پژوهش و سازندگی
شماره ۶۰، پاییز ۱۳۸۲
در زراعت و باغبانی

بررسی تغییرات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ایجاد شده در برخی از پارامتر های رشد در اثر تابش باندهای UV-B,UV-A و UV-Cاشعه ماوراءبنفش در گیاهک کلزا *Brassica napus*

• فاطمه نصیبی • خسرو منوچهری کلانتری و • منیژه رشیدی راوری، بخش زیست‌شناسی – دانشگاه شهید باهنر کرمان، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان

تاریخ دریافت: آذر ماه ۱۳۸۱ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۲

چکیده

اثرات ناشی از کاهش لایه اوزون و افزایش اشعه ماوراء بنفش امروزه توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه اثرات باندهای UV-B,UV-A و UV-C اشعه ماوراءبنفش بر برخی از پارامترهای رشد در گیاهک کلزا مورد بررسی قرار گرفته است. طول قسمت هوایی، طول ریشه، وزن خشک ریشه، ساقه و برگ، میزان کلروفیل a, b، کلروفیل کل و محتوای کاروتنوئیدها، میزان قندهای احیا کننده ریشه و ساقه و میزان ترکیبات جذب کننده UV (فلاوونوئید ها و آنتوسیانین ها) از جمله پارامتر هایی بودند که در این تحقیق مورد اندازه گیری قرار گرفتند. با بررسی های انجام شده مشخص گردید که طول قسمت هوایی، طول ریشه، وزن خشک ریشه و ساقه تحت تیمار UV-B و UV-C کاهش چشمگیری نسبت به کنترل نشان می دهد. با وجودی که سطح برگ در تیمار های UV-B و UV-C کاهش چشمگیری دارد ولی کاهش زیادی در میزان وزن خشک برگ مشاهده نگردید که احتمالاً به دلیل تجمع ترکیبات جذب کننده UV میباشد. غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل کل نیز تحت تیمار UV بخصوص UV-B و UV-C به طور معنی داری نسبت به کنترل کاهش یافت. کاهش میزان قندهای احیا کننده بخصوص در ساقه تحت تیمار UV بیانگر کاهش میزان فتوسنتز است. اما در ریشه کاهش معنی داری در میزان قند های احیاکننده دیده نشد. اندازه گیری میزان ترکیبات جذب کننده (فلاوونوئید ها و آنتوسیانین ها) افزایش آنها را تحت تأثیر این اشعه خصوصاً در تیمار های UV-B و UV-C نشان می دهد.

کلمات کلیدی : ماورا بنفش، کلزا، فلاوونوئید، آنتوسیانین

Pajouhesh & Sazandegi No:60 pp: 97-103

Investigation of change in morphological and physiological parameter induced by UV-A, UV-B and UV-C of ultraviolet radiation in colza seedling (*Brassica napus*)

By: F, Nasibi, Kh,Kalantari and M, Rashidi: Shahid Bahonar, University of Kerman.
Intenationul Center of Sciences, High technology and Environmental Sciences. Kerman-Iran.

Reduction in ozone layer and increase in ultraviolet radiation which reach the earth surface has been the subject of many researchers. In this study the effects of UV-A, UV-B and UV-C bands of ultraviolet on some growth parameter of colza`s seedling were investigated shoot length, root length, shoot and root dry weight were measured. Other parameter which were the subject of measurement in this experiments were, chlorophyll a, b and total chlorophyll,

Archive of SID
www.SID.ir

carotenoids, reducing sugar content of root and shoot and compound which absorb UV (flavonoids and anthocyanins). In this investigation we found that shoot and root length, dry weight of shoot and root, which were irradiated either with UV-B or UV-C reduced significantly when compared with control. However leaf area in UV-B UV-C did not reduced significantly but dry weight did not decrease which possibly is indication of UV-absorbing compound which concentrated in leaf. Chlorophyll a, Chlorophyll b and total chlorophyll content in those plants which treated with UV (specially UV-B and UV-C) reduce significantly in comparison with control. Reduction in reducing sugar specially in stem irradiated wi th UV could well be the indication of reduction in photosynthesis rate. In root we did not observe significant difference in reducing sugar. Measurement of compounds which absorb UV including flavonoids and anthoyanins showed that these compounds increased when plant irradiated with UV light specially in UV-B and UV-C treated plants.

Key words: UV radiation, Anthocyanins, Flavonoids, Colza,

مقدمه

امـروزه فعالیتهای صنعتی بشـر باعث افزایش ترکیبـات آلوده کننده اتمسـفر به خصوص ترکیبات هالوژن دار، شـده اسـت که این ترکیبات به دلیل پایداری زیادی که دارند به سـطح استراتوسفر رسیده و باعث تخریب لایه اوزون استراتوسـفری می شـوند. بـا توجه به اهمیت لایـه اوزون در جلوگیری از تشعشـع اشعه ماوراء بنفش به سطح زمین، کاهش لایه اوزون باعث افزایش میزانUV در سطح زمین شده و مشکلاتی را برای موجودات زنده بوجود آورده است(۳).

اشعه ماوراء بنفش به سه باند (UV-B ۲۸۰-۴۲۰)،UV-C (۲۵۴-۲۸۰)، UV-A ۳۲۰-۳۹۰)، تقسیم می‌شود که به دلیل داشتن طول موج پائین نسـبت به نور مرئی دارای انرژی زیادی برای نفوذ به بافت ها می باشـند. اثر تخریبی باند UV-Aبه خاطر داشـتن طول موج بلندترآن کمتر اسـت. در میان موجودات زنده گیاهان به دلیل احتیاج اجتناب ناپذیرشـان به نور برای فتوسـنتز، بیشتر تحت تاثیر UV قرار میگیرند و آسیب پذیرترند(۲). محلهای هدفUV در گیاهان شامل پروتئین ها، غشاهای زیستی، رنگدانه های فتوسـنتزی، فتوسیسـتم های نوری، هورمونهای گیاهی و DNA می باشند(۱۹،۱۱، ۱۷).

