journal homepage: www.jhd.iaushk.ac.ir

بررسی اثر اشعه‌ی UV-C و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر آلوئه ورا (*Aloe vera* L.)

نسترن صادقی[۱]، مرضیه شفیعی حاجی آباد[۲*]، امیر مهدی شوکتی[۳]

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشمر (دانشجوی دکتری فیزیک- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات) ؛

۲. دانشجوی دکتری گیاهان دارویی، دانشگاه گیسن، ایالت هسن، آلمان (marzieh_shafiee@yahoo.com) ؛

۳. کارشناس گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشمر ؛

شناسه‌ی مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۳/۱۱

نوع مقاله: علمی- پژوهشی

موضوع: اکوفیزیولوژی

کلید واژگان:

- ✓ *آلوئه ورا*
- ✓ *اشعه‌ی UV-C*
- ✓ *کشت درون‌شیشه‌ای*
- ✓ *تنظیم کنترل رشد*

چکیده

مقدمه و هدف: اثرات اشعه‌ی فرابنفش بر گیاهان که به نور خورشید نیاز دائمی دارند، غیر قابل اجتناب است. تأثیر مستقیم نور فرابنفش بر رشد و نمو در گیاهان، معمولاً منفی است و گیاهان ساز و کارهای دفاعی مختلفی برای محافظت و سازگاری خود به کار می‌گیرند. این تحقیق با هدف بررسی اثرات مخرّب، محرک یا سازنده‌ی احتمالی اشعه‌ی UV-C (۲۸۰ - ۱۰۰ nm) بر گیاهچه‌های درون شیشه‌ای آلوئه‌ورا و تغییرات احتمالی این اثرات در حضور غلظت‌های مختلف تنظیم کننده‌های رشد موجود در محیط کشت، انجام گرفته‌است.

روش تحقیق: گیاه آلوئه ورا به این دلیل انتخاب شد که گیاهی دارویی و نیمه گرمسیری است و به طور معمول در محل کشت و پرورش خود به طور مداوم در معرض اشعه‌های فرابنفش انرژی خورشید قرار دارد. تیمارهای مورد آزمون شامل محیط کشت در ۴ سطح و اشعه‌ی UV-C در دو سطح (۴۰ میکروواط بر سانتی‌متر مربع و صفر میکروواط بر سانتی‌متر مربع) بودند. گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای روی ۴ محیط کشت مختلف در ۶ تکرار کشت شدند و ۳ تکرار از آن‌ها طی ۱ ماه، روزانه ۱ ساعت در معرض اشعه‌ی UV-C قرار گرفتند.

نتایج و بحث: نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بیش‌ترین طول گیاهچه، تعداد و طول ریشه در محیط کشت، دارای۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA و بیش‌ترین تعداد شاخساره در محیط کشت، دارای ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۱ میلی‌گرم در لیترBA به دست آمد. اشعه‌ی UV-C به طور معنی‌داری باعث کاهش طول اندام‌های هوایی، تعداد و طول ریشه در تیمارهای اشعه دیده شد اما تعداد شاخساره را افزایش داد.

توصیه کاربردی/صنعتی: براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، اشعه‌ی UV-C باعث کاهش تعداد و طول ریشه شد. بنابراین استفاده از این اشعه در مراحل ریشه‌زایی و طویل شدن اندام‌های هوایی در گیاه آلوئه ورا توصیه نمی‌شود. این در حالی است که در محیط‌های استقرار و پرآوری اشعه‌ی UV-C می‌تواند به عنوان عاملی برای تحریک تولید شاخساره‌ی بیش‌تر در کشت درون‌شیشه‌ای به کار رود.

۱. مقدمه

اشعه‌ی ماورای بنفش به سه نوار با طول موج‌های UV-A(320-390 nm) ،UV-B(280-320) ،UV-C(254-280 nm) تقسیم می‌شود. در طبیعت اشعه‌ی فرابنفش فقط در شدت‌های کم اتفاق می‌افتد، اما اگر اثر ممانعت‌کننده‌ی لایه اُزُن در استراتوسفر به طور قابل توجهی در نتیجه‌ی اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن های هالوژنه تضعیف شود، مقدار آن افزایش می‌یابد (Farokh *et al.*, 2010). از حدود ۵۰ تا ۱۵۰ سال قبل با افزایش آلودگی‌های جوّی، لایه‌ی ازن کاهش یافته، در نتیجه افزایش اثرات اشعه‌ی فرابنفش مشاهده می‌گردد. اولین بار افزایش اشعه‌ی فرابنفش در اثر کاهش لایه‌ی اُزُن استراتوسفر در سال ۱۹۷۰ گزارش شد. اثرات اشعه‌ی فرابنفش بر گیاهان که به نور خورشید نیاز دائمی دارند، غیر قابل اجتناب است (Strid *et al*, 1994) . تأثیر مستقیم فرابنفش بر رشد

و تولید در گیاهان معمولاً منفی است و شامل تأثیر بر DNA و بیان ژنی، فتوسنتز ، تولید رادیکال‌های آزاد مثل رادیکال‌های سوپر اکسید اکسیژن اتمی و رادیکال‌های هیدروکسیل و آسیب‌پذیری بافت های گیاهی نسبت به پاتوژن‌ها و حشرات است. محل‌های هدف این اشعه به طور عمده پروتئین‌ها ، غشاهای زیستی، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی ، فتوسیستم‌ها و هورمون‌های گیاهی است (Ormrod & Hale, 2000 ; Wood *et al*., 1992). اما در سطح اکوسیستم‌ها تأثیرات مثبت و مهمی مثل افزایش تولید از طریق بهبود مکانیسم‌های ذخیره‌ی آب گزارش شده است (Manetas *et al*., 1997).

