

تأثیر پرتو فرابنفش C بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی در گیاه صبر زرد (*Aloe vera* L.)

فائزه قناتی^۱، زهرا احمدی^۱ و پرویز عبدالمالکی^۱

۱- بخش زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، E-mail: ghangia@modares.ac.ir

چکیده

مصرف روز افزون ترکیبهای آلوده کننده هوا و کاهش ازن ناشی از آن باعث افزایش برخورد پرتوهای فرابنفش به سطح زمین می‌شود. محللهای هدف پرتوهای فرابنفش در گیاهان به طور عمده DNA، پروتئین‌ها، غشاهای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسیستم‌ها و هورمون‌های گیاهی است. در تحقیق حاضر تأثیر پرتوهای فرابنفش C با گستره طول موجی بین ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر، بر رشد طولی و عرضی برگ، ضخامت لایه کوتیکول و اندازه سلول‌های مزوفیل نحوه حضور ترکیبهای فنلی موجود در دیواره سلولها و میزان ترکیبهای جذب کننده UV (آنتوسیانین و فلاونوئید) موجود در برگ گیاه صبر زرد (*Aloe vera* L.) بررسی گردید. بر مبنای نتایج بدست آمده، میزان رشد طولی و عرضی برگ گیاهان پرتو دیده در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت. افزایش مقدار آنتوسیانین و فلاونوئید در این گیاهان نشان‌دهنده راهبرد دفاعی گیاه در برابر پرتوها با توجه به خواص آنتی‌اکسیدانی این ترکیبها بود. همچنین مطالعه و مقایسه ریخت‌شناسی و بافت‌شناسی برگهای گیاهان تیمار شده با برگهای گیاهان گروه شاهد، افزایش ضخامت کوتیکول و کاهش تعداد سلولهای مزوفیل را در اثر تابش پرتوهای فرابنفش C نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، ترکیبهای جاذب UV، پرتوهای فرابنفش C، فلاونوئید، صبر زرد.

مقدمه

می‌شود و مشکلاتی را برای موجودات زنده بوجود می‌آورد. پرتوهای فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیس و شامل سه باند (۳۱۵-۴۰۰ nm) UV-A، (۲۸۰-۳۱۵ nm) UV-B و (۲۸۰-۲۸۰ nm) UV-C می‌باشند (Lumsden, 1997). این پرتوها تأثیرات زیستی متنوعی هم بر گیاهان و هم بر جانوران دارند. بیشتر نگرانی در مورد افزایش پرتوهای فرابنفش در بیوسفر نگرانی از تأثیر آن بر سلامتی انسان به خصوص بر پوست است و مربوط به پرتوهایی با طول موج کمتر از ۴۰۰ نانومتر یعنی ناحیه فرابنفش می‌باشد (Sharma, 2001; MC Ains, 1986) پرتوهای UV-B و UV-C همچنین، منجر به ورم ملتحمه چشم می‌شوند. پرتوهای فرابنفش در کنار اثرات سوء، در

فعالیت‌های صنعتی بشر باعث افزایش ترکیبهای آلوده کننده اتمسفر به ویژه ترکیبهای هالوژن دار و ترکیبهای از بین برنده لایه ازن (Ozone Depleting Substances) می‌شود. از جمله این مواد می‌توان از کلروفلوروکربنها (CFCs)، هایدروکلروفلوروکربنها (HCFCs) و متیل بروماید (MeBr) را نام برد. این ترکیبها به دلیل پایداری زیادی که دارند به سطح استراتوسفر رسیده و باعث تخریب لایه ازن استراتوسفری می‌شوند. با توجه به اهمیت لایه ازن در جلوگیری از رسیدن تشعشع پرتو فرابنفش به سطح زمین، کاهش ضخامت لایه ازن باعث افزایش تابش پرتوهای فرابنفش به سطح زمین

1998). *al.*، تجمع پرولین، افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و پراکسیداسیون میسلهای لینولئیک اسیدی در بخشهای هوایی دانه رسته‌های برنج و خردل پس از قرار گرفتن در معرض پرتوهای فرابنفش مشاهده شده است (Saradi *et al.* 1995). تابش پرتوهای فرابنفش C سبب القای تغییرات شبه آپوپتوتیک در هسته سلولهای دانه رسته‌های آراییدوپسیس گردید (Danon & Gallois, 1998). همچنین گزارش شده است که محتوای درونی اکسین در گیاهانی که در معرض تابش پرتوهای فرابنفش قرار گرفته و نسبت به آن سازگاری یافته اند کاهش می‌یابد (Jansen *et al.*, 2001). محققان معتقدند که این کاهش در محتوای اکسین حاصل افزایش فعالیت پراکسیدازهای آنیونی است که به نوبه خود سبب تجمع ترکیبهای فنلی نظیر فلاونوئیدها، استرهای سینامیک اسید، لیگنین و تانن در گیاهان سازگار شده می‌گردد (Jansen *et al.*, 2001). در بسیاری از گونه‌های گیاهی ستر برخی از مشتقات مسیر فنیل پروپانوئید مانند فلاونوئیدها و نیز آنتوسیانین‌ها در پاسخ به UV تحریک می‌شود (Dixon *et al.*, 2001). تأثیر پرتوهای فرابنفش بر روی فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه صبر زرد *Aloe vera* L. و چگونگی سازگاری آن در برابر اثرات سوء پرتوهای فرابنفش اهمیت فراوانی دارد، اما طبق اطلاعات جمع‌آوری شده تا به حال در این راستا تحقیقی صورت نگرفته است. گیاه صبر زرد (شکل ۱) متعلق به خانواده Liliaceae می‌باشد، گرچه در بسیاری از ویژگیهای خود شبیه کاکتوسهاست. جنس آلوئه بیش از ۲۴۰ گونه دارد. گونه *Aloe vera* بومی مناطق حاره‌ای و خشک آفریقا است، اما در آسیا، اروپا و آمریکا نیز رشد می‌کند (Combest, 2000). آلوئه گیاهی چند ساله، عموماً فاقد ساقه و یا دارای ساقه کوتاه است. برگهای آن به رنگ سبز، ضخیم گوشتی، با لبه‌های مضرس و دارای لکه‌های زرد رنگ است (شکل ۱).

