyanin of perilla plants as affected by light quality under controlled environments," *Scientia Horticulturae*, Vol. 122, 2009, pp. 134–137.
- [12] Dou, H., Niu, G., Gu, M. and Masabni, J. G., "Effects of light quality on growth and phytonutrient accumulation of herbs under controlled environments," *Horticulture*, Vol. 3, 2017, pp. 36.
- [13] Darko, E., et al., "Photosynthesis under artificial light: The shift in primary and secondary metabolism," *philosophical Transactions of the Royal Society*, Vol. 3, 2014, 369.

- [34] Seo, J. M., "Phenylalanine and LED lights enhance phenolic compound production in Tartary buckwheat sprouts," *Food Chemistry*, Vol. 177, 2015, pp. 204–213.
- [35] Lee, S. W., et al., "Antonisamy P, Arasu M. V, Suzuki T, Al-Dhabi N. A, Kim S-J., "Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts," *Industrial Crops and Products*, Vol. 54, 2014, pp. 320–326.
- [36] Son, K. H. and Oh, M. M., "Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes," *Horticultural Science*, Vol. 48, 2013, pp. 988–995.
- [30] Azad, M. O. K., et al., "Effect of artificial LED light and FAR infrared irradiation on phenolic compound, isoflavones and antioxidant capacity in soybean (*Glycine max* L.) sprout". *Foods*, Vol. 7, 2018, pp. 1-10.
- [31] Cevallos-Casals, B. A. and Cisneros-Zevallos L., "Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species". *Food Chemistry*, Vol. 119, 2010, pp.1485–1490.
- [32] Wu, M. C., et al., "A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings," *Food Chemistry*, Vol. 101, 2007, pp. 1753–1758.
- [33] Shabrang, A., et al., "Induction of genetic variation by electromagnetic fields in *Zeamays* L. and *Brassicnapus* L. *Caryologia*, Vol. 68, No. 4, 2015, pp. 272-279.