تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰
۱۱۶۳-۱۱۷۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.908.1181

مقاله پژوهشی

تأثیر محرک‌های نوری و اشعه UV بر رشد رویشی و خصوصیات مورفولوژیکی گیاه *Artemisia aucheri* Boiss. در کشت آزمایشگاهی

زهره بختیاری[1*]، غلامرضا اصغری[2]، شکوفه انتشاری[3]، رسول سلطانی[4]

۱. دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهی، کارشناس آزمایشگاه فارماکوگنوزی دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. متخصص فارماکوگنوزی، عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
۳. دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران.
۴. متخصص فارماکوتراپی، عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۱۰

چکیده

عوامل اقلیمی بر رشد رویشی و مورفولوژیکی گیاهان تأثیرگذار هستند. نور از عوامل اقلیمی است و معمولاً بر خصوصیات ظاهری گیاهان تأثیر داشته که بر اساس میزان شدت نور و نوع گیاه متفاوت خواهد بود. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر نور با فرکانس‌های متفاوت، بر رشد رویشی گیاه *Artemisia aucheri* بود. جهت کشت از محیط کشت جامد موراشینگ واسکوگ بدون تنظیم‌کننده‌های رشد استفاده شد. محیط کشت‌ها در شرایط استریل، تحت دمای ۲۵±۲ و شرایط نوری متفاوت با تیمارهای مختلف بودند. شرایط نوری استفاده از تابش‌های نوری ۲۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ لوکس بود. تیمار اشعه UV با شدت ۳۲۰ نانومتر و تیمار تاریکی هم در نظر گرفته شد. برای تحلیل داده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۰ و برنامه Excel استفاده شد. با توجه به آنالیز آماری نتایج، بین وزن تر و خشک کلیه نمونه‌ها رابطه مستقیمی وجود داشت. از طرفی بیشترین میزان وزن تر و خشک گیاهچه‌ها، در تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس دیده شد. تأثیر این تیمار بر وزن گیاه با کلیه تیمارها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد و در تیمار تحت اشعه UV تغییرات ظاهری مختلفی دیده شد. نتایج نشان داد که بهترین شرایط نوری در این آزمایش تابش با شدت ۳۰۰۰ لوکس است که رشد طولی و رشد عرضی گیاه را بهبود بخشیده و حتی بر رشد ریشه‌ای تأثیر زیادی دارد. با افزایش شدت نور زمان رسیدن به حداکثر تراکم نیز کاهش یافت. از طرفی اشعه UV هم در شکل ظاهری گیاه و هم رشد ریشه‌ای و ساقه‌ای گیاه مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی*: اشعه UV، درمنه، مورفولوژی، نور، *Artemisia aucheri

مقدمه

صفات و خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان در علم طبقه‌بندی و سیستماتیک گیاهی تأثیر زیادی دارد، لذا بررسی این تغییرات با توجه به تأثیر عوامل اقلیمی اهمیت زیادی خواهد داشت. یکی از عوامل اقلیمی مهم و تأثیرگذار بر رشد گیاه، نور است. نور عبارت است از جریان ذراتی بی‌نهایت ریز به نام فوتون که با سرعتی معادل ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه از منبع نور تشعشع می‌کنند. درواقع نور یکی از عوامل غیرزنده اکوسیستم است که نقش مهمی در غذاسازی گیاهان دارد و معمولاً بر خصوصیات ظاهری و رشد طولی گیاهان بر اساس میزان شدت نور و نوع گیاه تأثیر دارد. نور مرئی (Visible light)، چهل‌وچهار (۴۴٪) از انرژی خورشیدی را شامل می‌شود و طول‌موج این اشعه از ۳۸۰ نانومتر الی ۷۵۰ نانومتر در تغییر است. پرتوهای ایکس نیز امواجی الکترومغناطیس هستند. سرعت حرکت این امواج برابر سرعت حرکت نور است (Thornley, 2002).

* نگارنده پاسخگو: زهره بختیاری. پست الکترونیک: donyaelina@gmail.com

علاوه برشدت نور، کیفیت نور هم عامل مهمی است که در تولید اقتصادی گیاهان حائز اهمیت است. کیفیت نور ازاین‌جهت مهم است که مثلاً قرار گرفتن گیاه در معرض طیف آبی باعث کاهش رشد، سفتی اندام‌ها و تیرگی رنگ آن‌ها می‌شود و بالعکس قرار گرفتن گیاه در معرض نور قرمز باعث نرمی و لطافت اندام‌ها، افزایش میانگره‌ها و افزایش رشد گیاه می‌شود. بااین‌وجود برای رشد کامل گیاه، طول‌موج‌های مرئی نور لازم است. با توجه به اینکه ترکیبات مختلف نور مرئی یعنی طیف ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر (nm) منبع اصلی انرژی برای گیاهان به شمار می‌آیند، در شرایطی که همه فاکتورها ازجمله میزان دی‌اکسید کربن، دما و رطوبت در حد مطلوب باشد، برای انجام عمل فتوسنتز به‌شدت نوری به میزان متوسط نیاز است (Burnside and Bohning, 1957). البته نور بر گیاهان مختلف اثر متفاوتی دارد، به‌طوری‌که گیاهان بر اساس نیازهای نوری به سه دسته روزکوتاه، روزبلند و خنثی تقسیم می‌شوند (Ghorbanli, 2009). درباره اثر نور بر رشد گیاهان مطالعات فراوانی انجام‌شده و اثبات گردیده که نبودن نور بر شکل بیرونی گیاه و سرعت رشد طولی آن تأثیر می‌گذارد. فتوتروپیسم (نورگرایی) یکی دیگر از مواردی است که تحت تأثیر نور است. اغلب برگ‌ها نسبت به نور طوری قرار می‌گیرند تا پرتوهای روشنایی به‌طور عمودی بر آن‌ها بتابد.رویش دانه در بعضی گیاهان، تولید سبزینه و ریختن برگ‌ها در فصل پاییز به تغییرات تابش نور بستگی دارد (Ghorbanli, 2009).