گیاهان از از نظر حساسیت بهUV متفاوت هستند و این تفاوت مربوط به تفاوت گونه گیاهی، واریته کشـاورزی، مراحل رشـد، منبع نوری، مدت زمان برخورد و شـرایط محیطی اسـت(۸ و ۱۸). تحقیقات و مطالعاتی که برروی گیاهان انجام شـده نشـان داده اسـت که گیاهان در پاسخ بهUV محیط واکنش های متفاوتی نشـان می دهند. بعضـی ازگیاهان مثل کدو، لوبیا و اسفناج نیوزیلندی رشدشان توسطUV بازداشته می شود در صورتی که بعضی دیگر مثل گوجه فرنگی رشـدش تحریک می شـود و بعضی مثل کتـان و جو نسـبت بهUV بـی تفاوت هسـتند(۲۲). البته بعضـی از این حساسـیت های متفـاوت مربوط به مکانیسـم های حفاظتـی در گیاهان مثل افزایش سـنتز مواد جذب کنندهUV ، بازتابشUV ، افزایش ضخامت کوتیکول و افزایش ضخامت برگ است(۳).

در بیـن گونـه های گیاهی کاج ها بیشـترین و دولپـه ای های علفی کمترین توانایی حفاظت در برابرUV را دارا می باشند(۴).

گزارش شده است که در گونه های گیاهی در پاسخ به UV پارامترهایی مانند سـطح برگ، تولیـد بیوماس، رنگدانه های فتوسـنتزی و ارتفاع گیاه کاهـش یافته و ضخامـت برگ و میزان ترکیبات جـذب کننده UV بطور چشـمگیری افزایش مـی یابد(۱۱). کاهش میزان پروتئیـن و رنگیزه های فتوسـنتزی در مطالعات قبلی محققان بر روی گیاه کلزا تحت تابش اشـعه UV-B مشاهده گردیده است(۶). در بسیاری از گونه های گیاهی مشخص شـده که سنتز برخی از مشتقات مسـیر فنیل پروپانوئید شامل فلاوونوئید ها مثل فلاون ها، فلاونول ها و همچنین آنتوسـیانین ها در پاسـخ به UV تشـویق می شـود(۳) و چون این ترکیبات در واکوئل سـلولهای اپیدرمی تجمـع می یابند و نورUV را به خوبی جذب می کنند، از نفوذ این اشـعه به قسـمتهای حساس برگ مثل بافتهای فتوسـنتزی (پارانشیم نردبانی و حفـره‌ای)جلوگیری می کنند (۲۲). البته بعضی از فلاوونوئید ها به صورت باند شـده به دیواره سلولی یا کوتیکول وجود دارند و بعضی دیگر به صورت آزاد در واکوئـل سـلولهای مزوفیلی قرار گرفته انـد که این گروه آخر نقش جلوگیری از نفوذ اشـعه UV را ندارد و دارای نقش آنتی اکسیدانی در این سلولها می باشند و مانع گسترش سلولها شده و کاهش سطح برگ را باعث می‌شـوند(۲۴،۳). با مطالعات انجام شـده بر روی گیـاه کلزا افزایش میزان فلاوونوئیدهـا و نقش آنتی اکسـیدانی آنها تحت تاثیر اشـعه UV-B ثابت شده است(۱۶).

در اکثر تحقیقات قبلی انجام شده فقط اثر اشعه UV-B مد نظر قرار داده شـده اسـت اما در مطالعه حاضر هدف بررسی تغییرات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ایجاد شـده در برخی از پارامتر های رشد در اثر تابش باند های مختلف اشـعه UV در گیاهک کلزا و مقایسـه اثرات باندهای مختلف این اشعه بوده است.

Archive of SID
www.SID.ir

مواد وروش‌ها

این تحقیق از اردیبهشت سال ۱۳۸۱ لغایت تیر ۸۲ در قالب طرح تفاهمی بین دانشگاه شهید باهنر و مرکز علوم، تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان در آزمایشگاه علوم محیطی این مرکز انجام گرفته است.

بذرهای گیاه کلزا که از مرکز تحقیقات کرمان تهیه شده بودند، در ابتدا با استفاده از هیپوکلرید ۰/۱ درصد استریل شدند و سپس در ظروف پتری کاشته شده (در هر ظرف تعداد ۲۰ بذر کاشته شد) و در ژرمیناتور با دمای ۲۲ درجه سانتی گراد و دوره نوری ۱۶/۸ (تاریکی/ نور) قرار داده شدند. بذرهای گیاهان پس از ۲۴ ساعت در حدود ۹۵٪-۹۰٪ جوانه زدند و پس از ۳ روز رشد در شرایط ژرمیناتور، برای تیمار UV آماده شدند. گیاهک ها به مدت ۴ روز هر روز ۳۰ دقیقه تحت تیمار UV قرار گرفتند و سپس به ژرمیناتور برگردانده شدند.

برای تیمار UV از لامپ های زیر با طول موج معین استفاده شد:

UV-C Philips TUV 30w/G30T8

2(UV-A Philips TLD 18w/08)

UV-B Caution 30w

آنالیز آماری

این آزمایش بر اساس طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شده است. مقایسه میانگین ها با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون دانکن با ضریب اطمینان ۹۵٪ صورت گرفته است.

