



دانشکده علوم
گروه زیست شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
(علوم گیاهی گرایش فیزیولوژی گیاهی)

مطالعه اثرات متقابل UV-B و خشکی بر برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی
و ریختزایی دو رقم گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

تنظیم و نگارش:

سمیه محمدزاده

اساتید راهنما:

دکتر رشید جامعی

دکتر سیاوش حسینی سرقین

آذر ماه ۱۳۹۲

حق چاپ و نشر این اثر برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شکرشایان نثار ایزدمنان که توفیق را رفیق را هم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم.

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و اتقان تقدیم می‌نمایم به:

مقدس‌ترین واژه مادر لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را دیدیون مهر و عطفوت آن می‌دانم.

پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

برادرانم، همکاران، همپیشگی و پشتوانه های زندگیم

شکر و سپاس

به پاس لطف بیکران و رحمت لایزال پروردگار متعال در تمامی مراحل زندگی و تحصیل، حاضعانده، جنین شکر بر آستان پر
عظوفت و کبریایی اش می سایم و بازبانی قاصدات اقدسش را به خاطر تمامی نعمت های بی شمار و نامناش شکر می گزارم.

لازم می دانم که از راهبانی ها، دقت نظر و مساعی اساتید که انقدرم جناب آقای دکتر رشید جامعی و جناب آقای دکتر
سیاوش حسینی سرفقین در این پایان نامه و تمامی اساتید عزیزم که زحمات تعلیم و تربیت را بر دوش داشته و در ایام تحصیل
خوشه های از خرمن علم آنان چیدم، سپاسگزاری نمایم.

بمخنین بر خود و وظیفه می دانم از مسئولین محترم آزمایشگاه، و تمامی دوستان عزیزم که در طول اجرای پایان نامه، همراه حقیر
بودند، مراتب شکر و قدردانی را بجای آورم.

چکیده	۱
فصل اول: کلیات:	۲
۱- مقدمه:	۲
۱-۱- تنش:	۲
۲-۱- اشعه فرابنفش:	۴
۱-۲-۱- اثرات مخرب ناشی از اشعه UV:	۵
۱-۱-۲-۱- اثر بر اسید نوکلئیک‌ها:	۵
۲-۱-۲-۱- اثر بر اسیدهای آمینه و پروتئینها:	۵
۳-۱-۲-۱- اثر بر لیپیدها و غشا:	۶
۴-۱-۲-۱- اثر بر رنگیزه‌ها و فتوستتز:	۷
۳-۱- تنش خشکی:	۷
۱-۳-۱- اثرات مخرب ناشی از تنش خشکی:	۸
۱-۱-۳-۱- اثر بر رشد برگ:	۸
۲-۱-۳-۱- اثر بر روزنه ، فتوستتز و رنگیزه‌ها:	۸
۳-۱-۳-۱- اثر تنش خشکی بر اسید نوکلئیک:	۹
۴-۱-۳-۱- اثر تنش خشکی بر پروتئین:	۱۰
۴-۱- حفاظت در مقابل تنش‌ها اکسیداتیو:	۱۱
۱-۴-۱- ساختارهای حفاظتی:	۱۱
۲-۴-۱- مکانیسم های حفاظتی:	۱۱

۱-۲-۴-۱- سیستم حفاظتی آنزیمی:	۱۱
۱-۲-۴-۱- آنزیم کاتالاز (CAT):	۱۱
۲-۱-۲-۴-۱- آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز (GR):	۱۲
۳-۱-۲-۴-۱- آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL):	۱۲
۳-۴-۱- سیستم حفاظتی غیر آنزیمی:	۱۲
۱-۳-۴-۱- اسید آسکوربیک (AA) و گلوکاتایون (GSH):	۱۲
۲-۳-۴-۱- فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها:	۱۳
۵-۱- نقش پرولین در پاسخ به تنش خشکی:	۱۳
۶-۱- روابط متقابل تنش‌ها:	۱۴
۷-۱- الکتروفورز:	۱۸
۸-۱- گیاه دارویی گشنیز:	۱۹
۹-۱- هدف:	۲۰
فصل دوم مواد و روش‌ها:	۲۱
۱-۲- شرایط و نحوه کشت:	۲۲
۲-۲- نحوه محاسبه ظرفیت زراعی:	۲۲
۳-۲- اعمال تیمار:	۲۳
۴-۲- برداشت و نگهداری:	۲۳
۵-۲- مطالعات ساختاری با استفاده از میکروسکوپ نوری:	۲۳
۱-۵-۲- برش گیری ساقه:	۲۴
۲-۵-۲- اندازه گیری تراکم روزنه:	۲۴
۳-۵-۲- اندازه گیری طول سلولهای روزنه‌ای و اپیدرمی:	۲۵
۶-۲- اندازه گیری طول اندام هوایی:	۲۵