برخی از بیماری‌ها مانند داء‌الصدف، اکزما، جوش و خارش کاربرد درمانی دارند (Sheila & Sarah, 1996). تأثیر پرتوهای فرابنفش بر گیاهان شامل تأثیر بر DNA، فتوسنتز، رشد گیاه و آسیب پذیری آن نسبت به پاتوژن‌ها و حشرات می‌باشد. محللهای هدف پرتوهای فرابنفش در گیاهان به طور عمده پروتئین‌ها، غشاهای زیستی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسیستم‌ها و هورمون‌های گیاهی است (Small wood *et al.*, 1999; Ormord & Hale, 2000; Krizek *et al.*, 1993). گیاهان از نظر حساسیت به UV درجات متفاوتی دارند و حساسیت آن‌ها به گونه و واریته گیاه، مراحل رشد، منبع نوری، مدت زمان برخورد و شرایط محیطی ارتباط دارد (Santos *et al.*, 1999). به طور معمول در گونه‌های گیاهی در پاسخ به افزایش پرتوهای فرابنفش ضخامت کوتیکول موجود در برگ و میزان ترکیبهای جاذب UV افزایش چشمگیری نشان می‌دهند. در میان گونه‌های گیاهی، کاج‌ها به دلیل پوشیده شدن برگهایشان با لایه موم خارجی و نیز افزایش رنگدانه‌های محافظتی جاذب UV، بیشترین توان حفاظت را در برابر UV دارند، حال آن‌که دولپه‌ای‌های علفی به علت پهن برگ بودن، کمترین توان حفاظت را در برابر UV دارند (Dixon *et al.*, 2001; Caldwell *et al.*, 1998). تأثیر مستقیم UV بر رشد و تولید در گیاهان معمولاً منفی و کوچک است، اما در سطح اکوسیستم تأثیرات مثبت و بزرگی از آن گزارش شده است. برای مثال در برخی شرایط تنشی نظیر تنش خشکی تابش UV سبب افزایش تولید از طریق بهبود مکانیسم‌های ذخیره آب گردیده است (Searles *et al.*, 2001; Manetas *et al.*, 1997; Schmidt *et al.*, 2000). تغییراتی که در ساختار ظاهری گیاهان در اثر تابش پرتوهای فرابنفش گزارش شده است شامل افزایش ضخامت برگ و تغییر شکل آن، افزایش شاخه‌های فرعی، کوتاه شدن طول میان‌گره‌ها و کاهش ارتفاع گیاه می‌باشد (Ziska *et al.*, 1993; Jansen *et al.*).

گرفتن فاصله از منبع، وسعت سطح برگ در هر گلدان و زمان پرتودهی، میزان پرتو فرابنفشی که به طور متوسط به وسیله هر گیاه در طول آزمایش دریافت شد، برای گیاهان گروه تیمار ناپیوسته به ترتیب معادل ۰/۱۹۵، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۲۹ کیلوژول و برای گیاهانی که به طور پیوسته در معرض UV قرار داشتند به ترتیب معادل ۰/۲۰۳، ۰/۰۵۵۱ و ۰/۰۳۱ کیلوژول محاسبه گردید.

اندازه گیری رشد طولی و عرضی برگ ها

قبل از این که گلدانها تحت تأثیر UV قرار گیرند، به طور تصادفی دو برگ کوتاه و بلند از هر گلدان جهت مطالعه میزان رشد انتخاب و علامت گذاری شدند. به این صورت که روی هر برگ سه نقطه علامت گذاری شد و فاصله هر نقطه تا نقطه بعدی نسبت به رأس برگ و نیز فاصله هر نقطه تا لبه‌های کناری برگ به وسیله کالیپر دیجیتال (با گستره اندازه‌گیری ۰-۱۵۰ mm/6) اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از طی دوره پرتودهی گیاهان در مدت زمان معین تحت تأثیر UV، دوباره فاصله‌ها یادداشت شد.

تثبیت نمونه‌ها

پس از پایان دوره آزمایش، برگهای گیاهان گروه شاهد و تیمار شده با پرتو فرابنفش، جمع آوری شده و با نیتروژن مایع (C^{-۱۹۲}) تثبیت شدند. نمونه‌ها تا زمان سنجش و استخراج آنزیم‌ها و سایر اندازه‌گیری‌ها، در فریزر (C^{-۸۰}) نگهداری شدند. گروه دیگری از نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت، با تثبیت کننده FAA (فرمالین-استیک اسید-الکل) تثبیت شدند تا جهت برش‌گیری و مطالعات ریخت‌شناسی مورد استفاده قرار گیرند. تثبیت کننده FAA، شامل ۱۷ mL الکل اتیلیک ۷۵°، ۱ mL -۰/۵ استیک اسید گلاسیال و ۱ mL فرمالدئید تجارتي ۳۷٪ بود (Ghanati et al., 2002).

آلونه گیاهی بدون دمبرگ، ولی دارای پهنکی با قاعده پهن و نوک باریک است و گل‌های آن بر روی محوری به صورت گل‌آذین سنبله قرار دارند (زرگری، ۱۳۷۲).

مواد و روشها

گیاه صبر زرد (*Aloe vera* L.) در مرحله ۷ برگی از مرحله رویشی از مجموعه گلخانه پارک ارم تهیه شد. گیاهان دارای اندازه یکسان و ارتفاع تقریبی ۱۰ سانتیمتر بودند. گلدانها به مدت دو تا سه هفته در شرایط نوری معادل ۵۲ μmol / m²s، دمای روز C^{۲۰ ± ۲۸} و دمای شب C^{۲ ± ۱۶}، با فتوپریود ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند و هفته‌ای یک بار آبیاری می‌شدند.

پس از سازگار شدن با شرایط کنترل شده، گیاهان به طور تصادفی به سه گروه شامل یک گروه شاهد و دو گروه تحت تیمار (هر گروه شامل ۳ گلدان) تقسیم شدند. منبع نور، لامپ Philips UV-C مدل TUV G30/T8 ساخت هلند بود. گروه اول گیاهان تیمار شونده، به مدت ۸ روز به طور پیوسته در معرض پرتو قرار گرفتند و گروه دوم برای مدت مشابه به طور ناپیوسته تحت تأثیر پرتو فرابنفش قرار داده شدند. به این منظور گروه اخیر روزی یک ساعت در شرایط گلدانهای شاهد قرار می‌گرفتند و دوباره به محیط UV برگردانده می‌شدند. گلدانهای تیمار شونده در فواصل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتیمتری از منبع پرتو فرابنفش قرار داشتند. به همین دلیل انرژی ساطع شده به هر گروه با توجه به موقعیت آن نسبت به منبع UV متفاوت بود.

پرتو ساطع شده از منبع نوری، توسط دستگاه دیجیتال UV indicator (مدل UV-3، ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد که در فواصل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتیمتری به ترتیب معادل ۲۴۳ μw/cm²، ۶۶ μw/cm² و ۳۷ μw/cm² بود. با در نظر

مراحل آماده سازی نمونه ها و برش گیری

نمونه ها پس از تثبیت چندین بار با آب مقطر شستشو داده شدند تا اثرات FAA اضافی از بین برود. سپس به روشهای متداول سلولی - بافت شناسی از نمونه ها آب گیری شد. جهت آب گیری از درجات رو به افزایش الکل به ترتیب شامل الکل های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درجه استفاده شد. مدت زمان قرار گرفتن در هر یک از الکل ها یک ساعت بود. پس از این مرحله نمونه ها با آب مقطر شستشو داده شدند و به روش دستی برش گیری شدند.

مشاهده ترکیب های فنلی با میکروسکوپ فلورسانس

به منظور آزمون نحوه حضور ترکیب های فنلی در دیواره ها، در تمامی نمونه ها، از آزمایش تغییر رنگ با تغییر pH به وسیله بافر سدیم استات (۰/۱M (pH ۴) و آمونیوم هیدروکسید ۰/۱M (pH ۱۰/۳) استفاده شد (Ghanati et al., 2002). برای این منظور از نمونه ها توسط میکروسکوپ فلورسانس (Olympus, BH2, Japan) مجهز به دوربین عکس برداری شد. کلیه برش گیری ها با بیش از سه تکرار از سه نمونه مستقل انجام گرفت.