در این مقاله تأثیر نور با فرکانس‌های متفاوت بر رشد رویشی گیاه درمنه کوهی (*Artemisia aucheri* Boiss.) و همچنین اثر اشعه UV با طول‌موج ۳۲۰ نانومتر، بر آن موردبررسی قرار خواهد گرفت. گیاه Artemisia *aucheri* Boiss. یا درمنه کوهی گیاهی است بوته‌ای، از خانواده *Asteraceae* که پراکندگی وسیعی در شمال ایران دارد. بر اساس تحقیقات انجام‌شده، ۱۷ ترکیب عمده در اسانس این گیاه شناسایی و تعیین گردیده است (Atri, 2012). آنالیز اسانس درمنه کوهی نشان داده که این گیاه حاوی ترکیبات گوناگونی مانند سیمن، سابینن، سینئول، لینالئول، ائوژنول، بورنئول، فارنزول، استر و ترکیبات دیگر است (Liao et al., 2006). وجود بورنئول، سیمنوسینئول در اسانس گیاه دارای خاصیت میکروب‌کشی روی *استافیلوکوکوس اورئوس*، *استرپتوکوکو اشریشیاکلی* است که مهم‌ترین عوامل عفونت زخم می‌باشند (Hakimiet al., 2003). ازنظر خواص درمانی طبیعت این گیاه گرم و خشک است و خواص بادشکن، برطرف‌کننده گاز روده و دل‌درد داشته و دارای خواص ضدالتهابی و ضد میکروبی است (Heide, 2006; Pribluda et al., 2014).از طرفی درمنه کوهی یکی از داروهای گیاهی مفید برای پیشگیری از آترواسکلروز است(Jafari Dinani et al., 2010). دانه گرده این گیاه را می‌توان در بررسی‌های پزشکی جهت مشخص کردن و آزمون آلرژی و تهیه واکسن ضد آلرژی بکار برد. این گیاه به دلیل وجود سانتونین خاصیت ضد انگلی داشته و در ساختن داروهای ضد کرم بیشتر کشورها ازجمله آلمان مورداستفاده قرار می‌گیرد (Menon et al., 2006). همین‌طور درمنه کوهی باعث کاهش میزان قند در ادرار می‌شود، ازاین‌رو برای مبتلایان به مرض قند مفید است. از طرفی برگ و گل‌های گیاه جهت ریزش مو مفید است. درواقع این گیاه خواص درمانی متفاوتی دارد و همین امر دلیلی بر بررسی و انجام فعالیت‌های آزمایشی مختلف بر گیاه است. لذا پژوهش حاضر باهدف بررسی تغییرات رشد، در برابر تابش‌های نوری متفاوت و اشعه UV بر این گیاه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

گیاهچه‌های اولیه و کالوس‌ها از دانشکده علوم دانشگاه اصفهان تهیه شد و کشت‌ها در آزمایشگاه فارماکوگنوزی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام گردید. برای کشت از محیط کشت جامد موراشیگ و اسکوگ بدون تنظیم‌کننده‌های رشد استفاده شد. محیط کشت‌ها در اتاق کشت در شرایط استریل، تحت دمای ۲۵±۲ و شرایط نوری متفاوت با تیمارهای مختلف قرار گرفتند. وضعیت در نظر گرفتن تیمارها در جدول ۱ نشان داده شده است.

این آزمایش چندین بار در مدت پنج ماه با واکشت‌های زیادی که از تیمارها (گیاهچه‌ها و کالوس‌ها) شد، تکرار گردید تا از ایجاد خطای احتمالی جلوگیری شود، هر نوبت آزمایش که هر ۲۰ روز یک‌بار برداشت می‌شد، با سه بار تکرار تیمارها همراه بود. هر ۲۰ روز یک‌بار واکشت از گیاهچه و کالوس انجام و گیاهچه‌ها و کالوس‌های رشد یافته، جمع‌آوری، وزن شده و در شرایط محیطی یکنواخت و مناسب بدون نور مستقیم در دمای ۲۵±۲ نگهداری می‌شدند تا خشک گردند. بدین ترتیب نتایج ارائه‌شده از

جمع‌آوری هفت دوره بیست‌روزه با سه بار تکرار بود و در این مدت علاوه بر بررسی ظاهری تغییرات گیاه، وزن تر و خشک گیاهان برداشت‌شده، ثبت و مقایسه شدند. برای تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۰ و برنامه Excel استفاده شد. حاصله میانگین سه تکرار S± بوده و نتایج بر اساس آزمون ANOVA یک‌طرفه، پس‌آزمون Tukey و اختلاف معنی‌دار بر اساس P≤۰/۰۵ بررسی شد.

جدول ۱. تیمارهای آزمایش

Table 1. Test Treatments

شماره Number	تیمار (گیاهچه‌ها) Treatment (seedlings)	شماره Number	تیمار (کالوس‌ها) Treatment (Callus)
۱ تیمار ۱ Treatment1	گیاهچه‌ها تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس Seedlings irradiated at 1000 lux	۷ کالوس ۱ Callus1	کالوس تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس Callus irradiated at 1000 lux
۲ تیمار ۲ Treatment 2	گیاهچه‌ها تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس Seedlings irradiated at 2000 lux	۸ کالوس ۲ Callus2	کالوس تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس Callus irradiated at 2000 lux
۳ تیمار ۳ Treatment 3	گیاهچه‌ها تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس Seedlings irradiated at 3000 lux	۹ کالوس ۳ Callus3	کالوس تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس Callus irradiated at 3000 lux
۴ تیمار ۴ Treatment 4	گیاهچه‌ها تحت اشعه UV Seedlingsexposed to UV radiation	۱۰ کالوس ۴ Callus4	کالوس تحت اشعه UV Callus exposed to UV radiation
۵ تیمار ۵ Treatment 5	گیاهچه‌ها تحت شرایط تاریکی Seedlings in the dark	۱۱ کالوس ۵ Callus5	کالوس تحت شرایط تاریکی Callus inthe dark
۶ تیمار ۶ Treatment 6	گیاهچه‌های شاهد Control seedlings	۱۲ کالوس ۶ Callus6	کالوس شاهد Controlcallus

نتایج و بحث

یکی از شاخص‌های رشدی در نظر گرفته‌شده وزن تر و خشک گیاه بود، لذا در تمام مدت آزمایش، وزن تر گیاهان برداشت‌شده، ثبت می‌گردید و پس از دو هفته، در دما و شرایط اتاق کشت، وزن خشک گیاهان در دو روز پشت سرهم (برای جلوگیری از خطا) اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. اطلاعات در برنامه SPSS وارد و آنالیزها انجام گردید. در جدول ۲ آنالیز حاصل از وزن تر و خشک تیمارها نشان داده شده است.

مقایسه وزن تر و خشک تیمارهای مربوط به گیاهچه‌ها

نتایج حاصل از تأثیر نور بر وزن تر و خشک گیاهچه‌ها نشان داد که تابش نور با شدت‌های مختلف باعث اختلاف معنی‌دار می‌شود، همچنین اشعه UV نیز می‌تواند بر وزن تر و خشک تأثیر گذارد. وزن تر و خشک تیمار ۱ یعنی تیمار تحت تابش با شدت نور ۱۰۰۰ لوکس، با تیمارهای تحت تابش نور با شدت ۲۰۰۰ لوکس و تیمار تحت تابش نور با شدت ۳۰۰۰ لوکس و تیمار تاریکی اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد. از طرفی این تیمار با شاهد هم اختلاف معنی‌دار دارد. درواقع تیمار تحت تابش شدت نور ۱۰۰۰ لوکس در این آزمایش تنها با تیماری که تحت تابش اشعه UV بود، اختلاف معنی‌دار نشان نداد (نمودار a-۱ و b-۱). تیمار تحت تابش شدت نور ۲۰۰۰ لوکس (تیمار ۲)، با تیمار تحت تابش شدت نور ۱۰۰۰ لوکس (تیمار ۱) و تیمار تحت تابش شدت نور ۳۰۰۰ لوکس (تیمار ۳) و شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. این تیمار با تیماری که تحت تاریکی بود، ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد (نمودار a-۱ و b-۱)؛ اما تیمار تحت تابش نور با شدت ۳۰۰۰ لوکس (تیمار ۳)، با کلیه تیمارها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد. اشعه UV هم باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار شده بود. تیمار ۴ که تیمار تحت تابش اشعه UV بود، با کلیه تیمارها به‌جز تیمار تحت تابش شدت نور ۱۰۰۰ لوکس (تیمار ۱)، اختلاف معنی‌دار نشان داد. در شرایط بدون نور و تاریکی (تیمار ۵) با کلیه تیمارها به‌جز تیمار تحت تابش شدت نور ۲۰۰۰ لوکس، اختلاف معنی‌دار دیده شد، علاوه بر اینکه این تیمار با شاهد نیز اختلاف معنی‌دار داشت (نمودار a-۱ و b-۱). این نتایج هم در مورد وزن تر وهم در مورد وزن خشک گیاه صدق می‌کرد و درواقع ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین وزن تر و خشک گیاه دیده نمی‌شد. درواقع با توجه به آنالیز آماری نتایج، بین وزن تر و خشک کلیه نمونه‌ها رابطه مستقیمی وجود داشت. از طرفی بیشترین میزان وزن تر و