۱- اندازه گیری طول ریشه، محور زیر لپه و وزن خشک ریشه، ساقه و برگ:

پس از ۴ روز تیمار وقتی گیاهک ها ۷ روزه شدند، از هر پتری که حاوی ۲۰ نمونه بود ۴ نمونه برداشت گردید و میانگین طول ریشه و محور زیر لپه آنها محاسبه گردید. (طول ریشه و محور زیر لپه هر نمونه به طور جداگانه اندازه گیری شد و سپس میانگین طول آنها محاسبه گردید.) سپس نمونه های تهیه شده از برگ، ریشه و محور زیر لپه به طور جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و وزن خشک آنها با ترازوی Mettler مدل AE۱۶۰ با حساسیت ۰/۱ میلی گرم جداگانه اندازه گیری شد.

۲- سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها (۱۲)

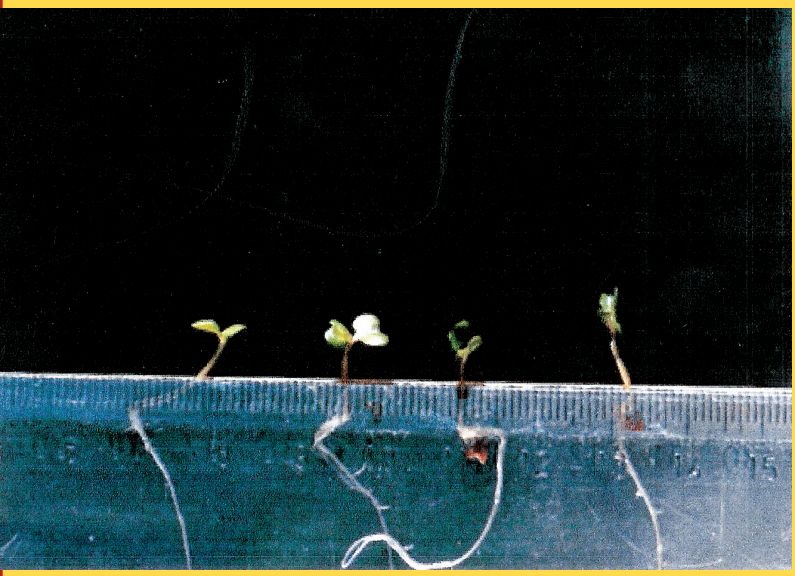
برای این منظور ۰/۱ گرم وزن تر برگ به دقت توزین و در استون ۸۰٪ در هاون خوب سائیده گردید و سپس عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفوژ با دور ۲۷۰۰ قرار داده شد و سپس ۳ میلی لیتر از عصاره بالایی برداشته شد و جذب آنها در طول موج ۶۴۷،۶۶۳ و ۴۷۰ به کمک اسپکترو فتومتری UV-VIS مدل Cary ۵۰ خوانده شد. غلظت کلروفیل a ،کلروفیل b وکاروتنوئیدها (گزانتوفیل و B- کاروتن) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$Ca=۱۲/۲۵A_{۶۶۳}- ۲/۷۹A_{۶۴۷}$$

$$Cb=۲۱/۵۰.A_{۶۴۷}-۵/۱۰.A_{۶۶۳}$$

$$C_{(x+c)}=(۱۰۰۰A_{۴۷۰}-۱/۸۲C_a-۸۵/۰۲C_b)/۱۹۸$$

که در این فرمول C_{x+c} ،C_a،C_b به ترتیب غلظت کلروفیل a ،کلروفیل b وکاروتنوئید هاست(برحسب µg/ml عصاره گیاهی)



شکل شماره ۱ : پیچش برگهای لپه ای تحت تاثیر اشعه UV.

۳- اندازه گیری قندهای احیا کننده(۲۰)

برای این کار ۰/۱ گرم وزن خشک قسمت هوایی(برگ + ساقه) و ریشه جداگانه و به دقت با ترازوی Mettler با دقت ۰/۱ میلی گرم وزن گردید. برای اندازه گیری قند با این روش، نمونه های وزن شده در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر در هاون سائیده شدند و عصاره حاصل با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و سپس از هر نمونه ۲ میلی لیتر در لوله آزمایش ریخته و به آن ۲ میلی لیتر سولفات مس که قبلاً تهیه شده بود اضافه گردید و به مدت۸ دقیقه در حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد حمام آب گرم قرارگرفت. با ظاهر شدن رنگ قرمز آجری به هر نمونه ۲میلی لیتر محلول اسید فسفو مولیبدیک اضافه شد.(برای تهیه این محلول ۷۰ گرم اسید مولیبدیک +۱۰ گرم تنگستات سدیم را در ۷۰۰ میلی لیتر محلول ۵٪ سود ریخته و به مدت ۴۰ دقیقه حرارت می دهیم و سپس ۲۵۰ میلی لیتر اسید فسفریک ۸۵٪ اضافه می کنیم) و لوله ها را به خوبی تکان می دهیم و پس از اینکه رنگ آبی ظاهر شد حجم محلول ها را به ۱۰ میلی لیتر رسانده و جذب نمونه ها را در طول موج ۶۰۰ نانو متر به کمک اسپکترو فتومتری مدل Cary ۵۰ خوانده و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت قند را بر حسب میلی گرم بر ۰/۱ گرم وزن خشک محاسبه می کنیم.