از مهمترین مکانیسم‌های سازگاری گیاهان در برابر اشعه فرابنفش می توان برگ‌های ضخیم‌تر و کوچک‌تر، افزایش ترکیبات جاذب اشعه‌ی فرابنفش مثل فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها و مقدار بیش‌تر کرک ها انعکاسی را نام برد. تغییر زاویه‌ی برگ‌ها نسبت به اشعه‌ی تابشی و افزایش اختصاصات منعکس‌کننده‌ی سطح برگ‌ها، مکانیسم‌های دیگر مقاومت هستند. با تخریب اُزُن استراتوسفر افزایش اشعه‌ی ماورای بنفش در سطح زمین مشاهده می‌شود. بنابراین بررسی اثر اشعه‌ی UV بر گیاهان برای شناخت آسیب‌ها و مکانیسم-های تدافعی گیاهان کاملاً ضروری است. در این زمینه تحقیقات متعددی (قناتی و هم‌کاران، ۱۳۸۵؛ بلوچی و هم‌کاران، ۱۳۸۷؛ انتشاری و هم‌کاران، ۱۳۸۴؛ Krizek *et al*., 1993 ; Mpoloka *et al*., 2007; Schreiner *et al*., Ziska *et al*., 1993; 2009) انجام شده است. قناتی و هم‌کاران (۱۳۸۵) تأثیر اشعه‌ی UV-C را بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاهان گلدانی صبر زرد (*Aloe vera* L.) شامل میزان کلروفیل ، فلاونوئید و آنتوسیانین، رشد طولی و عرضی ، ضخامت لایه‌ی کوتیکول و مقدار سلول‌های مزوفیل مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که رشد رویشی در تیمارهای اشعه‌دیده، به طور معنی‌داری کاهش یافته‌است.

مهدویان و هم‌کاران (۱۳۸۵) نیز اثر طول موج‌های مختلف اشعه‌ی ماورای بنفش را بر جوانه‌زنی ، پارامترهای رشد ، میزان قند و پروتئین گیاه فلفل مطالعه کردند. نتایج حاصل نشان داد که اشعه‌ی ماورای بنفش، جوانه زنی را تسریع کرد، اما رشد بعدی گیاهچه‌ها را کند می‌کند. هم‌چنین نتایج نشان داد که تحت شرایط آزمایش، تنها اشعه‌ی UV-B و UV-C وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی و سطح برگ را کاهش می‌دهد. آن‌ها در پایان نتیجه گرفتند که اشعه‌ی UV-A نقش زیان‌باری بر رشد گیاهان ندارد و بیش‌تر آسیب اشعه‌ی فرابنفش، مربوط به باندهای UV-B و UV-C است.

کاکانی و هم‌کاران (Kakanni *et al*., 2003) در تحقیقی که روی پنبه انجام دادند، اثرات فرابنفش افزایش یافته را بر مورفولوژی و آناتومی و گُل‌دهی پنبه بررسی کردند، مشاهده نمودند که در ابتدا نقاط رنگ‌پریده روی برگ شکل گرفته و به تدریج تبدیل به نقاط خشک و نکروزه شدند و به طور کلی اشعه‌ی فرابنفش افزایش یافته، باعث کاهش رشد رویشی و زایشی می‌شود.

شرینر و هم‌کاران (Schreiner *et al*., 2009) اثر اشعه‌ی فرابنفش را بر متابولیسم ثانویه در اندام‌های مختلف گیاه لادن بررسی نمودند. این گیاه در فرآیندهای بعد از برداشت در معرض اشعه‌ی فرابنفش قرار می‌گیرد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اشعه‌ی فرابنفش بر مواد فیتوشیمیایی گیاه مؤثر است و باعث تغییر متابولیسم ثانویه‌ی آن می‌شود. بنابراین بهینه‌سازی میزان اشعه‌ی فرابنفش در ضدعفونی کردن محصولات گیاهی، کاملاً لازم و ضروری است.

احسان پور و رضوی زاده(Ehsanpour & Razavizadeh, 2005) در مطالعه‌ی اثر اشعه‌ی فرابنفش بر مقاومت به خشکی یونجه، کالوس درون‌شیشه‌ای آن را به مدت ۰، ۱۵ ۳۰ و ۶۰ دقیقه در معرض اشعه‌ی فرابنفش قرار دادند، مشاهده کردند که کالوس‌هایی که به مدت ۶۰ دقیقه در معرض اشعه‌ی فرابنفش بوده‌اند، بیش‌ترین مقاومت را به خشکی نشان دادند.

در تحقیق حاضر از گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای آلوئه ورا یا صبر زرد استفاده شد. آلوئه ورا از جمله گیاهان مهم دارویی متعلق به خانواده‌ی Aloeaceae است (Ahmed *et al*., 2007). ژل آلوئه‌ورا دارای خواص و فعالیت‌های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی دارویی متنوعی است که امروزه به مقدار زیاد در صنایع آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Paez *et al*., 2000).