خشک گیاهچه‌ها، در تیمار ۳ یعنی تیمار تحت تابش شدت نور ۳۰۰۰ لوکس دیده شد (شکل ۲).

جدول ۲. مقایسات وزن خشک و تر بین تیمارها

Table 2. Comparison of dry and wet weight between treatments

Treatments	تیمارها	گرم وزن تر Fresh weight gr	گرم وزن خشک Dry weight gr
Seedlings irradiated at 1000 lux	گیاهچه‌های تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس	5.93± 0.74 c	3.65±0.75 c
Seedlings irradiated at 2000 lux	گیاهچه‌های تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس	9.33± 1 b	5.62±0.86 b
Seedlings irradiated at 3000 lux	گیاهچه‌های تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس	16.23± 2.18 a	11.03±1.70 a
Seedlings exposed to UV radiation	گیاهچه‌های تحت تابش اشعه UV	5.72± 0.70 c	3.71±0.60c
Seedlings in the dark	گیاهچه‌های تحت تاریکی	9.76± 0.59 b	5.82±1.09b
Control seedlings	گیاهچه‌های شاهد (در شرایط بدون محرک)	4.72± 1.25 d	2.91±0.58 d
Callus irradiated at 1000 lux	کالوس‌های تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس	4.88± 0.63 d	2.69±0.71 d
Callus irradiated at 2000 lux	کالوس‌های تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس	6.01± 0.89 c	3.16±0.55 c
Callus irradiated at 3000 lux	کالوس‌های تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس	9.98± 1.09 a	6.71±0.97a
Callus under UV light	کالوس‌های تحت تابش اشعه UV	5.04± 0.97 f	2.01±0.85f
Callus under darkness	کالوس‌های تحت تاریکی	8.13± 1.39 b	4.87±1.22b
Control callus	کالوس‌های شاهد (در شرایط بدون محرک)	4.98± 0.74 e	1.84±0.45 e

حروف اندیس شده مشابه به‌منزله معنی‌دار نبودن و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین تیمارها است (داده‌ها میانگین ۳ تکرار ±SD است). این نتایج بر اساس آزمون ANOVA یک‌طرفه، پس‌آزمون Tukey و با احتساب $P\leq0.05$ صورت گرفته است.

Similar index letters are not meaningful and non-identical alphabets represent a meaningful difference between treatments (data is an average of 3 replicates ± SD). These results are based on one way ANOVA, Tukey test and $P\leq0.05$.

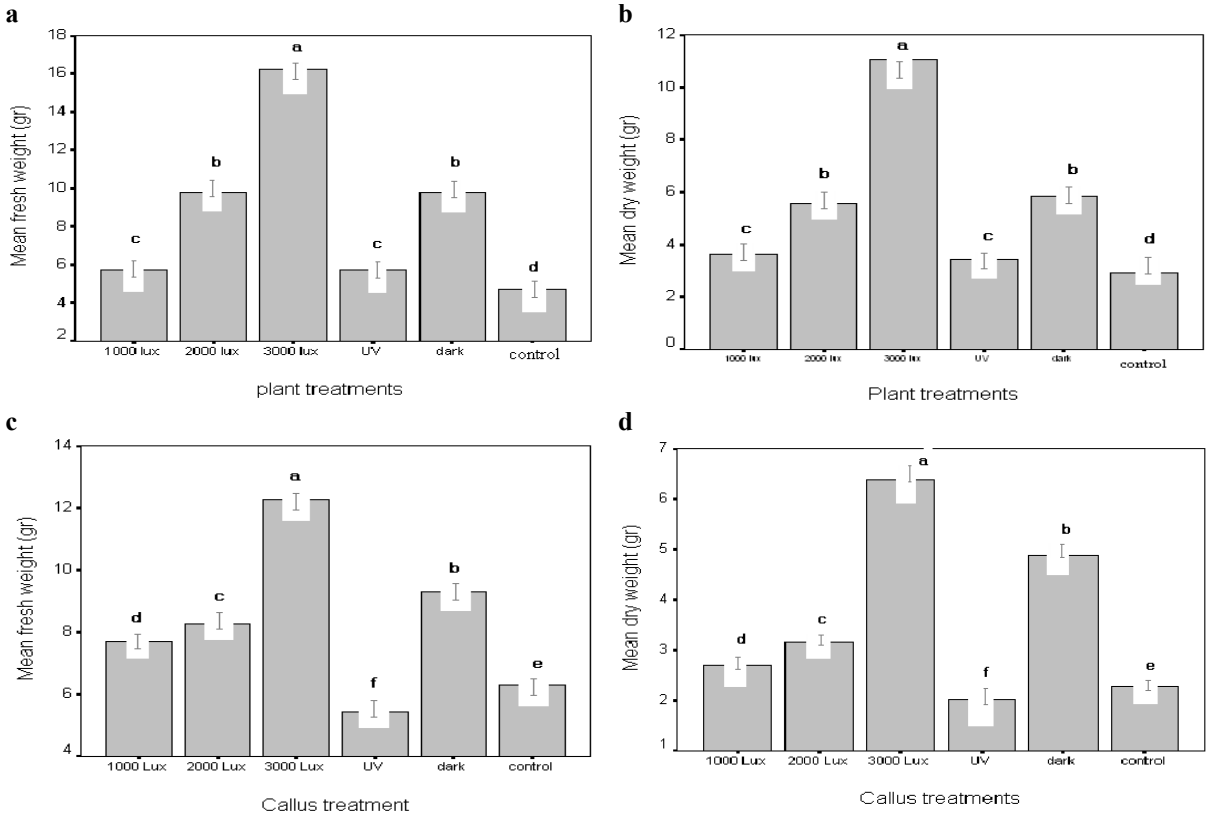
مقایسه بین وزن تر و خشک تیمارهای مربوط به کالوس‌ها