۷-۲- اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC):	۲۵
۸-۲- اندازه‌گیری سطح برگ:	۲۵
۹-۲- اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیل:	۲۵
۱۰-۲- اندازه‌گیری آنتوسیانین:	۲۶
۱۱-۲- تعیین میزان فلاونوئید کل:	۲۶
۱۲-۲- تعیین میزان فنل کل:	۲۶
۱۳-۲- سنجش میزان پرولین:	۲۷
۱۴-۲- سنجش میزان اسید آسکوربیک (AA):	۲۷
۱۵-۲- اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدئید (MDA):	۲۸
۱۶-۲- سنجش میزان فعالیت آنزیم‌ها:	۲۸
۱-۱۶-۲- سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا‌لیاز:	۲۸
۲-۱۶-۲- استخراج عصاره گیاهی برای گایاکول پراکسیداز و کاتالاز و گلوکاتایون ردوکتاز:	۲۸
۳-۱۶-۲- سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز:	۲۹
۴-۱۶-۲- سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز:	۲۹
۵-۱۶-۲- سنجش فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز:	۲۹
۱۷-۲- سنجش پروتئین محلول:	۳۰
۱۸-۲- استخراج پروتئین:	۳۰
۱۹-۲- تهیه ژل الکتروفورز:	۳۱
۱-۱۹-۲- تهیه‌ی بافر تانک (بافر تریس - گلیسین):	۳۲
۲۰-۲- رنگ آمیزی با نیترات نقره:	۳۴

۳۵	۱-۲۰-۲- تهیه محلول‌های لازم:
۳۶	۲-۲۰-۲- روش رنگ آمیزی:
۳۷	۳-۲۰-۲- نکاتی که هنگام رنگ آمیزی باید رعایت شود:
۳۸	۲۱-۲- آنالیز آماری:
۳۹	فصل سوم نتایج:
۳۹	۱-۳- شاخص‌های رشد:
۳۹	۱-۱-۳- طول اندام هوایی:
۳۹	۲-۱-۳- سطح برگ:
۴۰	۳-۱-۳- محتوای نسبی آب برگ (RWC):
۴۰	۴-۱-۳- تراکم و طول سلول نگهبان روزنه:
۴۲	۲-۳- نتایج حاصل از مقطع گیری ساقه:
۴۳	۵-۱-۳- بیشترین و کمترین ضخامت ساقه:
۴۳	۶-۱-۳- طول سلول اپیدرمی ساقه:
۴۵	۲-۳- نتایج حاصل از مطالعات بیوشیمیایی:
۴۵	۱-۲-۳- رنگدانه‌های فتوسنتزی:
۴۶	۳-۲-۳- میزان آنتوسیانین:
۴۷	۳-۳-۳- میزان فلاونوئید:
۴۷	۴-۳-۳- میزان فنل کل:
۴۸	۵-۳-۳- میزان پرولین:
۴۹	۶-۳-۳- مالون‌دی آلدئید:
۵۰	۷-۳-۳- میزان اسید آسکوربیک (AA):
۵۱	۸-۳-۳- آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL):

.....	۳-۳-۹- آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPOX):	۵۱
.....	۳-۳-۱۰- آنزیم کاتالاز (CAT):	۵۲
.....	۳-۳-۱۱- آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز (GR):	۵۳
.....	۳-۳-۱۲- میزان پروتئین محلول:	۵۳
.....	۳-۳-۱۳- نتایج حاصل از الکتروفورز:	۵۴
.....	فصل چهارم بحث و نتیجه گیری:	۵۷
.....	۴-۱- طول اندام هوایی:	۵۷
.....	۴-۲- سطح برگ:	۵۸
.....	۴-۳- محتوای نسبی آب:	۵۸
.....	۴-۴- تراکم و طول سول نگهبان روزنه:	۵۹
.....	۴-۵- بررسی ویژگیهای ریختزایی:	۶۰
.....	۴-۵-۱- بیشترین و کمترین ضخامت ساقه:	۶۰
.....	۴-۵-۲- طول سلول اپیدرم:	۶۰
.....	۴-۶- مطالعات بیوشیمیایی:	۶۱
.....	۴-۶-۱- رنگدانه های فتوسنتزی:	۶۱
.....	۴-۶-۲- آنتوسیانین:	۶۲
.....	۴-۶-۳- فلاونوئید:	۶۲
.....	۴-۶-۴- محتوای فنل کل:	۶۳
.....	۴-۶-۵- پرولین:	۶۴
.....	۴-۶-۶- مالون دی آلدئید:	۶۵
.....	۴-۶-۷- اسید آسکوربیک:	۶۵
.....	۴-۶-۸- آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز:	۶۶
.....	۴-۶-۹- آنزیم گایاکول پراکسیداز:	۶۷