سنجش و اندازه گیری آنتوسیانین کل

برای سنجش آنتوسیانین، ۰/۲ گرم از اندام هوایی گیاه کامل در ۳ میلی لیتر متانول اسیدی شامل (متانول و هیپوکلریک اسید به نسبت ۹۹ به ۱) ساییده شد، بعد عصاره حاصل سانتریفوژ گردید. محلول رویی به مدت ۱ شب در تاریکی قرار داده شد. میزان جذب این ماده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل 6 Cintra, GBC, استرالیا) در طول موج ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت آنتوسیانین ها از ضریب خاموشی $33000 \text{ cm}^{-2} \text{ mol}^{-1}$ استفاده گردید (Krizek et al., 1993)

سنجش و اندازه گیری فلاونوئید کل

عصاره برگ گیاهان شاهد و تیمار شده، در ۳ میلی لیتر اتانول اسیدی شامل (اتانول و استیک اسید به نسبت ۹۹ به ۱) تهیه و بعد سانتریفوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. میزان جذب نمونه ها پس از سرد شدن، توسط اسپکتروفتومتر در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر خوانده شد برای محاسبه غلظت فلاونوئیدها از ضریب خاموشی $\text{cm}^{-2} \text{ mol}^{-1}$ استفاده گردید (Krizek et al., 1993).

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشها در سه تکرار با حداقل سه نمونه مستقل انجام گرفت. رسم نمودارها و مقایسه میانگین ها با استفاده از نرم افزار Excel و آزمون معنی دار بودن تفاوتها بر اساس t-Test در سطح $P \leq 0.05$ انجام شده است.

نتایج

گیاهان صبر زردی که تحت تابش پرتوهای فرابنفش قرار گرفته بودند، نسبت به گیاهان کنترل (پرتو ندیده)، ظاهری قهوه ای رنگ و سوخته پیدا کردند و لبه برگهای آنها نیز به سمت داخل برگشته بود (شکل ۲).

لازم به ذکر است که در تمام شکلهای حروف N1، N2 و N3 نشان دهنده سه گروه تیمار ناپیوسته می باشد که به ترتیب میزان ۰/۱۹۵، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۲۹ کیلوژول انرژی دریافت کرده بودند و حروف C1، C2 و C3 نشان دهنده سه گروه تیمار پیوسته می باشد که به ترتیب میزان ۰/۲۰۳، ۰/۰۵۵۱ و ۰/۰۳۱ کیلوژول انرژی دریافت کرده بودند.

در تمام گیاهان شاهد در دوره آزمایش، افزایش در رشد طولی و عرضی برگ مشاهده شد (شکل های ۳ و ۴).

با مطالعات انجام شده در مورد گیاه صبر زرد افزایش میزان فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها و نیز نقش آنتی اکسیدانی آن‌ها تحت تأثیر پرتو فرابنفش C ثابت شده است.

مقدار آنتوسیانین موجود در برگ نمونه‌های پرتو دیده نسبت به نمونه‌های گروه کنترل افزایش نشان داد (شکل ۹). در گروه تیمار ناپیوسته نیز مقدار آنتوسیانین موجود در نمونه‌ای که به میزان $0/053$ کیلوژول انرژی دریافت کرده بود، نسبت به بقیه نمونه‌ها در هر دو گروه تیمار بیشتر بود (شکل ۹). در میان گروه تیمار پیوسته نیز مقدار آنتوسیانین موجود در نمونه‌هایی که به میزان $0/031$ کیلوژول از منبع UV انرژی دریافت کرده بودند، نسبت به بقیه نمونه‌ها در همین گروه بیشتر بود (شکل ۹).

مقدار فلاونوئید موجود در برگ نمونه‌های گروه تیمار پیوسته‌ای که به میزان $0/031$ کیلوژول انرژی دریافت کرده بود، در طول موج 270 نانومتر، از تمام نمونه‌های دیگر (گروه کنترل و گروه تیمار) بیشتر بود (شکل ۱۰). در گروه تیمار ناپیوسته نمونه‌هایی که به میزان $0/053$ کیلوژول انرژی دریافت کرده بود، در هر سه طول موج 270 ، 300 و 330 نانومتر نسبت به بقیه نمونه‌ها در همین گروه بیشتر بود (شکل ۱۰). همچنین مقدار فلاونوئید موجود در برگ نمونه‌های پیوسته که به میزان $0/031$ کیلوژول انرژی دریافت کرده بود، نسبت به تمام نمونه‌ها (گروه کنترل و گروه تیمار) بیشتر بود (شکل ۱۰). در میان نمونه‌های پیوسته، نمونه‌هایی که به میزان $0/031$ کیلوژول انرژی دریافت کرده بودند، در طول موج 330 نانومتر نسبت به بقیه نمونه‌ها در همین گروه بیشتر بود (شکل ۱۰).

بحث

تحقیقات نشان داده است که تأثیر پرتوهای فرابنفش B بر سطح زمین با تغییرات ایجاد شده در موقعیت خورشید، طول جغرافیایی، پوشش ابر، چگالی اتمسفری و تراکم لایه ازن

رشد طولی در گیاهانی که به طور پیوسته تحت تابش پرتوهای فرابنفش قرار داشتند نسبت به گروه کنترل کاهش نشان داد، ولی این کاهش در برخی فواصل معنی دار بود و در برخی دیگر از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۳A). رشد طولی گیاهانی که به طور ناپیوسته تحت تابش پرتوهای فرابنفش قرار داشتند نیز نسبت به گروه کنترل کاهش نشان داد و این کاهش در فواصل دورتر به منبع فرابنفش معنی دار بود (شکل ۳B). رشد عرضی نیز در گیاهانی که تحت تابش پرتوهای فرابنفش قرار داشتند نسبت به گروه کنترل کاهش نشان داد و این کاهش در همه تیمارها از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۴).

ضخامت لایه کوتیکول در نمونه‌های گروه تیمار شده با UV نسبت به نمونه‌های شاهد بیشتر بود حال آن‌که اندازه سلولهای مزوفیل در نمونه‌های گروه تیمار شده با UV نسبت به نمونه‌های شاهد کمتر بود (شکل ۵). به منظور آزمودن نحوه حضور ترکیبهای فنلی موجود در دیواره سلولها از آزمایش تغییر رنگ با تغییر pH در اثر افزودن استات سدیم $0/1M$ (pH ۴) و آمونیوم هیدروکسید $0/1M$ (pH ۱۰/۳) استفاده شد. فلورسانس اولیه سلولها در نمونه‌های گروه تیمار نسبت به نمونه‌های گروه شاهد بیشتر بود (شکل ۵) و رنگ این فلورسانس در نمونه‌های گروه شاهد با تغییر pH تغییری نکرد (شکل ۶). در برشهای حاصل از نمونه‌های گروه تیمار شده با پرتوهای فرابنفش، تغییر pH سبب تغییر رنگ فلورسانس به سمت طول موجهای بالاتر گردید (شکل ۷). دیواره سلولی نمونه‌های گروه تیمار ناپیوسته که میزان $0/053$ کیلوژول انرژی از منبع فرا بنفش دریافت کرده بود، حالت مضرس دیده می‌شد که ممکن است نشانه‌ای از نشست سوبرین در این دیواره‌ها باشد (شکل ۸).