در کالوس‌ها نیز رابطه مستقیمی بین وزن تر و خشک کالوس‌ها وجود دارد. کلیه تیمارهای مربوط به کالوس‌ها ازنظر وزن خشک و تر اختلاف معنی‌دار داشتند، همچنین همه این تیمارها با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان دادند (نمودارهای c-۱ و d-۱). کالوس‌ها نیز مانند گیاهچه‌ها تحت تابش نور ۳۰۰۰ لوکس بیشترین وزن را داشتند و کمترین وزن مربوط به تیمار تحت اشعه UV بود. بااینکه افزایش شدت تابش نور باعث افزایش وزن کالوس‌ها شده بود، ولی در تیمار تحت تاریکی وزن تر و خشک، بیشتر از تیمارهای تحت تابش ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس و همچنین تیمار شاهد بود. اختلاف بین کالوس‌های این آزمایش به شکل زیر است: کالوس‌های تحت تابش نور ۳۰۰۰ لوکس>کالوس‌های تحت تاریکی>کالوس‌های تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس>کالوس‌های تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس>کالوس‌های تحت اشعه UV در شکل ۲، ارتباط بین وزن خشک و تر تیمارها نشان داده شده است. چنانچه در نمودار نیز مشخص است، رابطه بین وزن تر و خشک مستقیم بوده و با افزایش وزن تر، وزن خشک نیز افزایش یافته است.

مقایسه کلی خصوصیات مورفولوژیکی گیاهچه‌ها و کالوس‌ها

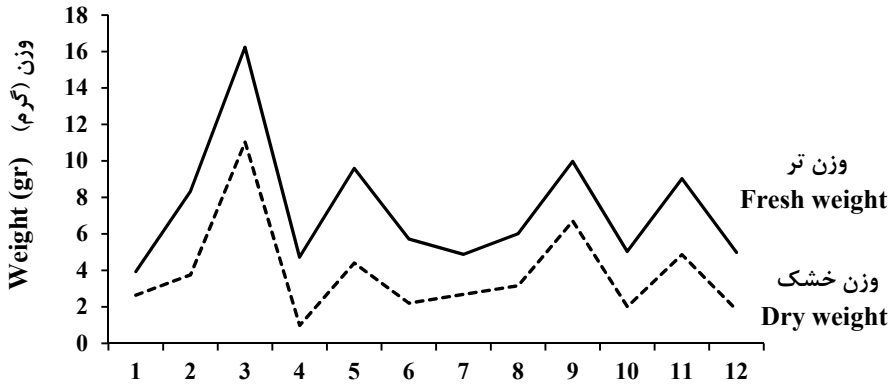
تیمار ۱ (تیمار تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس)

ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین وزن تر و خشک گیاهان این تیمار با نمونه شاهد دیده شد، درواقع تیمار تحت تابش نور ۱۰۰۰ لوکس، با همه تیمارها به‌جز تیمار تحت تابش اشعه UV اختلاف معنی‌دار نشان داد. کالوس‌های این تیمار هم با کلیه کالوس‌های دیگر و هم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد. ازنظر ظاهری نمونه‌ها رشد خوب و متوسطی داشتند، ولی ساقه‌ها و برگ‌ها، ظریف و نازک (البته نه در حد تیمار تاریکی) بودند. رشد ریشه‌ها متوسط و ریشه‌ها نازک بوده و اکثراً انشعابات ریشه‌ای کم بود. رشد کالوس‌ها در این تیمار کم، ولی رنگ آن‌ها بیشتر سبز مایل به کرمی و بیشتر آن‌ها شاداب بودند.



شکل ۱. بررسی اثر تیمارهای نوری بر (a) وزن تر گیاهچه‌ها، (b) وزن خشک گیاهچه‌های آرتمیزیا. حروف اندیس شده مشابه به‌منزله معنی‌دار نبودن و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین تیمارها است (داده‌ها میانگین ۳ تکرار SD± است) و این نتایج بر اساس آزمون ANOVA یک‌طرفه، پس‌آزمون Tukey و با احتساب P≤0/05 صورت گرفته است.

Fig. 1. Evaluation of the effect of optical treatments on (a) seedlingsfresh weight, (b) of Artemisia seedlings.Similar index letters are not meaningful and non-identical alphabets represent a meaningful difference between treatments (data is an average of 3 replicates ± SD). These results are based on one way ANOVA, Tukey test and P≤0.05.



شکل ۲. مقایسه ارتباط بین وزن تر و خشک تیمارها (گیاهچه‌ها و کالوس‌ها)

Fig. 2. Comparison of fresh and dried weight (seedlings and calluses)

تیمار ۲ (تیمار تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس)

در این تیمار وزن تر و خشک همگی نمونه‌ها متوسط بود و ازنظر نازکی ساقه و برگ نیز نسبت به بقیه نمونه‌ها در حد متوسط بودند. ظاهر گیاه شاداب و رشد آن نسبت به نمونه شاهد بیشتر و بهتر بود. ازنظر انشعابات ریشه‌ای نیز بهتر از تیمار شاهد بودند. گیاهان این تیمار تراکم خوبی نسبت به شاهد و تیمار تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس داشتند. ضخامت ساقه نسبت به تیمار تحت اشعه UV کم و نسبت به تیمار تاریکی زیاد بود، اما با تیمار شاهد و تیمار تحت تابش شدت نور ۱۰۰۰ لوکس، چندان تفاوتی نداشت. بر اساس آنالیز داده‌ها بین وزن تر و خشک این تیمار با سایر تیمارها به‌جز تیمار تحت تاریکی، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. این تیمار با تیمار شاهد نیز اختلاف معنی‌دار نشان داد. رشد کالوس‌ها مانند تیمار تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس کم بود، ولی رنگ کالوس‌ها کمی بهتر از تیمار تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس بود، کالوس‌ها نسبت به تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس، کمتر رشد یافته بودند و در آنالیز، کالوس‌های این تیمار هم با کلیه کالوس‌های دیگر و هم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد.

تیمار ۳ (تیمار تحت تابش شدت نور ۳۰۰۰ لوکس)

در این تیمار رشد رویشی پرپشت‌تر و شاداب‌تر و رشد طولی نیز نسبت به بقیه تیمارهای قبلی بیشتر و به دنبال آن وزن تر و خشک نمونه‌ها نیز بیشتر بود. از طرفی ریشه‌ها بیشتر از بقیه تیمارها منشعب بودند و انشعابات ریشه‌ای فراوانی در بین آن‌ها دیده می‌شد و در دید ظاهری ریشه‌ها حجم زیادی نسبت به بقیه تیمارها داشتند. در آنالیز وزن تر، اختلاف معنی‌دار بین این تیمار و کلیه تیمارها و همچنین شاهد چه در نمونه‌های گیاهی و چه در کالوس‌ها به‌وضوح وجود داشت. از طرفی کالوس‌ها شاداب‌تر و رنگ آن‌ها نسبت به بقیه تیمارها بهتر بود (به رنگ سبز و بعضی متمایل به کرمی).