آلوئه ورا گیاهی نیمه‌گرمسیری است و به طور معمول در محل کشت و پرورش خود، به طور مداوم در معرض اشعه‌های فرابنفش انرژی خورشید قرار دارد. مطابق تحقیقات و گزارش‌های موجود، افزایش اشعه‌ی فرابنفش در سال‌های آینده، غیر قابل اجتناب است (قناتی و هم‌کاران، ۱۳۸۵؛ Alagukannan *et al*., 2002) ، بنابراین تحقیق در زمینه‌ی اثر اشعه‌ی فرابنفش بر گیاه آلوئه ورا ضروری به نظر می‌رسد. از آنجائی‌که تکثیر سنتی آلوئه ورا از طریق پاجوش، بسیار کند است و محدودیت‌های زیادی در کاشت آن وجود دارد، امروزه این گیاه در سطح تجاری از طریق کشت درون‌شیشه‌ای تکثیر می‌شود (Mukherjee & Roychowdhary, 2008; Meyer & Staden, 1991). بنابراین گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای آلوئه ورا به عنوان مواد گیاهی این تحقیق انتخاب شدند. این تحقیق برای اولین بار با هدف بررسی اثرات مخرب ، محرک یا سازنده‌ی احتمالی اشعه‌ی UV-C بر گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای این گیاه دارویی مهم و تغییرات احتمالی این اثرات در غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد موجود در محیط کشت، به مرحله اجرا درآمد.

۲. مواد و روش‌ها

گلدان‌های گیاه دارویی صبر زرد از یک مزرعه پرورش آن واقع در شهرستان بندرعباس خریداری و به دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشمر منتقل شد. این گلدان‌ها به مدت ۱ ماه برای سازگاری با محیط جدید در آزمایشگاه نگهداری شدند. ریز نمونه‌های مورد نیاز این آزمایش از گیاهانی به ارتفاع متوسط ۱۵-۱۰سانتی‌متر تهیه شدند.

همه‌ی برگ‌ها از محل طوقه‌ی گیاه جدا شدند و نوک ساقه‌ها همراه با دو برگ جوان میانی به طول تقریبی ۲- ۱/۵ سانتی‌متر، از ساقه جدا و در آب جاری به طور کامل شستشو و به اتاقک استریل منتقل شدند. در اتاقک استریل، ساقه‌های آلوئه‌ورا در محلول ۲۰ درصد شوینده‌ی تجاری وایتکس (محتوی ۵/۲۵ درصد هیپوکلریت سدیم خالص) به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور گردیدند. سپس نمونه‌ها ۳ بار با آب مقطر استریل شدند و به ترتیب به مدت ۲، ۳ و ۵ دقیقه شستشو داده شدند. ضمن مشاهده و تشخیص قسمت انتهایی ساقه‌ها در داخل اتاقک تمیز، با استفاده از پنس و اسکالپل استریل‌شده، نوک مریستمی ساقه همراه با برگ اولیه به طول ۲-۱ میلی‌متر جدا گردید و روی محیط کشت پایه‌ی MS دارای ساکارز به میزان ۳ درصد، ۲ گرم در لیتر ژلرایت، ۱ میلی‌گرم در لیتر BA و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA کشت و تکثیر شدند (جدول ۱). pH محیط کشت مورد نظر ۵/۸ تنظیم گردید. برای انجام آزمون از گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای آلوئه ورا که در این محیط تولید شده بودند و طول آن‌ها بین ۰/۷ تا ۱۰ میلی‌متر بود، استفاده گردید (شکل ۱ -الف).

شکل ۱- الف. گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای گیاه آلوئه ورا که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت

شکل ۱-ب. شیشه‌های کشت حاوی ریز نمونه‌های آلوئه ورا که در انکوباتور نگهداری شدند

اثر تنظیم‌کننده‌های رشد ۴ محیط کشت، حاوی غلظت‌های مختلف IBA و BA در ۶ تکرار تهیه شدند (جدول ۱) و ریز نمونه‌ها به تعداد ۳ مشاهده بر محیط کشت‌ها، کشت شدند. شیشه‌های کشت حاوی ریز نمونه‌ها در داخل اتاقک رشد، دارای ۲۰۰۰ لوکس نور و در دمای ۲۷ درجه‌ی سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند (شکل ۱ -ب). در این مطالعه از طرح پایه کاملاً تصادفی با آزمایش فارکتوریل استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها، نشان داد که اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر صفات اندازه گیری شده در کشت درون-شیشه‌ای آلوئه‌ورا، معنی‌دار است. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می دهد که بیش‌ترین طول گیاهچه، در محیط کشت MS_1 و MS_3 و بیش‌ترین تعداد برگ در محیط کشت MS_2 حاصل شد. هم‌چنین بیش‌ترین تعداد شاخساره در محیط کشت MS_4، طویل‌ترین شاخساره‌ها در محیط کشت‌های MS_2، MS_3 و MS_4، بیش‌ترین تعداد ریشه در محیط کشت MS_3 و طویل‌ترین ریشه ها در محیط‌های کشت MS_1 وMS_3 به دست آمد (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها در خصوص اثر ساده اشعه‌ی بر صفات مورد بررسی نشان داد که اثر اشعه‌ی UV-C بر تعداد شاخساره، طول شاخساره، تعداد ریشه و طول ریشه در کشت درون شیشه‌ای آلوئه ورا معنی‌دار بوده است (جدول ۳). تعداد شاخساره در اثر اشعه فرابنفش افزایش یافته، ولی طول شاخساره، تعداد ریشه و طول ریشه‌ها در اثر اشعه‌ی فرابنفش کاهش یافته است(جدول ۴).