سوخته شدن برگ گیاهان گروه تیمار شد. گرچه میزان ارتو دی فنل و کینون‌ها و نیز سویرین در تحقیق حاضر مورد سنجش قرار نگرفته است، اما میزان فلورسانس اولیه دیواره‌های سلولی برگهای پرتو دیده بسیار بیشتر از نمونه‌های کنترل بود که نشان‌دهنده تجمع بالای ترکیبهای فنلی در این دیواره‌هاست. به‌علاوه تغییر رنگ فلورسانس این دیواره‌ها با تغییر pH پیشنهاد می‌کند که تجمع ترکیبهای فنلی در دیواره سلولی برگهای پرتو دیده بیشتر به صورت پلیمری می‌باشد.

با تأثیر پرتوهای فرابنفش B، ضخامت سلولهای اپیدرمی به دلیل رسوب لیگنین افزایش می‌یابد (Hilal et al., 2004). تحقیقات نشان داده است که لیگنین به عنوان فیلتری در برابر این پرتوها عمل می‌کند (Day, 2001). تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش، همراه با افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز درگیر در فرایند لیگنی شدن، رسوب لیگنین در سلولهای اپیدرمی برگ گیاه افزایش می‌یابد (Lumsden, 1997) همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، ضخامت لایه کوتیکول در گیاهان گروه پرتو دیده نسبت به گروه شاهد افزایش یافت که به دلیل راهبرد دفاعی گیاه در برابر پرتو UV-C می‌باشد. در حالی که اندازه سلولهای مزوفیل در گیاهان گروه پرتو دیده نسبت به گروه شاهد کاهش یافت که نشان‌دهنده محافظت گیاه از خود در برابر این پرتوها می‌باشد، در واقع گیاه با کاهش سطح برگ، از اثرات منفی پرتوهای فرابنفش بر سلولها جلوگیری می‌کند. همچنین در دیواره سلولی برخی از نمونه‌ها حالت مضرس دیده شد که ممکن است نشانه سویرینی شدن این سلولها در برابر این پرتوها باشد (شکل ۸).

همچنین تحقیقات نشان داده است که گونه‌های گیاهی مختلف، با توجه به ساختار برگ و ترکیب رنگدانه‌ای خود میزان شدت UV-B را به درجات مختلف، کاهش می‌دهند و نیز پاسخ هرگونه گیاهی، به شدت پرتوهای UV-B

استراتوسفری، نوسان می‌کند. کاهش لایه ازن ناشی از فعالیت انسان در منطقه قطبی و استوایی باعث افزایش این پرتوها در سطح زمین می‌شود (Hilal et al., 2004). گزارش شده است که پرتوهای فرابنفش B، مورفولوژی، آناتومی، بیوشیمی و فیزیولوژی گیاهان را در سطوح مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. این اثرات شامل کاهش ارتفاع گیاه و سطح برگ، ضخامت پارانشیم نردبانی و فضا‌های بین سلولی موجود در پارانشیم حفره‌ای، تغییر ساختار کلروپلاست و افزایش کیسه‌های گرانایی، فروپاشیدن پوشش تیلاکوئیدی، تغییر در متابولیسم سلولی و اختلال در فتوسنتز، افزایش توانایی اکسیدانی و تجمع ترکیبهای فنلی می‌باشد (Caldwell et al., 1998; Jansen et al., 1998). در تحقیق حاضر نیز گیاهان گروه تیمار کاهش رشد طولی و عرضی نشان دادند. پرتوهای فرابنفش بر فعالیت آنزیمهای اکسیداتیو از جمله اکسیدازها تأثیر گذاشته و به این ترتیب فعالیت هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نیز باعث تخریب این هورمون می‌شوند و به این ترتیب منجر به کاهش رشد طولی می‌شوند. گرچه در تحقیق حاضر فعالیت پراکسیدازها اندازه‌گیری نشده است، اما شاید بتوان کاهش رشد عرضی گیاهان پرتو دیده را بر مبنای تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن به وسیله پرتو فرابنفش توضیح داد. این پرتوها سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌گردد و به این ترتیب رشد عرضی برگ‌ها در گروه پرتو دیده کاهش می‌یابد (Krizek et al., 1993). ترکیبهای فنلی به راحتی اکسیده می‌شوند و ارتو دی فنل‌ها و یا پلیمرهای فنل را می‌سازند. تیره شدن بخش‌های گیاهی بریده شده یا در حال مرگ توسط این واکنش ایجاد می‌شوند و اثرمهراری بر روی رشد گیاه دارد (Jung Hans-Joachim & Weithing, 1998). در این تحقیق نیز پرتو UV-C با تأثیر بر ترکیبهای فنلی منجر به قهوه‌ای و

- Contribute to the Protection of Plants from Ultraviolet Radiation Stress. *Plant Physiology*, 126: 1012-1023.
- Jung Hans-Joachim, G. and Weithing, M., 1998. Lignification of plant cell walls: Impact of Genetic Manipulation, 95: 12743-12745.
 - Krizek, D.T., Brita, S.J. and Miewcki, R.M., 1998. Inhibitory effects of ambient level of solar UV-A and UV-B on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiologia Plantarum*, 103: 1-7.
 - Krizek, D.T., Kramer, G.F., Upadhyaya, A. and Mirecki., R.M., 1993. UV-B response of cucumber seedling grown under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiologia Plantarum*, 88: 350-358.
 - Lumsden, P., 1997. Plants and UV-B: responses to environmental change. Cambridge University Press, New York, 339p.
 - Manetas, Y., Petropoulou, Y., Stamatakis, K., Nikolopoulos, D., Levizou, E., Psaras, G. and Karabourniotis, G., 1997. Beneficial effects of enhanced UV-B radiation under field conditions: improvement of needle water relations and survival capacity of *Pinus pinea* L. seedlings during the dry Mediterranean summer. *Plant Ecology*, 128: 100-108.
 - MC Ains, T.F., 1986. Physics in medicine and biology encyclopedia medical physics. Bioengineering and Biophysics, pp: 856-857.
 - Ormrod, D.P. and Hale, B.A., 2000. Physiological responses of plants and crops to ultraviolet-B radiation stress. *Air Pollution*, 761-770.
 - Santos, I., Almeida, J. and Salema, R., 1999. The influence of UV-B radiation on the superoxidedismutase of maize, potato, sorghum and wheat leaves. *Canadian Journal of Botany*, 77: 70-76.
 - Sharma, R., 2001. Impact of solar UV-B radiation on rice. *Seawpit 98 & seawpit 2000*, 1: 92-101.
 - Sheila, K. and Sarah, B., 1996. Clayton's Electrotherapy. 10th Edition, pp. 218-238.
 - Small wood, M.F., Calvert, C.M. and Bowles, D.J., 1999. Plant Responses to Environmental stress. *Annals of Botany*, 85(4): 578-580.
 - Searles, P.S., Flint, S.D. and Caldwell, M.M., 2001. A meta-analysis of plant field studies simulating stratospheric ozone depletion. *Oecologia*, 127: 1-10.
 - Schmidt, A., Ormrod, D.P., Livingston, N.J. and Misra, S., 2000. The interaction genotypes. *Arabidopsis thaliana* of ultraviolet-B radiation and water deficit in two *Ann. Botany*, 85: 571-575.
 - Ziska, L.H., Teramura, A.H., Sullivan, J.H., McCoy, A., 1993. Influence of ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic and growth characteristics in field-grown cassava (*Manihot esculentum* Crantz). *Plant and Cell Environment*, 16: 73-79.