تیمار ۴ (تیمار تحت تابش اشعه UV)

در نمونه‌های مربوط به اشعه UV سوختگی بیشتر شده و نمونه‌ها اکثراً زرد با برگه‌ای قهوه‌ای و زرد بودند. بیشتر نمونه‌ها رشد روزت مانندی داشتند و در اکثریت ریشه‌ها کلفت و حالت استولون مانندی به خود گرفته بودند. بااینکه دو هفته پس از کشت اولیه، فقط روزی یک ساعت اشعه به گیاهان داده می‌شد، ولی رشد کوتاه و ریشه‌های استولون در نمونه‌ها فراوان بود. افزایش ضخامت برگ‌ها و ساقه‌ها از نتایج استفاده از اشعه در این آزمایش بود (شکل ۳). درواقع تغییرات علائم ظاهری گیاه در اثر استفاده از اشعه را می‌توان بدین‌صورت بیان کرد: *تغییر شکل و رنگ برگ‌ها، خشک شدن برگ‌ها، ایجاد کلروز و نکروز در برگ‌ها (کاهش کلروفیل)، افزایش ضخامت برگ و ساقه، کاهش رشد طولی ساقه و ریشه*. در بررسی داده‌ها و مقایسه وزن تر و خشک گیاهچه‌های تحت تابش اشعه UV، همه تیمارها به‌جز تیمار تحت تابش شدت نور ۱۰۰۰ لوکس، با آن اختلاف معنی‌دار نشان دادند. در خصوص کالوس‌ها نیز تغییرات مختلفی وجود داشت که مهم‌ترین آن‌ها تغییر رنگ کالوس‌ها به قهوه‌ای پررنگ تا قهوه‌ای سوخته با توجه به مدت تابش بود. درواقع هر چه زمان تابش افزایش می‌یافت، رنگ کالوس تیره‌تر می‌شد. تغییرات وزن تر و خشک کالوس‌ها نیز اختلافات معنی‌دار نشان داد که بر اساس داده‌ها و نتایج، میزان افزایش وزن تر و خشک کالوس‌ها در تیمار تحت اشعه UV از بقیه تیمارها و تیمار شاهد کمتر بود.

تیمار ۵ (تیمار تحت تاریکی)

نبودن نور بر شکل بیرونی گیاه و سرعت رشد طولی آن تأثیرگذار بود. گیاهانی که به‌عنوان تیمار تاریکی در محیط بدون نور بودند، معمولاً ساقه‌ای بلند و باریک داشتند. بااینکه ساقه‌ها زرد بودند، ولی بسیار طویل‌تر و باریک‌تر از بقیه تیمارها بودند. برگ‌ها چندان گسترش نداشتند، ولی در کل زرد شده بودند. گیاهانی که در تاریکی رشد یافتند، ظاهری دوکی‌شکل داشتند. ساقه آن‌ها درازتر و قطرشان کمتر و رنگ‌پریده‌تر بود. در کل رشد و نمو برگه‌ای آن‌ها نیز کندتر بود. این تیمار به‌غیراز تیمار تحت تابش ۲۰۰۰ لوکس، با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار در وزن تر و خشک گیاهچه‌ها، نشان می‌داد. وزن تر و خشک تیمار تحت تاریکی از شاهد و تیمارهای تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس و اشعه UV بیشتر و از تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس کمتر بود. کالوس‌ها در این تیمار رشد داشتند، رشدشان نسبت به تیمار شاهد و بقیه تیمارها به‌جز تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس بیشتر بود. افزایش وزن تر و خشک کالوس‌ها در این تیمار با همه تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان می‌داد و میزان افزایش وزن بیشتر از بقیه به‌جز تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس بود. از طرفی رنگ کالوس‌ها کرمی تا قهوه‌ای کم‌رنگ بود و بیشتر

حالت لزج و چسبندگی داشتند. در بین کالوس‌ها بعضی قسمت‌ها به رنگ بنفش بود.

شکل ۳. نمونه‌ای از گیاه تغییر شکل یافته تحت اشعه UV.

Fig. 3. An example of a deformed plant under UV rays

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین شرایط محیطی که بر رشد گیاه و چگونگی آن تأثیر می‌گذارد، شرایط نوری است. نور از عوامل غیرزنده اکوسیستماستکه نقش مهمی در غذاسازی تولیدکننده‌ها دارد (Ballare, 2014). مقدار نوری که به نقاط کره زمین تابیده می‌شود، به طول مدت تابش و زاویه تابش بستگی دارد. نور خورشید برحسب زاویه تابش خود، فاصله کمتر یا بیشتری را در جو (اتمسفر) طی می‌کند و از همین روست که میزان انرژی دریافتی زمین در نقاط مختلف و در فصل‌های مختلف فرق می‌کند. طبق آزمایش‌های مختلفی که بر روی گیاهان متفاوت انجام‌شده، مشخص گردیده طول مدت تابش و میزان آن، بر روی رشد و گلدهی تعداد بسیار زیادی از گیاهان اثر مستقیم دارد (Ballare, 2014). گیاهی که در معرض تابش نور خورشید رشد می‌کند، گیاهی سالم است و می‌تواند بدون هر مشکلی به رشدش ادامه دهد، اما گیاهی که در تاریکی قرار می‌گیرد، گیاه سالمی نیست و نمی‌تواند به‌خوبی رشد کند، حتی ممکن است پس از گذشت چند روز، به علت ناتوانی در تولید غذای کافی، حیات خود را از دست بدهد. نور خورشید در همه ساختارهای گیاهی نقش دارد و نتیجه نهایی این فرایندها در رشد گیاه است که منجر به افزایش ماده خشک می‌شود (Ballare, 2014). برای مثال در آزمایشی نشان داده شد، افزایش میزان شدت نور باعث افزایش وزن خشک کلم و گوجه‌فرنگی می‌گردد (Kwan-Long and Chin-Ri, 1975). درباره اثر نوربر رشد گیاهان مطالعات فراوانی انجام شده است و مشخص گردیده طیف نوری (۷۶۰- ۳۸۰ نانومتر) در فتوسنتز نقش دارد و میزان فتوسنتز در نور قرمز و آبی حداکثر است (Ballare, 2014). در شرایطی که همه عوامل ازجمله میزان دی‌اکسید کربن، دما و رطوبت در حد مطلوب باشد، برای انجام فتوسنتز به‌شدت نور در حد مطلوب نیاز است. نور کم باعث کاهش فتوسنتز و رشد گیاه و نور بیشتر باعث صدمه به کلروپلاست‌ها و کاهش فتوسنتز می‌شود (Ballare, 2014). با بررسی اطلاعات این آزمایش هم می‌توان نقش نور را به‌وضوح مشاهده کرد. با توجه به اینکه رنج نوری در نظر گرفته بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس بود، نتایج نشان داد، بهترین و مؤثرترین رشد در تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس است و میزان رشد و تراکم در این رنج نوری بیشتر از بقیه تیمارها و تیمار شاهد است. طبق اطلاعات حاصله هر چه شدت تابش نور بالا می‌رود، میزان رشد و تراکم گیاهی بهتر و درنهایت وزن گیاه بیشتر