اثرات متقابل تنظیم کننده های رشد و اشعه بر صفات اندازه‌گیری شده در کشت درون شیشه‌ای آلوئه ورا معنی‌دار بود (جدول۴). در مقایسه‌ی میانگین‌ها مشاهده می‌شود که بیش‌ترین طول گیاهچه در محیط کشت MS_2، بیش‌ترین تعداد برگ در

محیط کشت MS_2UV، بیش‌ترین تعداد شاخساره در محیط کشت MS_4UV ، طویل‌ترین شاخساره ها در محیط کشت MS_3، بیش ترین تعداد ریشه در محیط کشت MS_3 و طویل‌ترین ریشه‌ها در محیط کشت MS_1 **و** MS_3 به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۱. ترکیب محیط‌های کشت به‌کار رفته درآزمون

محیط کشت	ترکیب تنظیم کننده های رشد
MS_1	1 mgl^{-1} IBA
MS_2	1 mgl^{-1} IBA, 1 mgl^{-1} BA
MS_3	1.5 mgl^{-1} IBA
MS_4	1.5 mgl^{-1} IBA, 1 mgl^{-1} BA

جدول ۲. اثر ساده تنظیم کننده‌های رشد بر صفات اندازه‌گیری شده در کشت درون شیشه‌ای آلوئه ورا

تیمار	طول گیاهچه‌ی اولیه	تعداد برگ	تعداد شاخساره	طول شاخساره	تعداد ریشه	طول ریشه
MS_1	۵/۰۰^{A*}	۲/۸۳^{B}	۰/۰^{C}	۰/۰۰^{B}	۱/۸۳^{B}	۳/۲۲^{A}
MS_2	۳/۷۰^{B}	۴/۱۷^{A}	۰/۸^{BC}	۱/۰۰^{A}	۱/۳۳^{BC}	۱/۱۲^{B}
MS_3	۴/۴۲^{A}	۳/۶۷^{AB}	۱/۰^{B}	۰/۶۷^{AB}	۲/۸۳^{A}	۲/۶۵^{A}
MS_4	۳/۲۵^{B}	۳/۳۳^{AB}	۵/۵^{A}	۰/۵۲^{AB}	۰/۸۳^{C}	۱/۱۳^{B}

*حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی داری بین گروهای آزمایشی است.

جدول ۳. اثر ساده اشعه‌ی UV-C بر صفات اندازه‌گیری‌شده در کشت درون‌شیشه‌ای گیاه دارویی آلوئه ورا

تیمار	تعداد شاخساره	طول شاخساره	تعداد ریشه	طول ریشه
UV_0	۰/۵۸^{B}	۰/۶۸^{A}	۲/۳۳^{A}	۲/۸۷^{A}
UV_1	۲/۱۰^{A}	۰/۵۱^{B}	۱/۴۲^{B}	۱/۱۹^{B}

*حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی داری بین گروهای آزمایشی است.

جدول ۴. اثرات متقابل اشعه‌ی فرابنفش و محیط کشت بر صفات اندازه‌گیری‌شده در کشت درون‌شیشه‌ای گیاه دارویی آلوئه ورا

تیمار	طول گیاهچه‌ی اولیه	تعداد برگ	تعداد شاخساره	طول شاخساره	تعداد ریشه	طول ریشه
MS_1	۳/۰۷ ^{CD*}	۲/۶۷^{C}	۰/۰۰^{D}	۰/۰۰^{B}	۱/۰۰^{DE}	۵/۰۰^{A}
MS_1UV	۴/۳۳^{ABC}	۳/۰۰^{BC}	۰/۰۰^{D}	۰/۰۰^{B}	۲/۶۷^{BC}	۱/۴۴^{CD}
MS_2	۵/۳۳^{A}	۴/۰۰^{AB}	۰/۳۳^{CD}	۱/۰۰^{AB}	۲/۶۷^{AB}	۱/۵۰^{C}
MS_2UV	۴/۶۷^{AB}	۴/۳۳^{A}	۱/۳۳^{BC}	۱/۰۰^{AB}	۱/۰۰^{DE}	۰/۷۳^{DE}
MS_3	۳/۸۳۳^{BC}	۳/۳۳^{ABC}	۱/۶۷^{BC}	۱/۳۳^{A}	۴/۶۷^{A}	۴/۹۷^{A}
MS_3UV	۵/۰۰^{AB}	۴/۰۰^{AB}	۰/۳۳^{CD}	۰/۵۰^{B}	۰/۳۳^{E}	۰/۳۳^{E}
MS_4	۴/۳۳^{ABC}	۳/۳۳^{ABC}	۳/۰۰^{B}	۱/۰۰^{AB}	۰/۰۰^{E}	۰/۰۰^{E}
MS_4UV	۲/۱۷^{D}	۳/۳۳^{ABC}	۷/۰۰^{A}	۱/۰۴^{AB}	۱/۶۷^{CD}	۲/۲۷^{B}

*حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی داری بین گروهای آزمایشی است.