و مدت زمانی که تحت تابش بوده‌اند، بستگی دارد (Ensminger, 1993). مقدار آنتوسیانین و فلاونوئید موجود در تمامی گیاهان گروه تیمار افزایش یافت که نوعی مکانیسم دفاعی در برابر پرتوهای شدید خورشیدی است و در واقع این ترکیبها در پایداری غشاهای زیستی نقش دارند. همچنین این ترکیبها ممکن است به عنوان آنتی اکسیدان نقش محافظتی در برابر رادیکال‌های ایجاد شده ناشی از پرتوهای مضر داشته باشند (Hilal *et al.*, 2004).

منابع مورد استفاده

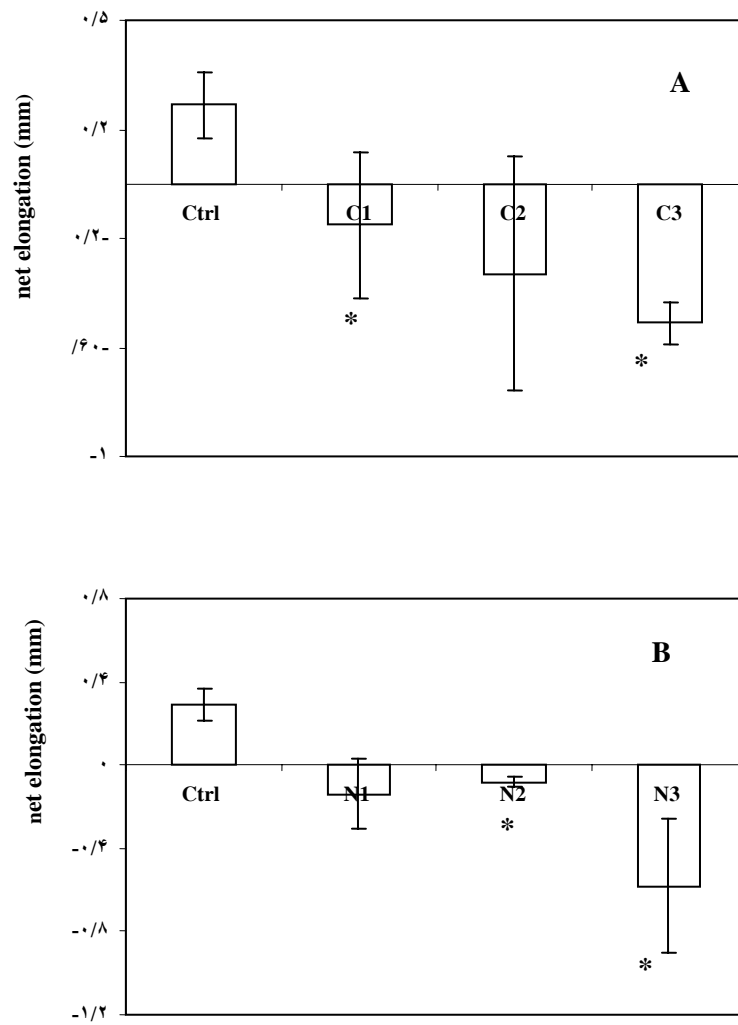
- زرگری، ع.، ۱۳۷۲. گیاهان دارویی. جلد چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چاپ پنجم، ۹۲۳ صفحه.
- Caldwell, M.M., Bjorn, L.O., Borman, J.F., Flint, S.D., Kulandaivelu, G., Teramura, A.H. and Tevini, M., 1998. Effect of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 46: 40-52.
- Combest, W.L., 2000. *Aloe vera*. *U.S. Pharmacist*, 25(4): 64-74.
- Dixon, P., Weinig, C. and Schmitt, J., 2001. Susceptibility to UV damage in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae): testing for opportunity costs to shade-avoidance and population differentiation *American Journal of Botany*, 88: 1401-1408.
- Ensminger, P.A., 1993. Control of development in plants and fungi by far-UV radiation. *Physiol. Plant*, 88: 501-508.
- Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H., 2002. Induction of suberin and increase of lignin content by excess Boron in Tobacco cells. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(3): 357-364.
- Hilal, M., Parrado, M.F., Rosa, M., Gallardo, M., Orce, L., Massa, E.M., Gonzalez, J.A. and Prado, F.E., 2004. Epidermal lignin deposition in Quinoa cotyledons in response to UV-B radiation. *Photochemistry and Photobiology*, 79: 205-210.
- Jansen, M.A.K., Gaba, V. and Greenberg, B.M., 1998. Higher plants and UV-B radiation: balancing damage, repair and acclimation. *Trends in Plant Science*, 3: 131-135.
- Jansen, M.A.K., Van den Noort, R.E., Adillah Tan, M.Y., Els Prinsen, L., Lagrimini, M., and Thorneley, R.N.F., 2001. Phenol-Oxidizing Peroxidases



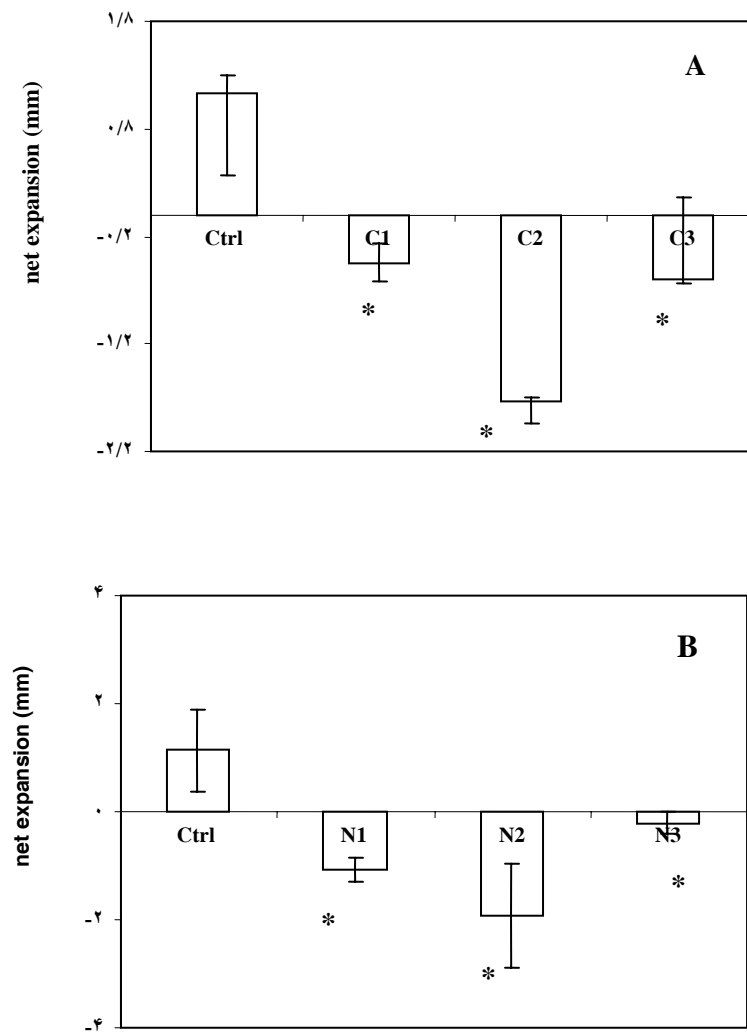
شکل ۱- نمای کلی گیاه صبر زرد (*Aloe vera* L.)