می‌شود. بر اساس پژوهش‌های قبلی اثبات گردیده که تغییر در کمیت نور (طول‌موج) تأثیر زیادی روی آناتومی گیاهی و پارامترهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارد (Hapkinz, 2009). مطالعات انجام‌شده در خصوص تأثیر نور بر گیاهان، بیانگر این است که نور مستقل از طیف، اثر مثبت بر تعداد برگ، ضخامت برگ و پهنای آن می‌گذارد (Karimian, 2009). در این آزمایش نیز نشان داده شد که افزایش میزان تابش نور نه‌تنها بر میزان تقسیم سلولی و افزایش وزن تأثیر می‌گذارد، بلکه باعث افزایش ضخامت سلولی، انشعابات ریشه‌ای و تراکم برگ‌ها می‌گردد و گیاهانی که میزان تابشی بیشتر از تیمار شاهد داشتند، این تفاوت را به‌خوبی نشان دادند. البته گیاهان ازلحاظ تأثیرپذیری از نور متفاوت‌اند و کارایی مصرف نور در آن‌ها نیز فرق می‌کند. کارایی مصرف نور در گیاهان مختلف، علاوه بر اینکه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است، از عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نیز تأثیر می‌پذیرد (Karimian, 2009).

گیاه درمنه کوهی از گیاهانی است که تحت تأثیر تابش بیشتر، میزان رشد بهتر و مؤثرتری را نشان می‌دهد و این امر در این آزمایش به‌خوبی نشان داده شده است. البته با توجه به رشد این گیاه در ارتفاعات و نتایج حاصل از این طرح استفاده از تابش‌هایی با شدت بیشتر جهت مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردد. در خصوص وضعیت گیاه تحت شرایط تاریکی، با بررسی وزن تر و خشک گیاه در فاصله زمانی مشابه با بقیه تیمارها و تیمار شاهد، مشاهده گردید که تیمار تحت تاریکی افزایش وزن بیشتری نسبت به تیمار شاهد و تیمار تحت تابش ۱۰۰۰ لوکس دارد. در تمام مدت آزمایش گیاهان تحت تاریکی افزایش طولی داشتند و گیاه رشد طولی زیادی نسبت به بقیه تیمارها نشان می‌داد، ولی ضخامت ساقه و برگ گیاه بسیار کمتر از بقیه تیمارها بود. درواقع می‌توان گفت افزایش وزن در این تیمار ناشی از افزایش تقسیم سلولی و افزایش طولی گیاه است. در شرایط تاریکی، معمولاً گیاهان ساقه‌ای بلند، باریک و زرد داشتند، برگ‌ها چندان گسترش نداشته و زرد شده بودند و ظاهر گیاه نیز دوکی‌شکل بود، اما درنهایت رشد طولی گیاه نسبت به بقیه تیمارها بسیار زیاد بود. در مطالعات قبلی نیز اثر تاریکی بر رشد گیاهان مختلف بررسی‌شده بود و اکثر گیاهان در محیط‌های بدون نور ظاهری مشابه نتایج حاصله داشتند. علاوه بر رشد برگ‌ها و ساقه‌ها، رشد ریشه نیز تحت تأثیر تاریکی قرارگرفته ولی تأثیرپذیری آن در گیاهان مختلف متفاوت است، مثلاً در گیاه برنج رشد ریشه‌ها در شرایط تاریکی به‌مراتب بیشتر از شرایط روشنایی است (Kwan-LongandChin-Ri, 1975)، اما در آزمایشی که بر گیاه گلرنگ انجام شد، رشد کلی و رشد ریشه در شرایط نوری بیشتر از رشد در زمان تاریکی بوده و با شاهد نیز اختلاف معنی‌دار نشان داد (GholiZadeh, 2011). در درمنه کوهی رشد و انشعابات ریشه‌ای در گیاه تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس بیشتر از همه تیمارها و تیمار شاهد دیده می‌شد، ولی بقیه تیمارها ازلحاظ رشد ریشه‌ای با تیمار شاهد اختلاف چندانی نداشتند. بررسی ظاهری ریشه‌ها نشان داد، تیمار تحت تاریکی ازلحاظ رشد ریشه‌ای چندان تفاوتی با تیمار شاهد نشان نمی‌دهد، اما انشعابات ریشه‌ای کمتر از تیمار شاهد و بقیه تیمارها بود. در بررسی ظاهری ریشه‌های گیاه در کلیه تیمارها، وجود ریشه‌های منشعب و فراوان در تیماری که نورگیری بیشتری داشت (تیمار تحت تابش شدت نور ۳۰۰۰ لوکس)، نشان‌دهنده تأثیر نور بر رشد ریشه‌ای بود. شاید بتوان گفت افزایش قدرت فتوسنتزی گیاه و تراکم آن بر رشد ریشه‌ای تأثیرگذار بوده است. علاوه بر رشد ریشه‌ای بهتر تراکم گیاه در تیمار ۳ بسیار بیشتر از سایر تیمارها، در هر دوره کشت بود. تراکم زیاد گیاه در نور بهتر را می‌توان ناشی از رشد بهتر و مؤثرتر گیاه در مقابل افزایش این فاکتور محیطی یعنی نور دانست.

یکی از بررسی‌های دیگری که در این آزمایش انجام شد، تأثیر اشعه ماوراءبنفش بود. اشعه ماوراءبنفش به‌طور فعال توانایی شکستن پروتئین‌ها را دارد. این اشعه به سه نوار با طول‌موج‌های ۳۲۰-۳۹۰ نانومتر (UV-A) و ۲۸۰-۳۲۰ نانومتر (UV-B) و ۲۸۰-۲۵۴ نانومتر (UV-C) تقسیم می‌شود و می‌تواند اثرات زیانباری بر فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد تعدادی از گونه‌های گیاهی داشته باشد (Mahdavian, 2006). بر اساس مطالعات قبلی مشخص گردیده که UV-A نقش زیانباری بر رشد گیاهان ندارد و بیشترین آسیب اشعه مربوط به دو نوار دیگر است. لذا در این آزمایش حد متوسط در نظر گرفته شد و از اشعه UV با شدت ۳۴۰ نانومتر استفاده گردید، بنابراین آسیب ناشی از استفاده از اشعه UV بسیار کاهش یافت. از طرفی در این آزمایش گیاه در ابتدای زمان کشت، در معرض اشعه UV قرار گرفت، لذا می‌توان گفت این گیاه تا حدود زیادی سیستم دفاعی خود را فعال و آسیب‌های ناشی از تابش اشعه را ترمیم نموده است و شاید هم جوان بودن گیاه یکی