به طور کلی در محیط درون شیشه ای اکسین‌ها در تقسیم سلولی، رشد طولی سلول‌ها و در نتیجه اندام‌ها و آغازش ریشه‌های جانبی تأثیر دارند (Normany, 1997) و سایتوکنین‌ها باعث تسریع تقسیم سلولی، تشکیل اندام هوایی و ریخت‌زایی می‌شوند (باقری و صفاری، ۱۳۷۶) .

در حقیقت تعادل هورمونی ایجاد شده در پاسخ سلول‌ها مؤثر است به‌طوری‌که وقتی نسبت سیتوکنین به اُکسین بیش‌تر باشد، فرآیند باززایی به سمت تولید شاخساره پیش می‌رود و در حالت عکس، افزایش طول اندام‌ها و نیز تولید ریشه مشاهده می‌شود (Arteca , 1995). در این تحقیق در محیط کشت‌های MS_1 و MS_3 که IBA به تنهایی به کار رفته، به نظر می‌رسد که اُکسین موجود در محیط کشت، باعث تقسیم و افزایش طول سلولی در ریزنمونه‌ها شده است.

شاخسارهای ایجاد شده و ریشه‌ها نیز، رشد طولی بیش‌تری در محیط کشت‌ها داشته‌اند. علاوه بر این یکی از اثرات بارز و شناخته شده‌ی غلظت‌های بالای سیتوکنین‌ها مخصوصاً BA در محیط کشت، کاهش طول شاخساره است (باقری و صفاری، ۱۳۷۶). بنابراین مشاهده می‌شود که در محیط کشت‌های MS_2 و MS_4 که BA در محیط کشت وجود دارد، هم گیاهچه‌ی اولیه و هم شاخساره‌ها طول کم‌تری داشته‌اند. پس می‌توان گفت غلظت‌های IBA باعث افزایش طول گیاهچه در محیط کشت‌های MS_1 و MS_3 شده است و در محیط کشت‌های MS_2 و MS_4 حضور BA بر رشد گیاهچه حالت بازدارنده داشته است.

علاوه براین درمورد تعداد شاخساره‌ها به نظر می‌رسد IBA به تنهایی تأثیری در پرآوری ندارد و حضور BA در کنار IBA بیش‌تر برای تولید تعداد شاخساره لازم است. در محیط کشت‌های MS_2 و MS_4، BA در کنار IBA حضور دارد اما به نظر می‌رسد تنها در MS_4 که غلظت IBA ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر است، نسبت تنظیم کننده‌های رشد، باعث تحریک تقسیم سلولی در تولید شاخساره و پرآوری بیش‌تر شده است.

در تطابق با نتایج این تحقیق فتاحی و هم‌کاران (Fattahi *et al*., 2004) عنوان کردند که اُکسین به تنهایی تعداد معنی‌داری شاخساره‌ی جدید تولید نمی‌کند. پژوهشگران دیگری نیز بر وجود یک سایتوکنین به همراه اُکسین برای تولید شاخساره جدید تأکید داشته‌اند (Hirimburegama & Gamage, 1995; Natali *et al*., 1990; Roy & Sarkar, 1991). برخی دیگر از محققین (Abrie & Staden, 2001; Velcheva *et al*., 2005) بر نقش BA به عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد اصلی محرک افزایش تعدد شاخساره جدید، در مراحل مختلف کشت درون‌شیشه‌ای آلوئه ورا اشاره داشتند.

بعضی از محققان (Tanabe & Horiuchi, 2006; IBM (Chaudhuri & Makundan, 2001 را که به تنهایی برای تولید شاخساره جدید توصیه کرده اند که دلیل تفاوت نتایج آن‌ها با نتایج ما می‌تواند به دلیل پاسخ متفاوت گونه‌های مختلف آلوئه ورا در محیط کشت درون‌شیشه‌ای باشد. علاوه بر آن، نتایج این تحقیق با نتایج میر و استادن (Meyer & Staden, 1991) که بیشترین تعداد شاخساره را در محیط حاوی ۱ میلی‌گرم IBA به‌دست آوردند

و کاربرد سایر سایتوکنین‌ها را برای تولید شاخساره بیش‌تر سمی دانسته‌اند، مغایرت دارد. نتایج آن‌ها توسط هیچ محقق دیگری تأیید نشده است. ظاهراً نتایج آنان به شدت به گونه و روش کار آن‌ها وابسته بوده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در حضور BA در محیط کشت، تعداد ریشه کاهش می‌یابد (جدول ۳) و این می‌تواند به دلیل اثرات بازدارنده‌ی سیتوکنین‌ها بر رشد ریشه باشد (Arteca, 1995).