۴- اندازه گیری ترکیبات جذب کننده UV

این ترکیبات شامل فلاوونوئید ها و آنتوسیانین ها است. برای اندازه گیری میزان فلاوونوئیدها و آنتوسیانین ها از روشهای زیر استفاده شد :

الف :اندازه گیری فلاوونوئیدها

برای سنجش این پارامتر ۱ / گرم وزن تر برگ را برداشته و در ۱۰ میلی لیتر اتانول اسیدی(که شامل الکل اتیلیک و اسید استیک به نسبت ۹۹به ۱ است)خوب سائیده و سپس عصاره را سانتریفوژ می کنیم و محلول بالائی را به مدت ۱۰ دقیقه به آرامی در حمام آبگرم با دمای ۸۰ درجه حرارت می‌دهیم و سپس میزان جذب آن را توسط اسپکتروفتومتری در سه طول

Archive of SID

www.SID.ir

موج ۲۷۰،۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر می خوانیم(۱۱)

ب : اندازه گیری آنتو سیانین ها

برای اندازه گیری آنتوسیانین ۱/ ۰ گرم وزن تر برگ را در ۱۰میلی لیتر محلول متانول اسیدی که شامل (الکل متیلیک و اسید کلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱ است) خوب سائیده و عصاره حاصل سانتریفوژ و محلول رویی به مدت ۱ شب در تاریکی قرار داده شد. جذب این ماده در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتری خوانده شد. برای محاسبه غلظت آنتوسیاتین ها از ضریب خاموشی معادل $mm^{-1}cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰ استفاده گردید(۱۱).

۵- بررسی میزان پیچش برگهای لپه ای به سمت بالا[1]

برای مشاهده این اثر مرفولوژیکی، بذر های گیاه کلزا را در ظروف پتری کاشته و پس از سه روز رشد در شرایط نور سفید در ژرمیناتور با دوره نوری ۱۶/۸ (تاریکی/ نور)، به مدت ۴ روز هر روز ۳۰ دقیقه تحت تیمار UVقرار دادیم و سپس نمونه هایی از هر تیمار را برداشته و میزان پیچش را مشاهده نمودیم. در شکل شماره ۱ میزان پیچش در باندهای مختلفUV مقایسه شده است.

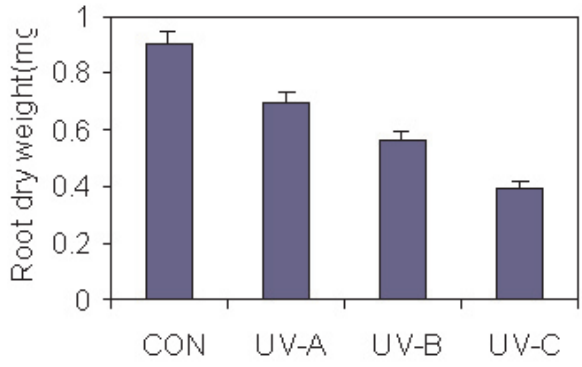
نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق وزن خشک ریشه و ساقه گیاه در تیمارهای UV-B و UV-C کاهش چشمگیری نسبت به کنترل نشان می دهد در صورتی که در تیما رUV-A کاهش زیادی دیده نشد(نمودار های شماره ۱و۲). همچنین طول ریشه و ساقه در تیمارهای UV-B و UV-C کاهش چشمگیری نسبت به کنترل و UV-A نشان داد(نمودار شماره۴)که البته طول ریشه بیشتر از طول ساقه کاهش نشان می‌دهد که به دلیل اختلالات هورمونی و کاهش گسترش سلولی می باشد. کاهش وزن خشک ریشه و ساقه تحت تاثیر اشعهUV بخصوص UV-B و UV-C بیانگر کاهش تولید بیوماس در این تیمارهاست، و این یک پاسخ عمومی در بسیاری از گونه های گیاهی است. یکی از دلایل کاهش وزن خشک ریشه و ساقه در تیمارهای UV اختلال در بیوسنتز و یا انتقال تنظیم کننده‌های رشد و نمو گیاهی مثلIAa و GA است (۱۴،۱۱).

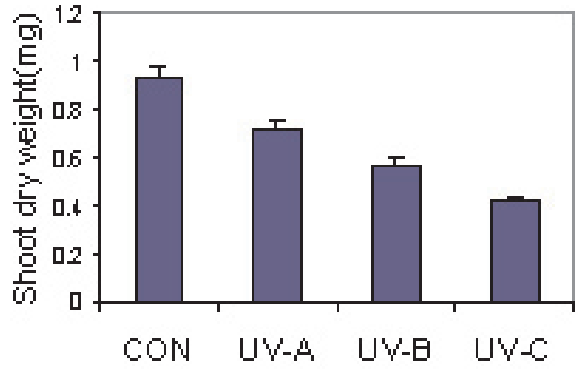
دلیل دیگر اینکه اشعهUV باعث تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن می شود که منجر به واکنشهای لیپید پراکسیداسیون می گردند و میزان اتیلن موجود در گیاه را افزایش می دهند. افزایش اتیلن باعث کاهش رشد طولی و تشویق رشد شعاعی می شود(۱۱).