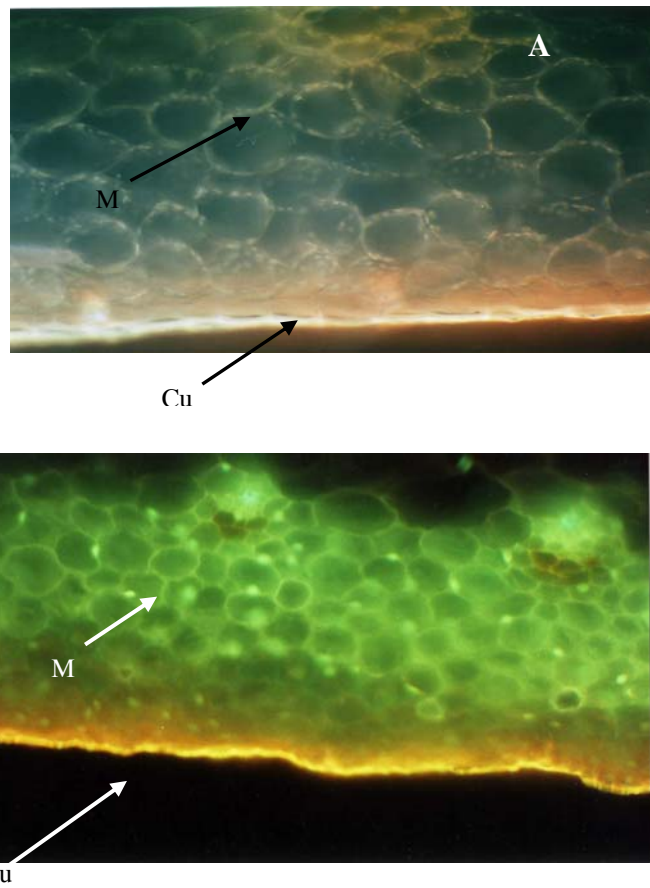
شکل ۲- مقایسه شکل ظاهری گیاهان صبر زرد تیمار شده در معرض پرتوهای فرابنفش و بدون پرتو فرابنفش



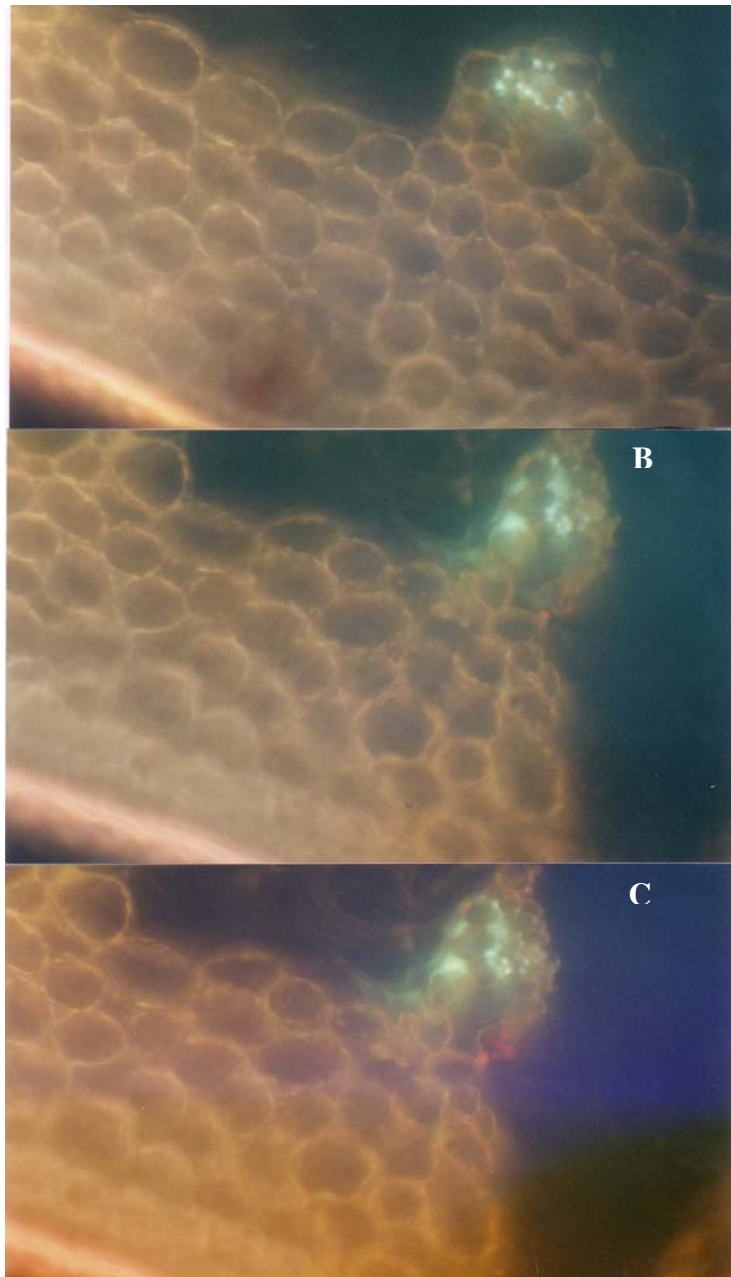
شکل ۳- مقایسه رشد طولی برگهای گیاه صبر زرد بدون تیمار با پرتو فرابنفش (گروه کنترل) و تیمار شده با پرتوهای فرابنفش C در فواصل مختلف از منبع فرابنفش (A تیمار پیوسته و B تیمارناپیوسته). در هر گروه ستاره اختلاف معنی دار با کنترل را نشان می‌دهد.