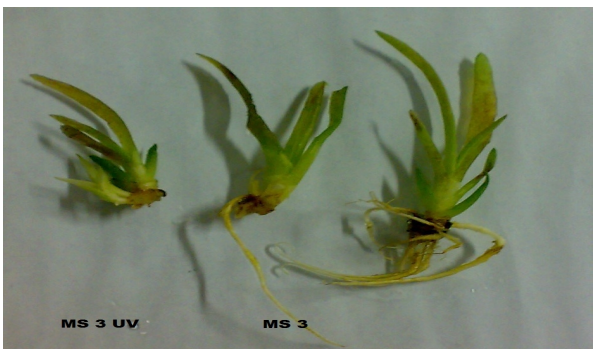
افزایش تعداد ریشه در محیط کشت MS_3 و کاهش آن در MS_4 بیانگر اثر بازدارنده‌ی BA بر تشکیل ریشه است. نکته‌ی دیگر در مورد علت افزایش تعداد ریشه‌ها در محیط کشت MS_3 نسبت به سایر محیط کشت‌ها، بحث اثر افزاینده‌ی غلظت‌های IBA بر تعداد برگ‌ها و طول گیاهچه‌ی اولیه در این محیط‌ها است. با توجه به این‌که یکی از منابع سازنده‌ی اکسین، برگ‌های جوان است (Arteca, 1995)، پس می‌توان گفت اندازه‌ی بزرگ‌تر برگ‌ها و تعداد بیش‌تر آن‌ها که در این محیط‌ها احتمالاً منبع درون‌زایی برای تولید اُکسین فراهم کرده، خود باعث افزایش تعداد ریشه‌ها در این محیط کشت شده است (Meyer & Staden, 1991) . طی تحقیقی IBA را برای ریشه زایی آلوئه ورا مناسب دانسته اند و این مطلبی است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. هاشمی آبادی و کاویانی(Hashemiabadi & Kaviani, 2008) و ولچوا و هم‌کاران (Velcheva *et al.*, 2005) نیز طی دو تحقیق جداگانه، عنوان کردند که افزودن BA و NAA به محیط کشت، باعث افزایش تعداد ریشه‌ها می‌شود، اما بین افزایش غلظت هورمون BA، با تعداد ریشه، همبستگی منفی وجود دارد، مطلبی که با نتایج این تحقیق نیز مطابقت است.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که UV-C به طور معنی داری باعث کاهش رشد طولی شاخساره‌ها ، کاهش تعداد و طول ریشه‌ها و افزایش تعداد شاخساره می‌شود . اشعه‌ی UV-C به عنوان یک عامل موتاژن اثرات منفی و متفاوت زیادی بر مورفولوژی و آناتومی بسیاری از گیاهان دارد (Stapleton, 1992). سایر محققان نیز عنوان کرده اند که اشعه‌ی UV-C می‌تواند بر نسبت ریشه به ساقه (Ballare *et al.*, 1995) و نیز رشد طولی ریشه و ساقه اثر بگذارد (Jansen, 2002).

علاوه بر این، اشعه‌ی UV-C بر متابولیسم اکسین می‌تواند تأثیر بگذارد (Jansen, 2002). البته اثر اشعه‌ی UV-C بر کاتالیز اکسین در محیط درون شیشه ای نیز گزارش شده است (Ros & Tevini, 1995). از آن‌جا که تجزیه‌ی اکسین درونی در اشعه‌ی UV-C، باعث واکنش‌های مورفولوژیک در گیاهان می‌شود (Ballare *et al.*, 1995)، اثر اشعه‌ی UV-C در کاهش رشد رویشی می‌تواند در اثر تأثیر بر متابولیسم اکسین درونی ریزنمونه ها باشد زیرا IAA (اکسین درونی) در ناحیه‌ی طیف نوری اشعه‌ی فرا بنفش، تجزیه می‌شود و این تخریب هورمون درونی می‌تواند باعث کاهش رشد رویشی ریزنمونه گردد (Ros & Tevini, 1995).

در کشت درون‌شیشه‌ای گندم نیز، اشعه‌ی UV-C باعث کاهش طول ریشه و وزن اندام‌های تر در ریز نمونه‌ها شد (Rahmatzadeh & Khara, 2007). از دیگر سو اشعه‌ی فرابنفش به عنوان یک عامل موتاژن، در بعضی موارد، باعث افزایش بیان ژنی و تکثیر سلولی می‌شود (Stapleton, 1992). به نظر می‌رسد در این تحقیق نیز UV-C بر مراکز مریستمی شکل‌گرفته در ریز نمونه‌ها تأثیر گذاشته و بیان ژنی را به سمت تولید آغازه های شاخساره‌ی جدید پیش برده است و چون در محیط کشت MS_4 غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد نیز برای رشد و تکثیر این آغازه‌های شاخساره‌ای جدید، فراهم بوده است. تعداد شاخساره‌ها نیز به شکل معنی‌داری در تیمار MS_4UV افزایش یافته‌است. احسان پور و رمضان زاده (Ehsanpour & Razavizadeh, 2005) به طور مشابه گزارش کردند که اشعه‌ی UV-C در کالوس درون‌شیشه‌ای یونجه، باعث افزایش تکثیر سلولی شده است.

اثر اشعه‌ی UV-C بر محتوای هورمونی ریز نمونه، بارز و مشخص است، آن گونه که در تیمار MS_3 این فرضیه که غلظت تنظیم‌کننده‌ی رشد موجود در محیط کشت، باعث رشد برگ‌ها شده، در نتیجه‌ی یک منبع اکسین درونی به وجود آمده و در اثر این هورمون، تعداد و طول ریشه‌ها افزایش یافته است، می‌تواند به نحو دیگری نیز تصدیق شود، زیرا در تیمارMS_3UV طول شاخساره، تعداد و طول ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافته است. بنابراین می‌توان گفت که در اثر اشعه‌ی فرابنفش، هورمون درونی تجزیه و باعث اختلاف بارز این دو تیمار شده‌است (شکل ۲ و۳).