نمودار شماره ۳وزن خشک برگ در تیمارهای مختلف UV را نشان می‌دهد و همان طور که در نمودار مشخص است در تیمارهای مختلف UV نه تنها کاهش وزن برگ مشاهده نمی شود بلکه افزایش آن به خصوص در تیمارهای UV-B و UV-C مشاهده شد و این در حالی است که سطح برگ در این تیمارها به میزان زیادی کاهش می یابد و این بیانگر ضخیم شدن برگ و تجمع ترکیبات ثانویه در اپیدرم برگ دراین تیمار ها است. گزارش شده است که بین کاهش سطح برگ و افزایش ترکیبات جذب کننده UV رابطه معکوس وجود دارد و این یکی از دلایل افزایش وزن خشک برگ در تیمارهای UV است (۲۲). برگهایی که تحت تیمار UV قرار می‌گیرند کوچک، ضخیم، سنگین و دارای رشد ناهمگن می‌شوند. در مطالعات قبلی گزارش شده است که کاهش سطح برگ درتیمارهای UV به

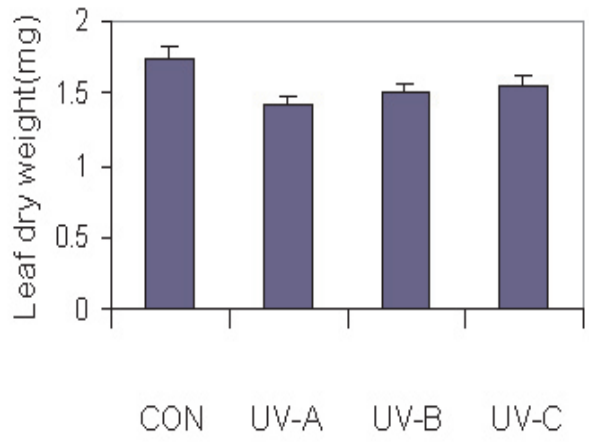
(شاخص بالای هر نمودار مربوط به Error bar میباشد که طبق آزمون دانکن و با درجه اطمینان ٪۹۵ محاسبه گردیده است و با توجه به آن اختلاف معنی‌دار یا غیر معنی‌دار مشخص می‌شود.)



نمودار شماره ۱: مقایسه میانگین وزن خشک ریشه در گیاهک های ۷ روزه پس از ۴ روز تیمار با UV



نمودار شماره۲: مقایسه میانگین وزن خشک محور زیر لپه در گیاهک های ۷روزه پس از ۴ روز تیمار



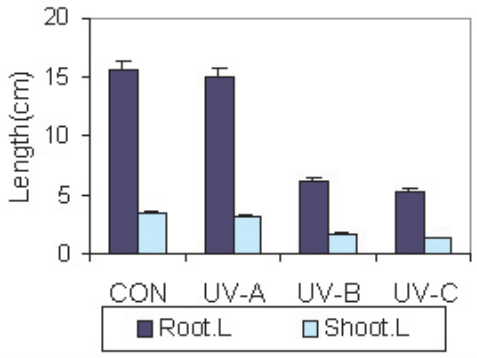
نمودار شماره۳:مقایسه وزن خشک برگ گیاهک های کلزا پس از ۴ روز تیمار با UV

www.SID.ir

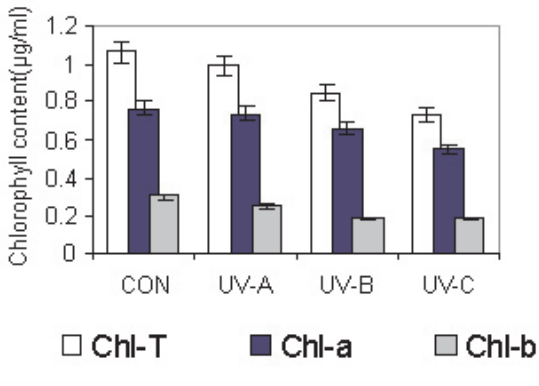
خصوص UV-B نتیجه تغییر در سرعت و میزان تقسیم و گسترش سلولی است، UV-B باعث کاهش سلولهای در حال میتوز[۲] می‌گردد و از طرفی زمان تقسیم سلولی را کم میکند بنابراین سلولها فرصت گسترش و طویل شدن نمی یابند و این امر باعث می شود که تودهای از سلولهای گسترش نیافته به وجود آیند و سطح برگ کم شده ولی برگها سنگین شوند (۷). علاوه بر این ترکیبات جذب کننده UVکه اغلب فلاوونوئید ها یا مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید مثل آنتوسیانینها هستند می توانند در اپیدرم تجمع یابند و در واکوئل سلولها و یا به صورت باند به دیواره یا کوتیکول قرار گیرند که تجمع آنها نوعی مکانیسم حفاظتی برای جلوگیری از نفوذ اشعهUV به بافتهای فتوسنتزی است و این امر نیز باعث سنگین شدن برگها می‌گردد(۲۳). در این مطالعه افزایش وزن خشک برگ (نمودار ۳) و افزایش ترکیبات جذب کننده UV(نمودار ۸و۹) تاییدی بر این نظریه است.