۶۷	۴-۶-۱۰- آنزیم کاتالاز:
۶۸	۴-۶-۱۱- آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز:
۶۹	۴-۶-۱۲- پروتئین محلول:
۷۰	۴-۶-۱۳- الگوی پروتئینی:
۷۱	۴-۷- نتیجه گیری:
۷۲	۵- پیشنهادها:
۷۴	۶- پیوست‌ها:
۷۹	۷- منابع:
۸۳	۸- Abstract:

فهرست شکل‌ها

۲	شکل ۱-۱- عوامل تنش‌زا و برهمکنش میان آنها.....
۳	شکل ۱-۲- عواملی که باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود.....
۴	شکل ۱-۳- آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و حذف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در قسمت‌های مختلف سلول.....
۱۶	شکل ۱-۴- بررسی سیستم‌ها و عوامل تنش‌زا.....
۱۷	شکل ۱-۵- بررسی اثرات عوامل تنش‌زا و اثر توام آنها بر سطوح پراکسیداسیون لیپیدها.....
	شکل ۱-۶- میزان پراکسید هیدروژن و اکسیداسیون لیپیدی، شار یونی و پرولین آزاد شاخصی برای نشان دادن بر همکنش
۱۸	متقابل و هم‌افزایی عوامل تنش‌زا.....
۲۲	شکل ۲-۱- بذرها و گیاه گشنیز در محیط کشت.....
۴۲	شکل ۳-۱- مقطع گیری از ساقه.....
۵۵	شکل ۳-۲- الگوی پروتئینی حاصل SDS-PAGE.....
۶۸	شکل ۴-۱- مکانیسم دفاعی آنتی اکسیدان‌ها و (ROS).....
۶۹	شکل ۴-۲- واکنش‌های اکسیداسیون و احیا گلوکاتایون ردوکتاز در سلول.....

فهرست نمودارها

- نمودار ۳-۱- تغییرات طول ساقه‌ی دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۳۹
- نمودار ۳-۲- تغییرات سطح برگ دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۰
- نمودار ۳-۳- تغییرات محتوای نسبی آب دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۱
- نمودار ۳-۴- تغییرات تراکم سلول روزنه دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۱
- نمودار ۳-۵- تغییرات طول سلول روزنه دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۳
- نمودار ۳-۶- تغییرات بیشترین ضخامت ساقه دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۳
- نمودار ۳-۷- تغییرات کمترین ضخامت ساقه دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۴
- نمودار ۳-۸- تغییرات طول سلول اپیدرمی ساقه دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۴
- نمودار ۳-۹- تغییرات میزان کلروفیل a دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۵
- نمودار ۳-۱۰- تغییرات میزان کلروفیل b دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۶
- نمودار ۳-۱۱- تغییرات میزان آنتوسیانین دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۶
- نمودار ۳-۱۲- تغییرات میزان فلاونوئید دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۷
- نمودار ۳-۱۳- تغییرات میزان فنل کل دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۸
- نمودار ۳-۱۴- تغییرات میزان پرولین در برگ دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۸
- نمودار ۳-۱۵- تغییرات میزان پرولین در ریشه دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۴۹
- نمودار ۳-۱۶- تغییرات میزان مالون دی‌آلدئید دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۰
- نمودار ۳-۱۷- تغییرات میزان آسکوربیک اسید دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۰
- نمودار ۳-۱۸- تغییرات میزان آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۱
- نمودار ۳-۱۹- تغییرات میزان آنزیم گایاکول پراکسیداز دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۱
- نمودار ۳-۲۰- تغییرات میزان آنزیم کاتالاز دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۲
- نمودار ۳-۲۱- تغییرات میزان آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۳

نمودار ۳-۲۲- تغییرات میزان پروتئین کل دو رقم گشنیز در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف..... ۵۴

فهرست منحنی‌های استاندارد

۱-۶: منحنی استاندارد برای تعیین فلاونوئید کل..... ۷۴

۲-۶- منحنی استاندارد تعیین فنل کل..... ۷۴

۳-۶- منحنی استاندارد برای تعیین غلظت پرولین..... ۷۵

۴-۶- منحنی استاندارد برای تعیین میزان اسید آسکوربیک..... ۷۵

۵-۶- منحنی استاندارد اسید سینامیک..... ۷۶

۶-۶- منحنی استاندارد مربوط به غلظت‌های مختلف سرم آلبومین برای اندازه‌گیری پروتئین کل اندام هوایی..... ۷۶