شکل ۲ –الف. گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای آلوئه ورا که در محیط کشت دارای ۱/۵ میلی گرم در لیتر IBA رشد کرده‌اند. گیاه سمت چپ (MS_3UV) روزانه به مدت ۱ ساعت در معرض اشعه‌ی UV-C بوده است.

شکل ۲– ب. گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای آلوئه‌ورا که در محیط کشت دارای ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۱ میلی گرم در لیتر BA رشد کرده‌اند. گیاه پایین(MS_4UV) روزانه به مدت ۱ ساعت در معرض اشعه‌ی UV-C بوده است.

۴. نتیجه گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، اثر تنظیم‌کننده‌های رشد IBA و BA و نیز اشعه‌ی UV-C بر صفات مختلف اندازه‌گیری‌شده در مرحله‌ی کشت درون‌شیشه‌ای آلوئه‌ورا کاملاً مشخص است. از آن‌جا که اشعه‌ی UV-C باعث کاهش تعداد و طول ریشه شده، استفاده از این اشعه در مراحل ریشه‌زایی و طویل شدن اندام‌های هوایی در گیاه آلوئه ورا توصیه نمی‌شود. این در حالی است که در محیط‌های استقرار و پرآوری اشعه‌ی UV-C می‌تواند به عنوان عاملی برای تحریک تولید شاخساره‌ی بیش‌تر در کشت درون‌شیشه‌ای به کار رود امّا تحقیقات بیش‌تر در این زمینه برای بررسی ثبات ژنتیکی ریز نمونه‌ها و گیاهان حاصل، کاملاً ضروری است. چون این تحقیق قدم اول در این گونه تحقیقات است، توصیه می‌شود که تحقیقاتی دیگری درباره‌ی اثر شدت‌های مختلف اشعه‌ی فرابنفش بر ریزنمونه‌های درون‌شیشه‌ای تحقیقاتی انجام شود.

۵. منابع

انتشاری، ش.، منوچهری کلانتری، خ.، قربانلی ، م و ترک زاده ، م. ۱۳۸۴. تأثیر باندهای مختلف اشعه‌ی ماورای بنفش بر رنگیزه‌های موجود در برگ سویا (*Glycine max* L.). *فصل‌نامه‌ی زیست‌شناسی ایران*، ۱۸: ۷۷ -۸۳ .

باقری ، ع و صفّاری، م. ۱۳۷۶. *مبانی کشت بافت‌های گیاهی* . انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۰۶ صفحه.

بلوچی ، ح.، مدرّس ثانوی ، ع.م.، امام ، ی و برزگر ، م. ۱۳۸۷. تأثیر تنش کم‌آبی ، ازدیاد دی‌اکسید کربن و اشعه‌ی ماورای بنفش بر صفات کیفی برگ پرچم گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. *var durum* Desf)، *مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲: ۱۶۷-۱۸۱.

قناتی ، ف.، احمدی، ز و عبدالمالکی، پ. ۱۳۸۵. تأثیر پرتوی فرابنفش C بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی در گیاه صبر زرد (*Aloe vera*)، *فصل‌نامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران* ۲۲: ۳۱۵-۳۳۱.

مهدویان، ا.، قربانلی، م.، منوچهری کلانتری، خ و محمدی، غ. ۱۳۸۵. تأثیر باندهای مختلف اشعه‌ی ماورای بنفش بر عوامل فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی فلفل (*Capsicum annuum* L.). *فصل‌نامه‌ی زیست‌شناسی ایران*، ۱۹: ۴۳-۴۸.

Abrie, A. and Staden, J.V. 2001. Micropropagation of endangered *Aloe Polyphylla*. *J. Plant Growth Regul*, 33 (1): 19-23.

Ahmed, S., Kabir, A. H., Ahmed, M. B., Razvy, M. A. and Ganesan, S. 2007. Development of rapid micropropagation method of *Aloe vera* L. *Sjemenarstvo* 24: 121-128.

Alagukannan, G., Ganesh, S. and Gopal, S. K. 2002. Characterization and screening of different ecotypes of *Aloe vera* L. for growth, yield and quality, Submitted for Yun-Ho Award, International *Aloe* Science Council, Texas. Pp: 48.

Arteca, R. N. 1995. *Plant Growth Regulators, Substances Principles and Applications*. Chapman and Hall, New York. PP: 332 .

Ballare, C. L., Baness, P. W. and Flint, S. D. 1995. Inhibition of hypocotyls elongation by ultrsviolet-B radiation in de-etiolating tomato seedlings. *Photoreceptor*. *Physiol. Plant*, 93: 548-592.

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 Ecol*, 128: 100-108.

Meyer, H. J. and Staden, J. V. 1991. Rapid in vitro propagation of *Aloe barbadensis* Mill. *Plant Cell, Tis Org Cul*, 26 (3): 167-171.

Mpoloka, S. W., Abratt, V. A, Mundree, S. G., Thomson, J. A. and Musil C. F. 2007. Potential effects of prolonged ultraviolet radiation exposure in plants: chloroplast DNA analysis. *Am-Eurasian J. Agric. Environ Sci*, 2(4): 437-441.

Mukherjee, A. and Roy-Chowdhury, B. 2008. The In Vitro Propagation of *Aloe vera* sp. *TIG Res J*, 1 (2): 116-119.

Natali, L., Sanchez, I. C. and Cavallini, A. 1990. *In vitro* culture of *Aloe barbadensis* Mill. micropropagation from vegetative meristems. *Plant Cell, Tis Org Cul*, 20: 71-74.