کاهش رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید ها) یکی دیگر از پیامد های افزایشUV است که در این مطالعه نیز در نمودارهای ۵ و ۶ نشان داده شده است.نمودار شماره۵ میزان کلروفیلa و b و کلروفیل کل در تیمارهای UV را نشان میدهد و همان طور که در این نمودار ها واضح است کلروفیل a در تیمار UV-C کاهش چشمگیری نسبت به کنترل نشان میدهد (حدود۳۰٪) اما درتیمار های UV-A و UV-Bنسبت به کنترل کاهش معنی داری دیده نشد.کلروفیل bدرتیمار ها نسبت به کنترل به میزان معنی داری کاهش نیافت و این نشان میدهد که کلروفیل b کمتر به UVحساس است. کاهش میزان کلروفیل به دلیل ممانعت از سنتز آنها و یا تخریب پیش سازهای این رنگیزه ها اتفاق می افتد(۲۱،۱). همچنین گزارش شده که UV-B باعث فتو اکسیژناسیون غیر آنزیمی کلروفیل می‌گردد(۱۵،۱). علاوه بر این افزایش سطح اتیلن در اثر واکنش های لیپید پراکسیداسیون یکی دیگر از دلایل کاهش کلروفیل است زیرا اتیلن تخریب کلروفیل را تشویق می کند (۲۶). براساس بررسی های انجام شده مشخص شده است که ژنهای سنتز کننده کلروفیل در اثر برخورد UV به شدت آسیب می بینند و این نیز دلیل دیگر کاهش کلروفیل است که در بعضی مطالعات گزارش شده است، اما در بررسی حاضر چون پس از چند روز گیاهک ها دوباره رنگ سبز خود را باز یافتند احتمالا ژنهای سنتزکننده آسیب کمتری دیده اند و علت اصلی کاهش کلروفیل، تخریب کلروفیل‌های موجود است. نمودار شماره ۶ نشان میدهد که میزان کاروتنوئید ها در تیمار های UV کاهش چندانی نیافته که بیانگر آنست که این رنگیزه ها در مقابل UV مقاوم ترند و نقش حفاظتی در برابر UV ایفا می کنند. در تیمار UV-Bحتی افزایش ناچیزی در میزان کاروتنوئید ها مشاهده شد که نشان دهنده نقش آنها در حفاظت در برابر اشعه UV است.

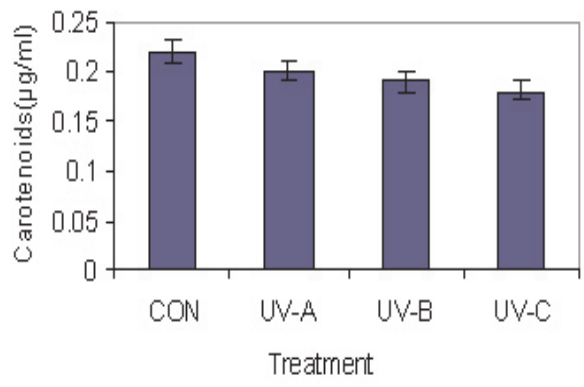
نمودار شماره۷ بیانگر میزان قند های احیا کننده ریشه و ساقه در تیمارهای UV میباشد. در این نمودار میزان قند ساقه در تیمارهای UV-B، UV-Aو UV-C به ترتیب حدود ۱۶/۵٪، ۵۳٪ و۷۳٪ نسبت به کنترل کاهش نشان می‌دهد اما میزان قند ریشه تحت تیمار های UV تفاوت معنی‌داری باکنترل نشان نداد. کاهش میزان قند های احیاکننده در تیمارهای UV شاخصی است که کاهش فتوسنتز را نشان می دهد و این کاهش فتوسنتز به دلایل مختلفی می باشد. گزارش شده است که غشاهای تیلاکوئیدی به دلیل داشتن اسیدهای چرب غیر اشباع فراوان



نمودار شماره۴:طول ریشه ومحور زیر لپه در گیاهک های تحت تیمار اشعه UV

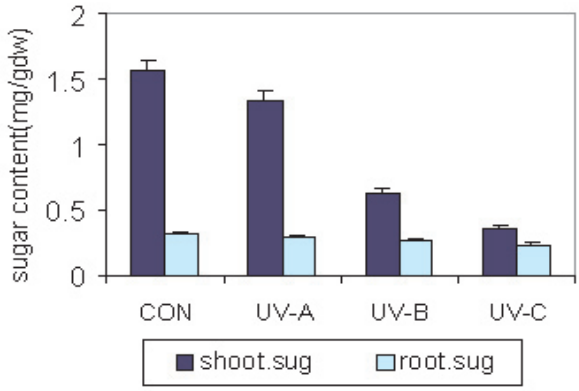


نمودار شماره ۵: مقایسه میزان کلروفیل a و b وکلروفیل کل در برگهای لپه ای گیاهک های کلزا پس از تیمار ۴ روزه با اشعه UV



مودار شماره ۶: مقایسه میزان کاروتنوئیدهای برگ های لپه ای گیاهک کلزا در تیمارهای مختلف اشعه UV

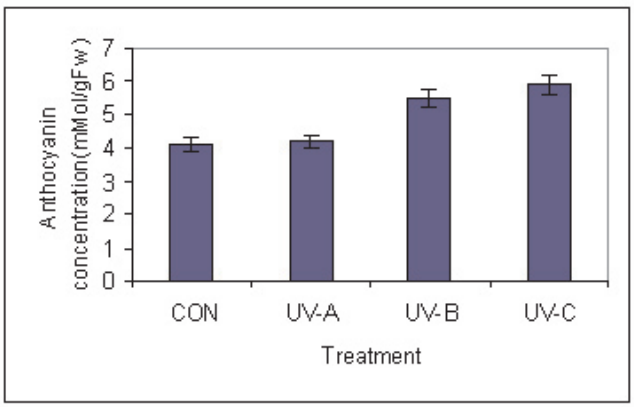
www.SID.ir



نمودار شماره۷:میزان قندهای احیاکننده در ریشه و ساقه گیاهک های کلزا پس از تیمار با اشعه UV