۷-۶- منحنی استاندارد الکتروفورز..... ۷۷

چکیده

در این تحقیق اثرات متقابل تنش‌های خشکی و اشعه‌ی UV-B روی دو رقم گیاه دارویی گشنیز مورد بررسی قرار گرفت. دو رقم گیاه گشنیز (همدان و اصفهان) در شرایط کنترل شده یعنی دما 26 ± 2 و 22 ± 2 درجه سانتیگراد با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و شدت نور $150 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$ کشت شدند. بعد از دو ماه یک گروه از هر رقم به عنوان شاهد یک گروه دیگر تحت تنش خشکی، یک سری تحت تنش اشعه‌ی UV-B و یک سری دیگر تحت هر دو تنش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که طول اندام هوایی، سطح برگ، تراکم و طول سلول نگهبان روزنه، بیشترین و کمترین ضخامت ساقه، طول سلول اپیدرمی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های محلول در اثر تنش‌های خشکی و اشعه‌ی UV-B کاهش یافت، ولی میزان این کاهش در تیمار توام نسبت به نمونه‌های شاهد کمتر از بقیه بود. در الگوی پروتئینی حاصل از الکتروفورز برخی از باندهای پروتئینی در اثر تنش‌ها حذف شد. محتوای نسبی آب تنها در تنش خشکی در هر دو رقم کاهش یافت. میزان ترکیبات آنتوسیانین، فنل، فلاونوئید، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، اسید آسکوربیک، آنزیم‌های پاد اکساینده مثل (فنیل‌آلانین آمونیا‌لیاز، گایاکول پراکسیداز، کاتالاز، گلوکاتایون ردوکتاز) تحت تاثیر هر دو تنش افزایش یافت. با بررسی مطالب فوق نتیجه‌گیری شد که تنش‌های خشکی و اشعه‌ی UV-B اثرات زیانباری روی هر دو رقم گیاه گشنیز دارد بر همکنش دو تنش محیطی بطور هم افزایی عمل کرده تا مکانیسم‌های حفاظتی و دفاعی را القاء کنند، بطوری‌که بکارگیری یک تنش، آسیب‌های وارد شده توسط تنش بعدی را روی گیاه کاهش داد.

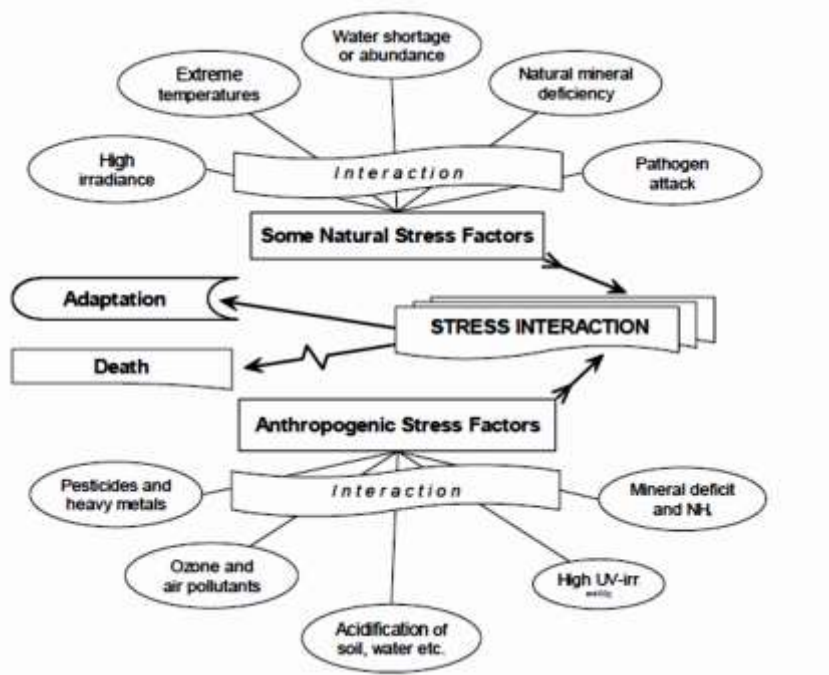
کلمه‌های کلیدی: اشعه فرابنفش، الکتروفورز، خشکی، گیاه گشنیز، آنزیم‌های پاد اکساینده.