Normanly, J. 1997. Auxin metabolism. *Physiol. Plant*. 100: 422-431

Ormrod, D. P. and Hale, B. A. 2000. Physiological responses of plants and crops to ultraviolet-B radiation stress. *Air Pollution*, 761-770.

Paez, A., Gebre, G. M., Gonzales, M. E. and Tschslinski, T. J. 2000. Growth, soluble carbohydrates and aloin concentration of Aloe vera plants exposed to tree iradiance levels environmental and experimental botany levels. *Environ. Exp. Bot*, 44: 133-139 .

Rahmaatzadeh, S. and Khara, J. 2007. Anatomical and morphological changes caused by intraction between UV-C Radiation and colonized wheat by some species of *Mycorrhiza arbuscular*. *J. Bio. Sci*, 7(6): 1001-1004.

Ros, J. and Tevini, M. 1995. Interaction of UV radiation and IAA during growth of seedling and hypocotyls segments of Sunflower. *Plant Physiol*, 146: 295-302.

Roy, S. C. and Sarkar, A. 1991. *In vitro* regeneration and micropropagation of Aloe vera L. *Sci Hor*, 47(1-2): 107-113 .

Schreiner, M., Krumbein, A., Mewis, I., Ulrichs., C. and Huyskens-Keil, S. 2009. Short-term

Blackburn, G. A. 1998. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: a test using senescent tree leaves. *Int J Remote Sens*, 19: 657 – 675.

Chaudhuri, S. and Mukundan, U. 2001. *Aloe vera* L. - Micropropagation and Characterization of its gel. *Phytomorphology*, 51 (2): 155-157.

Ehsanpour, A. A. and Razavizadeh, R. 2005. Effect of UV-C on Drought Tolerance of Alfalfa (*Medicago sativa*) Callus. *Am J Biochem Biotechnol*, 1 (2): 107-110 .

Farokh, P., Mohmoodzadeh, H. and Satari, T. N. 2010. Response of seed germination of sunflower to UV-B radiation. *Res J. Environ Sci*, 4(1): 70-74.

Fattahi, M. J., Oghli, Y. H. and Ghazvini, R. F. 2004. Introduction of the most suitable culture media for micropropagation of a medicinal plant aloe (*Aloe barbadensis* Mill.). *Iranian J. Hortic Tech Sci*, 5: 71-80.

Filella, I., Serrano, J., Serra. and Penuelas, J. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Sci*, 35: 1400-1405.

Gamon, J. A. and Surfus, J. S. 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist* 143: 105 – 117.

Hashemabadi, D. and Kaviani, B. 2008. Rapid micro-propagation of *Aloe vera* L. via shoot multiplication. *Afric J. Biotech*, 7 (12): 1899-1902.

Hirimburegama, K. and Gamage, N. 1995. In vitro multiplication of Aloe vera meristem tips for mass propagation. *Hortic Sci*, 27 (3-4): 15-18.

Jansen, M. A. K. 2002. Ultraviolet- B radiation effects on plants: Induction of morphogenic responses. *Physiol Planta*, 116: 423-429.

Kakanni, V. G., Reddyer, K. R., Zhao, D. and Mohammad, A. R. 2003. Effects of Ultraviolet-B radiation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Morphol. Anatomy Annal Bot*, 91: 817-826.

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. *Physiol Plantarum*, 88: 350-358.

Manetas, Y., Petropoulou, Y., Stamatakis, K., Nikolopoulos, D., Levizou, E., Psaras, G. and

and moderate UV-B radiation effects on secondary plant metabolism in different organs of nasturtium (*Tropaeolum majus* L.). *Innov Food Sci Emerg Tech*, 10(1): 93-96 .

Sembiring, H., Raun, W.R., Johnson, G.V., Stone, M.L., Solie, J. B. and Phillips, S.B. 1998. Detection of nitrogen and phosophorus nutrient status in winter wheat using spectral radiance. *J. Plant Nut*, 21 (6):1207-1233.

Small wood, M.F., Calvert, C.M., and Bowles, D.J. 1999. Plant Responses to Environmental stress. *Annals of Bot*, 85(4): 578-580

Stapleton, A.E. 1992. Ultraviolet radiation and plants: Burning questions. *The Plant Cell*, 4: 1353-1358.

Strid, A., Chow, W. S., Anderson, J. M. 1994. UV-B damage and protection at the molecular level in plants. *Photosynth Res*, 39: 475-489.

Tanabe, M. J. and Horiuchi, K. 2006. *Aloe barbadensis* Mill. *ex vitro* autotrophic culture. *Journal of Hawahan Pacific Agriculture*, 13: 55-59.

Velcheva M., Faltin Z., Vardi A., Eshdat Y. and Peral, A. 2005. Regeneration of *Aloe arborescens* via organogenesis from young inflorescences. *Plant Cell, Tis Org Cul*, 83: 293-301.

Wood, C. W., Reeves, D. W., Duffield, R. R. and Edmisten, K. L. 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *J Plant Nutr*, 15:487-500.

Ziska, L. H., Teramura, A. H., Sullivan, J. H. and McCoy, A. 1993. Influence of ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic and growth characteristics in field-grown cassava (*Manihot esculentum* Crantz). *Plant. Cell Environ*, 16: 73-79.