از عوامل مقاومت گیاه در برابر اشعه بود. یکی از اثرات اشعه UV بر گیاهان تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (Costaet al., 2002). این نوع اکسیژن، بسیار فعال بوده و قادر است تا با ماکروملکولهای حیاتی مثل لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سایر ترکیبات سلولی واکنش داده و اعمال طبیعی سلول را مختل کنند (Bischof et al., 2002). حساسیت گیاهان به اشعهUV بسته به نوع گونه گیاهی، مراحل رشد و نمو و شرایط رشد متفاوت است. بیشتر گیاهان وقتی تحت تأثیر اشعه UV قرار می‌گیرند، تغییراتی در ساختمان تشریحی برگشان ایجاد می‌شود که شامل کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت آن است (Barnes et al., 1990). بااینکه در این آزمایش تابش اشعه بر رشد عمومی گیاه تأثیر آن‌چنانی نداشت، ولی بر شکل ظاهری و خصوصیات مورفولوژیکی آن اثر گذاشت، به‌طوری‌که اکثر گیاهان حاصل در این تیمار کلفت و کوتاه بوده و رشد استولون مانند داشتند و خبری از ریشه‌های منشعب و افشان در آن‌ها نبود. در مطالعه حاضر سطح برگ‌ها کاهش یافته بود که این وضعیت در گیاهانی چون نخود (Gonzalez et al.,1998)، خیار (Tevini and Iwanzik, 1986) و اطلسی (Staxe´n et al., 1993) هم گزارش شده است. تغییر شکل ظاهری گیاه بر وزن تر و خشک آن تأثیر گذاشته بود، به‌طوری‌که وزن تر و خشک گیاهان تحت اشعه UV با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان می‌داد و بااینکه سطح برگ‌ها کاهش‌یافته بود، ولی وزن کلی نسبت به شاهد بیشتر بود. درواقع بیشتر گیاهانی که در معرض تابش اشعه UV بودند، رشد ریشه‌ای کم و ساقه‌ای کلفت داشتند، ضخامت برگ‌ها بیشتر شده، ولی گستردگی و تعداد آن‌ها کمتر بود. در کل می‌توان افزایش وزن گیاهان تحت این تیمار را نسبت به شاهد به افزایش ضخامت کلی ساقه و برگ‌ها نسبت داد. البته نتایج متفاوتی در این زمینه حاصل شده است، برای مثال گزارش شده است که وزن خشک در ذرت تحت تیمار اشعه UV-B کاهش یافته است (Gao et al., 2004). همچنین تولید ماده خشک در برنج، به علت کم شدن سطح برگ و فتوسنتز، کاهش یافته است (Barnes, 1993). همچنین مطالعه بر روی بذر کلم پیچ، کلم، آگاو و تربچه نشان می‌دهد که اشعه UV جوانه‌زنی را در این بذرها سرعت داده، اما رشد بعدی در گیاهچه را کاهش می‌دهد (Agrawal, 1992)؛ بنابراین می‌توان گفت علاوه بر کمیت و میزان تابش نور، کیفیت نور هم می‌تواند به‌گونه‌ای متفاوت بر وضعیت رشدی و وزن گیاه تأثیر گذارد.

بررسی اثر شدت تابش نور بر خصوصیات ظاهری و وزن کالوس‌ها

نور یک سیگنال مهم نموی در گیاهان است که بر تجمع آنتوسیانینها، مؤثر است (Irani, 2005). به‌طورکلی کالوس‌ها نسبت به نور و تاریکی پاسخ‌های متفاوتی نشان می‌دهند و محتویات رنگ‌دانه‌ای آن‌ها یکی از عواملی است که بسیار وابسته به نور است. نور، بر روی فرایند نمو کلروپلاست و درنتیجه بر میزان کلروفیل مؤثر است. برای مثال در مطالعه‌ای که بر کالوس‌های دو گونه *Rosa damascenea* و *Rosa miniature* انجام‌گرفته، بررسی میزان کلروفیل و آنتوسیانین کالوس‌ها نشان داد که در تاریکی، تولید و تجمع این رنگ‌دانه‌ها بسیار کم و در نور این مقدار به شکل قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (Abdirad, 2012). نتایج مطالعه حاضر، نیز این مسئله را تائید می‌کند. کالوس‌ها در شرایط نوری مساعد، رشد خوب و نرمالی داشته و شادابی خود را برای مدت طولانی‌تری نگه داشته بودند، درحالی‌که در محیط بدون نور حالت لزج و چسبناکی پیداکرده و تغییر رنگ می‌دادند. اصولاً کالوس‌های تحت تاریکی رنگ سفید تا کرمی نشان می‌دادند و هر چه شدت تابش نور بر کالوس‌ها بیشتر می‌شد، رنگ کالوس‌ها تغییر می‌یافت.

نتایج حاصله بیان می‌کند کالوس‌ها، در شرایط نوری متفاوت رنگ و سرعت رشد متفاوتی دارند و این امر نشان می‌دهد که نور به‌عنوان یک فاکتور فیزیکی در رشد کالوس و قدرت فتوسنتز آن تأثیرگذار است. نتایج مشابهی نیز در مورد گیاه *Artemisia absinthium* به دست آمده است (Zia et al., 2007). همچنین در مطالعه‌ای که بر روی کشت کالوس و کشت سوسپانسیونی گیاه درمنه کوهی Artemisia *aucheri* انجام گردیده بود، تأثیر نور بر روی رشد کالوس‌ها مثبت ارزیابی شده بود (Asghari, 2012)و در مطالعه دیگری که بر روی گیاه *Allysum inflatum* انجام گردید، اثر نور بر افزایش مقاومت به نیکل در کالوس‌ها و تمایزیابی سلولی اثبات گردید (Ghasemi, 2014). در بررسی تیمارهای این آزمایش علاوه بر تغییرات ویژگی‌های ظاهری کالوس‌ها، سرعت رشد کالوس‌ها نیز تحت تأثیر قرار گرفت. چنانچه بیان شد بهترین رشد مربوط به تیمار تحت

تابش ۳۰۰۰ لوکس بود که علاوه بر ویژگی‌های ظاهری، افزایش وزن کالوس در این تیمار نسبت به بقیه تیمارها زیاد بود؛ اما در این آزمایش کالوس‌هایی که تحت تاریکی بودند، نیز رشد خوبی داشتند و بااینکه ازنظر ظاهری تغییرات منفی در آن‌ها ایجادشده بود، ولی افزایش وزن تر و خشک کالوس‌ها در تیمار تحت تاریکی بعد از تیمار تحت تابش ۳۰۰۰ لوکس بود و میزان افزایش وزن در این تیمار نسبت به شاهد زیاد بود. البته در بسیاری از مطالعات اثر القایی تاریکی بر تولید کالوس گزارش شده است (Liet al., 2002). در رز گالیکا تیمارهای نوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس و تاریکی، اثر معنی‌داری بر کالوس زایی نشان ندادند، اما نور با شدت ۲۰۰۰ لوکس تا حدودی سبب بازدارندگی کالوس-زایی در جداکشت‌های رویشی و بساک شد (Rezanejad, 2013).