فصل اول

کلیات

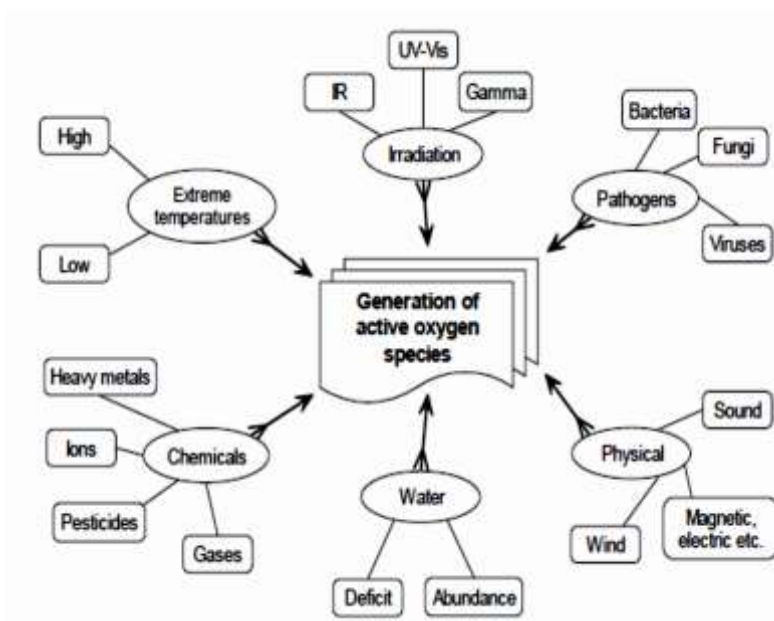
۱-۱ تنش در گیاهان :

تنش معمولاً به عنوان یک عامل خارجی که اثرات سوء بر گیاه بجا می گذارد، تعریف می شود (نصری و همکاران، ۱۳۸۲). تنش ها به دو صورت زنده و غیرزنده باعث ایجاد تغییراتی در فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی گیاهان می شود. که موجب آسیب دیدگی گیاه و کاهش بهره وری و کیفیت محصول می شود. از عوامل محیطی تنش می توان به افزایش دما، پرآبی و یا کم آبی، افزایش شوری خاک، افزایش تابش اشعه های مضر خورشیدی، کاهش شدید دما در اوایل پاییز یا اواخر بهار، پاتوژنها و... اشاره کرد. در کنار این عوامل محیطی، گیاهان در معرض عوامل تنش زای دیگر در مقیاس بزرگتر که مرتبط با فعالیت های انسانی هستند، قرار دارند. مانند: آلاینده های سمی مانند آفت کش ها، گازهای مضر (NO , SO_2 , NO_x , NO_2 , O_3 و گازهای گلخانه ای) فتواکساینده ها، اسیدی شدن خاک و کاهش موادمعدنی بدلیل بارش باران اسیدی، مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، فلزات سنگین، افزایش تابش اشعه $UV-B$ و... (شکل ۱-۱). همه این تنش ها موجب کاهش ظرفیت بیوستز گیاهان می شوند که تغییر در عملکرد طبیعی گیاه و در نهایت منجر به مرگ گیاه می شود (Lichtenthaler, 1996).



شکل ۱-۱: عوامل تنش زا و برهمکنش میان آنها (Alexieva et al., 2003).

مستقل از نوع تنش (طبیعی یا انسانی) تجمع گونه های فعال اکسیژن در اثر تنش یک واقیعت غیر قابل انکار است. بررسی ها نشان می دهد که کمبود آب، دمای پایین، استفاده از آفت کش ها، گازهای سمی، فلزات سنگین، باران های اسیدی و ... باعث افزایش تولید گونه های سمی اکسیژن (O_2^- , OH , H_2O_2) می شود که در اثر تنش های اکسیداتیو برای تمام سیستم های بیولوژیکی رخ می دهد (شکل ۱-۲)، (Alexieva et al., 2003).



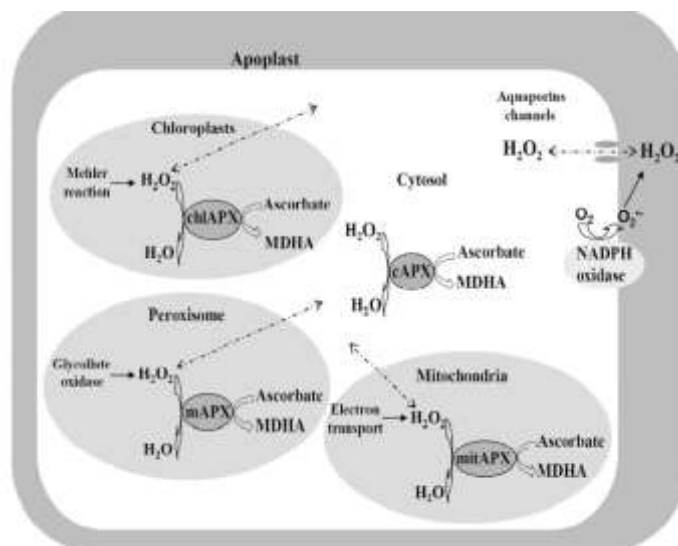
شکل ۱-۲- عواملی که باعث تولید گونه های فعال اکسیژن می شود (Alexieva et al., 2003).