تحت تاثیر رادیکال های آزاد اکسیژن ناشی از تنش UV قرار گرفته و پراکسیده می‌شوند و بنابراین همبستگی غشائی در تیلاکوئید مختل شده که پروسه فتوسنتز و تولید انرژی را با مشکل مواجه می کند(۵،۱۳). بافتهای فتوسنتزی نسبت به بافتهای غیر فتوسنتزی به UV حساس ترند زیرا در این بافتها اکسیژن بیشتری در دسترس است و احتمال تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و ایجاد تنش اکسیداتیو بیشتر است(۱۱). علاوه بر این چون پلاستوکینون های موجود درمرکز واکنش فتوسیستم۲ (PSII) جاذب اشعه UV هستند حساسیت بافتهای فتوسنتزی به این اشعه بیشتر است، همچنین جذب اشعه UV توسط این فتوسیستم باعث تخریب پروتئین‌های D۱ و D۲ و کمپلکس شکست آب می شود(۱۱،۱۴). رنگیزه های فتوسنتزی موجود در این بافتها به دلیل وجود رادیکال های آزاد اکسیژن فتواکسیده شده ومحتوای آنها کاهش می یابد (۲۲). آنزیم کلیدی روبیسکو نیز که جزء آنزیمهای کلیدی در چرخه کلوین است به اشعه UV بسیار حساس بوده و تحت تاثیر آن تخریب می شود(۱۴).علاوه بر این چون تحت تاثیرUV برگ ضخیم می گردد و میزان ترکیبات ثانویه جذب کننده UV در اپیدرم برگ زیاد شده، خصوصیت برگ در عبور نور تغییر می کند و کیفیت و کمیت نور مورد نیاز برای فتوسنتز (PAR) نیز تغییر می یابد و این نیز دلیلی دیگر برای کاهش میزان فتوسنتز است(۲۲). پس در گیاهانی که تحت تاثیرUV قرار میگیرند فتوسنتز به دلایل متعددی کاهش می یابد وکاهش فتوسنتز کاهش میزان قند های احیاکننده را در پی دارد.

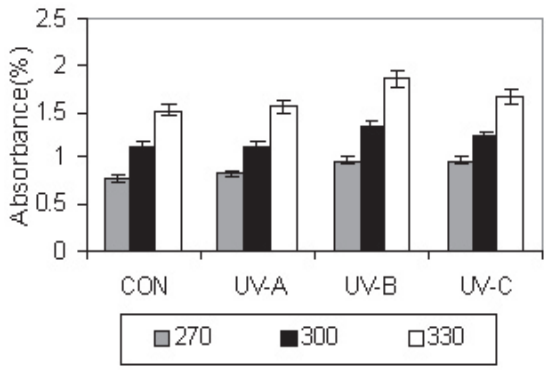
یکی از اثرات مرفولوژیکی اشعه UV-Cو UV-Bکه در این بررسی مشاهده شد پیچش برگها به سمت بالاست. شکل شماره ۱ میزان پیچش برگهای لپه ای به سمت بالا را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد (از چپ به راست به ترتیب کنترل، UV-B ،UV-Aو UV-Cنشان داده شده است همان گونه که در شکل نشان داده شده است میزان پیچش در UV-Bو UV-C کاملاً مشخص است در صورتی که در گیاه کنترل و در تیمار UV-Aاین پیچش مشاهده نمی‌شود. در بررسی های قبلی بر روی گیاهک کلزا مشخص شده که در نور آبی، قرمز، قرمز دور و UV-A چنین پدیده‌ای ایجاد نمی‌شود و فقط نور UV-B باعث چنین پدیده ای می‌گردد. این اثر یک اثر برگشت ناپذیر است و با قرار دادن گیاه در نورهای دیگر میزان آن کم نمی‌شود(۱۵). در این مطالعه ما نقش اشعه UV-C را نیز مورد بررسی قرار دادیم. احتمالاتی در مورد ایجاد این پدیده ذکر کرده‌اند. یکی از این احتمالات این است که اشعه UV-B توسط یک فتورسپتور اختصاصی دریافت می شود و با انتقال یک سری سیگنال این پاسخ را باعث می‌شود(۳). اما در این مطالعه ما این پدیده را در باند UV-C نیز مشاهده کردیم پس اگر چنین نظریه ای درست باشد رسپتور خاص UV-B نیست و UV-C را نیز جذب می کند. احتمال دیگر این است که UV-B با یک



نمودار شماره۹: میزان غلظت آنتوسیانین ها در برگ گیاهک های کلزا پس از ۴ روز تیمار با اشعه UV

سری تغییرات در مولکولهای کوچک مثل هورمونها این پدیده را ایجاد می‌کند. هورمونهایی مثل اکسین که نقش مهمی در گسترش سلولی دارند تحت تأثیر UV-B تخریب می شوند و در نتیجه رشد سلولهای لایه بالایی برگ کاهش می یابد در حالی که لایه پایینی به رشد طبیعی خود ادامه می‌دهد بنابراین برگ به سمت بالا پیچ می‌خورد(۱۵). احتمال سوم این است که UV-B با ایجاد رادیکال های آزاد به ماکرومولکول هایی مثل DNA، پروتئینها و یا لیپیدها آسیب می رساند و رشد سلولها را مختل می کند و چون لایه بالایی برگ بیشتر تحت تأثیرV U قرار می گیرد احتمال ایجاد رادیکال آزاد و صدمه به سلول در این لایه نسبت به لایه پایینی بیشتر است وباعث ایجاد پیچش در برگ می گردد(۳).