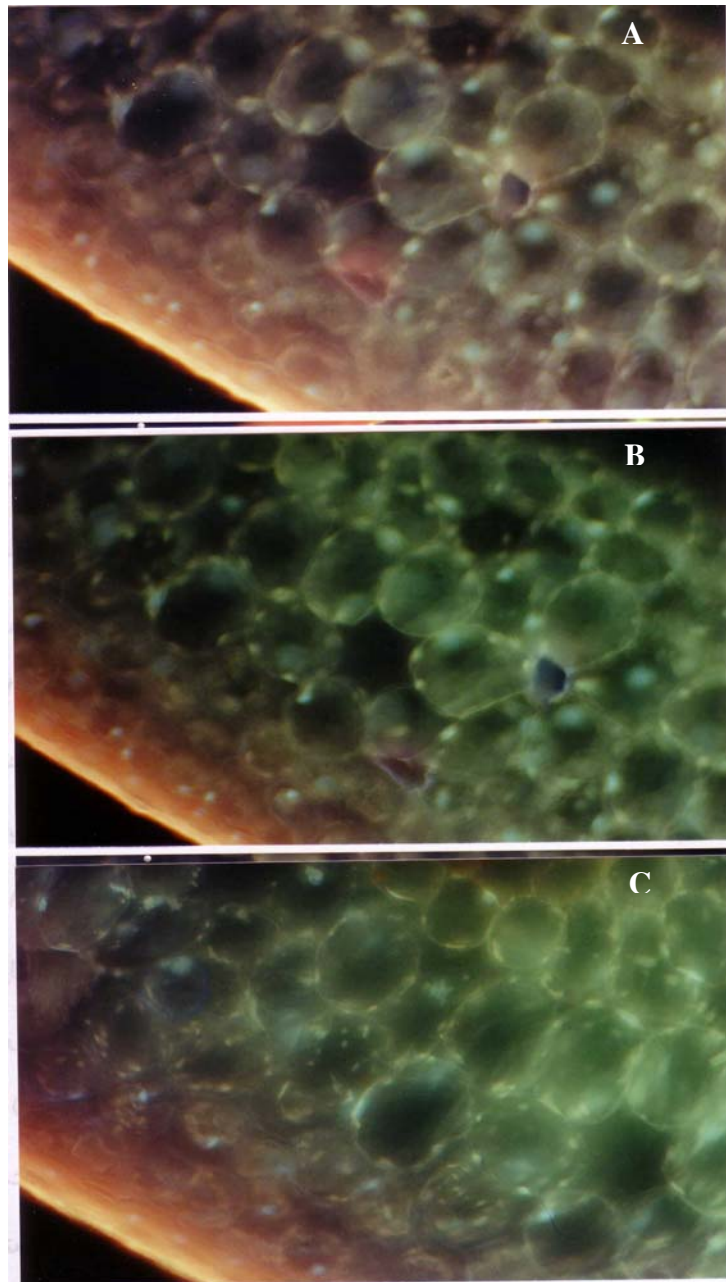
شکل ۴- مقایسه رشد عرضی برگهای گیاه صبر زرد بدون تیمار با پرتو فراپنفش (گروه کنترل) و تیمار شده با پرتوهای فراپنفش C در فواصل مختلف از منبع فراپنفش (A تیمار پیوسته و B تیمار ناپیوسته). در هر گروه ستاره اختلاف معنی دار با کنترل را نشان می‌دهد.



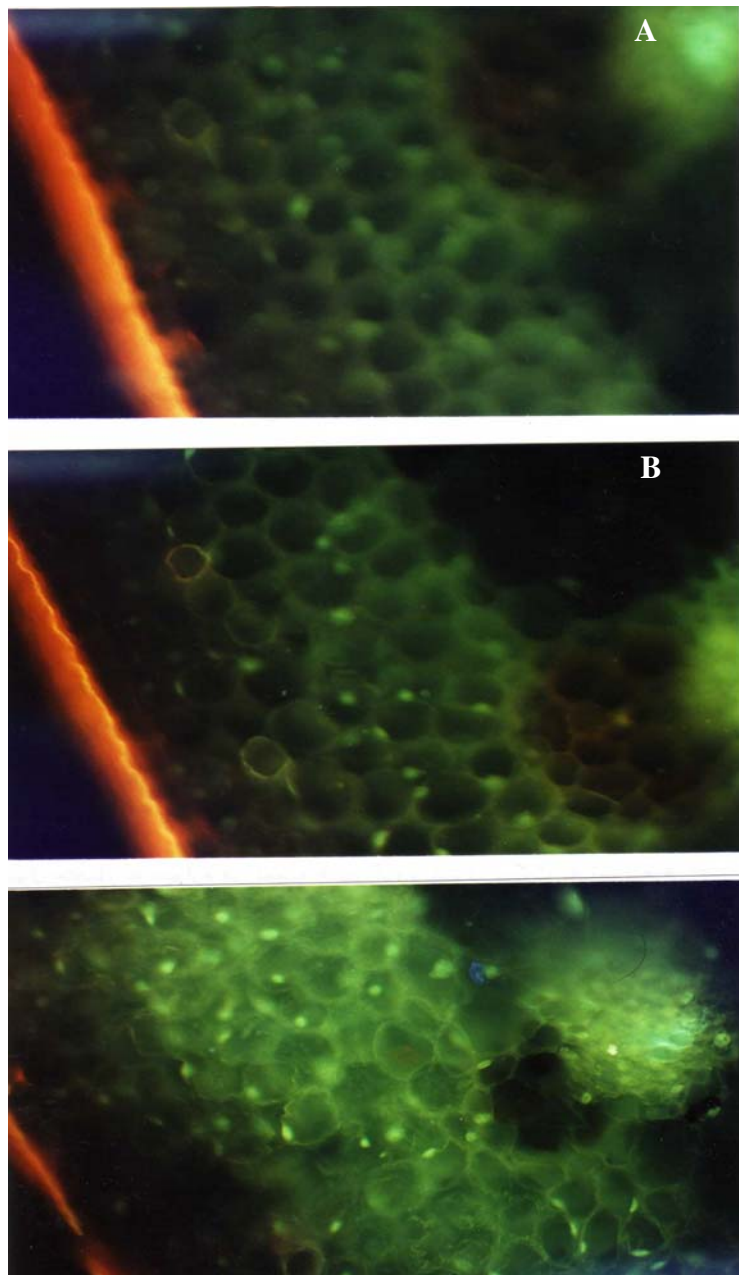
شکل ۵- مقایسه ضخامت لایه کوتیکول و تعداد لایه‌های اپیدرم توسط میکروسکوپ فلورسانس در گیاه گروه شاهد (A) و تیمار (B) X 330 . ضخامت لایه کوتیکول در نمونه تیمار نسبت به نمونه گروه شاهد بیشتر است، در حالی که اندازه سلولهای مزوفیل در نمونه گروه تیمار نسبت به نمونه گروه شاهد کمتر است (Cu: کوتیکول و M: مزوفیل).