با این حال طی روند تکاملی فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان، مجموعه سیستم های حفاظتی پاداکسایشی به منظور مقابله با اثرات این مخرب ها بوجود آمده است. به طور کلی سیستم های حفاظتی پاد اکسایشی در گیاهان به سه دسته تقسیم می شوند:

- ۱- محلول در چربی: پاد اکسایندهای وابسته به غشا مثل α -توکوفرول و β -کاروتن که به طور مستقیم رادیکالهای آزاد حاصل از پراکسیداسیون چربی ها را جاروب می کنند.
- ۲- پاداکسایندهای محلول در آب: گلوکاتایون و آسکوربات که در سم زدایی O_2 و H_2O_2 نقش دارند.
- ۳- پاد اکسایندهای آنزیمی: سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیدازها و آنزیم های متعلق به چرخه آسکوربات -

گلوکاتایون

با فعال شدن همه یا برخی از این سیستم‌ها گیاهان قادرند بر تنش‌های اکسیداتیو غلبه کنند (شکل ۱-۳). با این حال در صورت حاد یا طولانی شدن تنش حتی در برخی موارد در تنش‌های کوتاه مدت، ظرفیت دفاعی این سیستم‌ها کاهش پیدا کرده که منجر به خسارت قابل توجه و حتی مرگ گیاه می‌شود (Alexieva et al., 2003).



شکل ۱-۳- آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و حذف ROS ها در قسمتهای مختلف سلول. H_2O_2 معمولاً طی واکنش‌های Mehler (چرخه‌ی آب-آب) در کلروپلاست و انتقال الکترون در میتوکندری و تنفس نوری در پراکسی‌زوم‌ها بوجود می‌آید. تنش‌های زیستی و غیر زیستی تولید H_2O_2 بیشتر شده و در نتیجه فعالیت آنزیم‌های APX (ChlAPX کلروپلاستی)، cAPX (سیتوزولی) و APX (میتوکندری) جهت جمع‌آوری ROS افزایش می‌یابد. NADPH اکسیداز موجود در غشای پلاسمایی H_2O_2 ها را از طریق کانالهای آبی از غشا عبور می‌دهد. سوپراکسید (O_2^-)، هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و مونودی هیدروآسکوربات (MDHA) (Caverzan et al., 2012).

۱-۲ اشعه فرابنفش:

اشعه فرابنفش (UV) از امواج الکترومغناطیسی غیر یونیزان است که ۸-۹ درصد طیف خورشیدی را شامل می‌شود (Frederick, 1993; Coohill, 1989). از نظر طول موج به سه ناحیه تقسیم می‌شود: UV-C (۲۸۰-۲۰۰ nm) که برای موجودات بسیار خطرناک است ولی در اشعه‌ی خورشیدی که به زمین می‌رسد وجود ندارد، UV-B (۳۲۰-۲۸۰ nm) که ۱/۵ درصد از کل تابش خورشید بوده و برای گیاهان اثرات مخرب دارد، UV-A (۴۰۰-۳۲۰ nm) که ۶/۳ درصد از اشعه‌ی خورشید را شامل می‌شود و کم خطرترین ناحیه محسوب می‌شود؛ لایه اوزون در ناحیه استراتوسفر بطور موثر طول

موجهای کوتاهتر از ۲۸۰ نانومتر را جذب می کند (Robberecht, 1989). کاهش ناچیز لایه اوزون تاثیر مخرب بزرگتری را به سیستم های بیولوژیکی تحمیل می کند (Madronich, 1992). معمولا کاهش ادرصدی لایه اوزون موجب افزایش ۱/۸-۱/۳ درصدی UV-B رسیده به بیوسفر می شود. کاهش لایه اوزون ارتباط مستقیم با فعالیت بشر و افزایش کلروفلوروکربن ها (CFC) و اکسیدهای نیتروژن در اتمسفر دارد که اثر سوء روی لایه اوزون دارند. اخیرا تاثیراتی که افزایش تابش UV-B به سطح زمین می تواند داشته باشد بطور جدی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است (Hollosoy, 2002; McFarland and Kaye, 1992).