در خصوص تأثیر اشعه UV بر کالوس‌ها، تغییر رنگ و از دست دادن ظرافت کالوس‌ها زمانی که تحت تأثیر اشعه بودند، نشان می‌دهد که اشعه ماورا بنفش می‌تواند اثر منفی بر رشد کالوس‌ها و همچنین تغییر رنگ آن‌ها داشته باشد. طبق نتایج حاصل از این آزمایش اشعه UV باعث کمتر بودن وزن کالوس نسبت به تیمار شاهد و بقیه تیمارها شده است. از طرفی در مطالعه‌ای بر روی گیاه یونجه، نشان داده شد که اشعه باعث افزایش فعالیت سیستم دفاعی داخلی گیاه شده و تحمل به تنش شوری را در گیاه افزایش می‌دهد (Razavizadeh, 2004). در مطالعات دیگری که بر روی کالوس‌ها و تأثیر اشعه UV با باندهای مختلف، بر گیاهانی چون یونجه (Razavizadeh, 2004) و انگور (Kesk and Kunter, 2009) انجام شده است، نتایج به‌دست‌آمده تائید گردید.

منابع

Abdirad, S., Rezanejad, F., Kalantari, K.F., 2012. The effect of different light intensities on callogenesis and calli pigments content of shoot and floral explants of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa miniature*. Journal of Agriculture Biotecnology. 4(3), 43-65. [In Persian with English summary].

Agrawal., S.B., 1992. Effects of supplemental UV-B radiation on photosynthetic pigment, protein and glutathione contents in green algae. Environmental and Experimental Botany. 32(2), 137-143.

Asghari, G., Jalali, M., Sadoughi, E., 2012. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil from the seeds of *Artemisia aucheri* boiss. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Product. 7(1), 11-15. [In Persian with English summary].

Atri M., ChehreganiRad A., Yousefi S., 2012. Study of floristic-ecologic diversity and electrophoresis pattern of seed storage proteins in *Artemisia spicige*r a L. in the North-West of Iran using D.S.S. method. Journal of Plant Biology. 4(12), 37-50. [In Persian with English summary].

Ballare, C.L., 2014. Light regulation of plant defense. [Research Support, Non-U.S. Gov't Review]. Annul Review in Plant Biology. 65, 335-363.

Barnes, P.W., Caldwell., M.M., 1990. Morphological responses of crop and weed species of different growth form to ultraviolet-B radiation. American Journal of Botany. 77, 1354-1360.

Barnes, P.W., Maggard, S., Holman, S.R., Vergara, B. S., 1993. Intraspecific variation in sensitivity to UV-B radiation in rice. Crop Science. 33, 1041-1046.

Bischof, K., Peralta, G., Kräbs G., van de Poll, W.H., Pérez-Lloréns, J.L., Breeman, A.M., 2002. Effects of solar UV-B radiation on canopy structure of Ulva communities from southern Spain, Journal of Experimental Botany. 53, 2411–2421,

Burnside, C.A., Bohning, R. H., 1957. The Effect of prolonged shading on the light saturation curves of apparent photosynthesis in sun plants. Plant Physiology. 32(1), 61-63.

Cheo, P.C., 1971. Effect in different plant species of continuous light and dark treatment on tobacco mosaic virus replicating capacity. Virology. 46(2), 256-265.

Costa, H., Gallego, S.M., Tomaro, M.L., 2002. Effects of UV-B radiation on antioxidant defense system in sunflower cotyledons. Plant Science. 162(6), 939-945.

Dinani, N.J., Asgary, A., Madani, H., Naderi, G., Mahzoni, P., 2010. Hypocholesterolemic

and antiatherosclerotic effect of *Artemisia aucheri* in hypercholesterolemic rabbits. Pakistan Journal Pharm Science. 23(3), 321-325.

Dornenburg, H., 2008. Plant cell culture technology-harnessing a biological approach for competitive cyclotides production. Biotechnolgy Letter. 30(8), 1311-1321.

Dudt, J.F., Donald, J.S., 1994. The influence of light and nutrients on foliar phenolics and insect herbivory. Ecology. 75(1), 86-96.

GholiZadeh, J., Vbernard F., 2011. Effect of light condition and pH factor in optimization of growth root culture of *carthamus tinctorious* L. Journal of Kharazmi University, 9(3), 525-546. [In Persian with English summary].

Hakimi Maybodi, M.H., Afkhami Aghdaee, M., Mijalili, B.F., 2003. An investigation into biological activities of *Artemisia Persia*'s essential oil. Pajoohesh and Sazandegi. 16(61), 2-5. [In Persian with English summary].

Jafari Dinani, N.A.S., Madani, H., Naderi, G., Mahzuni, P., 2009. Effect of *Artemisia aucheri* on regression of atherosclerotic plaque in rabbits. Journal of Medicinal Plants. 4(29), 72-79. [In Persian with English summary].

Karimian, M.K.A., Nassiri Mahallati, M., 2009. Influence of nitrogen and plant density on light absorption and radiation use efficiency in two spring rapeseed cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research. 7(1), 163-172. [In Persian with English summary].

Kesk, N., Kunter, B., 2009. The effects of callus age UV irradiation and incubation time on trans-resveratrol production in grapevine Callus Culture. Tarim Bilimleri Dergisi1. 5(1), 9-13.

Kwan-Long, L., Chin-Ri, H., 1975. Effects of light on the cultured rice roots bot. bull.Academia Sinica. 16, 45-54.

Li, X., Krasnyanski, S., Korban, S.S., 2002. Somatic embryogenesis, secondary somatic embryogenesis and shoot organogenesis in rosa. Journal of Plant Physiology. 159, 313-319.

Mahdavian, K.G.M., Kalantari, Kh.M., Mohamadi, Gh., 2006. The effect of different bands of ultraviolet radiation on morphological and physiological parameters in Pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Plant Biology. 19(1), 43-53.

Rezanejad, F., Tarrahi. R., 2013. The effect of light and plant growth regulators on callogenesis and anthocyanin accumulation in calli of different explants in *Rosa gallica*. Journal of Plant Researches. 26(2), 13-17. [In Persian with English summary].

Staxe´n, L., Bergounioux, C., Bornman, J.F., 1993. Effect of ultraviolet radiation on cell division and microtubule organization in Petunia hybrida protoplasts. Protoplasma. 173, 70-76.

Tevini, M., Iwanzik W., 1986. Effects of UV-B radiation on growth and development of cucumber seedlings. In: Worrest, R.C., Caldwell, M.M. (eds.), Stratospheric Ozone Reduction, Solar Ultraviolet Radiation and Plant Life. NATO ASI Series (Series G: Ecological Sciences), Vol 8. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-70090-3_21

Taiz, L., Zeiger, E., 2010. Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland, 782 p

Thornley, J.H., 2002. Instantaneous canopy photosynthesis: analytical expressions for sun and shade leaves based on exponential light decay down the canopy and an acclimated non-rectangular hyperbola for leaf photosynthesis. Annals of Botany. 89(4), 451-458.

Zhenghao Qian, K.G., 2007. A simple and efficient procedure to enhance artemisinin content in *Artemisia annua* L. by seeding to salinity stress. African Journal of Biotechnology. 6(12), 1410-1413.

Zivcak, M., Brestic, M., Kalaji, H.M., 2014. Photosynthetic responses of sun- and shade-grown barley leaves to high light: is the lower PSII connectivity in shade leaves associated with protection against excess of light? Photosynth Research. 119(3), 339-354.