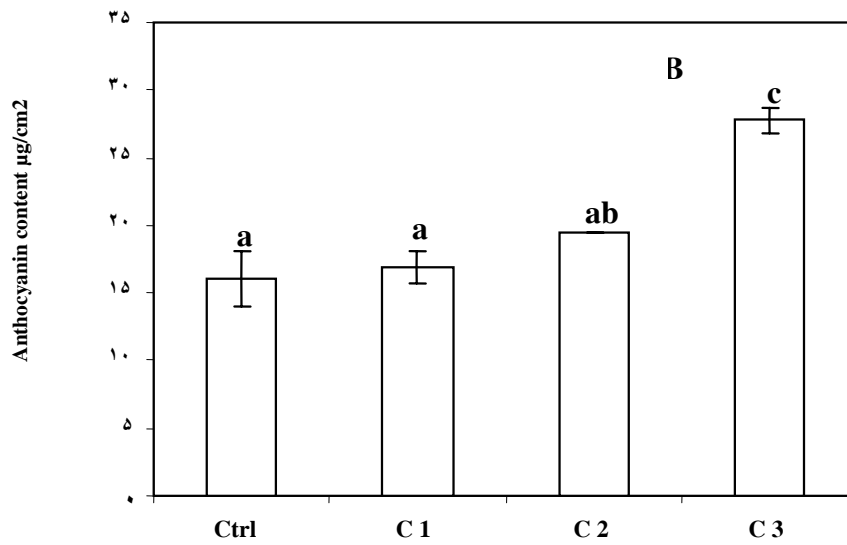
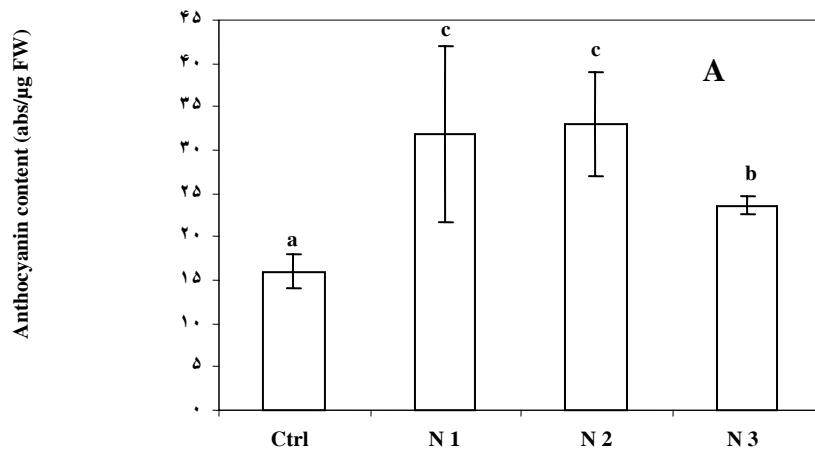
شکل ۶- برش عرضی از برگ گیاه صبر زرد (*Aloe vera*) توسط میکروسکوپ فلورسانس در گروه کنترل . مقایسه فلورسانس اولیه (A) و عدم تغییر آن پس از افزودن آمونیوم هیدروکسید (B) و سدیم استات (شکل C) X 330 .



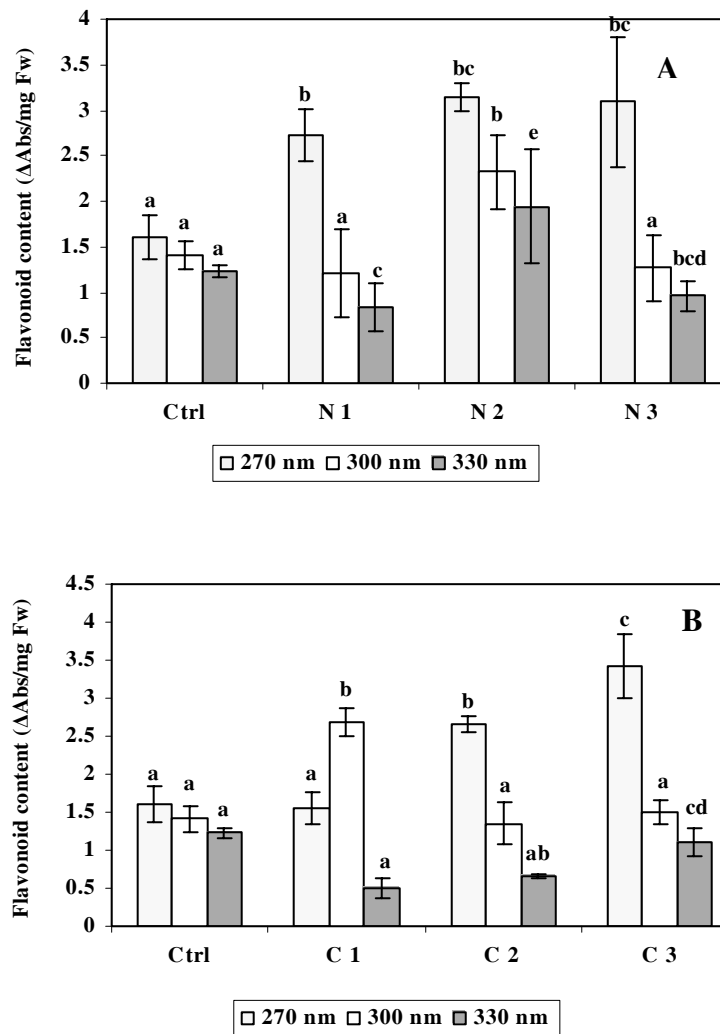
شکل ۷- برش عرضی از برگ گیاهان گروه تیمار پیوسته توسط میکروسکوپ فلورسانس . مقایسه فلورسانس اولیه (A) و تغییر آن پس از افزودن آمونیوم هیدروکسید (B) و سدیم استات (C) X 330 .



شکل ۸- برش عرضی از برگ گیاهان گروه تیمار ناپیوسته توسط میکروسکوپ فلورسانس . مقایسه فلورسانس اولیه (A) و تغییر آن پس از افزودن آمونیوم هیدروکسید (B) و سدیم استات (C) X 330 . همان‌طور که مشاهده می‌شود فلورسانس اولیه تمام نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های کنترل که در شکل ۶ نشان داده شد ، تغییر کرده است . هم‌نین دیواره سلولها در شکل C که به آن اسید اضافه شده است حالت مضرس و چین خورده دارد که نشانه سوپرینی شدن آنها می‌باشد (فلش یک تایی).



شکل ۹- میزان آنتوسیانین موجود در برگ گیاه صبر زرد (*Aloe vera*) در طول موج ۵۹۵ نانومتر در تیمار با دزهای مختلف UV-C به طور ناپیوسته (A) و طور پیوسته (B). در هر گروه حروف غیر یکسان نشاندهنده تغییرات معنی دار است.



شکل ۱۰- میزان فلاونوئید موجود در برگ گیاه صبر زرد (*Aloe vera*) در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر در تیمار با دزهای مختلف UV-C به طور ناپیوسته (A) و طور پیوسته (B). در هر گروه حروف غیر یکسان نشان‌دهنده تغییرات معنی دار است.

The Effects of Ultraviolet C Radiation on Some Physiological Parameters of *Aloe vera* L.

F. Ghanati¹, Z. Ahmadi¹ and P. Abdolmaleki¹

1- Department of Biology, Faculty of Science, Tarbiat Modares University, POBox: 14115-175, Tehran, Iran, E-mail: ghangia@modares.ac.ir

Abstract

The increase of atmospheric pollutants and depletion of ozone, are subsequently the main causes for the increase of ultraviolet radiation on the earth. In the present research the effect of ultraviolet C (100-280 nm) on the content of some of the biochemical compounds and growth parameters of *Aloe vera* L. were examined. According to the results, exposure to ultraviolet C decreased both longitudinal and expansion growth, as well as the size of mesophyll layers of aloe leaves, but increased the thickness of cuticle layer. The histochemical methods also showed that phenolic compounds in the cell walls of those plants which were exposed to ultraviolet irradiation were deposited more esterified to the wall polysaccharides rather than being polymerized compared to those of the non-exposed plants. The content of the ultraviolet-absorbing compounds (i.e., anthocyanins and flavonoids) of UV-exposed plants were also changed. Increase of flavonoids and anthocyanins in these plants, may be related to defensive strategy of these compounds against irradiation.

Key words: *Aloe vera* L, anthocyanins, flavonoids, UV-absorbing compounds, ultraviolet C.