۱-۲-۱ اثرات مخرب ناشی از اشعه UV

۱-۲-۱-۱ اثر بر اسید نوکلئیک ها

DNA یکی از اهداف اصلی اشعه UV می باشد. UV-B و UV-C باعث تولید ترکیبات Photoproduct توسط DNA و جهش در حین همانندسازی می شود (Sancar and Sancar, 1988). دایمرهای پیریمیدین تیپ سیکلوبوتان (CPDs) و دایمر پیریمیدین ۴ و ۶ پیریمیدون Photoproduct های متدوال DNA هستند که در نتیجه تابش UV تولید می شوند. دایمر تیپ سیکلوبوتان با دیمریزاسیون پیریمیدین های مجاور (CC یا TT, TC, CT) در همان رشته ی DNA تشکیل می شود (Cadet et al., 1992). طی بررسی های انجام گرفته بر روی گیاه کامل و گیاه حاصل از کشت سلولی نشان داده که در ۷۵٪ آسیب های DNA ناشی از UV، CPDs ها تشکیل می شوند (Quaite et al., 1992).

۱-۲-۱-۲ اثر بر اسیدهای آمینه و پروتئین ها

پروتئین ها، طول موج ۲۸۰ نانومتر را به خوبی جذب می کنند. آمینو اسیدهای آروماتیک، هیستیدین، سیستئین و سیتین طول موج های بالاتر از ناحیه UV-B را بخوبی جذب می کنند بنابراین می توانند به طور مستقیم یکی از اهداف اشعه UV باشند. اشعه UV تخریب تیروزین و تریپتوفان را القا می کند که به دو صورت آزاد و همراه با پروتئین ها در گیاهان یافت می شوند (Khoroshilova et al., 1990). UV-B فتواکسیداسیون تیروزین را القا کرده و ۴ و ۵ دی هیدروکسی فنیل آلانین و دی تیروزین شکل می گیرند (Creed, 1984). تریپتوفان می تواند بطور مستقیم توسط UV یا انرژی انتقال یافته از آمینواسیدهای مجاور مثل تیروزین و فنیل آلانین برانگیخته شود. تغییرات فتوشیمیایی که بوسیله تریپتوفان آغاز می شوند اغلب به شکل گیری N-فرمیل کینورین می انجامد (Kochevar, 1990).

تابش اشعه‌ی UV علاوه بر تغییر و تخریب آمینواسیدها موجب غیرفعال شدن آنزیم‌ها و پروتئین‌های کل نیز می‌شود (Prinsze et al., 1990 ; Grossweiner, 1984). غیرفعال شدن پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌تواند در اثر فتولیز مستقیم آمینواسیدهای آروماتیک یا گروه‌های سولفیدی موجود در جایگاه فعال باشد. البته باید توجه داشت که ممکن است آسیب-دیدگی در محلی دور از ناحیه جذب واقعی UV در ساختار پروتئین باشد، که به موجب انتقال انرژی به آمینو اسیدهایی که در مرکز فعالیت قرار دارند باعث تخریب آمینو اسیدها می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که حساسیت تخریب سیستمین بدلیل باقی‌مانده‌های آروماتیک است (Jordan, 1993)، نمونه‌هایی از این اثر عبارتند از: ریبولوز او ۵ بیس فسفات کربوکسیلاز (رویسکو) (Vu et al., 1984)، ATP-ase، و زیر واحدهای پروتئینی فتوسیستم I و II (Jordan, 1993). اجزای پروتئینی اسکلت سلولی گیاه نیز می‌تواند مورد هدف اشعه‌ی UV قرار گیرد. طی بررسی‌هایی که با تابش اشعه‌ی UV روی پروتوپلاست *Petunia hybrida* صورت گرفته مشاهده شده میکروتوبول‌های قشری کوتاه‌تر شده‌اند. توبولین هم به دلیل داشتن تعداد زیاد آمینواسید آروماتیک در برابر اشعه‌ی UV حساس است. تابش اشعه‌ی UV با تأثیر بر فازهای S، G1 و G2 باعث به تعویق افتادن چرخه سلولی می‌شود، که می‌تواند به دلیل تخریب میکروتوبولها و اختلال در روند همانندسازی DNA باشد (Hollosy, 2002).