بنابراین مصرف ترکیبات آلوده کننده هوا و کاهش اوزون ناشی از آن منجر به افزایش برخورد اشعه UV به سطح زمین می شود واین امر باعث کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی می گردد و اکوسیستم ها طبیعی را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. اما اگر با دیدی وسیعتر در سطح سلولی و مولکولی به پدیده های ایجاد شده توسط اشعه UV بنگریم و



نمودار شماره ۸: مقایسه میزان جذب فلاوونوئیدهای موجود در برگ گیاهکهای کلزا پس از تیمار UV

Archive of SID
www.SID.ir

مکانیسم های آنها را درمی یابیم ، می توانیم از شدت های پائین اشعه UV برای مقاوم کردن گیاه به سایر تنش ها استفاده کنیم و یا سطح تولید برخی از ترکیبات جذب کننده UV را که نقش داروئی دارند با تیمار اشعه UV بالا ببریم که در این مورد باید مطالعات بیشتر انجام شود و در صورت توجیه اقصادی بتوان از آن بهره‌مند شد.

پاورقی ها

1- Cotyledon upward curling

2- Mitotic index

منابع مورد استفاده

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

2- Booji- James, I. S., Dube, S. K., Jansen, M. A. K., Edelman,M. and Mattoo, A. K. 2000. Ultra violet-B radiation impacts light-mediated turnover of the photosystem IIII reaction center heterodimer in Arabidopsis mutant altered in phenolic metabolism. Plant physiology. 124: 1275-1283

3- Buchholz, G., Ehmann, B. and Wellman, E., 1995. Ultraviolet light inhibition of phytochorome-induced flavonoid biosynthesis and DNA photolyase formation in mustard cotyledones (*Synapis alba L.*). Plant physiol. 108: 227-234

4- Chalker-Scott, L., 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. Photochemistry and photobiology. 70(1): 1-9

5- Dai, Q., Yan, B., Huang,S., Liu, X., Peng, S., Miranda, M. L. L., Chavez, A. Q., Vergara, B. S. and olszyk, D. M. 1997. Responses of oxidative stress defense systems in rice (*Oryza sative*) leaves with supplemental UV-B radiation. Physiolo. Plant. 101:301-308

6- Greenberg, B. M.,Wilson, M., Gerhadt, K. E. 1995. Morphological and physiological responses of Brassica napus to ultraviolet-B radiation Photomodification of ribulose- 1,5- bisphosphate carboxylase/oxygenase and potent acclimation processes. J. Plant. Physiol. 148: 73-8

7- Hopkins, L.Bond, M.A,Tobin, A.K 2002. Effects of ultraviolet radiation on cell division and leave growth. Plant cell &Environment 25,617

8- http:// agronomypsu.edu/courses/Agro518/Oxygen.htm

9- Jennifer L.Smith, David J.Burritt and Piter Bannister 2000 .Shoot dry weight, chlorophyll and UV-B –absorbing compounds as indicators of a plants sensitivity to UV-B radiation .Annals of Botany 86,1057-1063

10-Krinsky .N.I.1968.The protective function of carotenoids pigment. Photophysiology.3,123-195

11- 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. Physiol. Plant. 103: 1-7

12-Lichtenthder, H.K.1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350-382.

13 -mazza, C. A., Boccalandro, H. E., Girodano, C. V., Battista, D., Scopel, A. l. and Ballare, C. L. 2000. Functional significance and induction by solar radiation of ultraviolet- absorbing sunscreens in field-grown soy bean crops. Plant physiology. 122: 117-125

14- Middleton, E. M. and Teramura, A. H. The role of flavonol glycosides and carotenoids in protecting soy bean from ultraviolet-B damage. Plant Physiol. 103: 741-752

15-Michael I.Wilson and Bruce M.Greenberg 1993.Specifity and photomorphogenic nature of ultraviolet-B induced cotyledon curling in Brassica napus. Plant Physiology 102,671-677

16- Olsson, L.C., Veit, M., Weissenbock,G. & Bornman, J.F. 1998. Differential flavonoids response to enhanced UV-B radiation in Brassica napus. Phytochemistry. 49(4): 1021-1028.

17- Ormrod, D. P. and Hale B. A.2000. Physiological responses of plants and crops to ultraviolet-B radiation stress. Air Pollution. John wiley & Sons.INC.PP:761-770

18- Santos, I., Almeida, J. and Salema, R. 1999. The influence of UV-B radiation the superoxide dismutase of maize, potato, sorghum and wheat leaves. Can. J. Bot.77:70-76

19- Small wood, C. M. Calvert and D.J.Bowles.1999.Plant Responses to Environmental stress. BIOS Scientific Publishers. Oxford

20- Somogy, M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry. 195: 19-29.

21-Teramura A.H. 1983 .Effects of UV-B radiation on the growth and yield of crop plant .Physiol .Pl .58,415-427

22-Tosserams, M., Paisdesa, A. and Rozema, J. 1996. The effect of solar UV radiation on four plant species occurring in coastal grassland vegetation in the netherland. Physiol. Plant. 97:731-739

23-Turcsanyi E, Vass 2000 Inhibition of photosynthetic electron transport by UV-A radiation targets the photosystem II complex. Photochem Photobiology,72,513-520

24-V., Allen L. h.jr and Garrard L.A 1982 .Effects of supplemental UV-B radiation on growth and leaf photosynthetic reaction of soybean .Physiolo pl. 52, 353-362

25- Wolfgang .Bilger, Trin Johnson and Ulrich Schreiber 2001.Uvexited chlorophyll fluorescence as a tool for the assessment of UV-protection by the epiderm of plants Journal of Experimental Botany,.52, PP.2007-2014

26-Zhang, J., kirkham, M. B., 1996. Antioxidant responses to drought in sunflower and sorghum seedlings. New phytol. 132: 361-37

Archive of SID

www.SID.ir