۱-۲-۳- اثر بر لیپیدها و غشا

لیپیدها چه به صورت آزاد یا به صورت کونژوگه با پیوندهای دو گانه می‌توانند تحت تاثیر اشعه‌ی UV طی فرآیندهای فتوشیمیایی تغییر شکل یابند. فسفو لیپیدها و گلیکولیپیدها که جزء اصلی غشای سلول‌های گیاهی هستند، دارای اسیدهای چرب غیر اشباع بوده و تحت تأثیر اشعه‌ی UV در حضور اکسیژن تخریب می‌شوند. رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن منفرد می‌توانند با گروه‌های متیل و اکنش داده و باعث تشکیل گروه‌های دی‌ان (Dienes)، رادیکال‌های لیپید پراکسی و هیدرو پراکسیدها شوند. رادیکال‌های پراکسی هیدروژن طی واکنشهای زنجیره‌ای از اسید چرب‌های غیر اشباع بوجود می‌آیند. پراکسیداسیون لیپیدهای غشا باعث شکسته شدن شاخه‌ها و از بین رفتن عملکردشان می‌شود. مالون دی آلدئید (MDA) یکی از محصولات مهم پراکسیداسیون لیپیدهاست که اغلب معیاری برای سنجش میزان پراکسیداسیون در نظر می‌گیرند. پراکسید هیدروژن موجب غیر فعال شدن آنزیم‌ها از جمله آنزیم‌های واکنش‌های نوری چرخه کالوین می‌شود. رادیکال‌های هیدروکسیل همچنین توانایی واسرشته کردن (Denaturation) پروتئین‌ها و واکنش با بازها و ایجاد جهش در DNA را

دارند. آلدئیدهایی که طی فرآیند پراکسیداسیون لیپیدها شکل می‌گیرند باعث کونژوگه شدن و غیر فعال شدن پروتئین‌ها می‌شوند (Hollosoy, 2002).

۱-۲-۱-۴- اثر بر رنگیزه‌ها و فتوستتیز

اشعه‌ی UV-B تاثیر منفی روی کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها دارد ولی میزان اثر روی کارتنوئیدها کمتر از کلروفیل‌هاست. گزارشات نشان می‌دهد میزان تخریب کلروفیل b شدیدتر از کلروفیل a است، که شاید بدلیل تخریب انتخابی تر مسیر بیوستتیز کلروفیل b و یا پیش سازهای آن باشد (Marwood and Greenberg, 1996). با این حال میزان اثر اشعه UV-B روی کلروفیل‌های a و b بسته به شرایط کشت و گونه متفاوت است (Hollosoy, 2002). مطالعاتی که روی بیش از ۳۰۰ گونه و رقم گیاهان صورت گرفته نشان می‌دهد، ۵۰٪ گیاهان در برابر اشعه UV حساس، ۲۰-۳۰٪ نسبتاً حساس و مابقیه غیر حساس‌اند. در تعدادی از گونه‌های حساس مانند گندم، ذرت، برنج، چاودار، آفتاب گردان و خیار کاهش سطح برگ و یا رشد ساقه گزارش شده است (Teramura and Sullivan, 1994). یکی از اصلی‌ترین فرآیندهایی که تحت تاثیر اشعه‌ی UV-B قرار می‌گیرد و عمدتاً با اثر بر رشد گیاهان همراه است فتوستتیز می‌باشد. با وجود تنوع اهداف اشعه-ی UV در گیاهان دستگاه فتوستتیز یکی از آسیب پذیرترین جایگاه‌ها برای اشعه‌ی UV است. تابش مستقیم اشعه‌ی UV در گیاهان حساس باعث اختلال در عملکرد فتوسیستم II می‌شود ولی روی فتوسیستم I اثرات کمتری دارد، همچنین باعث کاهش فعالیت رویسکو، کاهش تثبیت CO₂ و چرخه اکسیژن، کاهش وزن خشک، کاهش محتوای کلروفیل و ذخایر نشاسته می‌شود. علاوه بر اثرات مستقیم اشعه UV، تحریک بسته شدن روزنه‌ها جهت کاهش راندمان تبادلات گازی، تغییر ضخامت و آناتومی برگ با تغییر نور محیطی اطراف برگ، تغییر در ویژگی‌های ریخت‌زایی از جمله اثرات غیر مستقیم این اشعه روی فتوستتیز هست (Hollosoy, 2002).

۱-۳- تنش خشکی

از آنجایی که پدیده خشکی و خشکسالی همه ساله بخشی از کشور را دربر می‌گیرد، بررسی این پدیده بر روی گیاهان از جمله گیاهان دارویی حائز اهمیت می‌باشد. بروز خشکی یک اصطلاح هواشناسی است و معمولاً به صورت یک دوره بدون بارندگی کافی تعریف می‌شود. از این رو فقدان بارندگی، تنش آبی را ایجاد می‌کند و اصطلاح تنش خشکی به صورت تنش آبی به علت فقدان باران تعریف می‌شود. لذا تنش خشکی فقط به صورت کمبود آب و نه به وفور آب نسبت داده می‌-